

prof. Ing. Jaroslav HOMIŠIN, CSc.
a kolektív

ZÁKLADY KONŠTRUOVANIA V STROJÁRSTVE

Základy konštruovania v strojárstve
SJF
Katedra konštrukčného a dopravného inžinierstva

KOŠICE 2014

Publikácia zohľadňuje súčasné platné normy, oboznamuje študentov so základnými spôsobmi zobrazovania na technických výkresoch, základnými strojníckymi pojmami, s bežne používanými normalizovanými a nenormalizovanými strojníckymi súčiastkami, ich pomenovaním, funkciou a účelom v montážnych jednotkách, s materiálmi používanými na výrobu daných súčiastok, so základnými druhmi ich mechanických namáhání, a tak napomáha získavať i prvé predstavy o konštruovaní.

Je predovšetkým určená pre študentov všetkých študijných odborov strojníckych, hutníckych a baníckych fakúlt na technických univerzitách, ako aj pre technickú verejnosť zaoberajúcou sa konštruovaním a tvorbou technickej dokumentácie.

Autorský kolektív: prof. Ing. Jaroslav Homišin, CSc.
doc. Ing. Robert Grega, PhD.
Ing. Jozef Krajňák, PhD.
Ing. Peter Kaššay, PhD.

Lektorovali: Prof. Ing. Slavko Pavlenko, CSc.
Prof. Ing. Tibor Kvačkaj, CSc.
Ing. Martin Jurčo, PhD.

© Jaroslav HOMIŠIN 2014
ISBN: 978-80-553-1593-5

OBSAH	3
ÚVOD	11
1. ZÁKLADY KONŠTRUOVANIA	13
Ing. Peter Kaššay, PhD.	
1.1 Technická a inžinierska práca	13
1.2 Základy konštrukčnej práce	16
1.2.1 Význam a podstata projektovania a konštruovania	16
1.2.2 Úlohy a práca projektanta a konštruktéra	17
1.3 Úvod do metodiky konštruovania	19
1.3.1 Rozbor procesu konštruovania a hľadanie alternatív riešení	19
1.3.1.1 Metóda určenia vzťahov	21
1.3.1.2 Systematické metódy	21
1.3.1.3 Metódy založené na vzoroch z prírody	22
1.3.1.4 Morfologická metóda	22
1.3.1.5 Metóda sekcionovania	22
1.3.1.6 Metóda zmeny dĺžkových rozmerov	23
1.3.1.7 Metóda základného agregátu	23
1.3.1.8 Metóda konvertovania	23
1.3.1.9 Metóda modifikácie	24
1.3.1.10 Metóda montážnych skupín	24
1.3.1.11 Intuitívne metódy	25
1.3.2 Kritériá pre rozhodovanie	25
1.3.2.1 Druhy kritérií	25
1.3.3 Princípy optimalizácie	26
1.3.4 Technologičnosť konštrukcie	27
1.3.4.1 Hlavné požiadavky technologičnosti na voľbu rozmeru a druhu materiálu	27
1.3.4.2 Hlavné požiadavky technologičnosti z hľadiska tvaru a rozmeru súčiastok	28
1.3.4.3 Hlavné požiadavky technologičnosti z hľadiska režijných nákladov	28
1.3.5 Hodnotová analýza	28
1.3.5.1 Postup prác pri hodnotovej analýze	29
1.3.6 Priemyselný dizajn	31
1.3.6.1 Ergonómia	31
1.3.6.2 Estetika	32
2. TECHNICKÁ NORMALIZÁCIA A DRUHÝ TECHNICKÝCH NORIEM	33
doc. Ing. Robert Grega, PhD.	
2.1 Označenie technických noriem	33
3. TECHNICKÉ VYKRESY	35
doc. Ing. Robert Grega, PhD.	

3.1	Formáty a úprava výkresových listov	35
3.2	Umiestnenie obrazov a popisov na výkresových listoch	39
3.3	Skladanie výkresov	40
3.4	Mierky zobrazovania	40
3.5	Čiary na technických výkresoch	41
3.6	Popisovanie technických výkresov	45
4.	ZOBRAZOVANIE NA TECHNICKÝCH VÝKRESOCH	49
	Ing. Peter Kaššay, PhD.	
4.1	Spôsoby zobrazovania	49
4.1.1	Axonometrické zobrazovanie	49
4.1.1.1	Izometrická axonometria	50
4.1.1.2	Dimetrická axonometria	50
4.1.1.3	Šikmá axonometria	52
4.1.2	Kolmé (ortografické) zobrazovanie	55
4.1.2.1	Metóda premietania v prvom kvadrante	55
4.1.2.2	Metóda premietania v treťom kvadrante	56
4.2	Základné pravidlá zobrazovania	57
4.2.1	Zobrazovanie pomocou pohľadov	58
4.2.1.1	Pohľady v smere odkazových šípok	58
4.2.1.2	Miestne pohľady	59
4.2.1.3	Rozvinuté pohľady	59
4.2.1.4	Prerušené pohľady	60
4.2.1.5	Čiastočné pohľady	60
4.2.2	Zobrazovanie pomocou rezov a prierezov	61
4.2.3	Iné normalizované spôsoby zobrazovania	70
4.3	Zobrazovanie normalizovaných konštrukčných prvkov	76
4.3.1	Závity, ich druhy, označovanie a zobrazovanie závitov	76
4.3.2	Zápichy	84
4.3.3	Strediacé otvory	85
4.3.4	Ryhovanie a vrúbkovanie	86
4.3.5	Priečiodné otvory pre skrutky, valcové a kužeľové vyhlbenia pre hlavy skrutiek	87
4.3.6	Zliabkové spoje	87
5.	KÓTOVANIE	91
	Ing. Jozef Krajňák, PhD.	
5.1	Kreslenie kótovacích, predlžovacích a odkazových čiar	91
5.2	Zapisovanie kót	96
5.3	Kótovanie tvarových prvkov strojníckych súčiastok	98
5.3.1	Kótovanie uhlov	98

5.3.2	Kótovanie oblúkov	98
5.3.3	Kótovanie polomerov	99
5.3.4	Kótovanie priemerov	100
5.3.5	Kótovanie guľových plôch	101
5.3.6	Kótovanie kuželovitosti a ihlanovitosti	101
5.3.7	Kótovanie sklonu (úkosu)	102
5.3.8	Kótovanie zrazených hrán	103
5.3.9	Kótovanie dier	103
5.3.10	Kótovanie opakujúcich sa prvkov	104
5.3.11	Zjednodušené kótovanie hranolov, štvorhranov a šesťhranov	107
5.4	Sústavy kót	107
5.4.1	Reťazcové kótovanie	107
5.4.2	Kótovanie od spoločnej základne	108
5.4.3	Kombinované (zmiešané) kótovanie	109
5.4.4	Súradnicové kótovanie	109
5.5	Hlavné zásady kótovania	111
5.5.1	Funkčné a technologické kótovanie	112
6.	DRSNOSŤ POVRCHU	113
	Ing. Jozef Krajňák, PhD.	
6.1	Normalizované hodnoty parametrov drsnosti povrchu a smernice pre voľbu drsnosti	118
6.2	Označovanie drsnosti povrchu	121
6.3	Predpisovanie drsnosti povrchu na výkresoch	124
7.	ŠPECIÁLNE ÚPRAVY POVRCHOV	127
	Ing. Jozef Krajňák, PhD.	
7.1	Rozdelenie špeciálnych úprav povrchov	127
7.2	Predpisovanie úprav na výrobkoch	127
7.3	Označovanie hran na výkresoch	129
8.	TOLEROVANIE ROZMEROV, TVARU A POLOHY	133
	doc. Ing. Robert Grega, PhD.	
8.1	Tolerovanie rozmerov	133
8.1.1	Sústavy tolerancií a uložení	136
8.1.1.1	Normalizované tolerancie	136
8.1.1.2	Odhľuky tolerančných polí	137
8.1.1.3	Sústava jednotnej diery a sústava jednotného hriadeľa	140
8.2	Predpis presnosti rozmerov na výkresoch a zostavách	143
8.3	Tolerovanie uhlových rozmerov	145
8.4	Tolerovanie kužeľov	145

8.5	Tolerovanie závitov	146
8.5.1	Závitové uloženie metrického závitú s vôľou	146
8.6	Geometrické tolerovanie	151
8.6.1	Odchýlka a tolerancia tvaru	155
8.6.2	Odchýlka a tolerancia polohy	156
8.6.3	Odchýlky a tolerancie hádzania	159
8.7	Tolerancia a odchýlky v priamkových rozmerových obvodo	160
8.7.1	Výpočet parametrov uzatvárajúceho a čiastkového člena	161
8.8	Tolerovanie polohy osí dier pre spojovacie súčiastky	162
8.9	Všeobecné tolerancie	165
9.	TECHNICKÉ POLOTOVARY	167
	doc. Ing. Robert Grega, PhD.	
10.	KONŠTRUKČNÁ DOKUMENTÁCIA	169
	doc. Ing. Robert Grega, PhD.	
10.1	Výkresy zostáv a súčiastok	171
10.1.1	Výkresy zostáv	171
10.1.2	Výkresy súčiastok	172
10.2	Titulný blok a súpis položiek	173
10.2.1	Titulný blok	173
10.2.2	Súpis položiek	175
10.3	Zmeny a doplnky na výkresoch	177
10.4	Výkresy odliatkov	178
10.5	Výkresy výkovkov	180
11.	CHARAKTERISTIKA A ROZDELLENÍ STROJOVÝCH SÚČIASTOK	181
	doc. Ing. Robert Grega, PhD.	
11.1	Strojové súčiastky pre tvorbu rozoberateľných spojení	181
11.1.1	Skrutky	181
11.1.2	Matice	187
11.1.3	Podložky	189
11.1.4	Zobrazovanie skrutiek, matic a podložiek	191
11.1.5	Zjednodušené a schematické zobrazovanie skrutkových spojov	192
11.1.6	Poistovanie skrutkových spojov	192
11.1.7	Závlačky	193
11.1.8	Spojovacie čapy	193
11.1.9	Poistné krúžky	195
11.1.10	Spojovacie kolíky	196
11.1.11	Klíny	197
11.1.12	Perá	199

11.1.13 Zverné spoje	201
11.2 Nerozoberateľné spoje	202
11.2.1 Zvárané spoje	202
11.2.1.1 Hlavné rozmery zvarov	204
11.2.1.2 Určenie polohy zvaru	206
11.2.1.3 Dopĺňujúce označenia	207
11.2.1.4 Zvary vyžadujúce úpravu zvarovaných plôch	209
11.2.1.5 Kombinované zvary	210
11.2.1.6 Výkresová dokumentácia zváraných konštrukcií	211
11.2.2 Spájkované spoje	212
11.2.3 Nalisované spoje	212
11.2.4 Nitované spoje	214
11.2.4.1 Zobrazovania nitov a nitovaných spojov	215
12. SÚČIASTKY NA VEDENIE PLYNOV, PÁR A KVAPALÍN	217
doc. Ing. Robert Grega, PhD.	
12.1 Rúrovody	217
12.1.1 Rúry a tvarovky	217
12.1.2 Spojenia rúr	218
12.2 Kompenzácia tepelnej rozťažnosti	220
12.3 Armatúry	220
12.3.1 Rozdelenie armatúr	220
13. PODPORNÉ A NOSNÉ SÚČIASTKY	225
prof. Ing. Jaroslav Homišin, CSc.	
13.1 Hriadele	225
13.1.1 Priame hriadele hladké a zhrabkované	225
13.1.1.1 Hriadeľové čapy	228
13.1.2 Zalomené hriadele	229
13.1.3 Ohybné hriadele	229
13.1.4 Kreslenie tvarových podrobností hriadeľov	229
13.1.5 Namáhanie hriadeľov	230
13.1.5.1 Namáhanie spojovacích hriadeľov	231
13.1.5.2 Namáhanie hnatých, vložených a výstupných hriadeľov	232
13.2 Osi	233
13.3 Ložiská	233
13.3.1 Klzné ložiská	234
13.3.1.1 Druhy klzných ložísk podľa konštrukčného vyhotovenia	235
13.3.1.2 Zobrazovanie klzných ložísk	236
13.3.2 Valivé ložiská	236
13.3.2.1 Základný výpočet valivých ložísk	237
13.3.2.2 Zobrazovanie valivých ložísk na výkresoch zostáv	238
13.3.2.3 Upevňovanie valivých ložísk	239

13.3.2.4	Základy konštrukcie valivého uloženia	240
13.3.2.5	Mazanie ložísk	241
13.3.2.6	Tesnenie ložísk	241
13.4	Pružiny	245
13.4.1	Zobrazovanie pružín	245
13.4.1.1	Výkresy pružín	246
14.	PREVODOVÉ A KINEMATICKÉ MECHANIZMY	249
	prof. Ing. Jaroslav Homišin, CSc.	
14.1	Rozdelenie mechanických prevodov	249
14.2	Základné parametre mechanických prevodov	249
14.3	Prevody trecími kolesami	251
14.3.1	Trecie prevody s premenlivým prevodovým pomerom	253
14.4	Ozubené prevody	254
14.4.1	Základné pojmy čelného ozubenía	254
14.4.2	Geometrické parametre čelných ozubených kolies	256
14.4.3	Zobrazovanie ozubených kolies a súkolesí	257
14.4.3.1	Zobrazovanie ozubených kolies	257
14.4.3.2	Zobrazovanie ozubených súkolesí	259
14.4.4	Kreslenie výkresov ozubených kolies	259
14.4.4.1	Kreslenie výkresov čelných ozubených kolies	260
14.4.4.2	Kreslenie výkresov kužeľových ozubených kolies	260
14.4.4.3	Kreslenie výkresov závitoviek a závitovkových kolies	262
14.4.5	Lícovanie čelných ozubených kolies	262
14.5	Reťazové prevody	264
14.5.1	Druhy reťazí	265
14.5.2	Reťazové kolesá	266
14.5.2.1	Kreslenie výkresov reťazových kolies	268
14.5.2.2	Zobrazovanie reťazových kolies a reťazových prevodov	269
14.6	Remeňové prevody	269
14.6.1	Silové pomery v remeňovom prevode	270
14.6.2	Druhy remeňov	271
14.6.3	Remenice	272
14.6.4	Zobrazovanie remeňových prevodov	273
14.7	Kinematické mechanizmy	274
14.7.1	Skrutkové mechanizmy	274
14.7.1.1	Silové pomery na závite skrutkového mechanizmu	275
14.7.2	Pákový mechanizmus	275
14.7.3	Kľukový mechanizmus	276
14.7.4	Váčkové a výstredníkové mechanizmy	276

15. HRIADEĽOVÉ SPOJKY	277
prof. Ing. Jaroslav Homišin, CSc.	
15.1 Podmienky pri výbere a uložení spojok	278
15.1.1 Výber typu a veľkosti spojky	278
15.1.2 Uloženie spojok na hriadeľi	279
15.1.3 Uloženie hriadeľov hriadeľových spojok	279
15.1.4 Polohy osi spojovaných hriadeľov	280
15.1.5 Priebeh zátlačového krútiaceho momentu	281
15.2 Mechanické neovládané spojky	282
15.2.1 Pevné spojky	282
15.2.2 Vyrovnávacie (dilatačné) a výkyvné spojky	287
15.3 Pružné spojky	292
15.3.1 Niektoré typy pružných spojok	295
15.3.2 Podmienky kladené na pružné spojky pri ich aplikácii v torzne kmitajúcich mechanických sústavách	299
15.4 Trecie spojky	300
15.5 Poistné spojky	305
15.6 Rozbehové spojky	306
15.7 Voľnobežné spojky	306
16. NAMÁHANIE STROJOVÝCH SÚČIASTOK	307
prof. Ing. Jaroslav Homišin, CSc.	
16.1 Základné druhy mechanických namáhání	308
16.2 Technické materiály	311
16.2.1 Delenie technických materiálov a ich charakteristika	311
16.2.1.1 Ocele na trženie	312
16.2.1.2 Ocele na otlátky	316
16.2.1.3 Liatiny	316
16.2.1.4 Normalizácia kovových materiálov – systémy označovania	317
16.3 Vlastnosti technických materiálov	319
16.3.1 Mechanické skúšky technických materiálov	320
16.4 Stanovenie napätia v nosnom priereze strojových súčiastok pri rôznych druhoch spojení	322
16.4.1 Napätie v skrutkovom priereze pri rozoberateľnom spojení	322
16.4.2 Napätie v priereze spojovacích čapov pri rozoberateľnom spojení	323
16.4.3 Napätie v priereze spojovacích kolíkov, klinov a pier pri rozoberateľnom spojení	324
16.4.4 Napätie v prierezoch zvarov pri nerozoberateľnom spojení	325
16.4.5 Napätie v priereze nitov pri nerozoberateľnom spojení	326
LITERATÚRA	327

Základy konštruovania v strojárstve
SJF
Katedra konštrukčného a dopravného inžinierstva

ÚVOD

Pri súčasnom rozvoji technických vied a prenikaní techniky do všetkých zložiek ľudského života je technická dokumentácia veľmi podstatným dorozumievacím prostriedkom vo všetkých sférach priemyselnej výroby.

Znalosť čítania technickej dokumentácie a normalizovaného spôsobu jej kreslenia je dôležitým predpokladom úspešného štúdia konštrukčných disciplín a ich vývoja si zásad konštrukčnej tvorby. Prostredníctvom technickej dokumentácie sú študenti vedení k zvládnutiu základných metód inžinierskej práce. Samotná technická dokumentácia v nich rozvíja zmysel pre presné technické vyjadrovanie, dôslednú prácu, návyky k sústavnosti v práci, rozvíja schopnosť samostatnej práce, ale aj zásadu splnenia úloh v požadovaných termínoch.

Z týchto dôvodov je na Strojníckej fakulte TU v Kosíciach zaradené do vyučovacieho procesu úvodné konštrukčné disciplíny pod názvom: „Základy konštruovania, Základy strojnictva a Základy strojného inžinierstva“. Uvedené predmety sú nevyhnutnou súčasťou všeobecného technického vzdelania. Ich cieľom je oboznámiť študentov s úvodom do metodiky konštruovania, významom a podstatou projektovania a konštruovania, so zásadami a predpismi pri vytváraní technickej dokumentácie. Účel študentov ako uplatňovať už získané poznatky z iných disciplín, ako docieľiť požadovaný účinok alebo funkciu súčiastky, montážnej jednotky alebo celku a ako vyjadriť myšlienkovú podstatu riešenia formou technickej dokumentácie. Zámerom predloženej publikácie je predovšetkým poskytnúť pre študentov potrebné informácie o základoch konštrukčnej práce, o základných postupoch a riešení pri tvorbe technickej dokumentácie, ako aj základoch výpočtovej grafiky.

Publikácia zohľadňuje súčasné platné normy, oboznamuje študentov so základnými spôsobmi zobrazovania na technických výkresoch, základnými strojnými pojmami, s bežne používanými normalizovanými a nenormalizovanými strojnými súčiastkami, ich pomenovaním, funkciou a účelom v montážnych jednotkách, s podpornými a nosnými súčiastkami, riadeľovými spojkami, prevodovými a kinematickými mechanizmami, s materiálmi používanými na výrobu daných súčiastok, so základnými druhmi ich mechanických namáhání, a tak napomáha získavať i prvé predstavy o konštruovaní. Záver publikácie je venovaná príkladom ortogonálnemu zobrazovaniu súčiastok, ich zobrazovaniu s použitím rezov a prierezov, kótovaniu súčiastok, realizácii výrobných (dielenských) výkresov, výkresov zdsiev a výkresov zvráňaných konštrukcií.

Vzhľadom na to, že daná publikácia je adresovaná študentom konštrukčne zameraných fakúlt technických univerzít, zohľadňuje špecifické požiadavky daných fakúlt. Veríme, že snaha autorov vyjsť v ústrety daným fakultám bude prijatá s pochopením. Zároveň upozorňujeme na skutočnosť, že z dôvodu obmedzeného rozsahu, publikácia nemohla rozpracovať problematiku v príslušných kapitolách v širšom meradle.

Kolektív autorov vyjadruje poďakovanie kolegom katedry Ing. Jozefovi Krajiňákovi, PhD. a Ing. Pavlovi Neupauerovi za pomoc pri zostavovaní väčšieho rozsahu obrázkových častí publikácie.

Za kolektív autorov
prof. Ing. Jaroslav Homišin, CSc.

Košice, 2014

Základy konštruovania v strojárstve
SJF
Katedra konštrukčného a dopravného inžinierstva

1. ZÁKLADY KONŠTRUOVANIA

1.1 Technická a inžinierska práca

Civilizácia sa vyvíja na základe tvorivých schopností človeka, ktoré sa cieľavedome využívajú pri tvorivej práci v prospech spoločnosti. Vedecko-technický pokrok posledného obdobia prináša vysoký stupeň spoločenskej deľby práce v priemyselnej veľkovýrobe. Stále viac vykonávajú aj pomerne zložité úkony stroje, tým ešte viac je možné to, aby človek tvorivo pracoval, objavoval, a tak urýchlil vedecký a technický pokrok.

Súčasná spoločnosť má záujem o účelné a plánovité využitie pracovnej a tvorivej iniciatívy, nadania a schopnosti každého človeka. Tvorivá práca pre spoločnosť sa stáva vnútornou potrebou človeka a nepostrádateľnou súčasťou jeho života, v ktorom zaniká rozpornosť medzi pracovným a voľným časom, a tým sa všeobecne rozvíja jeho osobnosť. Tvorivú činnosť človeka podmieňuje vysoká úroveň a vlastnosti, ktoré umožňujú prechod od rutinárskej k tvorivej práci. Tieto predpoklady predovšetkým poskytuje vysokoškolské štúdium, počas ktorého sa študenti naučia logicky myslieť a uplatňovať získané vedomosti na riešenie teoretických, praktických problémov a úloh inžinierskej praxe. Absolventi inžinierskeho štúdia v praxi ďalej zdokonaľujú svoju tvorivú osobnosť a dosahujú dobré pracovné výsledky či už vo výrobe alebo výskume, pri praktickej alebo teoretickej činnosti, ako aj pri riadiacej a organizátorskej práci.

V súčasnosti sa vzdelanie prispôsobuje rozvoju vedy a výroby a odráža súčasný a budúci obraz sveta, berie zreteľ na potreby vedecko-technického pokroku, na sociálne premeny, súčasné a budúce spoločenské potreby, pretože v opačnom prípade by brzdilo ďalší rozvoj spoločností a civilizácie vôbec.

Hlavnou charakteristickou črtou vedecko-technického pokroku predovšetkým je rozvoj automatizácie výrobných základne, z ktorej sa presúva veľká časť pracovných kapacít do oblasti prípravy výroby, projekcie, konštrukcie a výskumu. Na týchto úsekoch sa bude počet a potreba tvorivých pracovníkov ustavične zvyšovať. Vedecko-technický pokrok nevyhnutne mení kvalifikačnú štruktúru a vyžaduje potrebu tvorivých pracovníkov.

Pri príprave inžinierov sa zdôrazňuje široký teoretický, metodický, prírodovedný a spoločensko-vedný základ. Potrebna je znalosť cudzích jazykov, tradičných odvetví matematiky a ďalších teoretických disciplín a schopnosť správne využívať výpočtovú techniku a systémovým spôsobom riešiť zadané úlohy. Prednostne sa rozvíjajú tvorivé schopnosti, ktoré má každý jedinec a môže ich uplatňovať v každej životnej situácii. V období vedecko-technického pokroku sa vyžaduje univerzálnosť a potrebná adaptačná schopnosť. Spoločnosť pre svoj dynamický rozvoj potrebuje človeka, ktorý pohotovo mení svoje pracovné zaradenie. Tým sa preferuje teoretická a všeobecná časť inžinierskeho vzdelania, ktorého základom je schopnosť samostatnej orientácie v nepretržitom zrýchľujúcom sa toku vedeckých a technických informácií na ich získavanie a racionálne využívanie.

Spoločnosť potrebuje inžinierov, ktorí sú schopní nielen vedecko-výskumne pracovať, ale aj vedecké výsledky využívať k činnosti užitočnej v prospech spoločnosti. Aj keď v inžinierskej tvorbe na prvom mieste je veda, inžinier musí okrem toho mať vlastný úsudok, intuíciu a schopnosť objavovať. Inžinier často rieši v praxi aj úlohy, ktoré veda ešte teoreticky nezdôvodnila. Musí hľadať vlastné riešenie a pritom využiť svoje všeobecné a odborné vedomosti, experimenty, logické úsudky a už spomínanú intuíciu a vynaliezavosť.

V minulosti sa práca vedca a inžiniera diferencovala; vedec rozširoval oblasť poznania a inžinier vytváral skutočné dielo, ktoré bolo užitočné pre ľudí. V období vedecko-technického pokroku sa tieto ostro vymedzené hranice odstraňujú. Oblasť inžinierskej práce sú veľmi rozmanité, ale základné poslanie všetkých inžinierov je vždy rovnaké: vytvárať systémy na pretváranie hmoty, energie a informácií na takú formu, ktorá je pre spoločnosť užitočnejšia, ďalej organizovať na tento cieľ činnosť ľudí, a to na úrovni progresívnej vedy a techniky, s vynaložením minimálnych spoločenských prostriedkov. Toto inžinier plní iba vtedy, keď tvorivým spôsobom myslí a pracuje, a keď ovláda metodiku inžinierskej tvorivej práce.

Tvorivosť (kreativitu) možno charakterizovať ako súhrn vlastností, ktoré dávajú človekovi predpoklady, aby premenami vo svojom vedomí vytváral nový produkt. Z rôznych druhov alebo typov tvorivosti uvedieme aspoň dva najdôležitejšie: invenčný typ (zo známych poznatkov sa vytvárajú nové kombinácie, napr. pri vynálezoch) a inovačný typ, kde sa predpokladá hlboké pochopenie problematiky a uplatňuje sa práve vo vedeckej tvorivosti. Vytváranie technického diela možno rozdeliť na činnosti opakovateľné (algoritmizovateľné) a tvorivé (nealgoritmizovateľné). Opakovateľné činnosti vychádzajú z určitého poznania, skúsenosti, analýzy poznaného, zistenia opakovateľného, jeho zovšeobecnenia a roztriedenia. Nealgoritmizovateľné činnosti majú svoje konkrétne vstupy do sféry tvorivej činnosti, ktorá ich ďalej rozvíja, objavuje nové, doteraz nepoznané prvky systémov, ich funkcie a vzájomné vzťahy. Pre tvorivú činnosť vo vede a technike poskytujú základnú jednotlivú vednú odbory, ako: pedagogika (výchova kreatívnych ľudí), filozofia (zmysel vedeckej práce), gnozeológia (poznávanie hodnoty vedeckého diela), etika (príroda objavu), sociológia (vplyv sociálnej sféry na vedeckú činnosť), psychológia, fyzika, chémia, biológia atď.

Cieľom tvorivej práce je vytvorenie nových pôvodných diel, produktov. Môžu byť nimi nové poznatky, výroky, materiálne výrobky, nové vlastností, nové spôsoby konania. Materiálnemu výrobku obyčajne predchádzajú ideálne výtvary, čiže myšlienky, predstavy, poznatky, hypotézy. Preto je tvorivé myslenie základným predpokladom tvorivej práce.

Tvorivé myslenie možno definovať ako aktívny proces, kontrolovaný vnútornými výberovými kritériami riešiteľa, ktorý sa završuje dosiahnutím zhody riešenia s kritériami. Kritériom môže byť zhoda riešenia s cieľom, ale aj skúsenosti z predchádzajúcej činnosti. Skúsenosti ovplyvňujú tvorivý proces buď kladne, buď záporne. Kladne vtedy, keď pracovník používa také riešenie, ktoré si dokonale predtým osvojil, záporne vtedy, ak uplatňuje iba svoju fantáziu alebo náhodné riešenie.

V tvorivom procese sa uplatňuje tvorivý intelekt, ktorý zahŕňa tri zložky. Tieto zložky sa prejavujú nasledujúco:

1. intuitívna, imaginatívna, voľná fantázia: objavovanie nových princípov, improvizácia, využívanie extrémov, náhod atď.;
2. heuristické predstavy: inektívne konštrukcie, resp. transformácie nových riešení a problémov: plánovité systémové riešenia (model, prototyp);
3. schématické operácie, algoritmy riešenia: reprodukcia a aplikácia operácií na riešenie daných úloh.

V tvorivom procese sa uplatňujú aj podvedomé procesy, ktoré prechádzajú kontrolou podvedomia logickej činnosti, podopretej získanými skúsenosťami. Tvorivý intelekt je súčasťou tvorivej osobnosti a treba rozvíjať všetky jeho zložky. Tvorivé myslenie sa odli-

šuje od algoritmovateľných činností práve invenciou. Vyznačuje sa hľadaním a porovnávaním nových metód a vytváraním nových myšlienkových postupov.

Tvorivé myslenie má svoje všeobecné rysy, ale prejavuje sa konkrétne rôznymi formami (v rôznych odboroch, druhoch činností a na rôznych úrovniach). Za nevyhnutnú všeobecnú črtu tvorivého myslenia možno považovať schopnosť samostatne uvažovať a na základe poznaného poznávať a riešiť nepoznané. Od všeobecných črt tvorivého myslenia možno odvodiť jeho mnohé konkrétne prejavy ako je: schopnosť objavovať nové, vytvárať pôvodné hypotézy, analyzovať a syntetizovať javy, odhaľovať súvislosti, abstrakciou vytvárať riešiteľné modely, ktorými možno s dostatočnou presnosťou riešiť úlohy zdanlivo neriešiteľné, odlišovať podstatné od nepodstatného, objavovať zákonitosti podobných javov, aplikovať všeobecné teórie na riešenie konkrétneho, presne formulovať všetky prijateľné varianty a objektívnym porovnaním určiť najvhodnejší, zvoliť najvhodnejšie metódy riešenia problému. Všeobecne sa konštatuje, že žijeme v období rýchlo postupujúceho vedecko-technického pokroku.

Vedecko-technický pokrok veľmi výrazne ovplyvňuje všetky stránky života spoločnosti: sféru výroby, dopravy, informácií a komunikácie, nevýrobnú sféru, riadenie výrobných a sociálnych procesov, kultúru, zdravotníctvo a pod. Zmeny v týchto zložkách života spoločnosti, naopak, spätne ovplyvňujú priebeh vedecko-technického pokroku. Nastáva zložitý prelínanie a ustavičná interakcia príčin a následkov. Súčasný vedecko-technický rozvoj charakterizujú tieto základné znaky:

- veda čoraz viac preniká do hĺbky hmoty, do mikrosвета, do štruktúry elementárnych častíc hmoty; prechádza sa na molekulárnu, submolekulárnu a atómovú úroveň výskumu živej a neživej prírody; odhaľuje sa jednota protirečivých vlastností a kvalít elementárnych častíc hmoty a antičastíc, vlnových a korpuskulárnych procesov, diskretných a spojitých procesov;
- najnovšie objavy prírodných vied podstatne zmenili prírodovedný obraz sveta;
- veda súčasne preniká aj do makrosвета, do kozmu a skúma vlastnosti hmoty iných planét a hviezd, kozmického vákua, plazmy, gravitačných polí a pod., to takisto mení prírodovedný obraz sveta;
- objavy a využitie nových druhov a zdrojov energie (atómovej, termonukleárnej, geotermálnej a pod.) a nové spôsoby jej transformácie vedú k vzniku novej energetickej základne;
- objavy radu syntetických materiálov a praktických spôsobov ich výroby sú nesmierne dôležité pre život človeka;
- vytvorenie teoretických základov automatizácie a riešenie problémov jej praktického zavádzania do života a kybernetizácia výroby menia charakter v samotných základoch materiálnej výroby;
- rozsiahle využívanie počítačov v priemysle a pri vedecko-technických výskumoch;
- rozvoj matematiky a jej dôležitosť pri súčasnom vedeckom poznávaní sveta, čiže matematizácia vedy;
- zmena zloženia vedeckej skupiny vied v procese poznávania sveta (vznik hraničných odborov);
- „industrializácia“ vedy, jej premena na bezprostrednú výrobnú silu;
- urýchľujúca sa diferenciacia a integrácia vedných odborov;

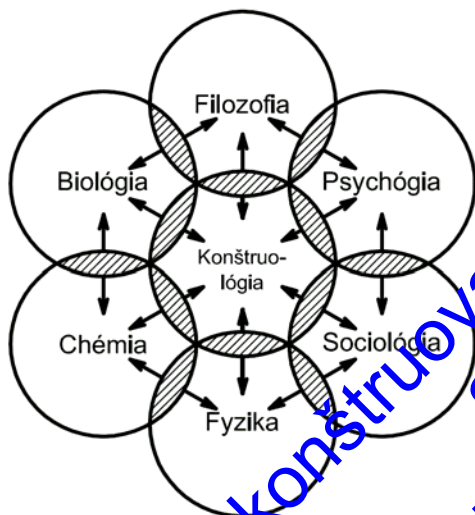
- explozívny rast objemu vedecko-technických informácií a s ním spojené rýchle „starnutie“ obrovského množstva informácií;
- vznik efektívnych metód strojového spracovania hromadných tokov informácií a riadenia informačných procesov;
- rozvoj kvalitatívne nových perspektívnych technologických základov výroby, ktorým vzniká nová technologická základňa výroby.

Uvedený prehľad nevyčerpáva všetky znaky charakteristické pre súčasný vedecko-technický pokrok, ani neodhaľuje jeho podstatu. Poskytuje základnú orientáciu o dobe, v ktorej sa veda a technika rýchle dostávajú na kvalitatívne novú úroveň. Táto doba vyžaduje prudký rast intelektuálnych síl človeka, zmeny v obsahu a charaktere doterajších profesií a automatizáciu procesov vedecko-výskumnej práce.

1.2 Základy konštrukčnej práce

1.2.1 Význam a podstata projektovania a konštruovania

V modernom chápaní konštruovanie je vednou disciplínou. Hovorí sa o vedeckom konštruovaní – konštruológii. Veda o konštruovaní má korene v rozvoji technickej tvorivej práce.



Obr. 1.1. Konštruológia a vedné odbory

Základňou poznania sú vedné odbory, ako filozofia, psychológia, sociológia, fyzika, chémia, biológia a iné (obr. 1). Poznatky týchto vedných odborov prenikajú do vedeckého konštruovania, ktoré ich využíva, rozvíja a nové poznatky čiasť vracia späť do jednotlivých vedných odborov, ktoré sa navzájom ovplyvňujú svojimi poznatkami. Každá z použiteľných vedných disciplín, ktorá sa zúčastňuje na tvorbe technického diela, má mať vypracované zásady, ktoré by boli hodnotiacimi kritériami pri tvorbe technického diela. Každé technické dielo je produktom tvorivej práce technika, je dokladom o jeho myšlienkových pochodoch, nadaní a hĺbke vedomostí v danom odbore. Na realizácii technického diela sa zúčastňuje široký kolektív ľudí, z ktorého každý jednotlivec prispieva svojím podielom.

Na tvorbu technického diela vplýva niekoľko faktorov, z ktorých najväčší podiel majú: formulácia zadania, spracovanie koncepcie a konštrukčné spracovanie. Technologická príprava výroby, výrobné prostriedky, ľudský faktor vo výrobe a iné, sa na jeho vytváraní zúčastňujú menej.

Keď hodnotíme podiel zodpovednosti jednotlivých útvarov z hľadiska výšky výrobných nákladov, zistíme, že na konštrukciu a vývoj pripadá 75 %, na prípravu výroby 13 %, na hospodárenie s materiálom 6 % a na výrobu 6 %. Z toho vyplýva, že náklady na výrobok najviac ovplyvňujú konštrukčné a vývojové štádium a nie samotná výroba. Konštrukcia má veľkú zodpovednosť za výrobok. Nový výrobok musí mať také vlastnosti,

ktorými by konkuroval starému výrobku, preto sa musí vyvíjať, musí byť výsledkom radu skúmaní a podkladov. Celá príprava rozvoja nového výrobku je vysoko odborná a náročná práca, ktorej záverom má byť vyjadrenie princípov konštrukčného riešenia nového výrobku. Ak hovoríme o princípe konštrukčného riešenia, treba tomu rozumieť tak, že sa spracujú, pokiaľ je to možné, komplexné alternatívy riešenia so zhodnotením možností technických ekvivalentov. Z týchto variantov sa potom vyberie také riešenie, ktoré sa po zvážení okolností javí ako optimálne. Ak hlbšie analyzujeme túto otázku zistíme, že táto vychádza z množstva vedeckých a technických poznatkov. Komplex týchto poznatkov, spracovaný v aplikovanom výskume a vývoji, dáva určité množstvo technologických riešení. Po ekonomickom zhodnotení týchto riešení dostaneme určité, ale podstatne menšie množstvo riešení technologicky možných a ekonomicky výhodných. Prechádzajú bariérou radu faktorov, ktoré výrobca či spoločnosť, ktorá chce tento výrobok v širokej miere uplatniť, nie vždy môže ovládať alebo ovplyvniť. Záverom etapy plánovania rozvoja technického diela je zadanie úlohy. Tvorba technického diela, vychádzajúc zo zadania úlohy, začína prácou výskumných a vývojových pracovníkov, ktorí spracujú projekt a konštrukčný návrh doložený potrebnými funkčnými vzorkami. V tejto fáze má byť nový výrobok úplne technicky definovaný, funkčne preverený a pripravený na spracovanie do výrobných podkladov. Táto etapa má byť uzatvorená výrobou prototypu, jeho preskúšaním, úpravou dokumentácie a odovzdaním výrobných podkladov plánovaciim a riadiacim zločkám na začatie overovacej série a samotného výrobného procesu.

Predvýrobné činnosti sa rozdeľujú do dvoch skupín. Prvá začína plánovaním technického diela a končí konštrukčným návrhom, výskúšaním funkčného modelu a súhrnne sa nazýva etapou rozvoja výrobku, resp. výrobného procesu. Druhá, v ktorej sa spracúvajú výrobné konštrukčné a technologické podklady, pripravuje sa výroba, vyrába a overuje sa prototyp, nazýva sa vlastná technická príprava výroby. V oblasti technickej prípravy výroby sa zdôrazňuje nevyhnutnosť veľmi úzkej spolupráce medzi konštrukciou, technológiou, technologickým projektovaním a konštrukciou náradia.

1.2.2 Úlohy a práca projektanta a konšuktéra

Základnou úlohou konšuktéra je vytvoriť konštrukciu, ktorá by najviac zodpovedala potrebám užívateľa, ktorá prinesie najväčší ekonomický efekt a má najvyššie technicko-ekonomické a prevádzkové parametre.

Hlavnými ukazovateľmi sú: vysoká produktivita, hospodárnosť, pevnosť a spoľahlivosť, nízka hmotnosť, malá spotreba materiálu, malé rozmery, nízka spotreba energie, malý rozsah a nízke náklady na opravy, nízke náklady na pracovnú silu, dlhý interval medzi opravami, dlhá životnosť a vysoký stupeň automatizácie, jednoduchosť a bezpečnosť obsluhy, pohodlné riadenie, ľahká demontáž a montáž.

Pri konštruovaní strojov je nevyhnutné dodržať požiadavky technickej estetiky. Stroje musia mať pekný vzhľad a elegantnú jednoduchú úpravu.

Závažnosť každého z uvedených faktorov závisí od účelu použitia stroja:

- pri strojoch vyrábajúcich alebo premieňajúcich energiu je najdôležitejšia účinnosť, ktorá určuje dokonalosť premeny spotrebovanej energie na užitočnú;
- pri pracovných strojoch – produktivita, presnosť a bezporuchovosť prevádzky, stupeň automatizácie;
- pri obrábacích strojoch – produktivita, presnosť obrábania, rozsah vykonávaných operácií.

- pri výrobe prístrojov – citlivosť, presnosť, stálosť údajov;
- v dopravnej technike, najmä v leteckej a raketovej – nízka hmotnosť konštrukcie, vysoká účinnosť motora, ktorá je podmienkou pre nízku palubnú zásobu paliva.

Nesmierny význam v strojárstve má ekonomika. Pri navrhovaní stroja sa konštruktér musí snažiť všestranne zvýšiť jeho rentabilitu a ekonomický efekt počas celého obdobia práce stroja. Konštruktér a projektant kvalitou svojej práce ovplyvňuje napr. :

- vo vlastnom závode zníženie výrobných nákladov, zvýšenie produktivity práce, zníženie dovozu atď.;
- v závode odberateľa zníženie nákladov na nové prístroje, stroje a zariadenia, zmenšenie prevádzkových nákladov atď.;
- u spotrebiteľa lacnejší nákup kvalitných výrobkov, všeobecné zvýšenie životnej úrovne.

Úspech práce konštruktérov ovplyvňujú najmä:

- dobré znalosti potrieb trhu;
- dobré spracovanie konštrukčnej, resp. projektovej úlohy, ktorá je konečným vyhodnotením prieskumu trhu. Konštrukčná úloha je dôležitým predpokladom na úspešné vyriešenie nového výrobku, preto treba jej spracovaniu a formulovaniu venovať potrebnú starostlivosť;
- kvalita a včasný prísun technických a ekonomických informácií. Konštruktéri nové technické informácie a vlastné poznatky transformujú vo svojom vedomí tvorivým spôsobom na novú komplexnú informáciu – návrh, projekt požadovaného výrobku. Dôležité je vybavenie konštruktérov cenníkmi a nákladovými podkladmi na uplatňovanie konštruovania do tzv. ekonomického limitu. Bez týchto podkladov nemôžu konštruktéri hospodárne konštruovať;
- úroveň organizácie projekčných a konštrukčných útvarov a metodika práce. Pri uplatňovaní metodiky konštruovania treba vychádzať zo zásad vedeckej organizácie práce a účelne ju uplatňovať. Metodika konštruovania je prospešná pre schopného konštruktéra. Kto nemá konštruktérске nadanie, tomu je málo platná, pretože sa musí uplatňovať tvorivým spôsobom;
- dobré pracovno-spoločenské prostredie na pracovisku, ktoré môže, podľa údajov odborníkov, zvýšiť produktivitu práce konštruktérov o 10 % až 12 %, ba niekedy aj viac;
- hygienické a estetické riešenie pracovísk konštruktérov a projektantov;
- technické vybavenie ich pracovísk atď.

Základy konštruovania v strojárstve
Katedra konštrukčného a dopravného inžinierstva

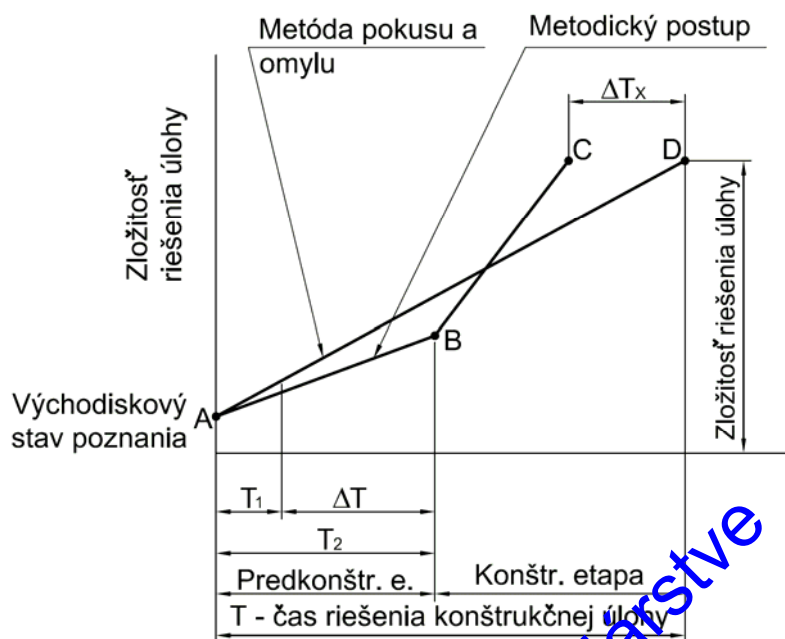
1.3 Úvod do metodiky konštruovania

1.3.1 Rozbor procesu konštruovania a hľadanie alternatív riešení

Vedecko-technický rozvoj zasahuje do každej oblasti nášho života. Prináša nové a nové poznatky, ktoré sa uplatňujú v jednotlivých odvetviach, rozvíjajú ich a zvyšujú ich celkovú úroveň. Aj nový vedný odbor náuka o konštruovaní – konštruológia v dôsledku vedecko-technického rozvoja prešiel viacerými etapami vývoja a súčasnú etapu charakterizuje systematický prístup v procese konštruovania s maximálnym využitím poznatkov výskumu a zavádzaním výpočtovej techniky. Pokrok sa zaznamenal v automatizácii čiastkových riešení, uplatnením počítačov pri výpočtoch a vo vysokej technologicnosti konštrukcie.

Správne metodicky postupovať pri konštruovaní znamená uplatňovať zásady a pravidlá konštruovania. Preverovať si zadanie a nezačať kresliť hneď prvý nápad bez rešpektovania ostatných vzájomných väzieb. Mať na zreteli, že pre jedno zadanie môže vzniknúť veľké množstvo variantov riešení, z ktorých vzíde optimálne riešenie. Nezačať s riešením skôr, ako budeme mať pohromade základné dostupné informácie. Nezabúdať na normalizačné, estetické, ergonomické, ekonomické a výrobné hľadiská. Treba vždy rešpektovať bezpečnostné predpisy. Plánovať postup prác pri riešení konštrukčnej úlohy. Treba si uvedomiť, že konštruovanie je tvorivý proces. V tomto procese nemožno postupovať podľa jediného všeobecne platného predpisu, do ktorého by sa dosadili príslušné konkrétne podmienky, a tým by sa úloha vyriešila. Možno si osvojiť určité pravidlá konštruovania, ktoré pomáhajú získať rýchlejšie pritom kvalitnejšie optimálne riešenie. Metódy konštruovania sa ustavične rozvíjajú, preto konštruktér musí dbať na to, aby počas svojej dlhoročnej praxe tento vývoj sledoval a ustavične si dopĺňal vedomosti a osvojoval si stále dokonalejšie metódy.

Donedávna konštruktéri riešili technické problémy na základe svojich skúseností a intuície, keď sa konštruktér spoliehal na to, že ho riešenie napadne. Analýzou konštrukčného procesu sa dospelo k tomu, že sa dá špecifikovať jednotlivé činnosti konštruktéra, tieto možno usporiadať do logického postupu, a tak vytvoriť určitý metodický postup pre technické riešenie konštrukčného problému. Aj napriek tomu intuícia má v procese konštruovania stále význam, predovšetkým vtedy, keď nie sú známe metodické postupy. Nové metódy konštruovania dávajú konštruktérovi istotu, že nájde optimálny variant konštrukčného riešenia, ďalej vytvárajú podklady na doloženie myšlienkového postupu pri riešení určitej konštrukcie a umožňujú skrátiť celkový priebežný čas riešenia



Obr. 1.2. Vplyv metodického postupu na skrátenie času konštruovania výrobku

- A – začiatok riešenia problému
- B – začiatok konštrukčného riešenia úlohy pri metodickom postupe
- C – vyriešenie úlohy metodickým postupom
- D – vyriešenie úlohy klasickou formou konštruovania
- T_1 – Priebeh študijnej etapy pri klasickom konštruovaní
- T_2 – Priebeh analýzy úlohy pri metodickom konštruovaní
- ΔT – Predĺženie študijnej etapy pri metodickom konštruovaní oproti klasickému konštruovaniu
- T – Celkový čas riešenia konštrukčnej úlohy
- ΔT_x – Úspora času (nákladov) pri metodickom konštruovaní

Ak rozoberieme tvorivú konštrukčnú činnosť, či už ide o riešenie určitého celku alebo len súčiastky, o zložitú alebo jednoduchú úlohu, zistíme, že celý myšlienkový postup sa skladá z relatívne malého počtu základných myšlienkových operácií, ktoré sú:

- pochopiť zadanú úlohu;
- hľadať možné riešenia;
- určiť podmienky kritérií pre rozhodovanie;
- vyhodnotiť nové riešenia podľa daných kritérií;
- rozhodnúť sa pre vyhovujúce riešenie alebo určiť nové požiadavky;
- overiť si vybrané riešenie.

Týmto operáciám sa často hovorí analýza a syntéza. Uvedené myšlienkové operácie vykonáva konštruktér niekoľkokrát cez deň. Niekedy sa vzťahuje na celkovú úlohu, niekedy na časť, súčiastku alebo najmenší prvok súčiastky (žliabok, zápch, závit atď.). Len čo konštruktér nakreslí akúkoľvek čiaru, vykoná vedome či nevedome všetky päť operácií vo vzťahu k tejto čiare. Ak to urobil, napr. z neznalosti, výsledok jeho činnosti bol iba náhodný.

Každú úlohu možno riešiť niekoľkými spôsobmi. Treba hľadať viac alternatív riešenia zovšeobecnením problému a zistením základných princípov. V súčasnosti máme k dispozícii veľké množstvo metód na hľadanie alternatív, ktoré možno použiť.

1.3.1.1 Metóda určenia vzťahov

Táto metóda sa zakladá na grafickom znázornení vzájomných vzťahov súčiastok určitého zariadenia. Vychádza sa z podobného hotového výrobku, kde sa dajú pomerne jednoducho znázorniť vzťahy medzi súčiastkami alebo skupinami súčiastok. To umožňuje podobne graficky vyjadriť vzťahy aj pre nový výrobok. Použije sa pritom všeobecný postup, čím sa odvádza pozornosť od starého výrobku a môže sa vytvoriť viac alternatív. Táto metóda sa môže výhodne uplatniť napr. pri navrhovaní snežného skútra, kde ako hotový výrobok posluží motocykel.

1.3.1.2 Systematické metódy

Systematické metódy v oblasti tvorivého myslenia sa opierajú o súčasný stav vedeckého poznania a o logiku zákonitosti vývoja. Ich spoločným znakom sú vedecké metódy poznania. Využívajú sa hlavne tieto:

- analýza - ide o myšlienkové rozčlenenie objektu na jeho prvky, vymedzenie jeho určitých znakov a ich samostatné skúmanie. Analýzu technických riešení problému môžeme prirovnať k demontáži stroja na súčiastky,
- syntéza jedná sa o myšlienkové spojenie súčiastok, predmetov alebo javov v celok, tvoriaci obraz reálnej skutočnosti (montáž),
- abstrakcia a zovšeobecnie - ide o myšlienkové vymedzenie, vybranie jednotlivých, v danej úvahe podstatných znakov javu alebo predmetu a ponechanie všetkých ostatných znakov bez preskúmania. Tým sa umožní dostať sa k podstate problému (napr. abstraktný model riešenia),
- konkretizácia - ide o postup, pri ktorom sa obecné pojmy, znaky a vzťahy určujú do konkrétneho charakteru. Konkretizácia nás približuje k tomu, čo nám poskytuje zmyslová skúsenosť, čo je pre nás názornejšie a známejšie,
- indukcia a dedukcia - indukcia je úsudok smerujúci od zvláštnych prípadov k obecnnej pravde. Naopak dedukciou sa na základe všeobecného poznatku vyvodzuje určitá súvislosť nutná pre konkrétny prípad. Obidva druhy úsudku sa uplatňujú v tesnej súvislosti, takže sa obvykle vyskytujú spoločne

Systematické metódy sa vyznačujú logickým, vedecky orientovaným a často veľmi zložitým myšlienkovým procesom postupného vytvárania hypotéz a predpokladov. Na týchto princípoch sa zakladajú aj ďalšie postupy systematického myslenia a riešenia problémov.

1.3.1.3 Metódy založené na vzoroch z prírody

Týmito metódami na základe bionického princípu sa skúma, ako sa požadovaný účinok realizuje v živej prírode, akými premenami (postupmi) prechádzajú živé organizmy vo svojom vývoji k súčasnemu stavu. V prírode sa uskutočňujú postupné, malé, takmer spojité kvantitatívne zmeny, ktoré za relatívne dlhý čas prerastajú do kvalitatívnych zmien. Takto vznikli dlhým vývojom zo záhybov tela živočíchov plutvy, z plutiev nohy, z nôh krídla. Človek svojim abstraktným myslením môže tento dlhodobý vývoj urýchliť a získať kvalitatívne nové riešenie.

Niektoré príklady preberania vzorov z prírody. Aplikáciou špeciálnych orgánov netopiera, ktoré mu umožňujú lietať v noci, môžu byť radarové zariadenia. Vhodným vzorom pre technické napodobnenie môže byť reaktívny pohyb medúzy a ďalšie.

1.3.1.4 Morfológická metóda

Táto metóda sa výhodne používa pri inovovaných konštrukčných riešeniach. Nový riešený systém sa rozloží do niekoľkých základných funkcií. Prvky systému sa roztriedia na opakujúce sa, meniace sa a novovyrábajúce sa (O-P-V metóda), zostavia sa do blokovej schémy, kde sa môžu aj farebne rozlíšiť. Z takto zostavenej schémy sa dajú odvodiť nové kombinácie. Uplatňujú sa pritom v plnej miere osobné skúsenosti riešiteľa, ako aj známe osvedčené riešenia. Z ďalších metód sa používajú elementárne operačné metódy, normatívne metódy, metóda matematicko-logických modelov a ďalšie.

Veľký význam v projektovaní nových strojov má unifikácia, ktorá sa uskutočňuje niekoľkými metódami. Tieto metódy nemajú charakter univerzálnosti a spravidla každú metódu možno použiť iba pre určité kategórie výrobkov. Patrí sem nasledujúce metódy:

1.3.1.5 Metóda sekcionovania

Metóda sekcionovania spočíva v rozdelení stroja na rovnaké úseky (sekcie) v zostavení výrobných strojov z týchto unifikovaných úsekov (sekcí).

Na sekcionovanie sú vhodné mnohé druhy dopravných a zdvíhacích zariadení (pásové, redlery a dopravníky s ťažnou reťazou). Sekcionovanie sa v tomto prípade obmedzuje na zostrojenie kostry strojov z úsekov a na zostavenie strojov rozličnej dĺžky s novou nosnou traťou.

Veľmi jednoducho sa dá rozdeliť na sekcie stroje s článkovým nosným pásom (korčkové, článkové a pásové dopravníky s puzdrovými a valčekovými reťazami), pri ktorých dĺžka pásu sa dá zmeniť skrátením alebo doplnením článkov.

Tento spôsob zostavovania strojov je hospodárny aj vtedy, keď vzhľadom na dĺžku stroja treba vyčleniť určité normalizované úseky.

Na sekcionovanie sú vhodné tiež kotúčové filtre, článkové výmenníky tepla, odstredivé, vírivé a axiálne hydraulické čerpadlá. Napokon zostavou sekcií môžeme dostať rad množstevných čerpadiel rozličného tlaku, unifikovaných podľa základných pracovných mechanizmov.

1.3.1.6 Metóda zmeny dĺžkových rozmerov

Pri tejto metóde sa získava rozličná výkonnosť strojov a agregátov zmenou ich dĺžky, pričom sa zachováva tvar priečného prierezu. Táto metóda sa používa iba pri takých strojoch (prevažne rotujúcich), ktorých výkonnosť je úmerná dĺžke rotora (zubové, rotačné a lopatkové čerpadlá, Rootsove kompresory, valcovacie zariadenia atď.).

Stupeň unifikácie pri tejto metóde je veľký. Unifikujú sa iba čelné veká telies a pomocné súčiastky. Ekonomický efekt je najmä v tom, že sa na obrábanie rotorov a vnútorných plôch telies použijú tie isté základné technologické zariadenia.

Osobitný prípad, kde sa dá uplatniť táto metóda, je zvýšenie zaťaženia ozubených súkolesí, reduktorov a rýchlostných skriň zväčšením šírky ozubených kolies pri zachovaní ich modulu.

1.3.1.7 Metóda základného agregátu

Princípom tejto metódy je použitie základného agregátu, ku ktorému pripojíme špeciálne zariadenie, čím získame stroje na rozličné účely. Najviac sa táto metóda využíva pri zostavovaní cestných strojov, pojazdných žeriavov, nakladačov, baličov, strojov na odpratávanie snehu a špeciálnych pásových vozidiel. Základným agregátom v tomto prípade bývajú sériové vyrábané traktorové alebo automobilové podvozky. Prímontovaním ďalších zariadení na podvozky dostaneme sériu strojov vhodných na rozličné účely.

Metóda základného agregátu sa uplatňuje najmä pri výrobe poľnohospodárskych strojov. Pripojenie špeciálneho zariadenia si vyžaduje doplnujúce mechanizmy a agregáty (skrine odberu výkonu, zdvíhacie a otáčacie mechanizmy, navijaky, vratné mechanizmy, trecie spojky, brzdy, riadiace mechanizmy, kabíny). Tieto agregáty možno vo veľkej miere unifikovať.

1.3.1.8 Metóda konvertorovania

Pri metóde konvertorovania sa základný stroj alebo jeho základné súčiastky využívajú na vytvorenie rozličných agregátov s veľmi príbuzným alebo veľmi sa odlišujúcim pracovným procesom.

Príkladom použitia tejto metódy môže byť prestavanie piestových spaľovacích motorov z jedného druhu paliva na iné, z jedného druhu tepelného procesu na iný (napríklad z iskrového zapalovania na katalytické a pod.).

Benzínové karburátorové motory sa dajú pomerne ľahko prestavať na plynové. Stačí nahradiť karburátor miesacom a zmeniť stupeň kompresie (Čo sa najjednoduchšie dosiahne zmenou výšky piestov) a vykonať niektoré druhotné konštrukčné prepracovania. V podstate motor zostáva ten istý.

Zmena benzínového alebo plynového motora na dieselový je ťažšia najmä pre vyššie pracovné namáhanie dieselového motora, ktoré spôsobuje vysoký stupeň kompresie a vysoký tlak pri vznietení. Preto konvertorovaný motor musí mať veľké zásoby pevnosti. V tomto prípade sa pri konvertorovaní nahradí karburátor palivovým čerpadlom a rozprašovačmi (alebo rozprašovacími pumpami), zmení sa stupeň kompresie (zmenou hláv valcov, zväčšením výšky valcov alebo zmenou tvaru ich dna). Ďalším príkladom konvertorovania je preradenie piestových vzduchových kompresorov na iné pracovné médium (plyn, čpavok, freón). V tomto prípade treba mať na zreteli rozličné fyzikálne a chemické vlastnosti pracovných médií a podľa toho zvoliť materiál pracovných súčiastok.

Príkladom konvertovania agregátov, ktoré majú veľmi rozdielny pracovný proces, je prebudovanie spaľovacieho motora na piestový kompresor. Konvertovanie si v tomto prípade vyžaduje vymeniť hlavy motora za ventilové komory so zodpovedajúcou zmenou rozvodového mechanizmu, čo predstavuje značnú prestavbu.

1.3.1.9 Metóda modifikácie

Modifikáciou nazývame prispôbenie stroja na iné podmienky práce, operácie a druhy výroby bez zmeny základnej konštrukcie.

Ako príklad modifikácie môžeme uviesť prispôbenie stroja na prácu v rozličných klimatických podmienkach. Prepracovanie sa v tomto prípade robí prevažne výmenou materiálov. Pri strojoch pracujúcich vo vlhkom tropickom podnebí sa uplatňujú zliatiny odolné proti korózii, pri strojoch, ktoré sú v prevádzke v oblastiach s drsným podnebí, uplatňujú sa materiály odolné proti chladu a systémy masenia sa prispôbujú práci pri nízkych teplotách.

Iným príkladom je modifikácia stacionárnych strojov pre prácu v námornej doprave. Tu je potrebné všestranne vylahčiť konštrukciu strojov náhradou ťažkých zliatin (liatin) ľahkými (hliníkovými) zliatinami a uplatniť materiály odolné proti korózii vo vlhkom morském vzduchu, aj pri styku s morskou vodou.

Modifikácia strojov určených na prácu v podmienkach styku s aktívnymi chemikáliami spočíva v ich ochrane proti škodlivému pôsobeniu zavádzaním zosilnených tesnení a použitím chemicky odolných materiálov.

Zložitejšia je modifikácia strojov vtedy, ak ich treba prispôsobiť rozličným operáciám alebo výrobám. V tomto prípade metóda modifikácie užto súvisí s metódou montážnych skupín.

1.3.1.10 Metóda montážnych skupín

Metóda montážnych skupín sa zakladá na budovaní strojov spájaním unifikovaných agregátov do samostatných celkov, ktoré sa zostavujú v ľubovoľnom počte a kombináciách na spoločnom základe.

Najvýraznejšie sa táto metóda uplatnila pri konštrukcii stavebníkových kovoobrábачích strojov. Takéto obrábачie stroje sa budujú pomocou unifikovaných blokov (obrábачie bloky, mechanizmy synchronizácie, otočné stoly, telesá všeobecného určenia, rámy, stojany, pomocné dielce, systémy na prívod maziacich a chladiacich kvapalín, elektrické riadenie, hydraulické pňhony).

Výrobok sa pri obrábaní zväčša nepohybuje. K nemu sa z rozličných strán približujú vhodne nastavené bloky. Obrábачie operácie sa uskutočňujú súčasne, čo veľmi zrýchľuje technologický proces.

Hlavné prednosti metódy montážnych skupín: skrátenie času, zníženie nákladov na projektovanie a na výrobu strojov, zjednodušenie obsluhy a opráv, možnosť úpravy strojov na obrábanie rozličných súčiastok.

Metóda montážnych skupín má veľkú perspektívu. Môže sa uplatniť nielen pri kovoobrábачích strojoch, ale aj pri iných obrábачích strojoch. Metóda montážnych skupín nachádza čiastočné použitie pri využití normalizovaných celkov a strojov, ktoré sa v priemysle sériovo vyrábajú (prevodoviek, čerpadiel, kompresorov), ako aj pri prevzatí

ďalších sériové vyrábaných celkov (rýchlostných skriň, diferenciálov, prepínacích mechanizmov, spojok, trecích súkolesí).

1.3.1.11 Intuitívne metódy

Okrem uvedených metód pre hľadanie alternatívnych riešení sa používa aj intuitívna technika. Základom tejto skupiny metód je tzv. intuitívne myslenie. Jeho podstata je v racionálnom pojmí vysvetľuje takto: sú to stavy alebo okamihy náhleho riešenia problému, ich podstatou je zmena kvantity na kvalitu informácií uložených v podvedomí. Podstatou intuície je teda množina informácií zatiaľ neusporiadane uložených v podvedomí tvoriaceho pracovníka, ktorá sa získava často mnohoročnou usilovnou prácou na probléme a trvalým štúdiom teórie danej problematiky. Túto intuíciu, akoby samovoľne prichádzajúcu obvykle vo chvíľach pokoja alebo odpočinku, je možné označiť ako intuíciu podmienenú.

Jej modifikáciou je intuícia vyvolaná, navodená, ktorá je podstatou skupiny metód intuitívneho spôsobu tvorivosti. Základom vznikajúcich nápadov je vyvolanie vnemových a myšlienkových procesov. Nové nápady vznikajú ako reflex vyvolaného podvedomia a myslenia. K hlavným metódam intuitívneho spôsobu tvorivého myslenia patrí brainstorming a Gordonova metóda.

Podstatou brainstormingu je, že skupina 5 až 12 osôb sa zhromažďí na 1/2 až 3 hodiny, aby vymysleli maximálne možný počet riešení určitého problému. Podmienkou je, aby sa účastníci v skupine veľmi nepoznali, aby to neboli osoby, ktoré majú úlohu rozpracovať a také, ktoré úlohu dobre poznajú (riešitelia). Riešitelia dostanú návrhy azdodatčne, aby posúdili možnosť ich realizácie, a aby ich prepracovali.

Podstatou Gordonovej (synektickej) metódy je vedomé vyvolávanie vzdialených asociácií a úsilie umelo napodobniť tvorivý proces. Skupina má 2 až 6 osôb, ktoré sa musia s použitím metódy dobre oboznámiť. Vedúci skupiny musí byť skúsený a nadaný človek.

1.3.2 Kritériá pre rozhodovanie

Hlavným kritériom splnenia konštrukčnej úlohy je v podstate splnenie funkčných požiadaviek výrobku a jeho osvedčenie u spotrebiteľa. Počas riešenia konštrukčnej úlohy sa myšlienková operácia rozhodovania realizuje mnohokrát a na rôznych úrovniach od najjednoduchšieho tvarového prvku až po rozhodnutie o koncepčnom celku.

1.3.2.1 Druhy kritérií

Rozhodovanie konštruktéra tkvie v tom, že jednotlivé alternatívy porovnáva s určitým kritériom a vyberie takú alternatívu, kde kritérium ukázalo maximálnu hodnotu (účinnosť, únosnosť, životnosť) alebo minimálnu hodnotu (súčiniteľ trenia, cena, hmotnosť), resp. vyhovujúcu hodnotu meranej vlastnosti. Takto možno postupovať nielen vtedy, ak existuje exaktné kritérium a merateľné vlastnosti alternatív, ale aj vtedy, keď sa pri hodnotení uplatňuje intuícia a hodnotí sa podľa vlastnej predstavy napr. úroveň spoľahlivosti, bezpečnosti, ovládateľnosti atď. Pretože pri konštruovaní sa vyskytujú takmer vždy merateľné technické veličiny (výkon, vynaložené náklady), kritériom hodnotenia vo veľkej väčšine prípadov je pomer medzi požadovaným účinkom a vynaloženými nákladmi. Ak ani jedna z alternatív nedošla na požadovanú úroveň požadovaných kritérií, konštrukčná úloha sa musí riešiť znova alebo sa musia zmeniť na ňu kladené podmienky.

Pri investičných výrobkoch sa normatívne predpisuje kritérium – koeficient ekonomickej efektívnosti E_{ef} , ktoré je jednou z podmienok zadania úlohy:

$$E_{ef} = \frac{U'_r}{N} \quad (1.1)$$

kde: U'_r – sú ročné úspory,
 N – dodatočné jednorázové náklady.

Pre ostatné konštrukcie (súčiastky a montážne jednotky) platí kritérium použiteľnosti, čiže splnenie požadovaných podmienok. Pre výber alternatívy, ktorá najviac prekračuje stanovené podmienky, je výhodné občas vytvoriť kritérium k , ktoré vyjadruje pomer užítkovej hodnoty predmetu k výrobným nákladom

$$k = \frac{\text{úžitková hodnota}}{\text{výrobné náklady}} \quad (1.2)$$

Hlavná pozornosť sa musí venovať tomu, aby kritérium vždy zahŕňalo hlavnú požadovanú funkciu výrobku a prostriedky, ktoré sa na zabezpečenie funkcie výrobku vynaložia. Pri väčšine jednoduchých súčiastok môžeme predpokladať, že úžitková hodnota, resp. funkcia sú rovnaké, takže kritériom zostáva iba miera vynaložených prostriedkov, napr. cena, vlastné náklady, hmotnosť súčiastky a pod. Ak sa úžitková hodnota nedá vyjadriť jedným parametrom, porovnanie alternatív je zložitejšie. Často nemožno prepočítať jeden parameter na druhý alebo na spoločný. V takýchto prípadoch sa používajú už menej spoľahlivé spôsoby hodnotenia, napr. bodovanie, citom alebo intuíciou. Niekedy sa významné vlastnosti považujú za dôležitejšie, a preto sa body vynásobia ešte súčiniteľom významnosti. Pri hodnotení zložitejších výrobkov sa niekedy používa ako kritérium globálny parameter, ktorý zahŕňa niekoľko rozhodujúcich parametrov do jedného globálneho. Ide obyčajne o závislosť medzi veličinami s priamym vplyvom a veličinami s nepriamym vplyvom.

Jedným z kritérií môže byť aj ideálny výrobok, ktorý sa teoreticky skladá z najlepších skupín porovnávaných výrobkov. Používa sa potom na porovnanie a určovanie nových čiastkových úloh pre konštrukciu.

Častým kritériom pre rozhodnutie sú vlastné náklady výrobku, montážnej jednotky alebo súčiastky. Celkové vlastné náklady na opakovaný alebo podobný výrobok sa obyčajne predpisujú tzv. limitom nákladov. Po skončení konštrukčnej a technologickej prípravy výroby sa urobí operatívna kalkulácia, ktorá má byť menšia alebo rovnaká ako limit nákladov. Po skončení výroby sa urobí výsledná kalkulácia a porovnáva sa s operatívnou kalkuláciou. Aj preto má byť operatívna kalkulácia menšia alebo rovnaká ako limit nákladov.

1.3.3 Princípy optimalizácie

Optimalizáciu možno urobiť graficky, numericky, algebraicky alebo programovaním (krokovou optimalizačnou metódou).

Optimalizačné metódy umožňujú optimalizovať niektoré hlavné závislosti, pričom treba urobiť rozhodnutie v mnohých ďalších oblastiach, pre ktoré nie sú doteraz určené pevné kritériá. Je to napríklad oblasť estetiky alebo spoľahlivosti. V praxi obyčajne spolupracuje konštruktér so špecialistami v týchto oblastiach už od prvých koncepčných návrhov, a tak aj rozhodovanie je ľahšie. Podobne spolupracuje aj s odborníkmi v oblasti

normalizácie, klimatotechnológie, obalovej techniky, zvarovania, materiálov, tepelného spracovania, technológie výroby, nákladov, cien a pod. Konečné rozhodnutie vyplynie teda jednak z výsledkov optimalizačných riešení, jednak z konzultácií so špecialistami, zo skúseností, z výsledkov čiastkových overovaní problémov a často aj z výrobných podmienok.

Aj najlepšia nová konštrukcia vyžaduje často v priebehu riešenia čiastkové skúšky a úpravy. Podobne nový stroj alebo prototyp vyžaduje po zmontovaní dôkladné preskúšanie a mnoho úprav, kým celkom vyhovuje.

Overenie v praxi je konečné a rozhodujúce kritérium. Čím je výrobok sériovejší, tým dôkladnejšie musí byť overenie pred sériovou výrobou, v opačnom prípade sa musia upravovať celé série. Pri výrobkoch, kde má väčšia porucha katastrofálne následky, treba overovaním získať stopercentnú bezpečnosť. Predpoklady prijaté počas konštruovania treba čiastkovo experimentálne overovať. Aj závažné prospektové údaje treba overovať.

1.3.4 Technologičnosť konštrukcie

Stálou úlohou konštruktéra je konštruovať nové technické predmety s takými technicko-ekonomickými parametrami, pri ktorých je na jednej strane minimalizovaný súčet výrobných nákladov, na druhej strane nákladov prevádzkových a strát spôsobených poruchami, ich vyhľadávaním a odstraňovaním v dobe technického života. Veľký vplyv na ekonomičnosť výroby má technologičnosť konštrukcie. V zjednodušenom poňatí môžeme tento pojem vyjadriť takto: technologičnosť vyjadruje snahu, aby výrobok bol tvarom, materiálom a konštrukciou riešený tak, aby sa pri správnej funkcii zabezpečila jeho najefektívnejšia výroba. Pre zabezpečenie tejto úlohy je potrebné, aby jednak konštruktér mal určitý stupeň znalostí technológie, ale aby bol súčasne v kontakte s príslušnými špecialistami z oblasti technológie i s vlastnou výrobou v odbore, v ktorom pôsobí.

1.3.4.1 Hlavné požiadavky technologičnosti na voľbu rozmeru a druhu materiálu

- Súčiastky dimenzovať podľa primerane presných výpočtov a podľa povahy príslušnej úlohy výrobok odskúšať (tenzometrické merania, skúšky spoľahlivosti a životnosti a pod.);
- plne využívať vlastnosti materiálov s účelným využitím tepelného spracovania a nevoliť zbytočne drahé materiály;
- predpisovať čo najmenšie prídavky na obrábanie;
- využívať hutnícke polotovary, profily, vyťahčené profily, rúrky;
- podnikovou normou rozumne obmedziť počet používaných druhov a rozmerov materiálu;
- používať optimálne technológie a podľa ekonomických kritérií sa rozhodnúť, napr. medzi zápusťkovým a valným kovaním, medzi zvarencom a odliatkom apod.;
- pri výrobkoch z plechu dôsledne pripravovať tzv. nástrihové plány, a tým obmedziť odpad na minimum.

1.3.4.2 Hlavné požiadavky technologicnosti z hľadiska tvaru a rozmeru súčiastok

- Podľa možností nepožadovať vysoký stupeň presnosti, tolerancie a náročnú akosť povrchu;
- vyhýbať sa reťazovým väzbám tolerovaných rozmerov;
- s ohľadom na optimálnu technológiu a montáž voliť čo najjednoduchšie tvary;
- voliť čo najmenší počet prvkov v systéme;
- unifikáciou a typizáciou zabezpečiť dedičnosť súčiastok a skupín;
- voliť také tvary, aby sa mohlo využívať univerzálnych nástrojov, meradiel a prípravkov;
- voľbou vhodného tvaru uľahčiť rýchle, presné a bezpečné upnutie súčiastky a jej medzioperačnú dopravu;
- čo najviac využívať technológie tvárnenia;
- orientovať sa predovšetkým na používanie nakupovaných prvkov, pretože sú vyrábané u špecializovaných výrobcov s predpokladom vyššej technickej úrovne a efektívnejšej výroby.

1.3.4.3 Hlavné požiadavky technologicnosti z hľadiska režijných nákladov

Technologicnosť konštrukcie môže ovplyvniť aj režijné náklady. Táto položka kalkulačného vzorca sa síce nestanovuje na jednotlivé prípady a rozdeľuje sa rovnakým dielom, ale konštruktér sa musí snažiť, aby sa celkovo režijné náklady znížovali. Ide o tieto hlavné vplyvy:

- Konštruktér v podstate už stanovuje určitý strojný park a tým aj veľkosť odpisov základných fondov;
- šetrenie všetkými druhmi energie pri výrobe, hlavne elektrickým prúdom a stlačeným vzduchom;
- nutnosť používania špeciálnych pomôcok;
- obmedzovanie nutnej výrobnéj kooperácie, hlavne medzipodnikovej;
- optimálnym predpisom skúšok znížovať spotrebu režijného materiálu.

1.3.5 Hodnotová analýza

K najúčinnnejším metódam zvyšovania komplexnej racionalizácie patrí hodnotová analýza. Má ucelenú metodiku práce, využíva dokonale tímovú prácu, pracuje podľa stanoveného časového plánu, uplatňuje psychologické zásady, dosahuje podstatne vyššie ekonomické efekty ako iné metódy a možno ju vo všeobecnej forme použiť pre všetky odbory a činnosti.

Hodnotová analýza alebo systém hodnotového inžinierstva je vedecky systémovo a funkčne orientovaný metodický komplex tvorivej činnosti, ktorého podstatou je hľadanie a navrhovanie principiálne nového alebo zlepšeného riešenia funkcie analyzovaného výrobného faktora na dosiahnutie zdokonalenia celého výrobného komplexu pri realizácii s vysokými ekonomickými efektmi. Jednoduchšie možno povedať, že hodnotová analýza je

metodický komplex tvorivého myslenia, ktorým sa sleduje znižovanie výrobných nákladov a zvyšovanie úžitkovej hodnoty výrobku.

Dosahované efekty pri zvyšovaní úžitkovej hodnoty výrobkov sú rozdielne podľa požiadaviek kladených na výrobok. Býva to obyčajne znižovanie hmotnosti, zvyšovanie spoľahlivosti, zvyšovanie účinnosti, znižovanie hluku, zlepšovanie estetického vzhľadu a pod.

Pri hodnotovej analýze sa uplatňuje tímová práca. Tím sa má skladať zo špičkových interných pracovníkov závodu, ako aj odborníkov – externistov, napr. z výskumných ústavov a vysokých škôl. Zloženie tímu: vedúci – hodnotový analytik (obyčajne skúsený konštruktér), jeden až dvaja konštruktéri – špecialisti, technolog – postupár, technolog – normovač, ekonóm a rozpočtár. K nim sa môžu prizvať podľa potreby napr. zásobovač, výrobný technik, skúšobný technik a odborníci – externisti. Tím sa má schádzať raz za týždeň alebo za dva týždne, pričom zasadanie nemá trvať dlhšie ako 2 hodiny.

1.3.5.1 Postup prác pri hodnotovej analýze

Pracovný postup je zadelený do ôsmich etáp s presne stanoveným časovým plánom.

1. etapa – Orientácia a informácie. V tejto, časovo najdlhšej etape, zbiera hodnotový analytik všetky dostupné informácie a roztriedi ich na technické informácie (parametre, výkresy, kusovníky, pracovné postupy, prospekty, patentové rešerše, informácie o normalizácii, firemnú literatúru), na výrobné informácie (perspektíva výroby, množstvo, informácie o výrobných metódach a náhradných dieloch, prehľad o nakupovaných subdodávkach, kooperácie, dodacie lehoty a pod.), na ekonomické informácie (údaje o výrobných nákladoch, spôsob určovania ceny, kalkulácie, režijné náklady a pod.), na obchodné informácie (hospodárske zmluvy, perspektíva odbytu a pod.) a na doplňujúce informácie z ostatných odvetví. Tieto informácie posúžia pre tabuľkový rozbor pôvodných nákladov. Etapa sa uzatvára pracovnou poradou tímu, na ktorej sa členovia oboznámia so zhromaždenými informáciami o výrobku. Hodnotový analytik urobí súčasne technický výklad o výrobku s prípadnou ukážkou rozobraného hotového výrobku.
2. etapa – Funkčná analýza. Keď sa oboznámia členovia tímu s riešenou úlohou, zadá analytik každému členovi úlohu tak, aby definoval jednotlivé funkcie riešeného výrobku pomocou slovesa a podstatného mena a spracoval ich do tabuľky. Po špecifikácii všetkých funkcií sa musí určiť hlavná funkcia vzájomným porovnaním dôležitosti jednotlivých funkcií. Po definovaní funkcií pomocou slovesa a podstatného mena určia sa približné náklady, ktoré opäť posúžia ako kritérium na upozornenie na neúnosne vysoké náklady pre zabezpečenie príslušnej funkcie. Na záver tejto etapy sa obyčajne spracuje prehľad funkcií podľa dôležitosti a s nákladmi, čo sa zohľadní v ďalších etapách. Prvá a druhá etapa patria do prvej časti metódy – analýzy, ktorá tvorí podklad pre prípravu tretej etapy, čiže tvorby námetov.
3. etapa – Tvorba námetov. V tejto etape musí dosiahnuť hodnotový analytik maximálny počet nových návrhov použitím vhodných metodických postupov. Nové riešenia musia zabezpečovať plnenie funkcií novým spôsobom pri rovnakých, ak nie vyšších úžitkových hodnotách s minimálnymi nákladmi.
4. etapa – Vyhodnotenie návrhov a výber najvhodnejšieho riešenia. V tejto etape sa najprv každý návrh zhodnotí odhadom nákladov na jeho vý-

robu, skúšky a prevádzku. Zostaví sa poradie predpokladaných úspor, urobí sa výber vhodných návrhov a prekontroluje sa, či každý návrh svojím riešením spĺňa hlavnú funkciu. Môže sa robiť ešte ďalší rozbor návrhov, zisťovať ich výhody, resp. nevýhody, robiť opatrenia na odstránenie zistených nevýhod a takto ďalej návrh zlepšovať.

5. etapa – Výber a spresnenie optimálneho variantu. Túto etapu charakterizuje skúmanie, či vybrané návrhy plnia aj ďalšie funkcie. Porovnáva sa poradie variantov z hľadiska ich prínosu a z hľadiska ich technickej reálnosti pri zachovaní poradia celok – prvky. Tak sa postupne približujeme k výberu konečného variantu. V tejto fáze však môžu vzniknúť ďalšie návrhy.

Pri posudzovaní technickej reálnosti treba dodržiavať systémový prístup (výrobok – montážna jednotka – súčiastka), naskicovať technické riešenie, prehodnotiť výhody a nevýhody z technickej, ekonomickej, organizačnej stránky atď., posúdiť nevyhnutnosť, ako aj možnosť zabezpečenia vedľajších funkcií a nakoniec zmenšiť účinok negatívnych funkcií.

Začína sa vždy s najefektívnejším návrhom, pri ktorom sa predpokladajú najnižšie náklady. Najefektívnejšie riešenie sa získa dosadením do vzorca pre pomer-nú efektívnu hodnotu (PEH)

$$PEH = \frac{\text{úžitkové vlastnosti}}{\text{náklady}}$$

Týmto sa zmenší počet návrhov na 2 až 3, ktoré môžu byť so zmenou koncepcie alebo bez zmeny koncepcie rýchlo realizovateľné. Ak napr. zostanú ako posledné dva návrhy schopné rýchlej realizácie, porovnávajú sa, a potom sa rozhodne pre jeden z nich, pričom druhý sa nechá ako rezerva pre prípad, keby sa prvý ukázal ako neuskutočniteľný. Na konci etapy sa urobí súhrn problémov, ktoré treba riešiť z hľadiska konštrukcie, technológie, zásobovania, vybavenia výroby, možnosti použitia špeciálnych technológií, materiálov a pod. Ďalej sa urobí presná kalkulácia vybraného riešenia.

6. etapa – Prerokovanie optimálneho variantu. Táto etapa vyšpecifikuje problémy, ktoré sa musia prerokovať s viacerými partnermi na rôznych úsekoch. Prerokovanie je dôležité predovšetkým preto, že pri schvaľovaní návrhu sa na týchto úsekoch budú zabezpečovať zmeny v technických podkladoch (výkresy, postupy, objednávky na materiál, preberanie rizika). Tieto otázky prerokúva s partnermi hodnotový analytik sám a pri neopodstatnených námietkach takisto sám upravuje konečný návrh. Ak sa vyskytnú podstatné námietky alebo pripomienky, treba, aby sa rozanalyzovali v pracovnom tíme, kde sa rozhodne, či sa vybraný návrh bude obhajovať alebo sa prepracuje. Pre návrh, ktorý odporučí tím, sa vypracuje podrobná kalkulácia nákladov.
7. etapa – Schválenie optimálneho variantu. Vyplnený návrhový list s náčrtom nového riešenia podpísaný všetkými členmi pracovného tímu sa predkladá na schválenie príslušnému vedúcemu, ktorého sa zmena dotýka (konštrukcia, technológia, výrobný úsek a pod.). Ak je zmena väčšieho charakteru, musí ju schváliť riaditeľ, alebo jeho zástupca. Prípadné zamietnutie návrhu sa musí urobiť písomne s podrobným zdôvodnením.
8. etapa – Realizácia schváleného návrhu. Je to najťažšia etapa, pretože každý nový návrh prináša zmeny, ktoré spôsobujú ťažkosti a problémy v rade

pracovnísk, predovšetkým vo výrobe. Bez ťažkostí sa nezaobíde ani hodnotový analytik, ktorý musí realizáciu sledovať.

Úspešnosť realizácie nového návrhu závisí od stanoviska vedenia závodu. Všade tam, kde je porozumenie a podpora zo strany závodu, dosiahnu sa hodnotovou analýzou vysoké úspory. V priebehu všetkých ôsmich etáp používajú sa pri hodnotovej analýze metodické pomôcky, predovšetkým kľúčové techniky a v menšej miere pracovné pomôcky. Kľúčové techniky sú súborom zásad vo forme hesiel a vysvetliviek, ktoré sa majú dodržiavať, aby nevznikli zbytočné chyby. K hlavným zásadám patrí používanie organizovaného a plánovitého postupu, zisťovanie a prekonávanie prekážok, zamietnutie nesprávnych návrhov, tvorenie nových a zdokonaľovanie hotových, vyhodnocovanie porovnávaním, vyhodnocovanie funkcií z priamych prameňov, využívanie služieb dodávateľov, používanie normalizovaných výrobkov, využívanie špeciálnych služieb a špeciálnych pracovísk v závode, správne ekonomické zhodnotenie každého návrhu, využívanie špecializovaného výrobného postupu, využívanie skutočnej tvorivosti, správna manipulácia s finančnými prostriedkami, využívanie dobrých ľudských vzťahov a ďalšie.

1.3.6 Priemyselný dizajn

Pojem priemyselný dizajn zahŕňa problematiku, pri ktorej ide o humanizáciu techniky, predovšetkým otázky technickej estetiky a ergonómie. Ustavične sa zhoršujúce životné prostredie znečisťovaním ovzdušia škodlivými splodinami strojov a zariadení, narastanie nežiadúcej hlučnosti si vyžaduje konštruovať nové stroje a zariadenia z technického, manipulačného, ergonómického a estetického hľadiska. V koncepčnom návrhu musí konštruktér uvažovať vzťahy medzi človekom, strojom a prostredím. V súčasnosti má už k dispozícii dostatok informácií, pokynov a nariadení z oblasti priemyselného dizajnu, ktoré z hľadiska metodického konštruovania sú veľmi dôležitými kritériami pre rozhodovanie. Spoločným znakom definícií dizajnu je, že technicky sa vyvíjajúca tvorivá činnosť, čerpajúca z veľkého množstva technických vedomostí, ako aj z poznatkov vied o človeku a z estetických zásad na formovanie potrebných vlastností a na vytváranie koncepcií priemyselného výrobku, ktoré zvýšia jeho kvalitu a úžitkovú hodnotu s uspokojom nároky človeka, ktorý s ním v akejkoľvek forme bude prichádzať do styku.

1.3.6.1 Ergonómia

Ergonómia sa zaoberá štúdiom zákonitostí ľudskej práce a vzťahom človeka k stroju, pracovnému procesu a pracovnému prostrediu. Ergonómické hľadiská vyžadujú, aby konštruktér pri svojej práci využíval metodické podklady, ako sú rôzne ergonómické parametre, zásady, normy, nadväzné odporúčania, ktoré mu spolu poslúžia ako kritériá pre rozhodovanie z ergonómického aspektu. Stroje a zariadenia, pri výrobe ktorých sa tieto kritériá zohľadnia, respektujú potreby, vlastnosti a schopnosti človeka.

V ergonómii sa uplatňujú poznatky najmä z týchto oblastí: antropológia (napr. antropometrické parametre rôznych populačných skupín), fyziológia práce (pracovná výkonnosť človeka, porovnávanie dynamické a statickej práce), psychológia práce (psychické možnosti človeka, psychické rušivé vplyvy, psychická námaha atď.), hygiena práce (čistota pracovného prostredia), pracovná poloha tela (rýchlosť, presnosť a rytmus pohybov atď.), fyzická námaha, učné nástroje, náradie, ovládače a manipulácia s nimi, oznamovatele (stupnice, dištančné a voľba ovládačov, vizuálne a akustické informácie a pod.), panely a pulty (ich navrhovanie, rozmiestnenie riadiacich prvkov, farebné riešenie a pod.), osvetlenie (intenzita, rovnomernosť, smer, oslňovanie, farba svetla atď.), hluk a akustické

podmienky (pôsobenie hluku na človeka, znižovanie hlučnosti a pod.), vibrácie (vplyv na človeka, znižovanie vibrácií), klimatické podmienky (teplota, vlhkosť, prúd a čistota vzduchu atď.), škodlivosť žiarenia, farba a pracovné prostredie. Dôležitá je tu bezpečnosť práce (ohrozenie mechanické, chemické, elektrickým prúdom, škodlivým žiarením, extrémnymi teplotami a pod.). Konštruktér musí bezpečnostné predpisy ovládať a plne ich vo svojej práci uplatňovať. Ide tu nielen o jeho povinnosť, ale aj o jeho morálnu zodpovednosť za pracovníkov, ktorí budú ním konštruované zariadenie obsluhovať.

Z rozboru úrazovosti vyplýva, že najväčší počet nedostatkov sa zistil pri obrábacích, potravinárskych a tvárniacich strojoch.

1.3.6.2 Estetika

Estetická hodnota výrobku sa posudzuje podľa vzhľadu a podľa ďalšie vlastností, ktoré psychicky pôsobia na človeka. Konštruktér musí poznať hlavné zásady pre estetický vývoj výrobku a musí mať základné znalosti z výtvarnej geometrie. Tieto hlavné zásady estetiky, podľa ktorých sa posudzuje a hodnotí estetická kvalita strojov a zariadení, sú spracované do metodických podkladov pre konštruktérov. Ide najmä o využitie výtvarných prvkov, či už pri koncepčnom návrhu stroja alebo pri riešení dôležitých strojových súčiastok. Môžu to byť bod, priamka, krivka, plocha, tvar, veľkosť, mierka, proporcie, členitosť, dominanta, gradácia, harmónia, kontrast, symetria a asymetria, rytmus, farba, unifikácia ortogonálnych tvarov atď. Sú to špecifické výtvarné problémy väčších kusových a sériových zariadení, ktoré rieši konštruktér v spolupráci so špecialistom z oblasti estetiky – s dizajnérom. Veľké podniky majú spravidla vlastných dizajnérov, menšie spolupracujú s dizajnérmi iných podnikov. Väčšie podniky sa usilujú hľadať a uplatňovať jednotné estetické zásady na svojich výrobkoch, ktoré sú potom charakteristické pre konkrétny podnik. V podstate ide o získanie vlastného štýlu, štylotvorných prvkov, tvarovej unifikácie strojových súčiastok, povrchovej úpravy, farebnej pestrosti a grafického dizajnu. Aj keď sú výrobky rôznorodé, majú mať tvar štýlového riešenia, ktorého hlavnou črtou by mal byť súlad medzi technickými, estetickými a ekonomickými požiadavkami. Takéto riešenie vyžaduje triezvy prístup, ktorý vylučuje na jednej strane prísny funkcionalizmus (riešenie iba z technického hľadiska) a na druhej strane neúčelný dekorativizmus (nadmerný počet, veľkosť a nákladnosť dekoratívnych estetických prvkov).

2. TECHNICKÁ NORMALIZÁCIA A DRUHÝ TECHNICKÝCH NORIEM

Technická normalizácia je hlavným predpokladom pre organizáciu plynulej, hromadnej výroby, pretože uľahčuje a zjednocuje prácu konštruktéra, ktorý už nemusí riešiť odborníkmi vyriešené a upravené základné otázky, napr. otázku označovania drsnosti povrchu, označovania materiálov, tolerovania jednotlivých súčiastok, ale aj problematiku pracovných postupov a služobných metód.

Technická normalizácia tak uplatňuje a presadzuje výsledky vedy i praktické skúsenosti v danej oblasti, ktoré vedú k zvyšovaniu technickej a ekonomickej úrovne výroby a výrobkov. Technická normalizácia sa uplatňuje predovšetkým prostredníctvom technických noriem.

Technické normy sú súhrny príslušných ustanovení spracované určitou formou, prejednané, schválené a vyhlásené predpísaným postupom. Špecifikujú činnosti a postupy pri ich vykonávaní, parametre predmetov a výrobkov, úpravu dokumentácie súvisiacej s činnosťami a výrobkami.

Predmetom technických noriem sú: suroviny, materiály, polovýrobky, technologické postupy pri výrobe, fyzikálne a iné vlastnosti predmetov, veličiny, jednotky, názvoslovie, značky, výkresy, výpočtové metódy a pod. Podľa rozsahu pôsobnosti, resp. stupňa dôležitosti, sa technické normy delia na :

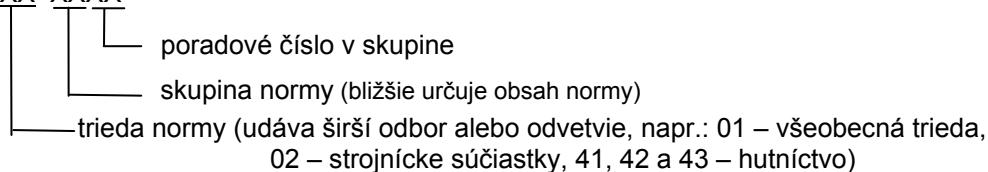
- Medzinárodné normy – väčšinou majú charakter odporúčania a ich platnosť sa zavádza prevzatím do štátnej normy. Medzinárodná činnosť v oblasti technickej normalizácie sa datuje od roku 1926, keď sa založila Medzinárodná technická spoločnosť ISA (International Standards Association), ktorá sa v roku 1946 transformovala na ISO (International Standards Organization) so sídlom v Ženeve. Popri medzinárodných normách určených pre celosvetovú potrebu (ISO standard) sú aj medzinárodné normy vytvorené určitou skupinou štátov, alebo regionálnych ekonomických zoskupení (napríklad normy EN záväzné pre Európsku úniu).
- Štátne normy (STN – slovenská technická norma) – platia na území celého štátu. Upravujú výrobky, činnosti a všeobecne technické záležitosti v rade odvetví a odborov. Schvaľuje, vyhlasuje a vydáva ich Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky (ÚNMS SR) so sídlom v Bratislave, ktorý ako svoju súčasť zriadil Slovenský ústav technickej normalizácie (SUTN). Jednou z jeho základných činností je spracovanie nových štátnych noriem SR.
- Odborové normy (ON) – platia pre všetky organizácie, ktorých činnosť patrí do daného odboru. Upravujú výrobky, činnosti a technické záležitosti určitého odboru. V sústave slovenských technických noriem bola skupina odborových noriem zrušená a odborové normy boli postupne nahradené normami PN a STN.
- Podnikové normy (PN) – platia len v rámci daného podniku. Vzťahujú sa na vyrábané a používané predmety alebo na vykonávané činnosti v rámci určitého podniku.

2.1 Označenie technických noriem

Povodné STN sa tvoria a vydávajú iba v tých prípadoch, ak vznikne národohospodársky odôvodnená požiadavka na vytvorenie určitej normy a nie je možné použiť platné

normy ISO alebo EN. Označenie pozostáva zo značky STN a šesťmiestneho čísla. Jednotlivé čísla majú presne určený význam.

STN XX XXXX



Normy STN vytvorené prevzatím (príklad časti prvej strany normy ISO prevzatej do sústavy STN je na obr.2.1) majú vždy označenie prevzatej normy s predponou *STN* oddelenou od pôvodného značenia normy medzerou *odkaz 1 obr.2.1*. Toto označenie je doplnené šesťmiestnym triediacim znakom (2) zhodným s pôvodným triedením odborov v sústave *STN* (Slovenská technická norma).

V odkazoch na príslušnú normu treba uviesť úplné označenie s dátumom vydania normy (3). Medzinárodná normalizačná klasifikácia ICS – International Classification of Standards (4) je znakom triedenia noriem *ISO* podľa národohospodárskych odborov, za triedenie normy (5) podľa univerzálneho medzinárodného triedenia dokumentov ľudských vedomostí. Ak ide o prevzatie európskej normy, použije sa označenie *STN EN* alebo *STN EN ISO*.

5

MDT 744.43

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ NORMA

Február 1991

STN

4

Technické výkresy
Súpisy položiek

1

STN
ISO 7573
01 3260

ICS:01.100.30

Technical drawings. Item lists

Dessins techniques. Nomenclatures de définition

Technische Zeichnungen. Eintragsregister

Táto norma obsahuje ISO 7573:1983 (E).

This standard includes ISO 7573: 1983 (E)

3

2

STN ISO 7573 (01 3260)

Obr.2.1. Ukážka časti prvej strany normy ISO prevzatej do sústavy STN

Vznik ES (Európske spoločenstvo) v roku 1958 a prehlbovanie medzinárodnej spolupráce v rámci ES viedlo v roku 1988 k vytvoreniu CEN – Comité Européenne de Normalisation (Európsky výbor pre normalizáciu) a CENELEC – Comité Européenne des Normes Electrotechnique (Európsky výbor pre elektrotechnické normy), ktoré môžu vypracovávať normy platné v EU – Európskej únii. Normy vydávané CEN a CENELEC sa označujú skratkou EN – Européenne Norme.

Tab.2.1. Označenie niektorých zahraničných noriem

ANSI – americké	PN – poľské	ONORM – rakúske
ČSN – české	MSZ – maďarské	GOST – ruské
BS – britské	NF – francúzske	STAS – rumunské
DIN – nemecké	NS – nórske	UNE – španielske

3. TECHNICKÉ VÝKRESY

Technický výkres je podkladom pre prípravu výroby, vlastnú výrobu, montáž a kompletizáciu výrobkov, môžeme ho teda charakterizovať aj ako dorozumievací prostriedok medzi konštrukciou a výrobou. Z toho dôvodu musí byť zhotovený jednak podľa dohodnutých zásad a hlavne v súlade s technickými normami zaoberajúcimi sa jeho vyhotovením. Výkres obsahuje všetky potrebné údaje na výrobu súčiastky alebo stroja, ako napr. tvar a rozmery, druh materiálu, kvalitu povrchu, dohodnuté odchýlky rozmerov, tvarov a vzájomnej polohy, počet kusov, použité normalizované prvky alebo iné osobitosti pre výrobu.

Podľa spôsobu vyhotovenia a technickej úpravy možno rozlišovať na základe STN 01 3102 (*Technické výkresy. Druhy konštrukčných dokumentov.*) a STN ISO 10209-1 (*Technická dokumentácia výrobku. Časť 1: Všeobecne a typy výkresov*) tieto druhy technických výkresov:

- náčrt (skica) je jednoduché zobrazovanie predmetu vyhotovené obyčajne voľnou rukou, ceruzkou alebo perom na papieri ľubovoľného formátu a bez mierky (približne),
- originálny výkres je starostlivo zhotovený výkres automaticky kresliacim zariadením na výstupe z počítača alebo tradičným spôsobom - rýsovacími pomôckami v určitej mierke. V prípade tradičného kreslenia sa vyhotovuje tušom na priesvitnom pauzovacom papieri alebo ceruzkou na nepriesvitnom rýsovacím papieri. Originál sa archivuje a je duševným majetkom podniku,
- kópia je rôznym spôsobom rozmnožený originál. Používa sa ako doklad alebo podklad pre výrobu ako rovnocenná náhrada originálu. Podľa veľkosti sa môže vyhotoviť vo zväčšenom alebo zmenšenom prevedení v porovnaní s originálom.

Podľa účelu, obsahu a určenia sa môžu výkresy rozdeliť do dvoch skupín.

A. Výrobné výkresy - slúžia na výrobu a zostavenie stroja alebo zariadenia. Sem patria:

- výkres súčiastky (dielenský výkres) - obsahuje zobrazenia súčiastky a ďalšie údaje potrebné k jej vyrobeniu a k jej kontrole. Vyhotovuje sa pre všetky nenormalizované súčiastky,
- výkres zostavy - obsahuje zobrazenie montážnej jednotky a ďalšie údaje potrebné k jej zostaveniu a k jej kontrole,
- podzostavný výkres - znázorňuje len určitú časť výkresu celkovej zostavy,
- montážny výkres - je podkladom pre zmontovanie väčších celkov na mieste použitia, ako napr. výrobnéj linky, žeriavovej dráhy a t.

B. Pomocné výkresy - majú nevýrobný charakter, pretože priamo neslúžia výrobe. Najčastejšie slúžia na informáciu užívateľa výrobku, k propagácii výrobku a pod. Sem patria:

- návrhové výkresy - (predbežné výkresy) ich obsahom sú potrebné informácie pre výrobu (tvar, veľkosť a pod.) alebo na rokovanie medzi zainteresovanými stranami,
- diagramy, schémy, nomogramy, výpočty a i.

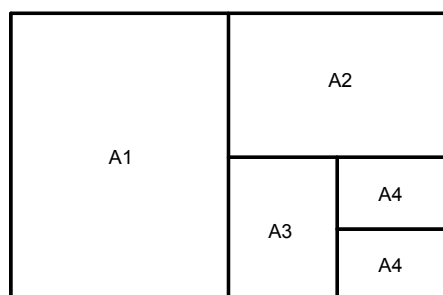
3.1 Formáty a úprava výkresových listov

Základný formát výkresu, z ktorého sa potom odvodzujú ďalšie, je A0, s plochou $1m^2$ a pomerom strán $1:\sqrt{2}$. Menšie formáty sa získavajú postupným rozdelením dlhšej

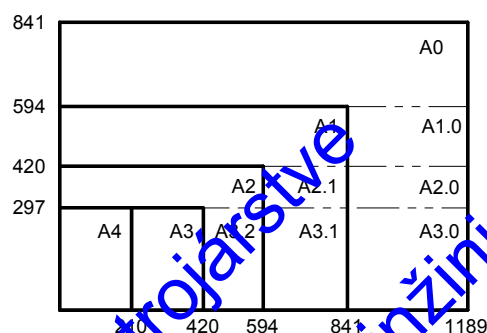
strany predchádzajúceho formátu tak, ako je to znázornené na obr.3.1. Jednotlivé rozmery originálov i kópií technických výkresov sú uvedené pre príslušné formáty v tab.3.1.

Tab.3.1. Rozmery originálov i kópií technických výkresov

Označenie	Orezaný výkresový list [mm]	Plocha na kreslenie [mm]
A0	841 × 1189	821 × 1159
A1	594 × 841	574 × 811
A2	420 × 594	400 × 564
A3	297 × 420	277 × 390
A4	210 × 297	180 × 277

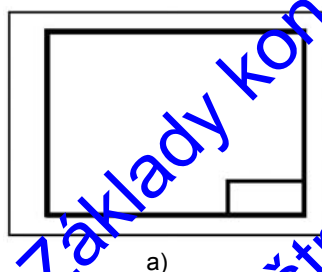


Obr.3.1. Formáty výkresov

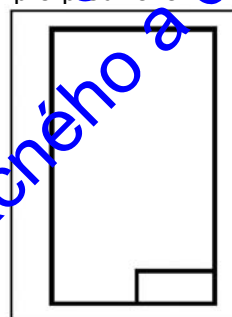


Obr.3.2. Schéma tvorby predĺžených formátov

Rozmery predĺžených formátov sa tvoria násobkom kratšej strany formátov podľa schémy na obr.3.2. Označenie predĺžených formátov sa tvorí z označenia formátu, ktorému prislúcha kratšia strana a z číselného znaku v označení rozmerového formátu, ku ktorému prislúcha dlhšia strana predĺženého rozmerového formátu (uvedeného za oddeľujúcou bodkou), napr. A3.2 alebo A1.0. Žiaden formát podľa ISO 5457 (*Technická dokumentácia výrobku. Rozmery a úprava výkresových listov*) nepresahuje rozmery formátu A0. Pre formáty A0 až A3 a pre predĺžené formáty sa dovoľuje len horizontálna



a)

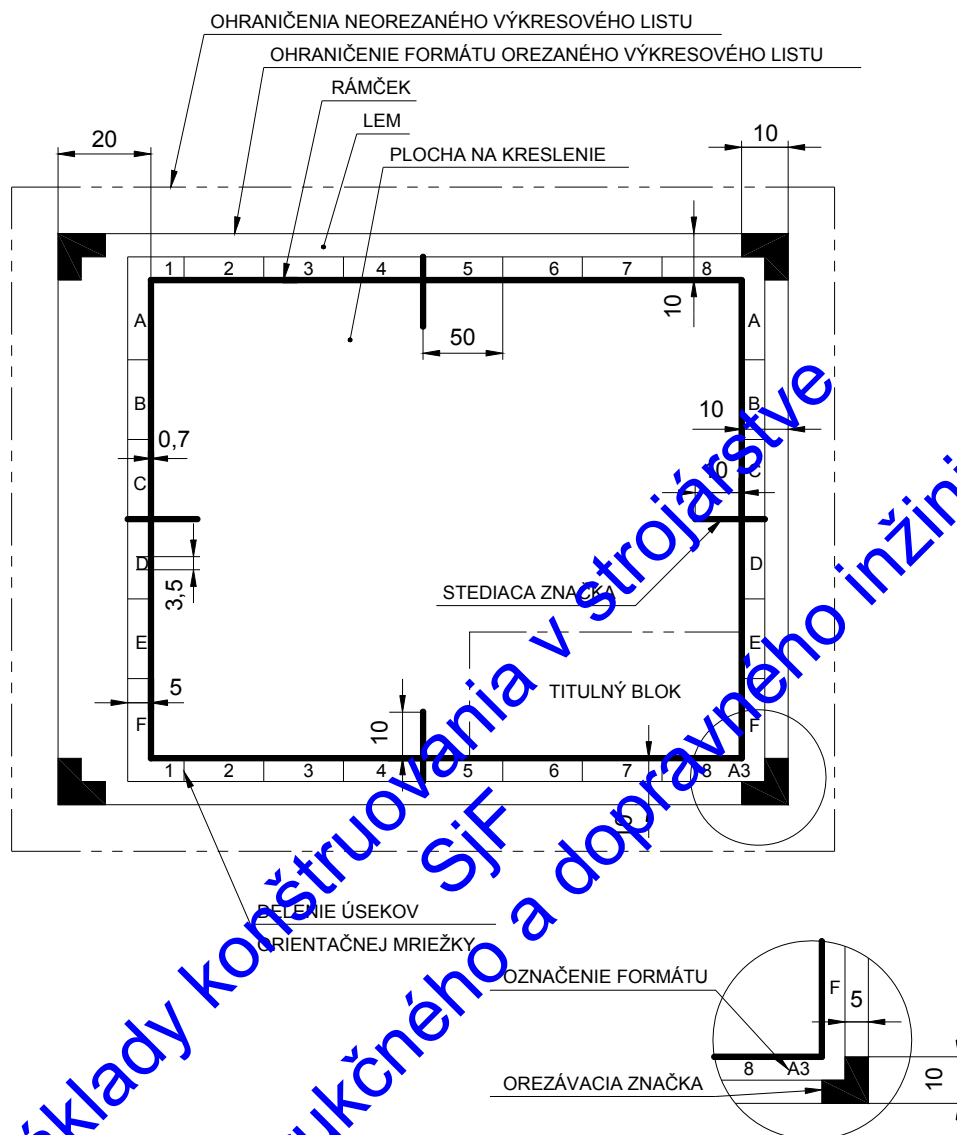


b)

Obr.3.3. Polohy formátov výkresov

poloha s titulným blokom umiestneným v pravom dolnom rohu plochy vymedzenej rámčekom na kreslenie (obr.3.3a). Formát A4 sa smie používať len vo *vertikálnej polohe* a titulný blok sa umiestňuje na spodnej strane formátu (obr.3.3b). Každý orezaný výkresový list musí mať vyhotovený rámček, ktorý oddeľuje plochu určenú na

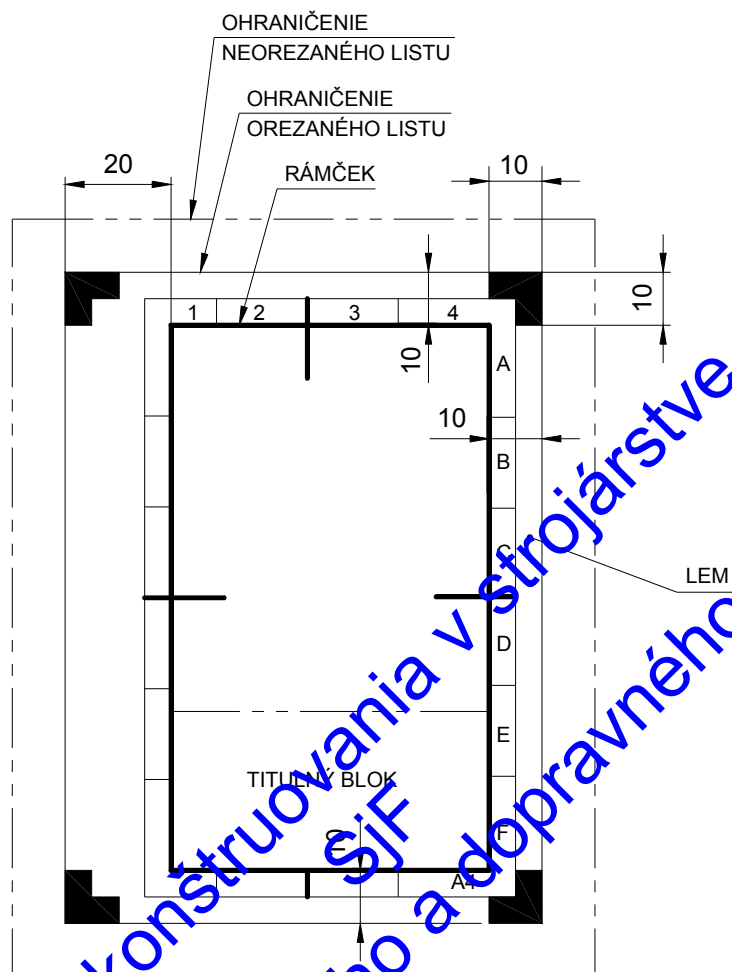
vypracovanie grafického a textového obsahu výkresu od lemu (obr.3.4 a obr.3.5). Hrúbka čiary rámpčka musí byť 0,7mm. Šírka lemu na ľavej strane (vrátane hrúbky rámpčka) je 20 mm, ostatné tri lemy majú šírku 10 mm.



Obr.3.4. Úprava pre výkresové listy formátov A0 až A3

Na uľahčenie nastavenia výkresu pri reprodukcii musia sa vyhotoviť štyri *strediacie značky*, ktoré ležia v osiach súmernosti orezaného listu. Značkami sú úsečky vyhotovené

hrúbkou čiary $0,7\text{mm}$, ktoré začínajú na okraji orientačnej mriežky a presahujú rámček do plochy na kreslenie o dĺžke 10 mm .



Obr. 3.5. Úprava výkresového listu formátu A4

Na uľahčenie ručného alebo automatického orezávania listov sa vyhotovia v štyroch rohoch lemu orezaného listu *orezávacie značky* v tvare uholníka s dĺžkou ramien 10 mm a hrúbkou 5 mm .

Výkresové listy sa môžu rozdeliť orientačnou mriežkou na odkazové polia, aby sa umožnilo rýchle vyhľadávanie súčiastok, opráv, doplnkov, zmien a podobne. Orientačná mriežka sa vyhotoví od rámčeka smerom do lemu o šírke 5 mm . Dĺžka jedného úseku mriežky je 50 mm a ich počet pre jednotlivé formáty výkresov je uvedený v tab.3.2. Strany výkresového listu sa delia na úseky mriežky napravo a naľavo, respektíve dohora

a nadol od strediacich značiek. Z toho dôvodu krajné úseky môžu byť kratšie alebo dlhšie ako 50 mm.

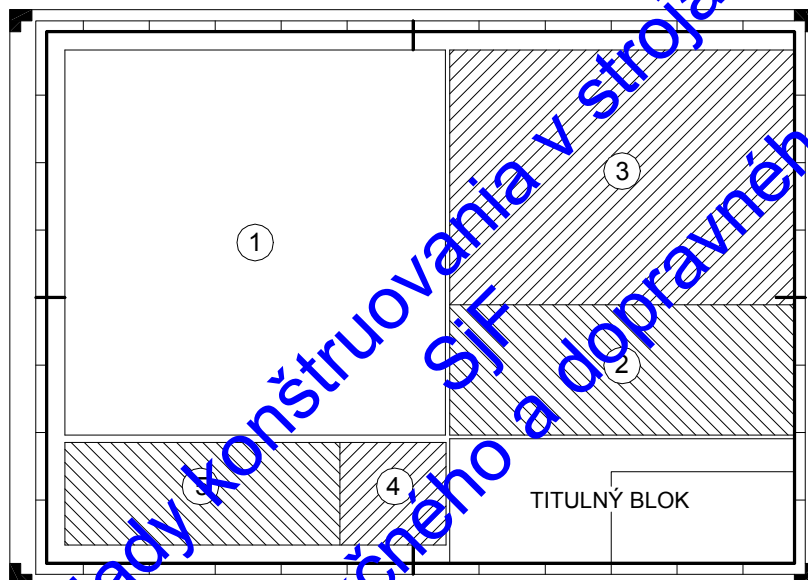
Tab.3.2. Počty úsekov orientačnej mriežky

Formát	A0	A1	A2	A3	A4
Dlhšia strana	24	16	12	8	6
Kratšia strana	16	12	8	6	4

Jednotlivé úseky sa majú označiť zhora nadol veľkými písmenami abecedy (okrem I a O) a zľava doprava číslicami na obidvoch stranách výkresového listu. Pri formáte A4 sa uvádza označenie úsekov len na hornej a na pravej strane listu. Označenie sa robí kolmým písmom s výškou písma 3,5mm. Označenie formátu orezaného výkresového listu sa musí uviesť v pravom spodnom úseku orientačnej mriežky. Smer čítania výkresu je totožný so smerom čítania titulného bloku.

3.2 Umiestnenie obrazov a popisov na výkresových listoch

Plocha na kreslenie výkresového listu – je prázdny papier bez rámkov. Plocha ohraničená rámkami sa využíva pre rozmiestnenie obrazov súčiastky (zostavy) a ďalších potrebných údajov (obr.3.6).



Obr.3.6 Usporiadanie plochy výkresového listu

- 1 – obrazová plocha určená výlučne na kreslenie obrazu (ak sú voľné, možno využiť na kreslenie obrazu aj plochy 2, 3 a 5),
- 2 – plocha na rozmiestnenie titulného bloku, na súpis položiek, zápis technických požiadaviek, technických charakteristík, vysvetliviek a legend k obrazom,

- 3 – plocha na umiestnenie tabuliek, v pravom hornom rohu je vyhradená plocha na predpísanie drsnosti povrchov súčiastky; plocha na rozšírenie plochy 2,
- 4 – plocha na pečiatky kontrol, údaje o snímkovaní a pod.,
- 5 – ak nestačí plocha 2 a 3, tu sa uvádzajú vysvetlivky a legendy k výkresu a odkazom.

3.3 Skladanie výkresov

Originály výkresov sa majú ukladať v archívoch neskladané, aby sa pri skladaní nepoškodili miesta priehybom na danom výkrese.



3.4 Mierky zobrazovania

Obrazy technických objektov (súčiastok, montážnych celkov a pod.), pokiaľ to ich veľkosť dovoľuje, sa kreslia na výkresoch v skutočnej veľkosti, t. j. v mierke 1:1. Obrazy väčších technických objektov sa musia kresliť v mierke zmenšenia 1:X. V mierke zmenšenia sa odporúča kresliť tiež tvarovo jednoduché súčiastky. Obrazy malých výrobkov, tvarovo zložité výrobky, poprípade tvarové podrobnosti sa kreslia v mierke zväčšenia X:1. Odporúčané mierky pre použitie na technických výkresoch podľa STN ISO 5455 (Technické výkresy. Mierky.) sú uvedené v tab.3.3.

Tab.3.3. Odporúčané mierky

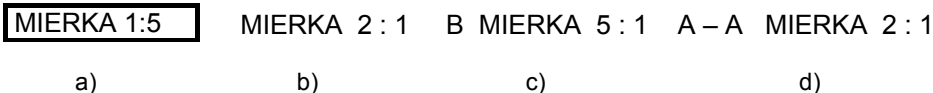
Mierky zväčšenia	50 : 1 5 : 1	20 : 1 2 : 1	10 : 1
Skutočná veľkosť	1 : 1		
Mierky zmenšenia	1 : 2 1 : 20 1 : 200 1 : 2000	1 : 5 1 : 50 1 : 500 1 : 5000	1 : 10 1 : 100 1 : 1000 1 : 10000

Ak je na určité použitie potrebné väčšie zväčšenie alebo zmenšenie ako uvádza tabuľka, môže byť odporúčaný rozsah mierok rozšírený v oboch smeroch tak, že sa mierka odvodí z odporúčanej mierky násobením celou mocninou 10.

Pri voľbe mierky obrazu je nutné dbať na to, aby bola zaručená jeho čitateľnosť, možnosť úplného okótovania a zapísania všetkých potrebných znakov a textových údajov.

Uplné označenie mierky pozostáva zo slova MIERKA a za ním sa uvedie označenie pomeru, napríklad MIERKA 1:1, MIERKA 5:1, MIERKA 1:10. Ak nemôže dôjsť k nedorozumeniu, slovo MIERKA sa nemusí uviesť.

Označenie mierky použitej na výkrese sa zapisuje do príslušnej časti titulného bloku (obr.3.8a). Ak je potrebné použiť na výkrese viac ako jednu mierku, zapisuje sa do titulného bloku mierka hlavného obrazu, všetky ostatné mierky sa zapisujú priamo pri obrazoch predmetu, ktorý má inú mierku ako hlavný obraz (obr.3.8b), k písmenovému označeniu pohľadu, tvarovej podrobnosti (obr.3.8c) alebo rezu (obr.3.8d).



Obr.3.8. Zápis mierky zobrazovania

3.5 Čiary na technických výkresoch

Vyhotovením a použitím čiar na technických výkresoch sa zaoberá medzinárodná norma STN ISO 128-20 (Technické výkresy. Všeobecné pravidlá zobrazovania. Časť 20: Základné pravidlá pre čiary) a STN ISO 128-24 (Technické výkresy. Všeobecné pravidlá zobrazovania. Časť 24: Čiary na strojníckych výkresoch).

Na technických výkresoch sa používajú tieto druhy čiar:

- a) plné čiary - čiary plynulé (nepreušované),
- b) prerušované čiary – čiary s pravidelným opakovaním tých istých obrazových prvkov (napr. čiarkované alebo bodkované),
- c) striedavé čiary – čiary s pravidelným opakovaním skupín obrazových prvkov (napríklad bodkočiarkované čiary).

Podľa hrúbky rozoznávame na jednom technickom výkrese dva druhy čiar, a to čiary hrubé a tenké. Pomer hrúbky hrubej a tenkej čiar nemal byť menší ako 2:1. Hrúbka hrubej čiar sa volí podľa zložitosti obrázku a mierky zobrazovania; jej odporúčaná hodnota je 0,5; 0,7 a 1mm. Odporúčaná hodnota hrúbky tenkej čiar je 0,25; 0,35 a 0,5mm.

Medzery medzi čiarkami, resp. čiarkami a inými prvkami, sa riadia hrúbkou čiar. Medzery majú byť pri prerušovaných a striedavých čiarach hrúbky s veľké aspoň 4.s, ak ide o hrúbku čiar 0,35mm a menšiu; veľké aspoň 2mm, ak ide o hrúbku čiar 0,5mm a väčšiu. Namiesto bodiek pri bodkočiarkovanej čiare (s jednou alebo dvoma bodkami) sa môžu používať aj čiarky dĺžky maximálne 3.s.

Pre kreslenie prerušovaných a striedavých čiar platia zásady:

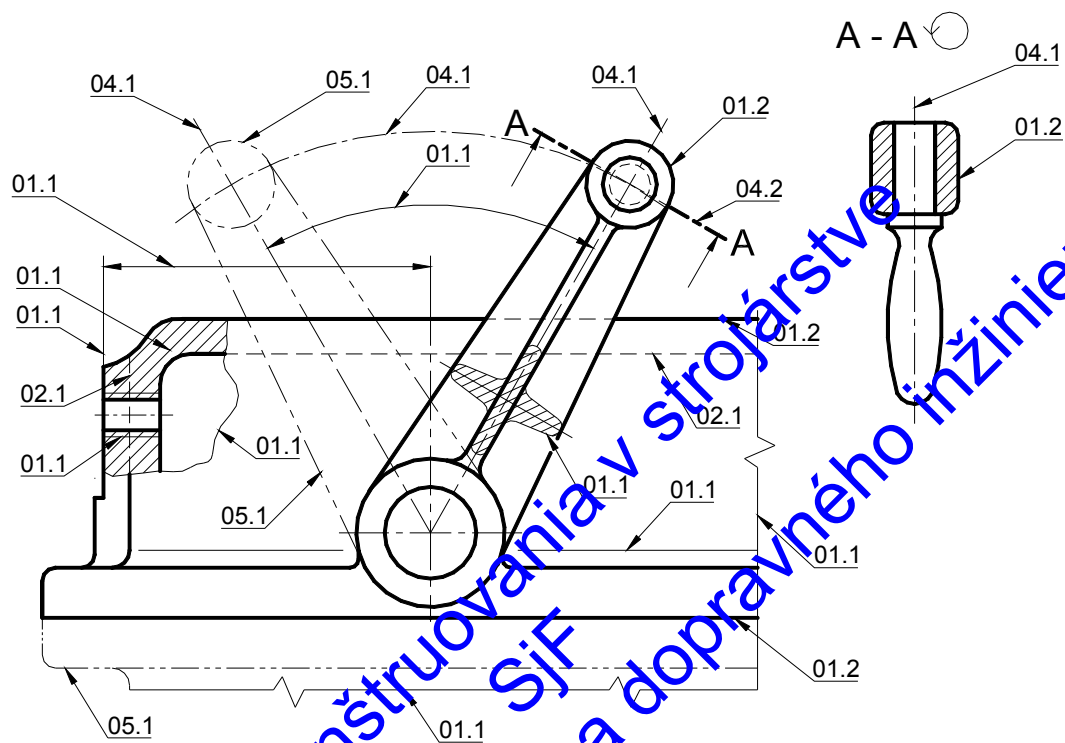
- dĺžka čiarok, veľkosť bodiek, resp. krátkych čiarok a veľkosť medzier tej istej prerušovanej čiar, musí byť vždy rovnaká,
- bodkočiarkované čiary začínajú a končia čiarkou (obr.3.9a),
- čiary sa križujú čiarkami (obr.3.9b),
- čiary navzájom nesväzujú čiarkami (obr.3.9c),
- zlomy a ohyby čiar vytvárajú vždy čiarky (obr.3.9d),

- pri rovnobežných prerušovaných a striedavých čiarach umiestnených blízko vedľa seba sa majú čiarky a medzery, poprípade vložené obrazové prvky, navzájom striedať (obr.3.9e).



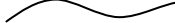
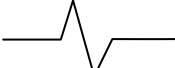
Obr.3.9- Zásady kreslenia prerušovaných a striedavých čiar

Základný význam čiar a ich použitie na výkresoch v strojárstve je uvedený v *tab.3.4*, pričom ich konkrétny príklad správneho použitia vidíme na *obr.3.10*.



Obr.3.10. Ukážka použitia rôznych typov čiar na strojníckych výkresoch

Tab.3.4. Čiary a ich použitie na strojných výkresoch

Čiara		Použitie čiary
Číslo	Opis a zobrazenie	
01.1	Súvislá tenká čiara 	Myslené čiary prienikov, pomocné čiary, kótovacie čiary, odkazové čiary a ich zástavky, šrafovanie, obrysy sklopených prierezov, krátke osi, ukončenie kótovacej čiary (šikmá úsečka), uhlopriečky na označenie rovinatej plochy povrchu, čiary označujúce miesto ohybu na výstrižkoch a rozvinutých obrazoch predmetov, ohraničenie podrobnosti, naznačenie opakujúcich sa prvkov, čiara označenia miesta údajov rozmeru klinových prvkov (napr. kužel, predmet so sklonom a pod.), označenie vrstiev, premietajúce lúče, čiary siete.
	Súvislá tenká vyhotovená „od ruky“ 	Prednostne ručne vyhotovená čiara na zobrazenie ohraničenia čiastočných alebo prerušených pohľadov, rezov a prierezov v prípadoch, keď ohraničením nie je os súmernosti.
	Súvislá tenká čiara so zalomeniami 	Prednostne mechanicky vyhotovená čiara na zobrazenie čiastočných alebo prerušených pohľadov, rezov a prierezov v prípadoch, keď ohraničením nie je os súmernosti.
01.2	Súvislá hrubá čiara 	Viditeľné obrysy a hrany, čiara ohrbtov závitov, ohraničenie dĺžky závitov s plnou hĺbkou profilu, zobrazenie grafov v diagramoch a hlavné prvky na mapách a vývojových diagramoch, zobrazenie osových dĺžok priečkovej konštrukcie, deliace čiary odliatkov na obrazoch pohľadov.
02.1	Čiarkovaná tenká čiara 	Zakryté hrany a obrysy.
02.2	Čiarkovaná hrubá čiara 	Označenie úpravy povrchu.
04.1	Tenká čiara s dlhou čiarkou a bodkou 	Osi, čiary na označenie súmernosti, rozstupová čiara ozubení, rozstupová čiara čiar.
04.2	Hrubá čiara s dlhou čiarkou a bodkou 	Označenie ohraničenej časti plochy, napr. tepelné spracovanie, označenie rovín rezov, označenie deliacich rovín odliatkov v obrazoch rezov.
05.1	Tenké čiary s dlhou čiarkou a dvoma bodkami 	Obrys príľahlých (susediacich) súčiastok, krajné polohy pohyblivých súčiastok, ťažiskové osi, obrysy alternatívneho spôsobu vyhotovenia, zobrazenie konečných obrysov predmetov v obraze polovýrobku (predkovku, odliatku a pod.), ohraničenie určitej plochy alebo oblasti.

3.6 Popisovanie technických výkresov

Pri vypracovaní technickej dokumentácie je potrebné používať technické písmo podľa súboru noriem *STN ISO 3098 –1 až 4 (Technické výkresy. Písmo.)*.

Popisovanie technických výkresov obsahuje:

- zapisovanie kót, symbolov a značiek (napr. drsnosti, odchýlky),
- vyplňovanie titulného bloku, súpisu položiek alebo nadstavby,
- označovanie obrazov a rezových rovín,
- textové údaje a slovné poznámky potrebné pre výrobu.

Základné požiadavky písma (typy, rozmery, hrúbky čiar, sklon, medzeru medzi písmenami a slovami, písanie zlomkov, exponentov, indexov a odchýlok) stanovuje uvedená norma.

Podľa danej normy sa používa písmo veľkostí:

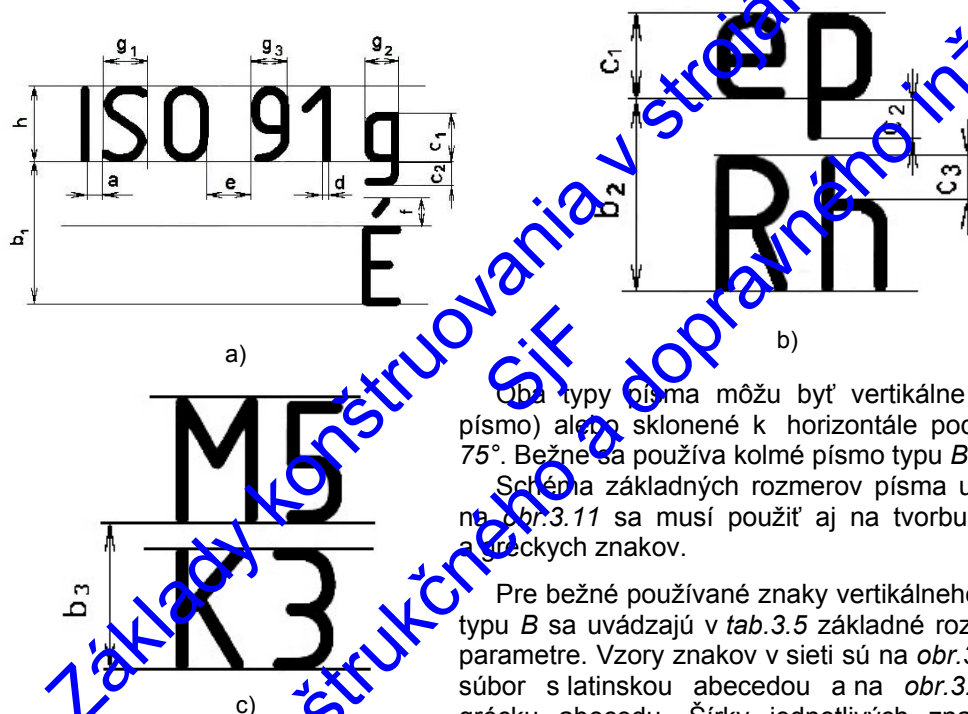
2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14 a 20mm.

Pod veľkosťou písma h sa rozumie rozmer určený výškou písma veľkej abecedy v milimetroch. Hrúbka čiary písma d je hrúbka čiar písma, určená vo vzťahu k typu a veľkosti písma.

Normalizované sú nasledujúce pomery hrúbky čiar k menovitej výške písma d/h a to :

$d/h = 1/14$ – pre typ písma A,

$d/h = 1/10$ – pre typ písma B.



Oba typy písma môžu byť vertikálne (kolmé písmo) alebo sklonené k horizontále pod uhlom 75°. Bežne sa používa kolmé písmo typu B.

Schéma základných rozmerov písma uvedená na obr.3.11 sa musí použiť aj na tvorbu cyriliky a gréckych znakov.

Pre bežné používané znaky vertikálneho písma typu B sa uvádzajú v tab.3.5 základné rozmerové parametre. Vzory znakov v sieti sú na obr.3.12 pre súbor s latinskou abecedou a na obr.3.13 pre grécku abecedu. Šírky jednotlivých znakov sú uvedené v tab.3.6.

Tab.3.5. Hlavné rozmery písma typu B

Parameter písma		Rozmery						
Výška písma	h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Výška písma malej abecedy	c_1	1,75	2,5	3,5	5	7	10	14
Dolný preťah písmen malej abecedy	c_2	0,75	1,05	1,5	2,1	3	4,2	6
Horný preťah písmen malej abecedy	c_3							
Výška plochy pre diakritické znaky	f	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8
Medzera medzi znakmi	a	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Rozstup medzi základnými čiarami min. ¹⁾	b_1	4,75	6,65	9,5	13,3	19	26,6	38
Rozstup medzi základnými čiarami min. ²⁾	b_2	3,75	5,25	7,5	10,5	15	21	30
Rozstup medzi základnými čiarami min. ³⁾	b_3	3,25	4,55	6,5	9,1	13	18,2	26
Medzera medzi slovami	e	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
Hrúbka čiar	d	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2

¹⁾ Riadky písma s veľkými a malými písmenami s diakritickými znakmi.

²⁾ Riadky písma s veľkými a malými písmenami bez diakritických znakov.

³⁾ Riadky písma len s veľkou abecedou bez diakritických znakov.

Tab.3.6. Šírky znakov písma typu B

Šírka znakov	Pomerná šírka znaku – násobok d							
	$1d$	$2d$	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$	$7d$	$9d$
g_1	I			J	C, E, F, L, P, Q, R, S, T, U, V, X, Y, Z	B, D, G, H, K, N, O, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z	A, M, Q, W	
g_2	I	I	J	c, f, g, h, k, n, o, p, q, s, u, v, x, y, z	a, b, d, e, g, h, k, n, o, p, q, s, u, v, x, y, z		m, w	
g_3			1		0, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	4		
g_4	I				Γ, Ε, Κ, Π, Ρ, Σ, Τ, Υ	Β, Ζ, Η, Θ, Ν, Ξ, Ο, Π, Ρ, Σ, Τ, Υ	Α, Δ, Μ, Ψ, Ω	Φ
g_5				ι	α, β, γ, δ, ε, ζ, θ, ο, ρ	α, β, γ, η, κ, λ, μ, ξ, τ, υ, χ	Φ, ψ, π, σ, φ	ω

g_1 – šírka písmen veľkej latinskej abecedy (obr.3.12),

g_2 – šírka písmen malej latinskej abecedy (obr.3.12),

g_3 – šírka arabských čísiel (obr.3.12),

g_4 – šírka písmen veľkej gréckej abecedy (obr.3.13),

g_5 – šírka písmen malej gréckej abecedy (obr.3.13).

A B C D E F G H I J K L M N O P

Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q

r s t u v w x y z

[(! ? , ; " ' - = + x y z . / % &)] Ø

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 I V X

Obr.3.12. Súbor bežne používaných znakov vertikálneho písma typu B



Obr.3.13. Grécka abeceda vertikálneho písma typu B

4. ZOBRAZOVANIE NA TECHNICKÝCH VÝKRESOCH

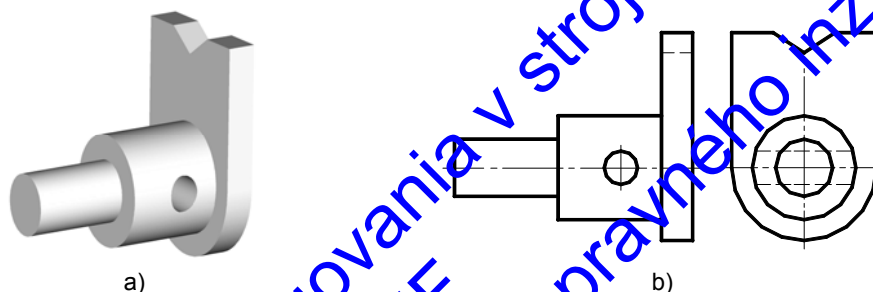
Zobrazovanie na technických výkresoch je základným vyjadrovacím a dorozumievacím prostriedkom v strojárstve. Zobrazovaný technický predmet je určený nakreslením jeho obrazu alebo obrazov na technický výkres. Plocha, na ktorú sa kreslí obraz, je dvojrozmerná a zobrazený predmet je priestorový útvar, preto postup pri kreslení musí byť taký, aby predstava o skutočnom predmete bola úplná a jednoznačná.

4.1 Spôsoby zobrazovania

Zobrazovacie spôsoby sú dané normou *STN ISO 5456-1* (Technické výkresy. Metódy premietania. Prehľad.).

V technickej praxi sú používané nasledovné spôsoby zobrazovania:

- axonometrické (názorné) zobrazenie telies na jednu priemetňu – 3D priestorové zobrazenie (*obr.4.1a*) podľa *STN ISO 5456-3* Technické výkresy. Metódy premietania. Časť 3: Axonometrické zobrazovania.
- kolmé (ortografické) premietanie telies na niekoľko priemetní – plošné 2D zobrazenie (*obr.4.1b*) podľa *STN ISO 5456-2* Technické výkresy. Metódy premietania. Časť 2: Kolmé (ortografické) zobrazovanie.



Obr. 4.1. Zobrazovanie telies
a) axonometrické – 3D zobrazenie, b) kolmé (ortografické) – 2D zobrazenie

4.1.1 Axonometrické zobrazovanie

Na zostrojenie názorného obrazu tela sa je vhodné zobrazenie založené na premietnutí predmetu z nekonečne vzdialeného bodu na jednu priemetňu.

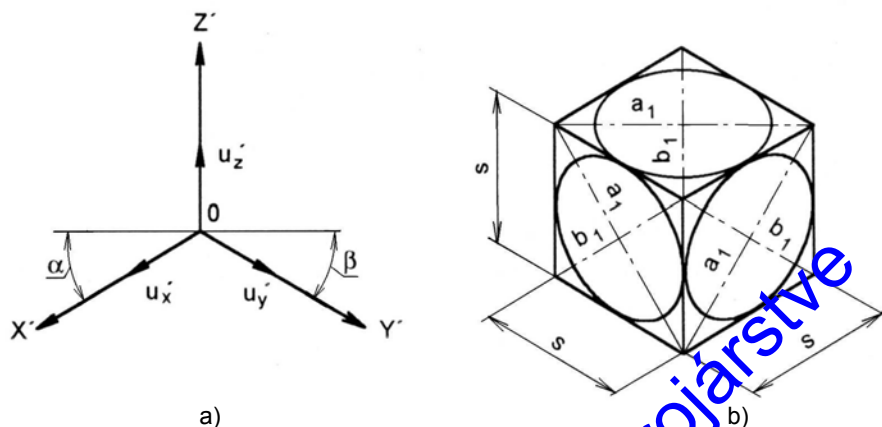
Pre technické výkresy sú doporučené tri axonometrické zobrazovacie metódy:

- izometrická axonometria,
- dimetrická axonometria,
- šikmá axonometria.

Vo všetkých typoch zobrazení je súradnicový systém umiestnený tak, aby priemet osi *Z* bol vo vertikálnej polohe a hlavné hrany a osi zobrazovaného predmetu boli rovnobežné so súradnicovými rovinami (základnými rovinami tvoriacimi súradnicový systém).

4.1.1.1 Izometrická axonometria

Pri izometrickej axonometrii súradnicové osi zvierajú s axonometrickou priemetňou rovnaké uhly. Z toho vyplýva, že ich priemety X', Y', Z' zvierajú navzájom uhol 120° . Os Z' sa zobrazí do vertikálnej priamky Z' a priemety ďalších osí X', Y' zvierajú s horizontálnym smerom uhly $\alpha = \beta = 30^\circ$ (obr.4.2a).



Obr.4.2. Izometrická axonometria

a) priemet súradnicových osí, b) priemet kocky s kružnicami vpísanými do stien

Díky priemetom jednotkových úsečiek sú zhodné. Platí $u_{X'} = u_{Y'} = u_{Z'} = 0,816$. Pri zostrojení axonometrického priemetu sa nanášajú rozmery zobrazovaného predmetu v smeroch súradnicových osí 0,816-krát zmenšené. Pre zjednodušenie je možné nanášať ich skutočné veľkosti, čím sa dosiahne zobrazenie predmetu 1,225-krát zväčšeného. Celkový vzhľad a vzájomné proporcie sa nezmenia.

Kružnice ležiace v rovinách rovnobežných so súradnicovými rovinami sa zobrazia ako elipsy, ktorých hlavné osi sú kolmé na príslušné osi X', Y', Z' . Dĺžka hlavnej polosi každej elipsy je rovná polomeru zobrazovanej kružnice.

Na obr.4.2b je izometrický axonometrický priemet kocky, ktorej hrany sú rovnobežné so súradnicovými osami. Steny kocky sa zobrazia do zhodných kosoštvorcov, kružnice vpísané do stien sa zobrazia ako rovnaké elipsy.

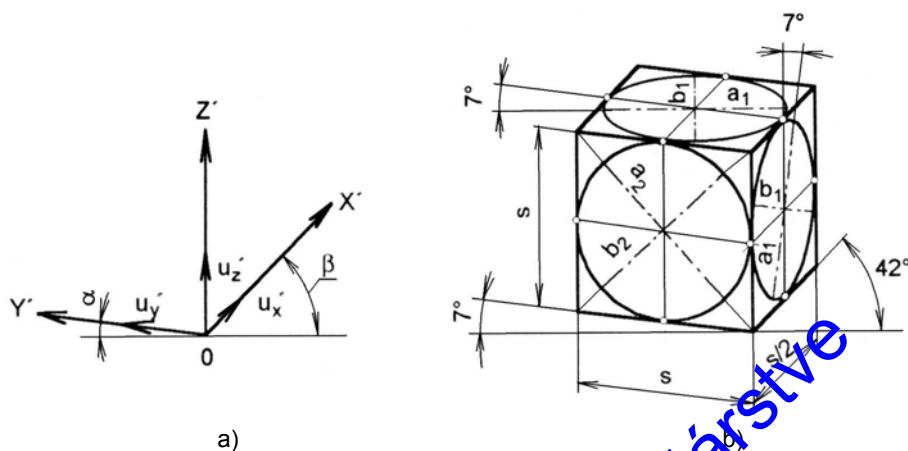
4.1.1.2 Dimetrická axonometria

Dimetrická axonometria umožňuje vytvárať obraz, ktorého vzhľad je blízky zvyčajnému videniu predmetu pozorovateľom.

Pri nadvhľade sprava priemet X' súradnicovej osi zvierá s horizontálnou priamkou uhol $\beta = 42^\circ$ a priemet Y' druhej osi uhol $\alpha = 7^\circ$ (obr.4.3a). Pre dĺžky priemetov jednotkových úsečiek platí $u_{Y'} = u_{Z'} = 0,94$, $u_{X'} = 0,5$. Zostrojenie dimetrického obrazu sa zjednoduší, keď v smeroch osí Y', Z' sa nanášajú skutočné rozmery a v smere osi X' polovič-

né rozmery zobrazovanej súčiastky. Pomer priemetov jednotkových úsečiek potom bude $u_X : u_Y : u_Z = 0,5:1:1$.

Zámenou príslušných uhlov pre priemety osí X', Y' vznikne nadhľad zľava. Vtedy je pomer $u_X : u_Y : u_Z = 1:0,5:1$.

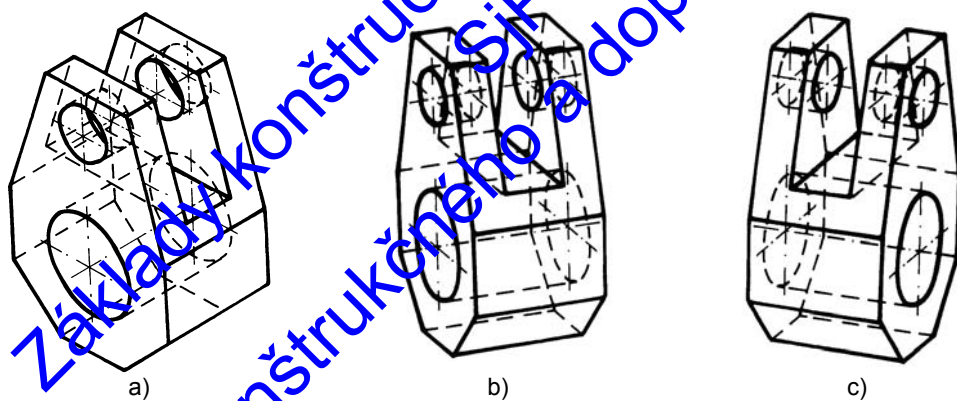


Obr.4.3. Dimetrická axonometria

a) priemet súradnicových osí. b) priemet kocky s vpísanými kružnicami – pohľad sprava

Na obr.4.3b je dimetrický priemet kocky v pohľade sprava s kružnicami vpísanými do troch na seba kolmých stien. Priemetmi kružníc sú elipsy, z ktorých dve sú rovnaké a tretia sa len málo líši od kružnice.

Na obr.4.4 je príklad zobrazenia strojovej súčiastky v izometrickej (obr.4.4a) a dimetrickej kolmej axonometrii (obr.4.4b,c)



Obr.4.4. Priemety súčiastky v kolmej axonometrii

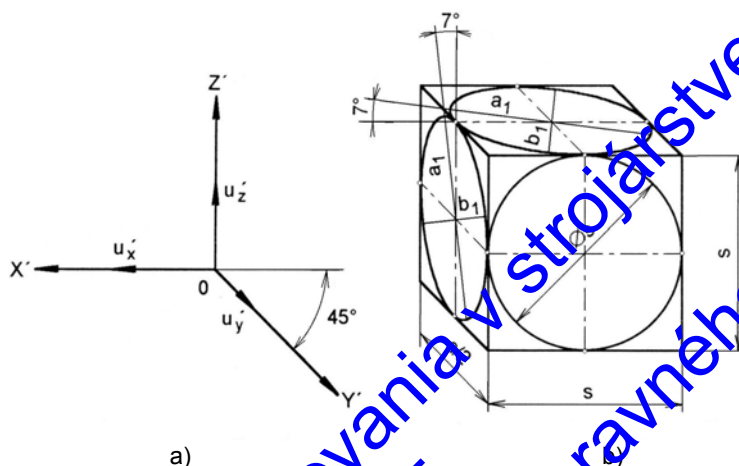
a) izometrický priemet, b) dimetrický priemet – pohľad zľava, c) dimetrický priemet – pohľad sprava

4.1.1.3 Šikmá axonometria

Šikmá axonometria je rovnobežné premietanie na jednu priemetňu, pri ktorom premietacie lúče nie sú kolmé na priemetňu. Pre účely technického kreslenia je najvhodnejšie voliť priemetňu rovnobežnú s jednou súradnicovou rovinou, s ktorou je rovnobežná najvýznamnejšia stena zobrazovaného predmetu. Priemety dvoch súradnicových osí ležiacich v tejto súradnicovej rovine sú priamky na seba kolmé a dĺžka jednotkových úsečiek na nich sa zachová, priemiet tretej súradnicovej osi a jej mierka sú ľubovoľné.

Norma ISO 5456-3 určuje nasledovné základné druhy šikmej axonometrie: kavalier-na, kabinetná a planometrická axonometria. Z uvedených druhov sa najčastejšie používa šikmá kabinetná axonometria.

Pri pohľade zľava sú priemety X', Z' súradnicových osí na seba kolmé a os Y' zviera s horizontálnou priamkou uhol 45° (obr.4.5a).



Obr. 4.5: Kabinetná axonometria

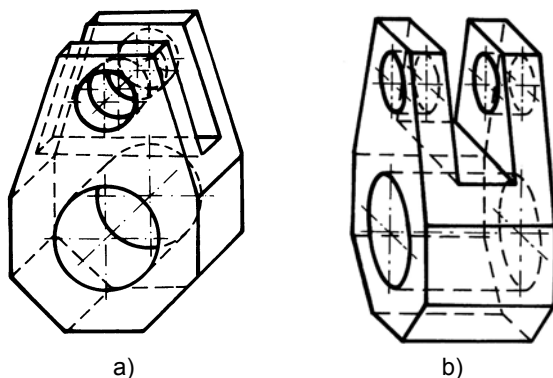
a) priemet súradnicových osí b) priemet kocky s vpísanými kružnicami - pohľad zľava

Pomer skrátenia jednotkových úsečiek je $u_x' : u_y' : u_z' = 1:0,5:1$. Pohľad sprava vznikne, ak sú priemety osí Y', Z' na seba kolmé a os X' zviera s vodorovnou priamkou uhol 45° , pričom pomer skrátenia je $u_x' : u_y' : u_z' = 0,5:1:1$.

Z predchádzajúcich údajov vyplýva, že útvary ležiace v rovinách rovnobežných s priemetňou sa zobrazia v skutočnom tvare a veľkosti. Na obr.4.5b je opäť zobrazená kocka a kružnice vpísané do troch na seba kolmých stien. Priemetom kružnice v čelnej stene je kružnica v skutočnej veľkosti. Ďalšie dve kružnice sa zobrazia ako rovnaké elipsy, ktorých hlavné osi zvierajú uhol 7° s ich vertikálnym, resp. horizontálnym priemerom.

Pri zobrazovaní súčiastky v kabinetnej axonometrii je výhodné voľiť taký pohľad, aby hlavné a zložité tvary boli v rovinách rovnobežných s priemetňou, kedy sa premietnutím

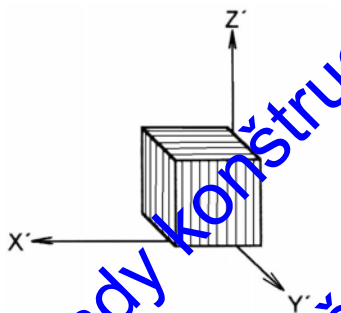
neskreslia. Najväčší význam to má v prípade valcových tvarov. Na *obr.4.6a* je zostrojený pravý pohľad súčiastky, pri ktorom sa kruhové otvory ležiace v rovinách rovnobežných s priemetňou zobrazia do kružníc v skutočnej veľkosti. Pohľad zľava na *obr.4.6b* sa zostrojuje ťažšie, pretože treba zostrojuvať elipsy, do ktorých sa zobrazia kruhové otvory ležiace teraz v rovinách kolmých na priemetňu. Niekoľko príkladov zobrazenia súčiastok hranatých, rotačných, s vonkajším a vnútorným závitom v kabinetnej axonometrii je na *obr.4.9*.



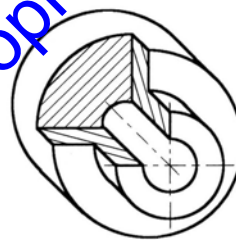
Obr.4.6. Priemet súčiastky v kabinetnej šikmej axonometrii
a) pohľad sprava, b) pohľad zľava

Rezy súčiastky v axonometrickom priemete sa šrafuju tenkými čiarami rovnobežnými s uhlopriečkami stien myslenej kocky, ktorej tri hrany sú na súradnicových osiach (*obr.4.8*). Roviny rovnobežné so súradnicovými rovinami sa značia šrafovaním čiarami rovnobežnými so súradnicovými osami (*obr.4.7*).

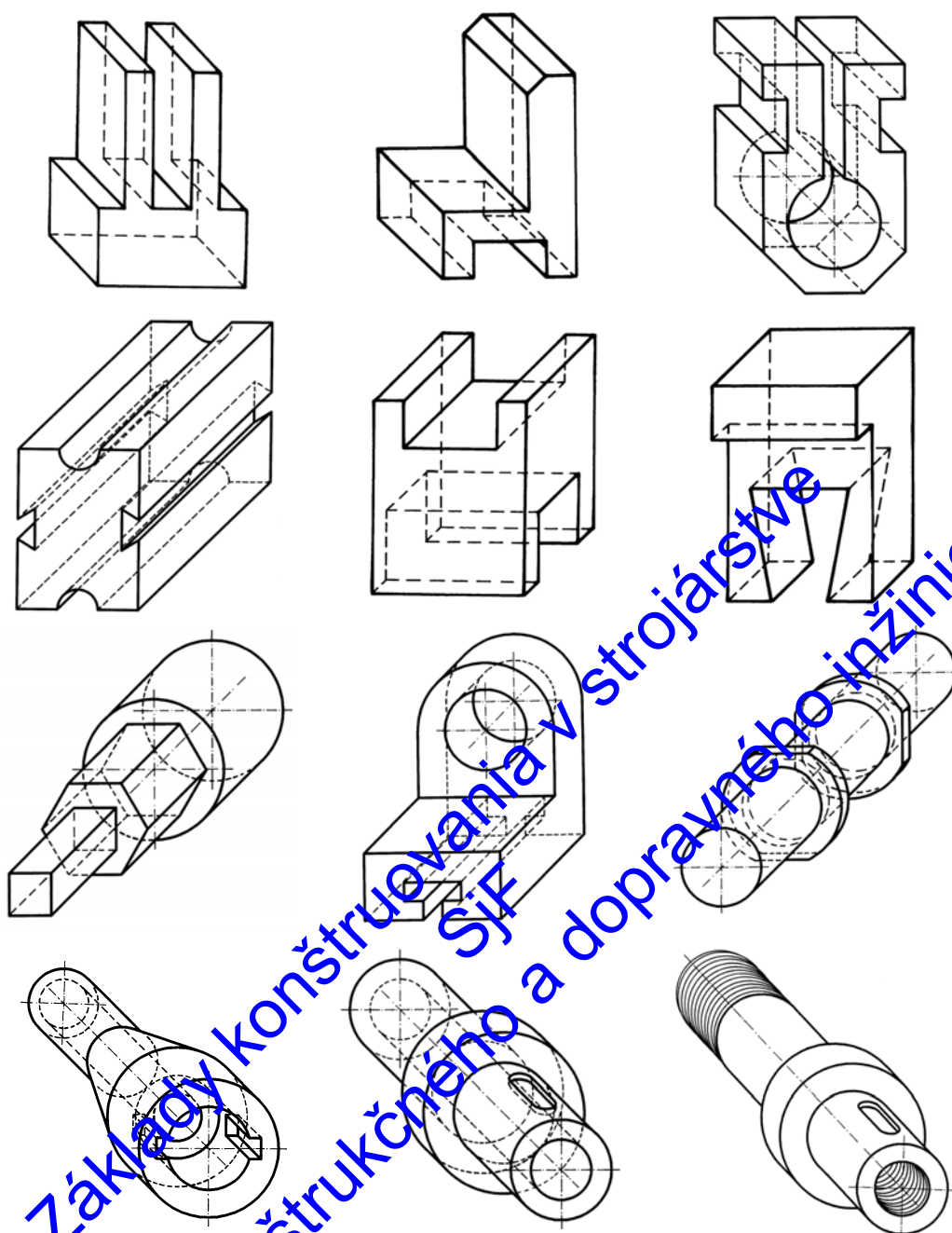
Zobrazovanie neviditeľných hrán a obrysov čiar kovanou čiarou jednoznačne určuje tvar zobrazovaného predmetu, niekedy však na úkor názornosti. Vtedy neviditeľné hrany a obrysy sa nezobrazujú (napr. súčiastka s vonkajším a vnútorným závitom na *obr.4.9*).



Obr.4.7. Šrafovanie rovín rovnobežných so súradnicovými rovinami



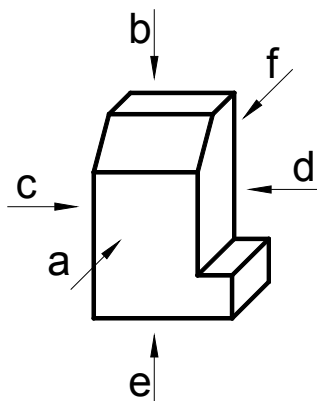
Obr.4.8. Šrafovanie rezov v šikmej axonometrii



Obr. 4.9. Príklady zobrazenia súčiastok v kabinetnej axonometrii

4.1.2 Kolmé (ortografické) zobrazovanie

V strojárstve je najviac rozšírenou metódou zobrazovania predmetov kolmé zobrazovanie. Dosahuje sa pomocou rovnobežných pravouhlých priemetov v smere pohľadu pozorovateľa, ktorý hľadá vždy kolmo na priemetňu (z nekonečnej vzdialenosti). Pre úplné zobrazenie predmetu sa môže použiť šesť základných pohľadov, ktoré sú v rovine rozmiestnené sklápaním priemetní do výkresovej plochy. Smery pohľadov v poradí dôležitosti sa označujú písmenami *a, b, c, d, e, f*, obrazy priemetov sa označujú im odpovedajúcimi písmenami veľkej abecedy (*obr.4.10*).



Pohľad v smere *a* – A pohľad spredu

Pohľad v smere *b* – B pohľad zhora

Pohľad v smere *c* – C pohľad zľava

Pohľad v smere *d* – D pohľad sprava

Pohľad v smere *e* – E pohľad zdola

Pohľad v smere *f* – F pohľad zozadu

Obr.4.10. Označovanie smerov pohľadov

Pohľad spredu *A* sa volí ako hlavný pohľad, v ktorom je na obraze predmetu najviac informácií. Poloha ostatných pohľadov na výkrese vzhľadom na hlavný pohľad závisí od zvolenej metódy premietania.

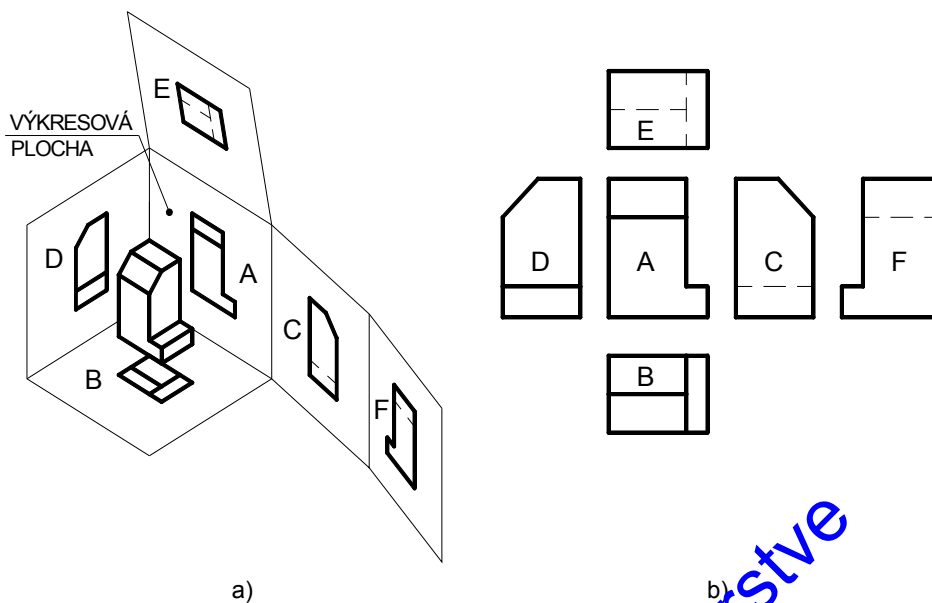
Podľa normy ISO 5456-2 sa rozlišujú tieto metódy premietania:

- metóda premietania v 1. kvadrante,
- metóda premietania v 3. kvadrante.

4.1.2.1 Metóda premietania v prvom kvadrante

Premietanie v prvom kvadrante je kolmé zobrazovanie, pri ktorom je zobrazovaný predmet umiestnený medzi pozorovateľom a rovinou, na ktorú sa predmet premietá (*obr. 4.11a*).

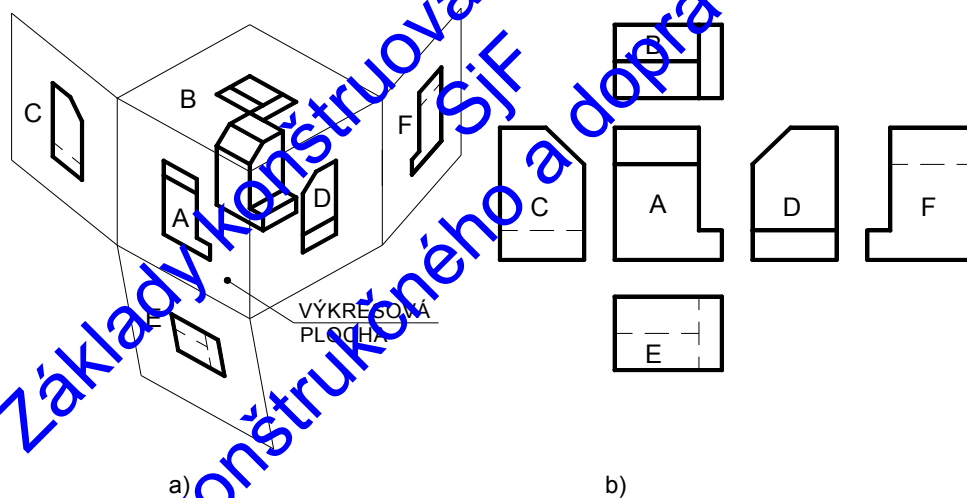
Polohy ostatných pohľadov (*B* až *F*) vzhľadom na hlavný pohľad *A* (pohľad spredu) sa musia dodržať (*obr.4.11b*), iba pohľad zozadu *F*, ak je to výhodnejšie, môže sa umiestniť naľavo od pohľadu sprava *D*.



Obr.4.11. Schéma zostrojenia a umiestnenia obrazov pri metóde premietania v 1. kvadrante

4.1.2.2 Metóda premietania v treťom kvadrante

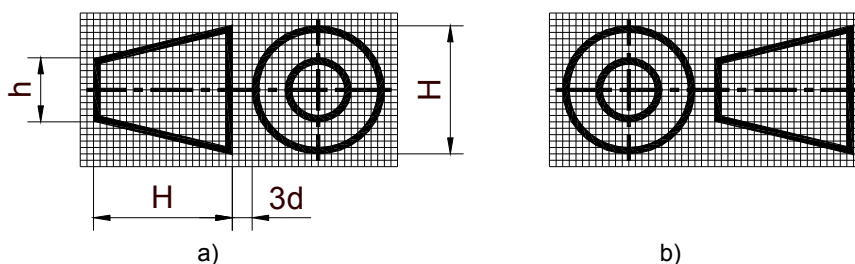
Premietanie v treťom kvadrante je kolmé zobrazovanie predmetu, pri ktorom z pohľadu pozorovateľa je predmet za rovinou, na ktorú sa premieta.



Obr.4.12. Schéma zostrojenia a umiestnenia obrazov pri metóde premietania v 3. kvadrante

Zostrojenie a umiestnenie pohľadov v treťom kvadrante je znázornené na *obr.4.12*. V európskych členských organizáciách ISO sa všeobecne používa metóda premietania v prvom kvadrante.

Grafický symbol metódy premietania v prvom kvadrante je znázornený na *obr.4.13a* a v treťom kvadrante na *obr.4.13b* (na výkrese sa udáva v titulnom bloku).



Obr.4.13. Grafický symbol premietania v 1. (a) a v 3. kvadrante (b)

4.2 Základné pravidlá zobrazovania

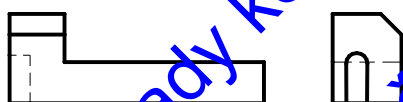
Zobrazovanie na výkresoch sa podľa obsahu rozdeľuje na:

- zobrazovanie pomocou pohľadov,
- zobrazovanie pomocou rezov a prierezov,
- iné normalizované spôsoby zobrazovania.

Obyčajne sa zobrazuje konečný tvar predmetu. Počet pohľadov (obrazov) musí byť čo najmenší, ale taký, aby pri použití stanovených značiek a popisov jednoznačne určoval tvar, rozmery a údaje pre výrobu, kontrolu a montáž.

Ako hlavný pohľad – pohľad spredu – sa má voliť ten obraz, ktorým sa dá najúplnejšie znázorniť tvar a rozmery predmetu.

Predmet sa má zobraziť vo funkčnej polohe alebo v polohe vhodnej pre výrobu. Zostava, ktorá pozostáva z viacerých súčiastok sa má spravidla zobraziť vo funkčnej polohe. Predmet s naklonenou funkčnou polohou sa zobrazí vo vodorovnej alebo zvislej polohe. Predmet použiteľný v akejkoľvek polohe sa má prednostne zobraziť v polohe vhodnej pre výrobu. Dlhý (vysoký) predmet so zvislou funkčnou polohou (stĺp, stožiar) sa môže zobraziť vo vodorovnej polohe.



Obr.4.14. Kreslenie viditeľných a neviditeľných obrysov na technických výkresoch

Základné pravidlá predpisujú kreslenie viditeľných obrysov a hrán predmetu hrubou plnou čiarou. Zakryté (neviditeľné) obrysy a hrany sa kreslia tenkou čiar-kovanou čiarou, a to len vtedy, keď je to nutné k objasneniu tvaru zobrazovaného predmetu alebo k zníženiu počtu obrazov (*obr.4.14*).

4.2.1 Zobrazovanie pomocou pohľadov

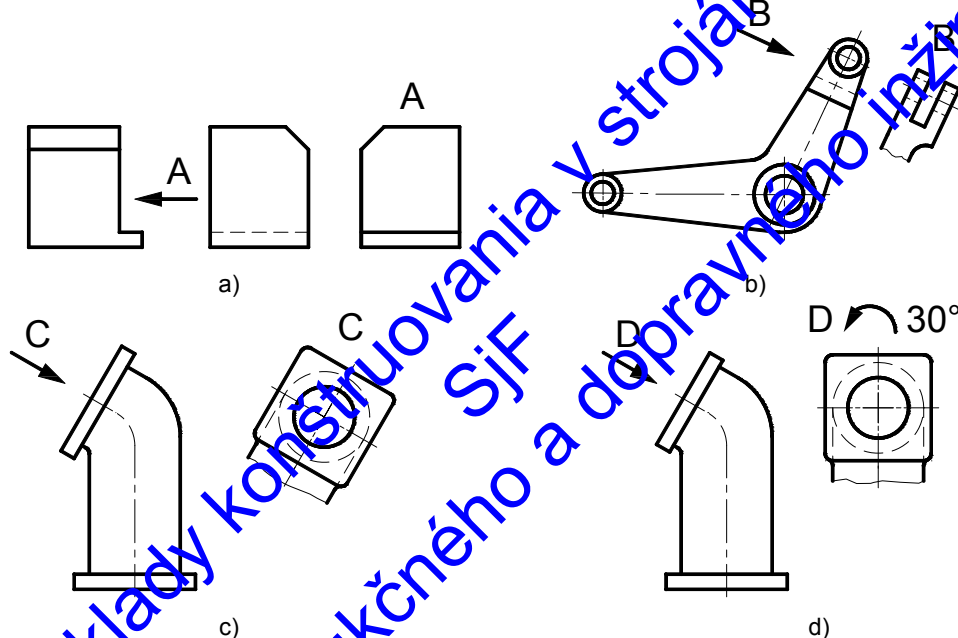
Pohľady zobrazovaných predmetov sa umiestňujú podľa vyššie spomenutých zásad premietania v prvom (alebo v treťom) kvadrante (kap.4.1.2.1).

Okrem základných zásad premietania v prvom kvadrante sa v strojárstve používajú:

- pohľady v smere odkazových šípok,
- miestne pohľady,
- rozvinuté pohľady,
- prerušené pohľady,
- čiastočné pohľady.

4.2.1.1 Pohľady v smere odkazových šípok

Pokiaľ je pohľad umiestnený na inom mieste ako má byť z hľadiska zásad premietania, musí sa smer premietania označiť šípkou pri základnom obraze. Nad šípkou a nad pohľadom sa uvádza rovnaké písmeno veľkej abecedy (obr.3.15a). Veľkosť písmen je $H = \sqrt{2} \cdot h$, kde h je veľkosť písma kót.



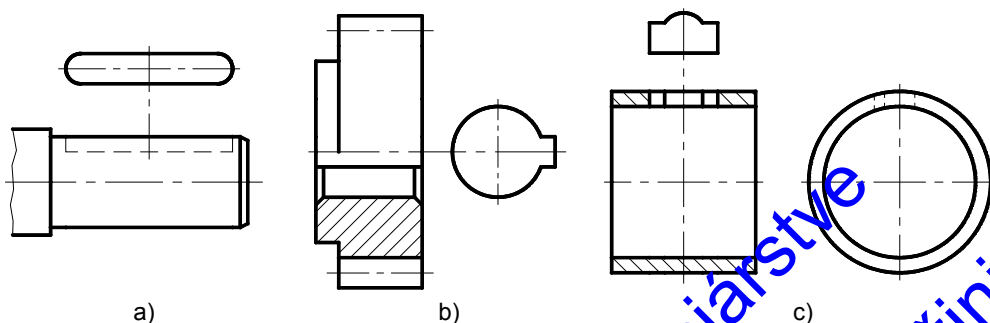
Obr.3.15. Príklady umiestnenia obrazov pohľadov v smere odkazových šípok uvedených pri hlavnom obraze

Pri kreslení predmetov, na ktorých niektorá zo stien nie je rovnobežná so žiadnou z hlavných priemetní, sa použije pomocná priemetňa, t. j. priemetňa, ktorá je rovnobežná s uvažovanou stenou. Vzniká pomocný pohľad, ktorý sa umiestňuje v smere premietania

(obr.4.15b). Takýto pomocný pohľad možno aj posunúť (obr.4.15c) alebo pootočiť (obr.4.15d), pričom sa môže uviesť aj uhol pootočenia.

4.2.1.2 Miestne pohľady

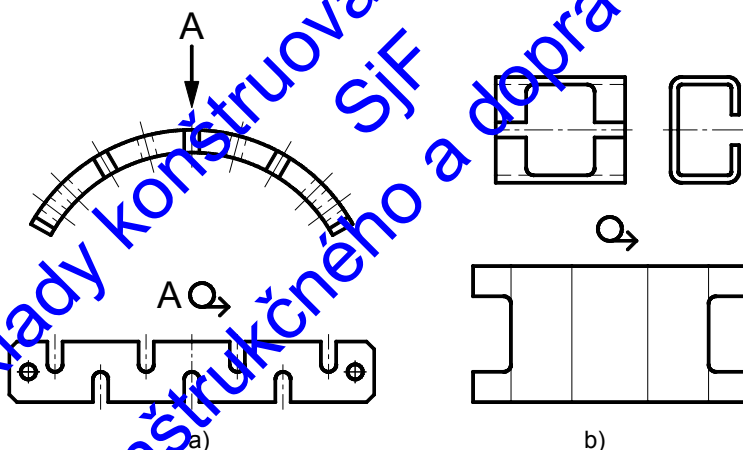
Namiesto celého pohľadu je možné zobraziť iba čiastočný pohľad na zobrazovanú časť súčiastky, tzv. miestny pohľad. Miestny pohľad sa zobrazuje metódou premietania v treťom kvadrante (kap.4.1.2.2), bez ohľadu na to, aké je usporiadanie obrazov na výkrese. Musí sa nakresliť súvislými hrubými čiarami a spojiť osou s miestom, na ktorom sa nachádza na obraze predmetu (obr.4.16).



Obr.4.16. Miestne pohľady: na tvar žliabku pre tesné pero (a), na žliabok vyhotovený v náopji ozubeného kolesa (b), na tvarový otvor (c)

4.2.1.3 Rozvinuté pohľady

Predmety so zakriveným tvarom alebo predmety zhotovené ohýbaním sa zobrazujú rozvinuté do priemetne hlavného obrazu.

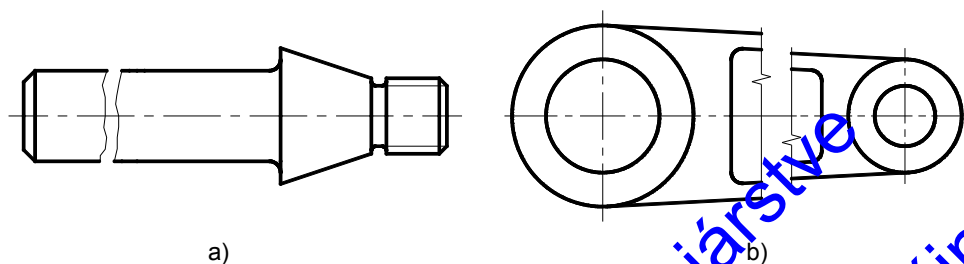


Obr.4.17. Rozvinuté pohľady: pre zakrivenú súčiastku (a), pre ohýbanú súčiastku (b)

Rozvinuté pohľady sa označujú grafickou značkou rozvinutia (obr.4.17b), v prípade označenia smeru pohľadu i príslušným písmenom veľkej abecedy (obr.4.17a). V rozvinutom pohľade zobrazeného predmetu sa miesta ohybu označujú súvislou tenkou čiarou.

4.2.1.4 Prerušené pohľady

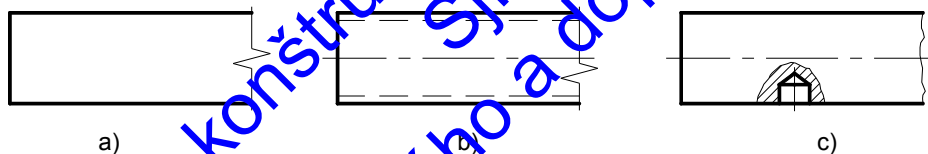
Pri zobrazovaní dlhých predmetov sa zobrazujú len tie časti predmetov, ktoré sú postačujúce na ich určenie. Vzniká tým prerušený pohľad. Na zobrazených častiach predmetu sa v mieste prerušenia ohraničia obrazy tenkými čiarami od ruky (obr.4.18a) alebo tenkými čiarami so zalomeniami (obr.4.18b). Použitie oboch čiar je rovnocenné, ale na jednom výkrese je možné použiť len jeden druh čiar.



Obr.4.18. Prerušené pohľady

4.2.1.5 Čiastočné pohľady

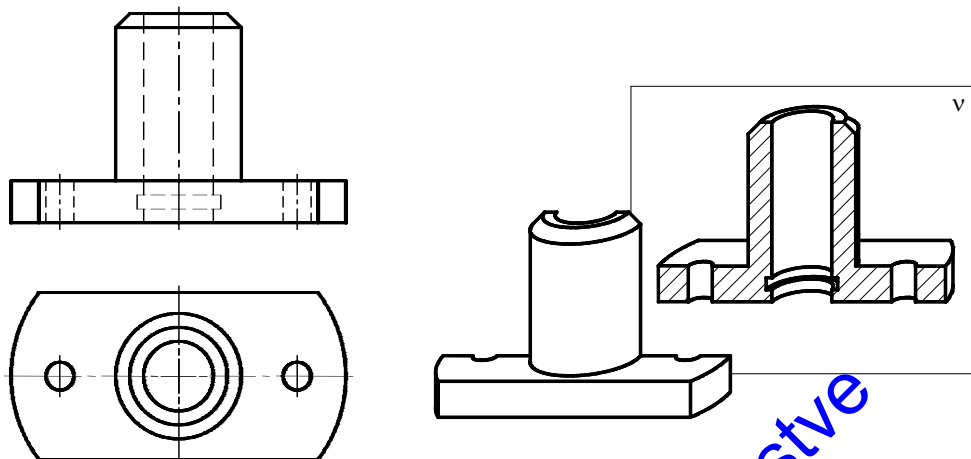
Predmety, ktoré majú v určujúcej dĺžke rovnaký tvar prierezu (dlhé tyče, nosníky, hriadele a pod.), ale nie sú po ich dĺžke žiadne tvarové členitosti, nemusia sa zobraziť v celej dĺžke, ale v tvare čiastočného pohľadu. Čiastočné pohľady musia byť ohraničené tenkou čiarou od ruky (obr.4.19c) alebo tenkou čiarou so zalomeniami (obr.4.19a,b).



Obr.4.19. Čiastočné pohľady

4.2.2 Zobrazovanie pomocou rezov a prierezov

V obrazoch dutých predmetov zobrazujeme neviditeľné vnútorné tvary tenkými čiarkovanými čiarami (obr.4.20).

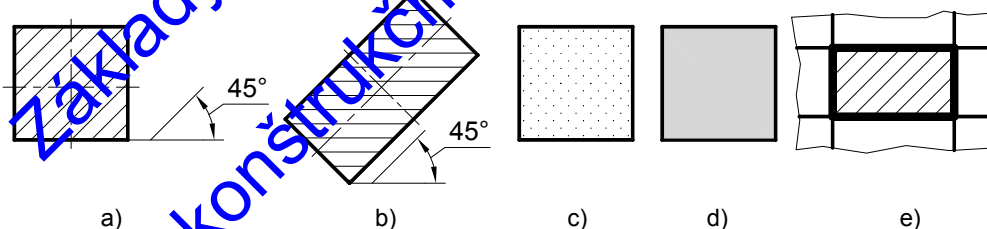


Obr.4.20. Znáozornenie dutej súčiastky Obr.4.21. Vytvorenie obrazu rezu pomocou rezovej roviny

Ak je v obraze dutej súčiastky so zložitým vnútorným tvarom, ktorý je nakreslený v pohľade, mnoho čiarkovaných čiar, môže sa stať obraz nejasným alebo i nerozumiteľným. Z toho dôvodu je vhodné neviditeľné hrany predmetu zobraziť viditeľne tým, že sa predmet zobrazí v myslenom reze, t. j. niektorá časť predmetu sa oddelí rezovou rovinou a potom sa nakreslí pohľad na zostávajúcu časť predmetu (obr.4.21).

Rez (obraz rezu) je zobrazenie predmetu rozrezaného myslenou rovinou, ktorý je pravouhlo premietnutý do roviny rovnobežnej s rovinou rezu. Zobrazujú sa len tie časti, ktoré ležia v rezovej rovine a za rezovou rovinou.

Obrisy vzniknuté pri prieniku rezovej roviny s povrchom predmetu sa kreslia plnými hrubými čiarami. Plochy rezu sa graficky označia šrafovaním (obr.4.22a,b), prípadne tieňovaním alebo tónovaním (obr.4.22d,e). Šrafovanie sa robí tenkými plnými čiarami vzájomne rovnobežnými so sklonom obvyčajne 45° proti základnému obrysu kresleného obrazu (obr.4.22a,b). Obrýs plochy rezu je možné v prípade potreby zvýrazniť veľmi hrubou súvislou čiarou, ktorej hrúbka je dvojnásobná oproti hrubej čiare (obr.4.22e).



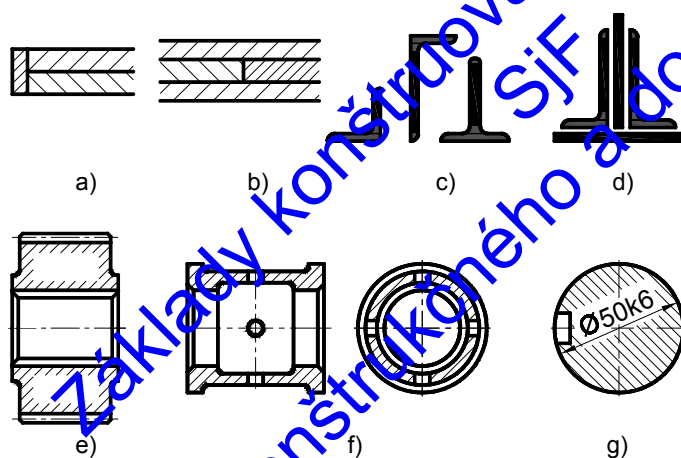
Obr.4.22. Príklady označovania rezovej plochy

Ak sú v zostave (montážnej jednotke) časti a súčiastky vyhotovené z rôznych materiálov (napr. kov, drevo, plast, betón a pod.), potom jednotlivé druhy materiálu v reze zostavy sa rozlišujú podľa rozdielnym grafickým označením rezu (šrafovaním), ktorých význam sa uvedie v legende alebo odkazom na príslušné normy. Možný spôsob grafického označenia materiálov v reze je uvedený v *tab.4.1*.

Tab.4.1. Grafické označenie materiálov v reze

Grafické označenie	Názov materiálu
	Kovy a ich zliatiny
	Plasty, guma a pod.
	Sklo a iné priehľadné materiály
	Keramika a silikátová výmurovka. Tehliarske výrobky, žiaruvzdorné výrobky, stavebná keramika, tvárnice z ľahčených betónov a pod.
	Drevo (nerozlišuje sa smer vlákien)
	Kameň
	Prostý betón
	Pôvodná zemina (kreslí sa pri obryse)
	Kvapalina

Vzdialenosť medzi rovnobežnými čiarami grafického označenia rezu (hustota čiar šrafovania), musí byť rovnaká pre všetky rezy daného predmetu kresleného v rovnakej mierke. Táto vzdialenosť sa volí podľa veľkosti rezanej plochy alebo podľa potreby rozlíšiť príslušné plochy rezu.

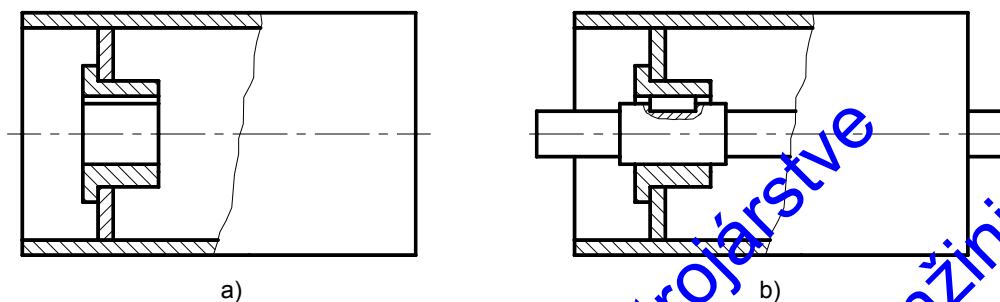


Obr.4.23. Príklady grafického označovania plôch rezov

Dve alebo viaceré vzájomne priľahlé plochy rezu sa rozlišujú sklonom čiar grafického označenia napravo alebo naľavo, príp. sa volí rôzna hustota čiar šrafovania (*obr.4.23a*). Ak majú dve alebo niekoľko priľahlých plôch rezu rovnaký sklon i hustotu šrafovania, majú sa čiar šrafovania jednej plochy rezu posunúť vzhľadom k druhej ploche rezu (*obr.4.23b*). Úzke plochy rezu, ktorých hrúbka na výkrese je menšia alebo rovná 3mm, môžu sa vyčierňovať (*obr.4.23c*).

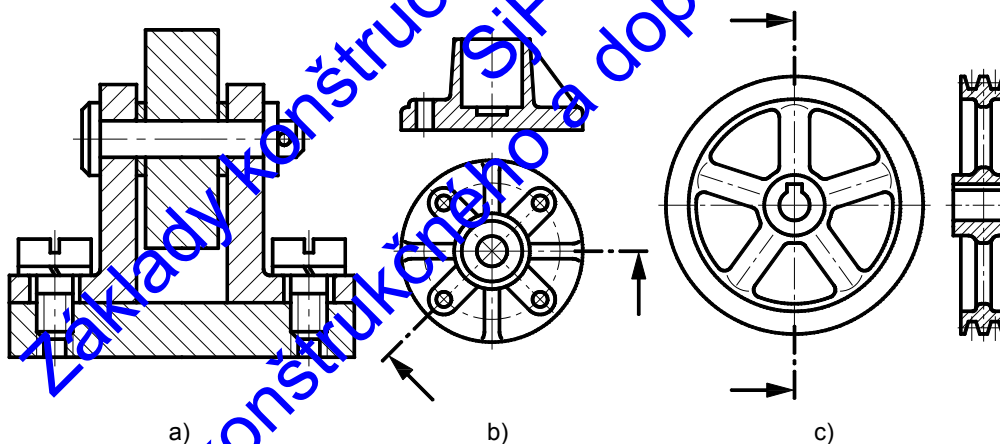
Pri styku viacerých vyčiernených rezov sa musí urobiť medzera najmenej $0,7\text{mm}$ (obr. 4.23d). Pri veľkých rezaných plochách možno grafické označenie kresliť iba pri obrysových čiarach (obr. 4.23e). Grafické označenie oddelených plôch rezu tej istej súčiastky (predmetu) musí mať rovnaký smer i hustotu (obr. 4.23f). Grafické označenie plôch rezu sa musí prerušiť v miestach, kde sú uvedené kóty alebo popis, ak ich nie je možné umiestniť mimo plochy s grafickým označením (obr. 4.23g).

Ak je zváraná konštrukcia (zvarenec) zobrazená na samostatnom výkrese, tzv. výkrese zvarenca, potom každá súčiastka tejto skupiny musí byť šrafovaná opačným sklonom čiar, prípadne rôznou hustotou čiar (obr. 4.24a). Ak je tá istá zváraná konštrukcia zobrazená na výkrese zostavy, potom skupina zvarenca sa šrafuje ako celok jedným smerom (obr. 4.24b).



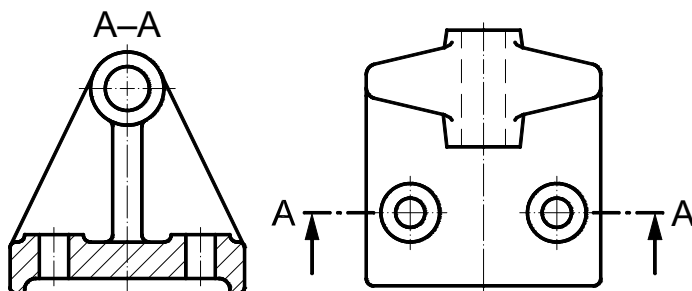
Obr. 4.24. Grafické označenie zvarenca

V prípade, ak rezová rovina prechádza pozdĺž osí skrutky, čapu, pŕu, hriadeľa bez dutín, ojnic a pod. (obr. 4.25a) alebo cez rebrá (obr. 4.25b) a ramená ozubených kolies, remenic alebo zotrvačiek (obr. 4.25c), plocha rezu sa graficky neoznačuje. Tieto súčiastky a prvky sa zobrazujú pohľadmi, akoby sa im rezová rovina vyhla. Matice a podložky sa na výkrese zostáv obyčajne kreslia v pohľade (obr. 4.25a).



Obr. 4.25. Znázornenie niektorých súčiastok alebo prvkov v reze

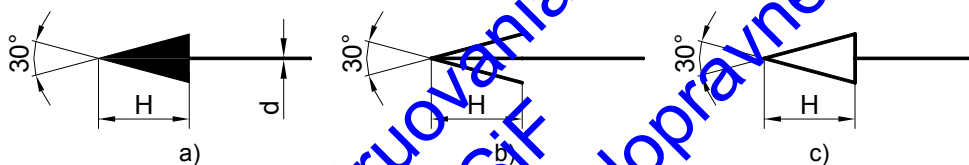
Ak nie je poloha roviny rezu jednoznačná alebo rez nie je umiestnený podľa metódy premietania v prvom kvadrante, musí sa poloha myslenej rezovej roviny označiť. Označenie polohy rezovej roviny musí byť umiestnené zvonka obrazu a smer premietania naznačený šípkami. Zároveň sa musí označiť každá myslená rezová rovina a jej zodpovedajúci rez tými istými písmenami veľkej abecedy, napr. A–A, resp. kombináciou písmen a číslíc, napr. A1–A1 (obr.4.26).



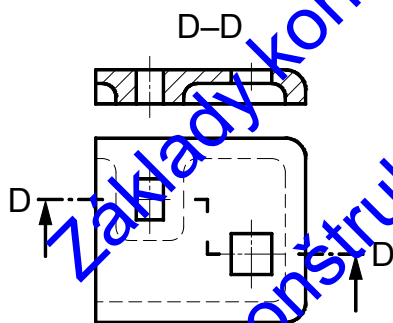
Obr.4.26. Označenie polohy rezovej roviny a rezu

Hrubá čiarka myslenej rezovej roviny musí pretínať vonkajšie obrysy obrazu. Šípka označujúca smer premietania sa kreslí 2 až 3mm od vonkajšieho konca hrubej čiarky. Písmená veľkej abecedy alebo písmená veľkej abecedy v kombinácii s číslcami sa píšú rovnobežne s dol-

ným okrajom výkresu. Veľkosť písmen aj číslíc je $H = \sqrt{2} \cdot h$, kde h je veľkosť písma kót. Písmená a číslce sa používajú v abecednom alebo číselnom poradí, bez opakovania, obvyčajne bez vynechávania, a to aj vtedy, keď je výkres kreslený na niekoľkých listoch. Pri danom označovaní sa nesmú používať písmená I, O, R, Q a X. Tvar a rozmery šípkov pre označovanie smeru premietania je znázornený na obr.4.27. Hrúbka čiar šípkov pre označenie smeru premietania je $d = H/10$. Obraz rezu alebo prierezu zobrazený v inej mierke ako je hlavný obraz sa uvedie za označením obrazu rezu v okrúhlych zátvorkách v mierke, napr. A–A (2:1).

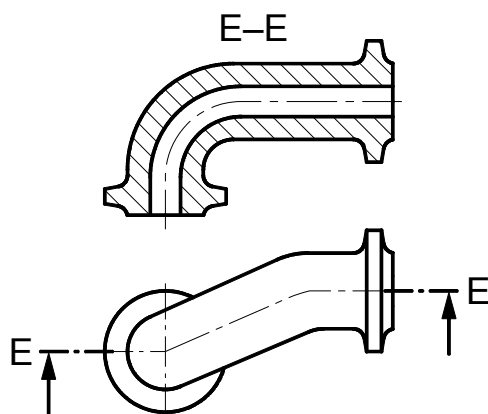
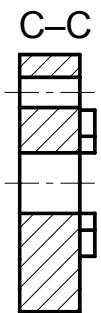
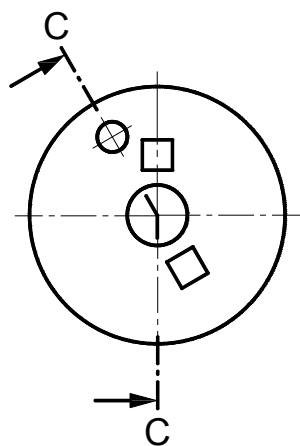


Obr.4.27. Šípky používané na technických výkresoch



Obr.4.28. Rez dvomi rovnobežnými rezovými rovinami

Obraz rezu možno vytvoriť dvomi, prípadne viacerými rovnobežnými rezovými rovinami (obr.4.28), dvomi (obr.4.29) alebo viacerými príslušnými pretínajúcimi sa rezovými rovinami (obr. 4.30).



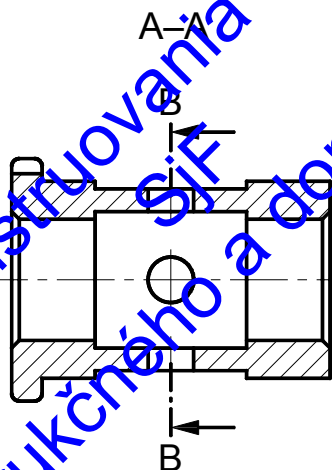
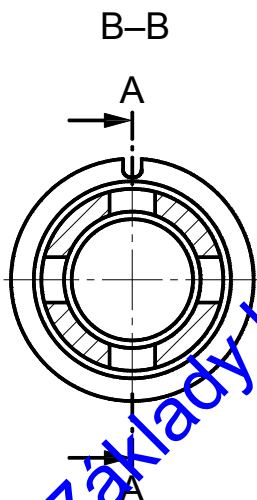
Obr.4.29. Rez dvomi príľahlými pretínajúcimi sa rezovými rovinami

Obr.4.30. Rez tromi príľahlými pretínajúcimi sa rezovými rovinami

Podľa polohy a voľby rezovej roviny je možné hovoriť o zvislých, šikmých, rovinutých, polovičných a miestnych rezoch.

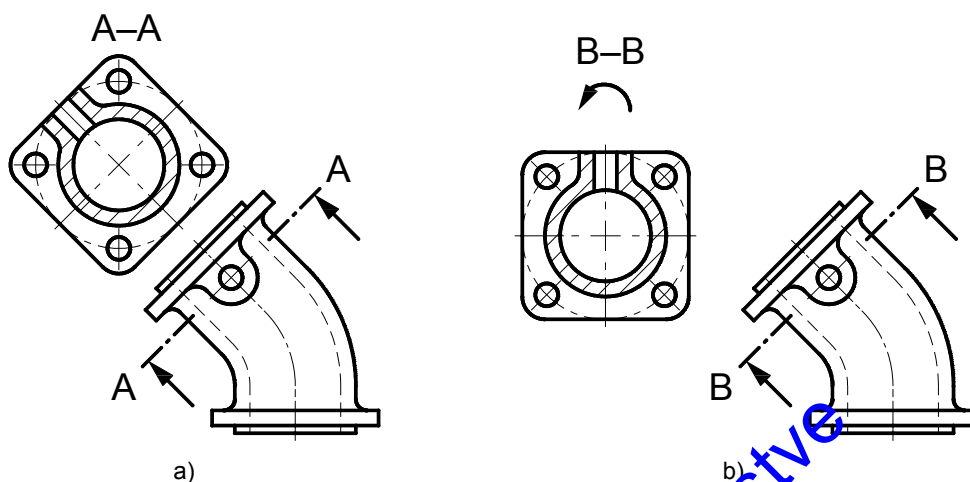
O zvislý rez ide vtedy, ak myslená rovina rezu je rovnobežná so zvislou priemetňou,

t.j. s priemetňami pre pohľad spredu, sprava alebo zľava. Zvislé rezy môžu byť priečne – rovina rezu je rovnobežná s priemetňami pre pohľad zľava a sprava (obr.4.31 rez B-B) alebo pozdĺžne – rovina rezu je rovnobežná s priemetňami pre pohľad spredu (obr.4.31 rez A-A).



Obr.4.31. Zobrazenie zvislého rezu

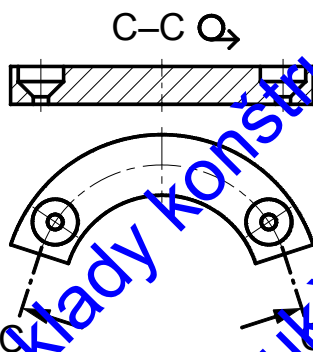
Šikmý rez nemá myslenú rezovú rovinu rovnobežnú so žiadnou priemetňou pravouhlého premietania. Obráz rezu sa umiestňuje v smere premietania (obr.4.32a) alebo v pootočenej polohe (obr.4.32b).



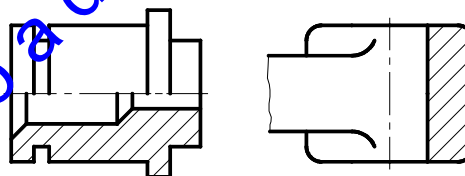
Obr.4.32. Spôsob zobrazenia šikmých rezov.

Rozvinutý rez sa volí pri zakrivených predmetoch, ktoré sa môžu rozvinúť do roviny tak, aby vznikol neskreslený obraz (obr.4.33). Označí sa príslušnou značkou rozvinutia.

Polovičný rez sa používa pri súmerných predmetoch, ktoré sa zobrazujú v jednej polovici obrazu v reze a v druhej polovici obrazu v pohľade (obr.4.34). Rozhranie medzi pohľadom a rezom tvorí os súmernosti obrazu. V reze sa má zobraziť dolná alebo pravá polovica predmetu. Polovičný rez sa neoznačuje.

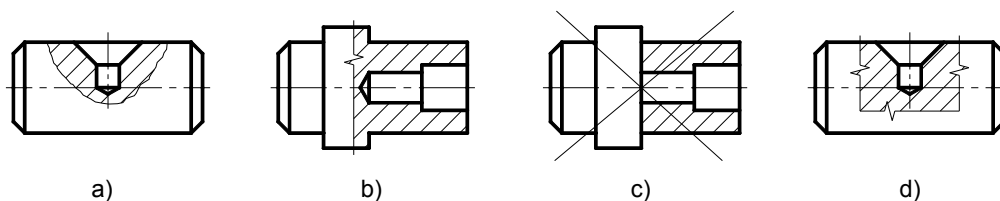


Obr.4.33. Zobrazenie rozvinutého rezu



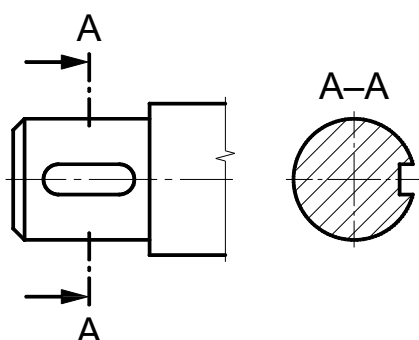
Obr.4.34. Spôsob zobrazenia polovičných rezov

Miestny rez zobrazuje iba vymedzenú časť predmetu zobrazeného v pohľade (obr.4.35). Rozhranie medzi pohľadom a rezom sa označí nepravidelnou čiarou od ruky (obr.4.35a), resp. nepravidelnou čiarou so zalomeniami (obr.4.35b,d). Rozhranie medzi pohľadom a rezom nesmie byť v mieste, kde je čiara zobrazujúca hranu alebo plochu predmetu (obr.4.35c). Ani tento rez sa neoznačuje.



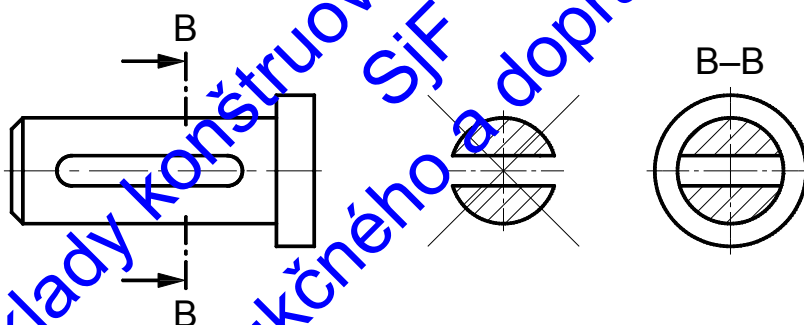
Obr.4.35. Spôsob zobrazenia miestnych rezov

Prierez je zobrazenie predmetu rozrezaného jedinou myslennou rezovou rovinou



Obr.4.36. Zobrazenie prierezu čapu

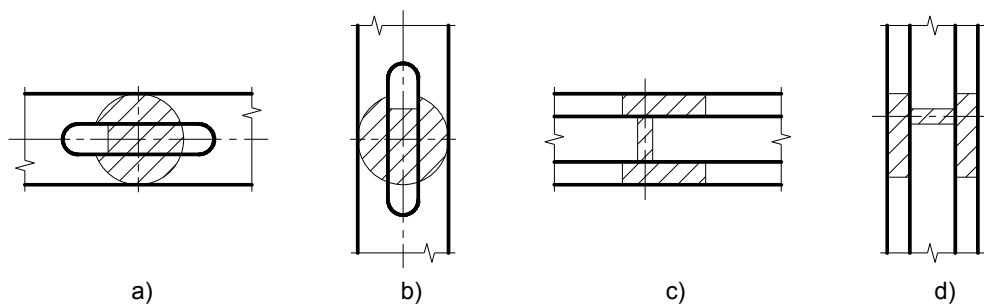
pravouhlo premietnutého na priemetňu rovnobežnú s reznou rovinou. V obraze prierezu sú zobrazené len tie časti predmetu, ktoré ležia v myslenej rezovej rovine (obr.4.36). Prierezy sa používajú namiesto rezov v tých prípadoch, ak nie je potrebné zobrazenie obrysov a hrán predmetu ležiacich za rovinou rezu. Pokiaľ by pri zobrazení prierezu predmetu vznikol nesúvislý obraz (napr. zobrazený obraz prierezu by sa rozpadol na samostatné časti), musí sa kresliť rez (obr.4.37).



Obr.4.37. Pričný rez cez čap so žliabkom

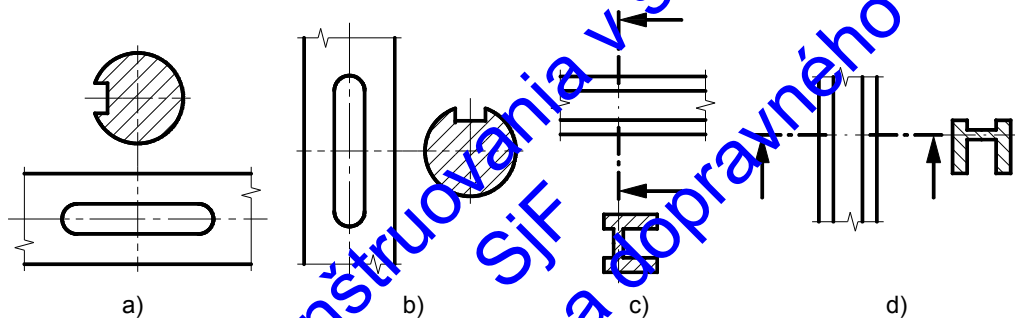
Prierez je možné umiestniť priamo v obraze – sklopený prierez alebo zvonku obrazu – vysunutý prierez. Sklopený a vysunutý prierez sa zobrazuje v otočenej (sklopenej) polohe tak, aby smer pohľadu na myslennú rovinu rezu (smer premietania) bol sprava alebo zdola.

Sklopené prierezy sa kreslia do pohľadu obrazu súčiastky tenkou plnou čiarou a plocha rezu sa graficky vyznačí tenkými plnými čiarami (obr.4.38).



Obr.4.38. Zobrazenie sklopených prierezov

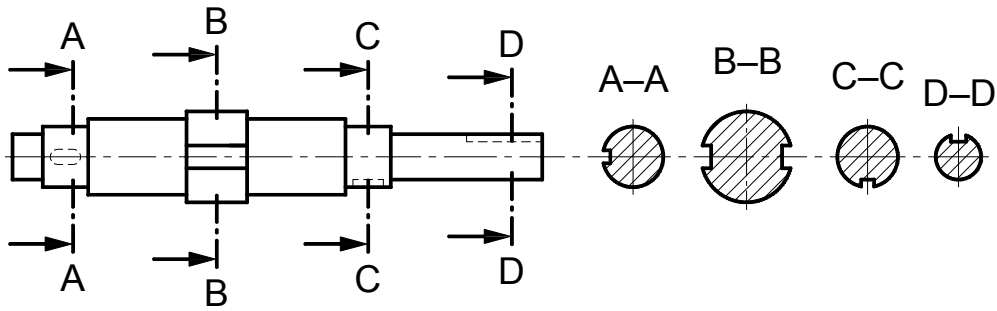
Vysunuté prierezy sa kreslia na ľubovoľnú stranu pohľadu a umiestňujú sa na os otáčania, ktorá zároveň označuje polohu myslenej rezovej roviny. Obraz prierezu sa kreslí hrubou plnou čiarou. Ak je prierez symetrický, nemusí sa rezová rovina označovať (obr.4.39a,b); pri nesymetrickom tvare prierezu sa musí označiť rezová rovina a smer pohľadu (obr.4.39c,d).



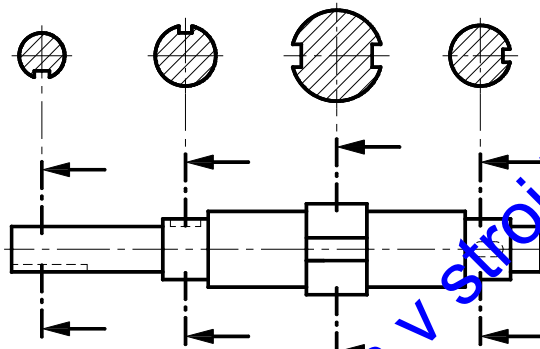
Obr.4.39. Zobrazenie vysunutých prierezov

Priečne prierezy sa pri zobrazovaní môžu umiestniť:

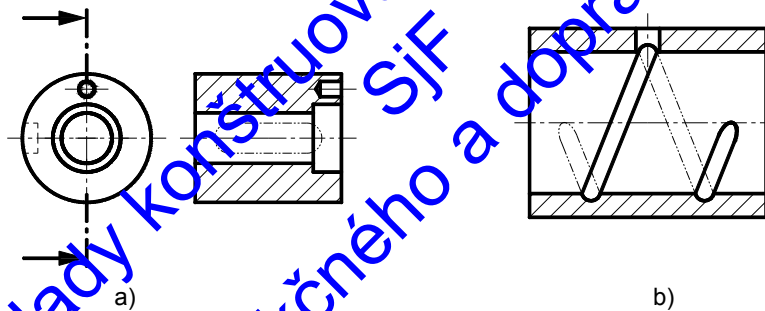
- podľa zásad premietania v prvom kvadrante, pričom myslené rezové roviny i jednotlivé obrazy sa musia označiť (obr.4.40),
- ako vysunuté prierezy, pričom sa uvedie smer premietania (obr.4.41),
- podľa potreby, resp. podľa miesta na výkrese, pričom myslená rezová rovina a jednotlivé obrazy sa musia označiť.



Obr.4.40. Zobrazenie priečných prierezov podľa metódy premietania v prvom kvadrante



Obr.4.41. Zobrazenie priečných prierezov ako vysunuté prierezy

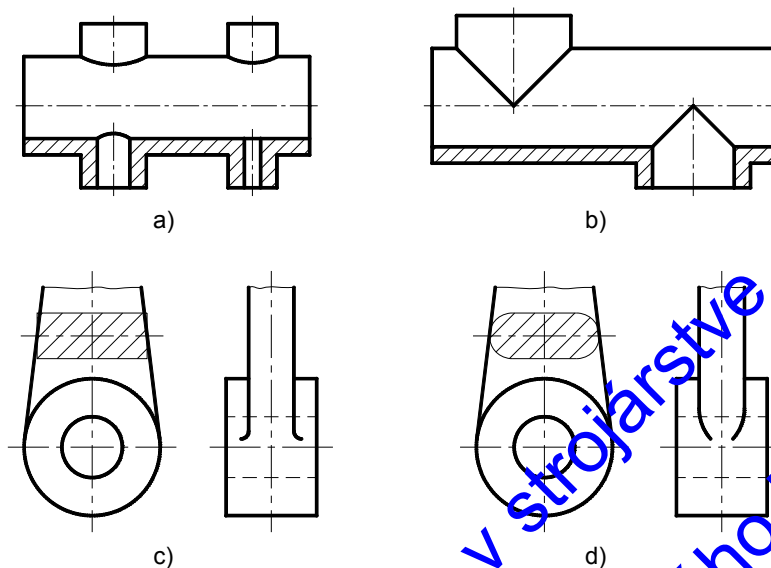


Obr.4.42. Zobrazenie prvkov nachádzajúcich sa pred rovinou rezu

Prvky nachádzajúce sa pred rovinou rezu je možné znázorniť bodkočiarkovanou čiarou s dvoma bodkami (Obr.4.42)

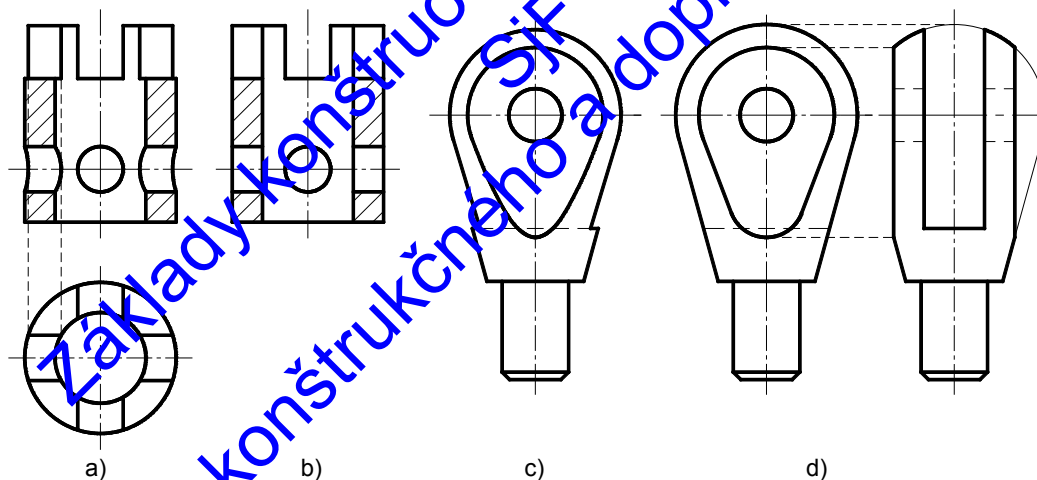
4.2.3 Iné normalizované spôsoby zobrazovania

Prieniky a prechody medzi plochami sa môžu zobrazovať zjednodušene. Skutočný obraz prieniku je možné nahradiť kruhovým oblúkom (namiesto krivky) alebo priamkou (kreslenú namiesto oblúka s malým priemerom) podľa *obr.4.43a* a *obr.4.44b,d*. Obrazy hrán viditeľných prienikov a prechodov sa kreslia hrubými plnými čiarami ako viditeľné obrisy obrazu (*obr.4.43a – d*).



Obr.4.43. Zobrazovanie prienikov

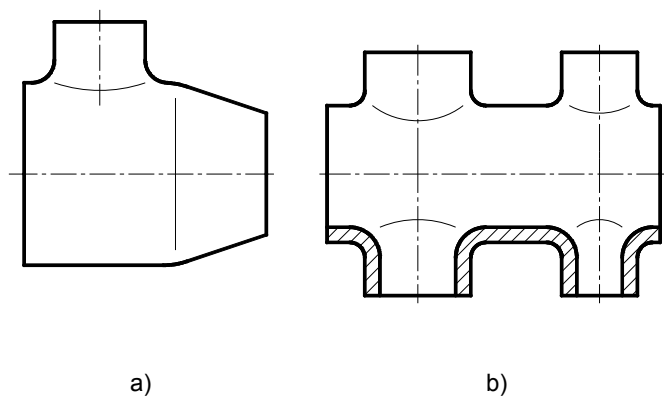
Ak zobrazenie prieniku sťažuje predstavu o predmete (*obr.4.44a,c*) je vhodnejšie ne-kresliť ho vôbec (*obr.4.44b,d*).



Obr.4.44. Zjednodušené zobrazenie prienikov

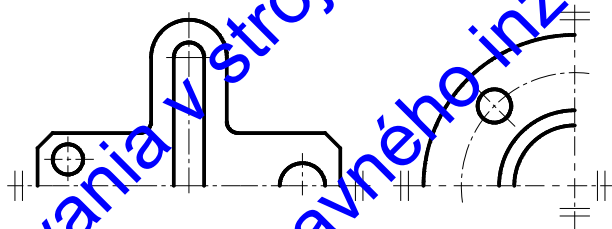
Zaoblené prieniky a prechody sa kreslia tenkou plnou čiarou, ktorá sa

nesmie dotýkať obrysu obrazu (obr.4.45). Čiara označujúca prienik alebo prechod sa kreslí v mieste teoretického prieniku alebo prechodu plôch.



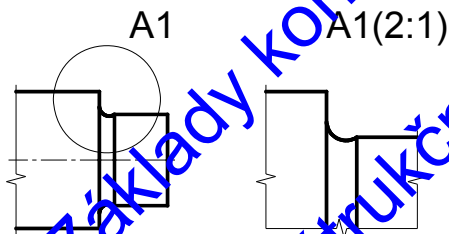
Obr.4.45. Zobrazenie zaoblených prienikov a prechodov

Súmerné predmety sa môžu zobrazovať len polovicou alebo štvrtinou obrazu (obr.4.46). Osi súmernosti sa v týchto prípadoch označia na oboch koncoch dvomi tenkými rovnobežnými úsečkami kolmými k osi a kreslenými tenkou čiarou v dĺžke najmenej h a odstupom najmenej $0,3 \cdot h$, kde h je výška písma kót.



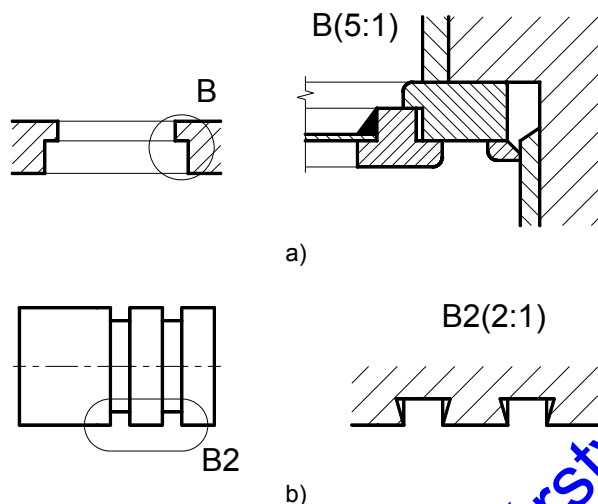
Obr.4.46. Zobrazenie súmerných predmetov

Ak určitú časť súčiastky (predmetu), čiže jej určitý tvarový prvok, nemožno v danej mierke zreteľne zobraziť, kreslí sa doplnujúci obraz daného tvarového prvku vo zväčšenej mierke, čím sa objasní príslušný tvar, rozmery, resp. iné vlastnosti. V základnom obraze sa tvarový prvok označí kružnicou alebo oválom, kreslený tenkou plnou čiarou, a pri nich sa umiestnia písmená veľkej abecedy. Nad obrazom tvarového prvku sa uvádza to isté označenie a mierka zväčšenia, v ktorej je nakreslený (obr.4.47).



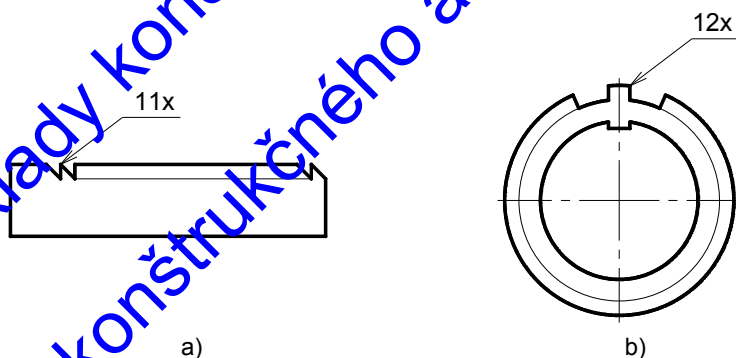
Obr.4.47. Zobrazenie tvarového prvku vo zväčšenej mierke

Obráz tvarového prvku môže obsahovať časti, ktoré nie sú v základnom obraze (obr. 4.48a), taktiež nemusí byť zhodný s obrazom (napr. základný obraz je pohľad, obraz tvarového prvku je rez, obr. 4.48b).

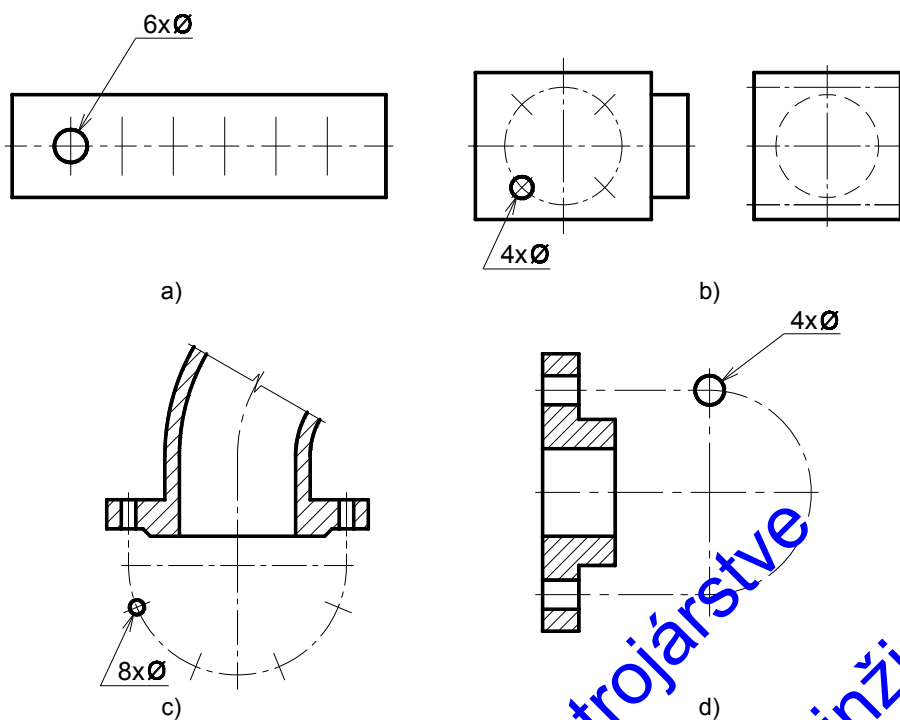


Obr. 4.48. Ďalšie spôsoby zobrazenia tvarových prvkov

V prípade, ak predmet má rovnaké pravidelne sa opakujúce prvky, potom sa na obraze predmetu úplne kreslí jeden až dva prvky a ostatné sa kreslia zjednodušené, plnou tenkou čiarou (obr. 4.49) alebo schematickým spôsobom (obr. 4.50). Prítom je potrebné uviesť počet rovnakých prvkov. V ďalších obrazoch sa tieto prvky neuvádzajú, ak je ich poloha jasná z hľadiska zobrazenia (obr. 4.50b). Rozstupové kružnice alebo rozstupové priamky, na ktorých sú otvory alebo iné opakujúce sa prvky, sa kreslia tenkou bodkočiarkovanou čiarou. Poloha ostatných prvkov sa zaznačí iba ich osou na rozstupovej kružnici, resp. na rozstupovej priamke (obr. 4.50a,b). Rozstupové kružnice s vyznačením osí otvorov alebo s pravidelne rozmiestnenými otvormi v obrazoch rotačných predmetov sa môžu sklápať ako polkružnice pri hlavnom obraze predmetu, a pritom musia byť spojené osami s hlavným obrazom (obr. 4.50c,d).



Obr. 4.49. Zjednodušené zobrazenie rovnakých pravidelne sa opakujúcich prvkov



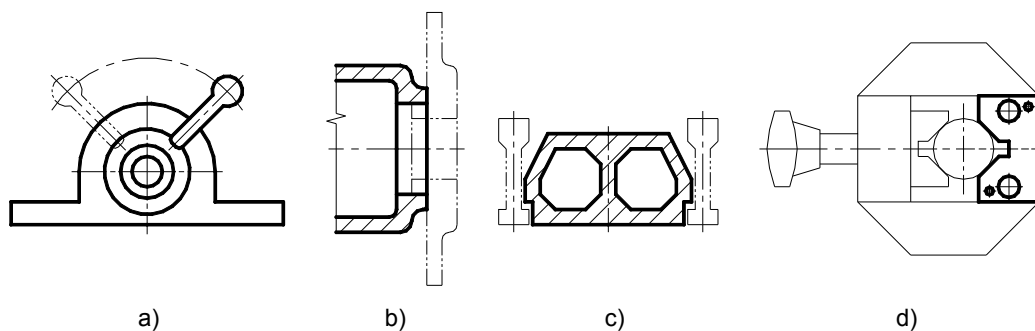
Obr.4.50. Zjednodušené zobrazenie pravidelne sa opakujúcich prvkov umiestnených na rozstupových čiarach



Obr.4.51. Označenie rovinných plôch

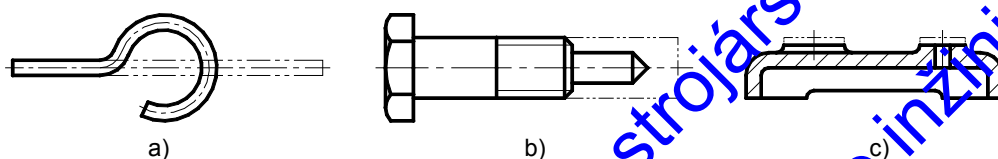
Krajná plocha pohyblivých častí sa kreslí do obrazu tenkou čiarkovanou čiarou s dvomi bodkami (obr.4.52a). Obrysové čiary a hrany predmetu zakryté časťou zobrazenou v krajnej polohe sa kreslia ako viditeľné hrany. Pohybová časť sa kreslí iba obrysom.

Susediace a na seba prilahlé (nadväzujúce) predmety sa uvádzajú na objasnenie vzájomnej súvislosti, pričom sa kreslia iba obrysom tenkou čiarkovanou čiarou s dvomi bodkami (obr.4.52b,c). Ak je to potrebné, susediace predmety možno kresliť obrysom tenkou plnou čiarou (obr.4.50d). Obrysové hrany a čiary zobrazovaného predmetu zakryté susediacim predmetom sa kreslia ako viditeľné hrany.



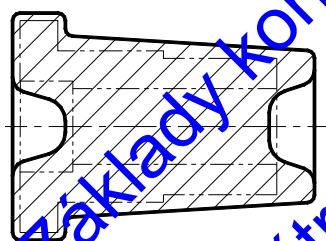
Obr.4.52. Zobrazenie pohyblivých a príľahlých častí

Obrysy východiskového tvaru predmetu (napr. pre jeho rozvinutý tvar, obr. 4.53a, resp. na vyznačenie pôvodného tvaru predmetu pred obrobením, obr.4.53b,c) je možné zakresliť do obrazu konečného tvaru. Východiskový tvar sa kreslí tenkou čiarkovanou čiarou s dvomi bodkami.

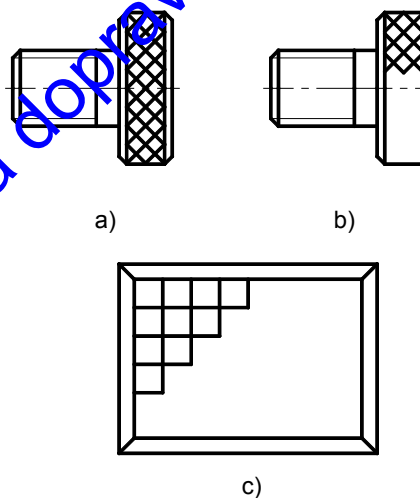


Obr.4.53. Znázornenie obrysů východiskového tvaru predmetu

Obrysy konečného tvaru predmetu (po obrobení) je možné zakresliť do obrazu východiskového tvaru polovýrobku. Obrys konečného tvaru sa kreslí tenkou čiarkovanou čiarou s dvomi bodkami (obr.4.54).



Obr.4.54. Zakreslenie obrysů konečného tvaru



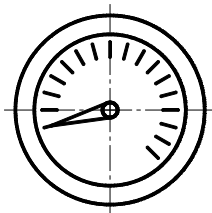
Obr.4.55. Znázornenie úpravy povrchu

Špeciálna úprava povrchu, ako je ryhovanie, vrúbkovanie, valčekovanie a pod., sa označuje v pohľade zjednodušene hrubými plnými čiarami (obr.4.55a). Predovšetkým pri väčších plochách možno toto zjednodušené zobrazenie obmedziť iba na časť plochy upraveného povrchu (obr.4.55b,c).

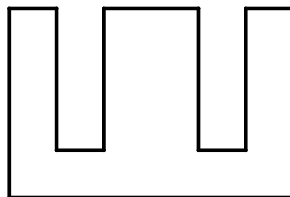
Priehľadné predmety sa zobrazujú ako nepriehľadné. Na zostavných výkresoch môžu byť predmety umiestnené za priehľadnými predmetmi (napr. ručičky a stupnice prístrojov) zobrazené ako viditeľné (obr.4.56).

Predmety zložené z rovnakých prvkov (napr. zväzky plechov, vinutia) sa zobrazujú v pohľade ako jeden celok, poloha jednotlivých prvkov sa naznačí súvislými tenkými čiarami (obr.4.57).

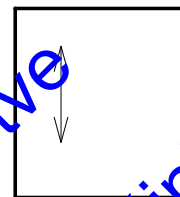
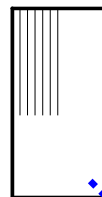
Smer vlákien alebo valcovania sa môže naznačiť tenkou súvislou čiarou so šípkami na oboch koncoch (obr.4.58).



Obr.4.56. Znázornenie priehľadných predmetov

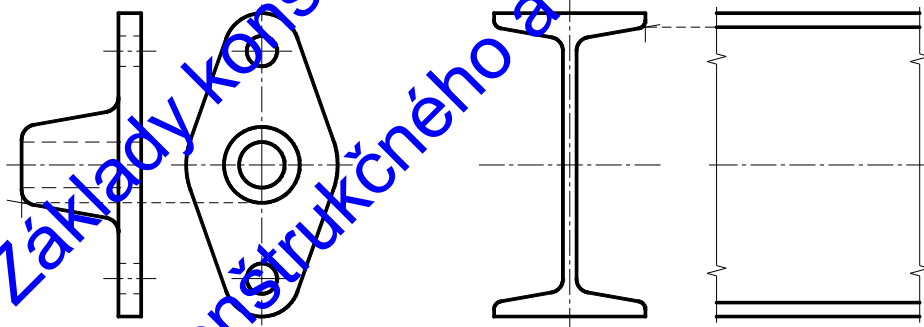


Obr.4.57. Znázornenie zhodných prvkov



Obr.4.58. Znázornenie smeru vlákien alebo valcovania

Malé sklony alebo zaoblenia sa zobrazujú tak, že sa znázorní len hrana menšieho rozmeru hrubou súvislou čiarou (obr.4.59). Čiarkovanými čiarami je v obrázku znázornená poloha zaoblenia v pohľade v smere osi voči pohľadu z boku, na výkrese ju nekreslíme.



Obr.4.59. Zobrazenie malých sklonov a zaoblení

4.3 Zobrazenie normalizovaných konštrukčných prvkov

4.3.1 Závity, ich druhy, označovanie a zobrazovanie závitov

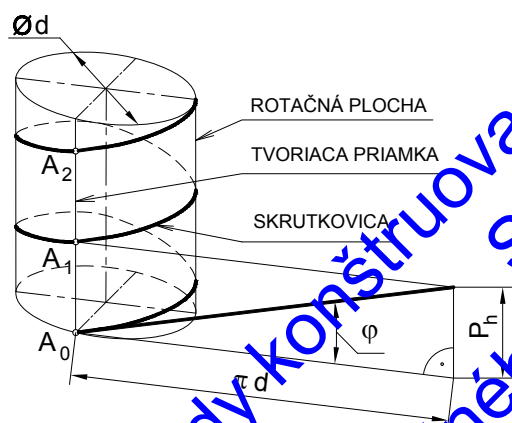
Pojmy, terminológiu a značky základných prvkov valcových a kužeľových závitov stanovuje norma STN 01 4001 (Závity. Terminológia.).

Závit je geometricky určený závitovou plochou, ktorá vzniká pohybom profilu závitú tak, že každý jeho bod opisuje skrutkovicu.

Skrutkovica je dráha (čiara) na rotačnej ploche (valci, kuželi) vytvorená bodom, ktorý pri pohybe má stály pomer medzi osovým posunutím a príslušným uhlovým natočením (obr. 4.60).

Každý bod profilu závitú tvorí vlastnú skrutkovicu. Tieto majú spoločnú os a rovnaké stúpanie. Stúpanie skrutkovice P_h je definované ako vzdialenosť dvoch najbližších rovnoběžných priesečníkov skrutkovice s tvoriacou priamkou rotačnej plochy. Rozvinutím valcovej rotačnej plochy do roviny sa zmení skrutkovica na priamku zvierajúcu s rovinou kolmou na os valcovej plochy uhol stúpania skrutkovice φ , ktorého hodnotu vypočítame z rovnice 4.1.

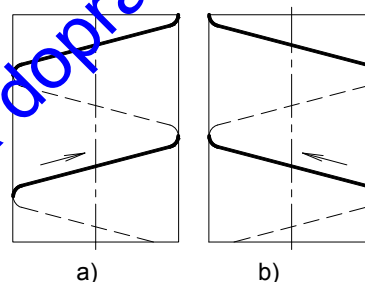
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{P_h}{\pi \cdot d} \quad (4.1)$$



Obr. 4.60. Vytvorenie skrutkovice na valcovej ploche

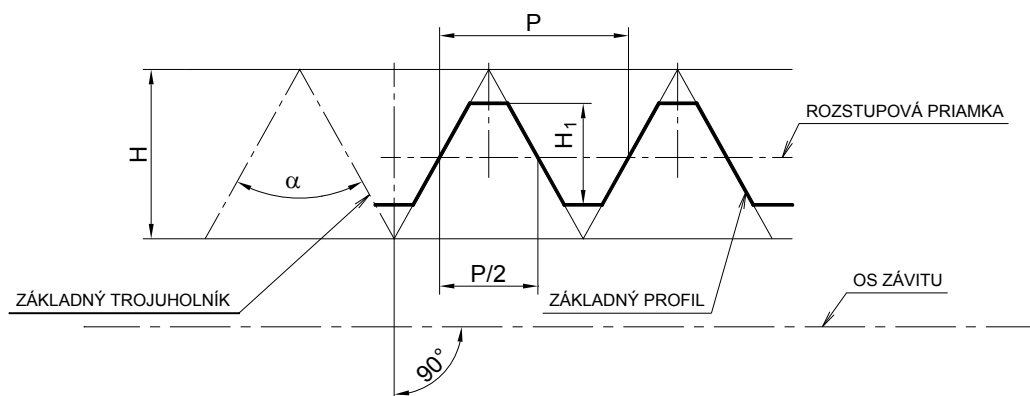
Podľa zmyslu otáčania tvoriacej plochy vznikne:

- skrutkovica pravá (obr. 4.61a),
- skrutkovica ľavá (obr. 4.61b).



Obr. 4.61. Znáozornenie priebehu pravej a ľavej skrutkovice

Profil závitú (obr. 4.62) je lomená čiara v rovine prechádzajúcou osou závitú. Tvar a rozmery základného profilu závitú sú odvodené zo základného trojuholníka. Protiahlé boky profilu závitú zvierajú uhol profilu α . Rozmer H sa nazýva výška základného trojuholníka a rozmer H_f nosná výška závitú.

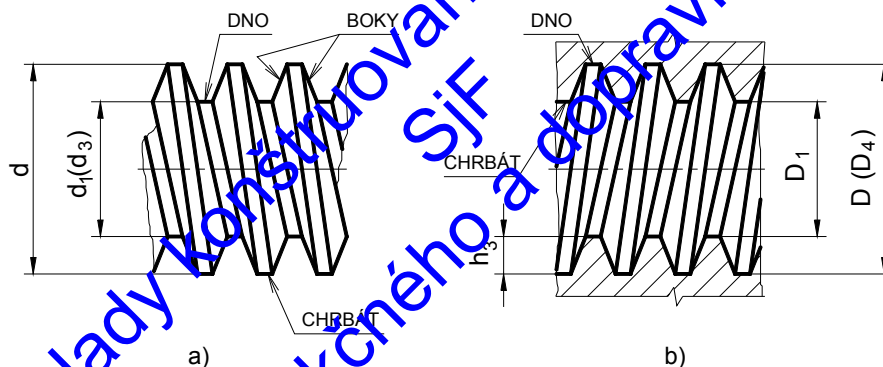


Obr.4.62. Základný trojuholník a základný profil závit

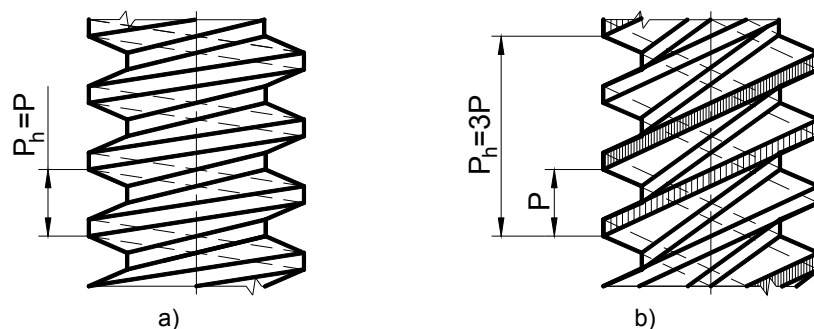
Veľký priemer závit (d , D), malý priemer závit (d_1 , D_1), výška závit (h_3) a ďalšie prvky závit sú znázornené na obr.4.63.

Rozstup závit P (obr.4.64a,b) je vzdialenosť medzi rovnobežnými bokmi susedných závitov meraná v smere osi závit.

Stúpanie P_h (obr.4.64a) je vzdialenosť medzi rovnobežnými bokmi jedného závit meraná v smere osi závit. Ak sa nachádza v rozsahu jedného stúpania P_h iba jeden základný profil, hovoríme o jednochodom závit. Pri počte viacerých základných profilov v rozsahu jedného stúpania P_h hovoríme o viacchodom závit, kde počet chodov sa označí písmenom n . Stúpanie viacchodového závit P_h je násobkom rozstupu závit P , t. j. $P_h = P \cdot n$.



Obr.4.63. Základné prvky závit: a) vonkajší závit; b) vnútorný závit



Obr.4.64. Druhy závitov podľa počtu chodov: a) jednochodý; b) viacchodý (trojchodý)

Rozdelenie závitov možno uskutočniť podľa nasledujúcich hľadísk:

- podľa miesta vytvorenia závitú na tvoriacej ploche na závit vonkajší a vnútorný vytvorený na vonkajšom alebo vnútornom povrchu valcovej alebo kužeľovej plochy,
- podľa zmyslu vinutia závitú – závit pravý a ľavý,
- podľa počtu závitových plôch – závit jednochodý (obr.4.64a) a viacchodý (obr.4.64b),
- podľa tvaru rotačnej plochy – závit valcový a kužeľový,
- podľa tvaru závitového profilu – závit metrický, Whitworthov, lichobežníkový, oblý a pod.
- podľa účelu a použitia – závit spojovacích skrutiek, závit na spojovanie rúrok, závit pohybových skrutiek, závit na špeciálne účely.

Prehľad používaných závitov a ich označenie na výkresoch je uvedený v tab. 4.2.

Tab.4.2. Prehľad označenia normalizovaných závitov

Druh závitú		Značka	Označenie	Príklad označenia
Metrický		M	Md; Md × P	M20; M20 × 1,5
Whitworthov		W	Wd;	W 3/4"
Rúrkový valcový	bez tesniaceho účinku	G	G DN	G 3/8"
	s tesniacim účinkom	Rp	Rp DN	Rp 1 1/2"
Rúrkový kužeľový	vonkajší	R	R DN	R2"
	vnútorný	Rc	Rc DN	Rc 2"
Lichobežníkový rovnoramenný	jednochodý	Tr	Tr d × P	Tr 16 × 2
	viacchodý	Tr	Tr d × P _h (P4)	Tr 16 × 12(P4)
Lichobežníkový nerovnoramenný		S	S d × P	S 48 × 8
Oblý	jednochodý	Rd	Rd d	Rd 40
	viacchodý	Rd	Rd d × P _h (P3)	Rd 32 × 6,35(P3)

Metrický závit:

Základný profil tvorí rovnostranný trojuholník s uhlom profilu $\alpha = 60^\circ$. Metrické závit sa podľa rozstupu rozdeľujú na závit s hrubým a jemným rozstupom. Odstupňované sú podľa veľkého priemeru (d , D) od $0,25\text{mm}$ do 600mm a podľa rozstupu (P) od $0,075\text{mm}$ do 6mm . Označenie sa skladá z písmena M , za ktorým nasleduje hodnota menovitého priemeru d . Označenie závit: s hrubým stúpaním $M24$; s jemným stúpaním $M20 \times 1,5$; s jemným stúpaním a tolerančnou značkou $M16 \times 1,5 - 6g$; ľavého závit $M30 LH$. Ak sú na súčiastke pravé aj ľavé závit, potom treba označiť pravé aj ľavé závit skratkami: RH (pravý závit), LH (ľavý závit).

Whitworthov závit:

Základný profil tvorí rovnoramenný trojuholník s uhlom profilu $\alpha = 55^\circ$. Označenie závit sa skladá z písmena W a veľkého priemeru závit d v anglických palcoch (1 angl. palec $1" = 25,4\text{mm}$), napr. $W 2"$. Je normalizovaný s priermi $d=D$ od $1/4"$ do $6"$.

Rúrkový závit valcový:

Má tvar profilu zhodný s profilom Whitworthovho závit, má však menší rozstup. Označuje sa písmenom G a priemerom v palcoch, ktorého hodnota zodpovedá približne vnútornému priemeru príslušnej rúrky (DN – menovitej svetlosti) a nie veľkému priemeru závit, napr. $G1"$. Používa sa na spojovanie rúrok. Nemá tesniaci účinok medzi bokmi závitov a tesnosť spoja treba zabezpečiť iným spôsobom.

Rúrkový závit kužeľový:

Používa sa na kužeľových koncoch rúrok s kužeľovitosťou $1:16$. Má tesniaci účinok medzi bokmi závitov. Na spojenie možno použiť kombináciu kužeľového a valcového závit. Označuje sa písmenom R pre kužeľový vonkajší závit, Rc pre kužeľový vnútorný závit a Rp pre valcový vnútorný závit. Niektoré príklady možných kombinácií závitového spojenia: $Rc/R 1/2"$, $Rp/R 1/2"$.

Lichobežníkový závit rovnoramenný:

Základný profil je rovnoramenný lichobežník s uhlom profilu $\alpha = 30^\circ$. Označuje sa písmenami Tr , menovitým priemerom d , stúpaním P_h a u viacchodých závitov v zátvorke písmenom P s číselnou hodnotou rozstupu, napr. $Tr 20 \times 4$, $Tr 50 \times 16(P8)$.

Lichobežníkový závit nerovnoramenný:

Základný profil je nerovnoramenný lichobežník s uhlom profilu $\alpha = 33^\circ$. Označuje sa značkou S , menovitým priemerom d a rozstupom P , napr. $S 80 \times 10$, $S 80 \times 20(P10)$.

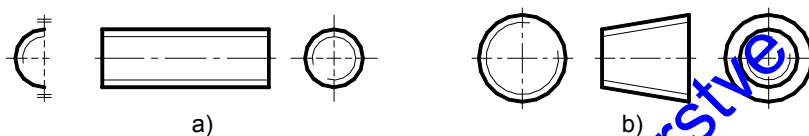
Opľý závit:

Základný profil závit je trojuholník s uhlom profilu 30° a so zaobleným chrbtom a dnom. Rozstup opľého závit je definovaný počtom rozstupov pripadajúcich na dĺžku 1 palca. Označuje sa písmenami Rd a menovitým priemerom, napr. $Rd 30$, $Rd 40 \times 8,466(P4,23)$.

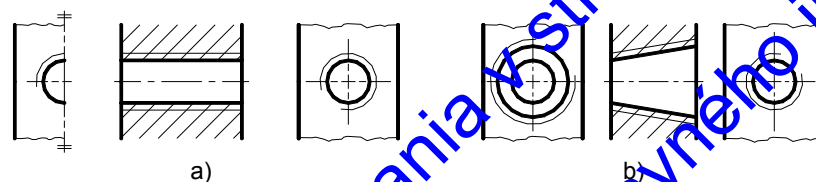
Zobrazovanie závitov:

Pri zobrazovaní závitov je možné vychádzať z pravidiel zobrazovania pravidelne sa opakujúcich tvarových prvkov, t. j. závit sa zobrazujú plnou tenkou čiarou po celej dĺžke závit. Zobrazovanie a kreslenie závitov predpisuje norma *STN EN 6410-1* (Technické výkresy. Závit a závitové časti. Časť 1: Všeobecné zásady.).

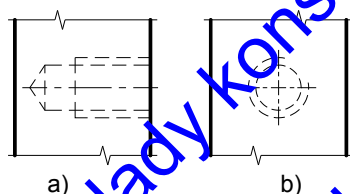
Pri vonkajších závitoch sa kreslí veľký priemer závit (priemer mysleného valca opísaného chrbtom vonkajšieho závit) plnými hrubými čiarami a malý priemer závit (priemer mysleného valca vpísaného dnám vonkajšieho závit) plnými tenkými čiarami (*obr.4.65a,b*), v prípade kreslenia vnútorných závitov sa kreslí veľký priemer závit plnými tenkými čiarami a malý priemer závit plnými hrubými čiarami (*obr.4.66*). V priemetoch do roviny kolmej k osi závit sa plná tenká čiara kreslí ako kruhový oblúk, rovný viac ako $\frac{3}{4}$ kružnice. Vzdialenosť medzi hrubou a tenkou čiarou má zodpovedať hĺbke závit, čiže asi $\frac{2}{3}$ stúpania závit (najmenej $0,8mm$).



Obr.4.65. Zobrazenie vonkajších závitov



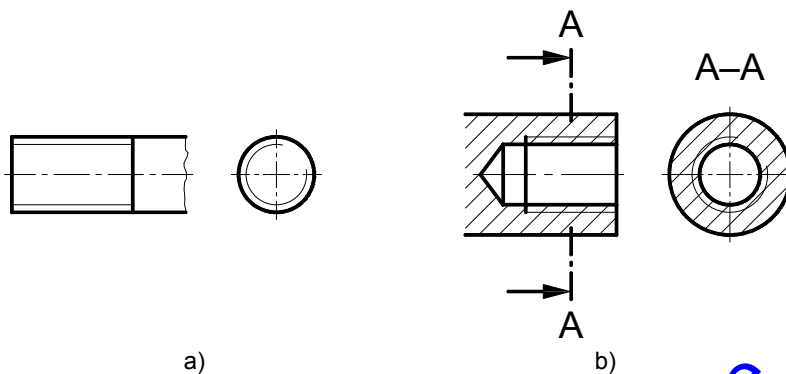
Obr.4.66. Zobrazenie vnútorných závitov



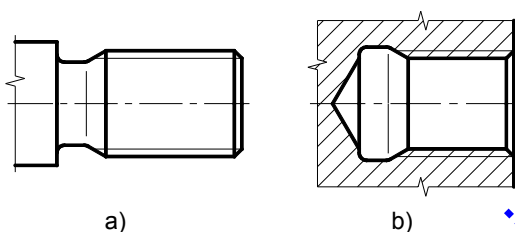
Obr.4.67. Zobrazenie neviditeľného závit

Závit, ktorý je neviditeľný, sa musí zobraziť čiarokvanými tenkými čiarami rovnakej hrúbky na veľkom i malom priemere (*obr.4.67*).

Hranica užitočnej dĺžky – ukončenie vonkajšieho a vnútorného závitu na určitej dĺžke hriadeľa, prípadne dĺžky diery (rovnajúcej sa dĺžke čistého závitú), sa kreslí plnou hrubou čiarou (obr.4.68). V danom prípade sa jedná o ukončenie závitú výbehom.

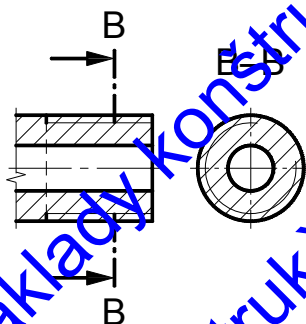


Obr.4.68. Ukončenie závitú výbehom: a) vonkajšieho, b) vnútorného



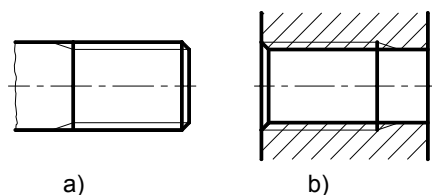
Obr.4.69. Ukončenie závitú normalizovaným žliabkom; a) vonkajšieho, b) vnútorného

V prípade, že sa závit nemôže ukončiť výbehom, lebo je vytváraný až po ďalší stupeň hriadeľa alebo až do dna diery (obr.4.69), z dôvodu kvalitného narezania závitú je potrebné použiť normalizovaný žliabok za závitom (STN ISO 4755 – žliabok pre vonkajšie metrické závitú ISO, STN 02 1037 – žliabky vnútorného metrického závitú).



Obr.4.70. Zobrazenie ukončenia závitú v reze

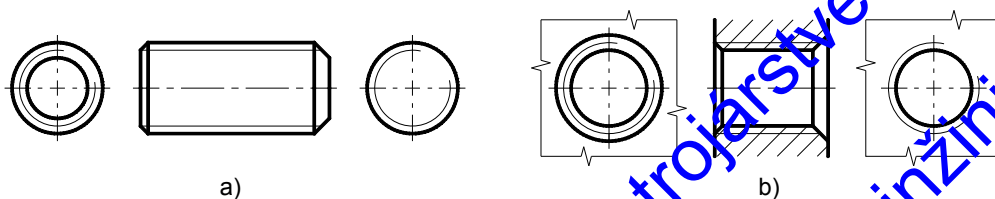
Pri zobrazovaní vonkajšieho závitú v reze sa neviditeľná časť hranice závitú musí kresliť čiarkovanou čiarou (obr.4.70).



Výbeh závitů sa kreslí v prípade potreby (len na výrobných výkresoch) plnou tenkou čiarou (obr. 4.71).

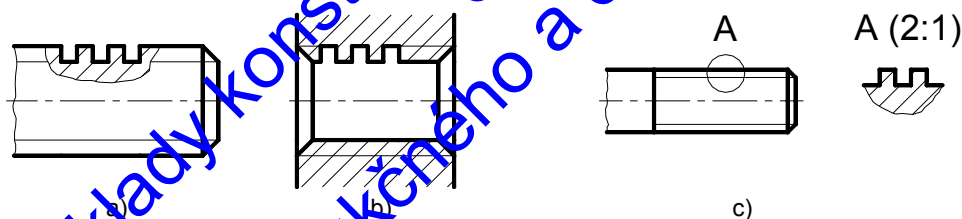
Obr.4.71. Zobrazenie výbehu závitů;
a) vonkajšieho, b) vnútorného

Zrezané hrany, ktorých rozmer sa zhoduje s hĺbkou závitů, sa v priemete do roviny kolmej k osi závitů nezobrazujú (obr.4.72).



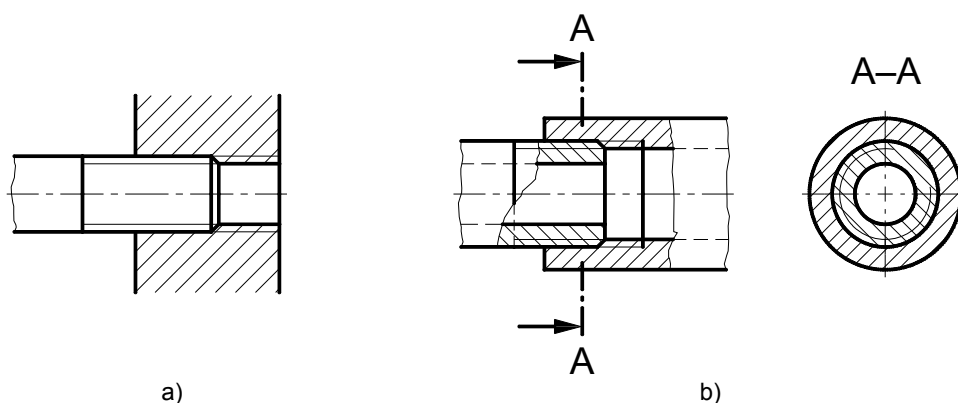
Obr.4.72. Zobrazenie zrezaných hrán v pohľadoch

Profil závitů sa musí v prípade potreby nakresliť v obraze súčiastky (obr.4.73a,b) alebo ako tvarový prvok (obr.4.73c).



Obr.4.73. Zobrazenie profilu závitů

V rezoch závitových spojení sa zobrazuje len tá časť vnútorných závitov, ktorá nie je zakrytá vonkajším závitom (obr.4.74).

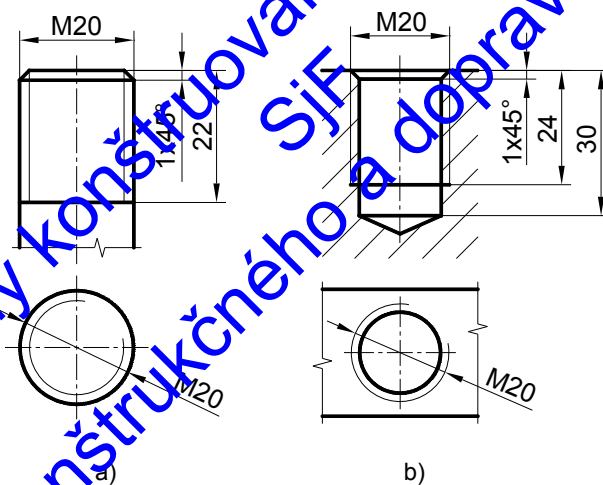


Obr.4.74. Zobrazenie spojenia závitových častí

Kótovanie závitov (obr.4.75).

Na súčiastke so závitom sa vždy kótuje veľký priemer a píčka závit. Písmeno napr. *M*, *Tr*, *S*... udáva druh závit.

Na obr.4.75a je zobrazené kótovanie vonkajšieho metrického závit v pohľade spredu a zhora, na obr.4.75b kótovanie vnútorného metrického závit (na výobnom výkrese súčiastky sa udáva veľkosť závit – *M20* – len v jednom pohľade).



Obr.4.75. Kótovanie závit: a) na vonkajšej ploche, b) na vnútornej ploche

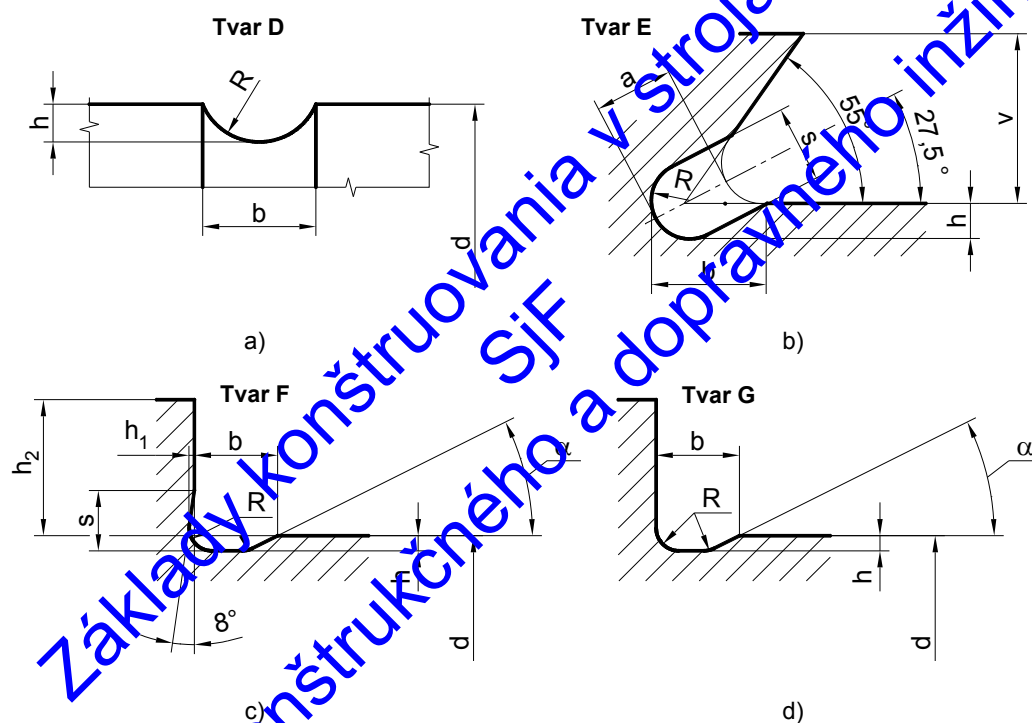
4.3.2 Zápichy

Zápichy sú normalizované konštrukčné prvky tvaru plytkých žliabkov, ktorých tvar a rozmery stanovuje norma *STN 01 4960* (Zápichy.) a ktoré umožňujú:

- presné opracovanie stykových rotačných alebo rovinných plôch,
- správne dosadenie uloženej súčiastky, ak hrana je na protikuse vhodne zrazená alebo zaoblená.

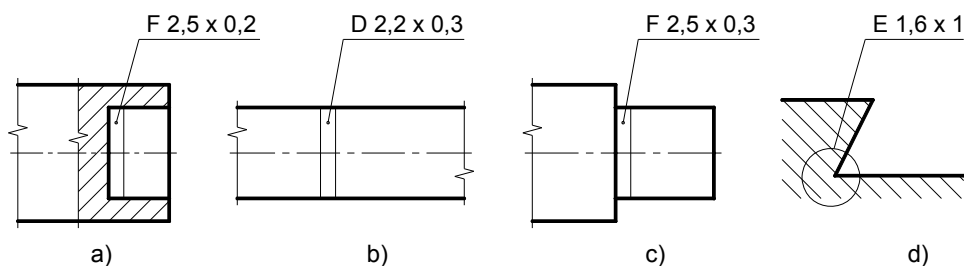
Norma stanovuje vonkajšie a vnútorné tvary nasledujúcich normalizovaných zápichov:

- D – na oddelenie susedných valcových plôch rovnakého menovitého rozmeru, ale s rôznymi medznými odchýlkami, alebo s odlišnou drsnosťou povrchov hriadeľov a dier (*obr.4.76a*),
- E – na oddelenie rovinných plôch, priamočiarych vedení so sklonom plôch 55° (*obr.4.76b*),
- F – na oddelenie susedných valcových a čelných plôch osadených hriadeľov a dier, prípadne priamočiarych vedení s kolmými stenami (*obr.4.76c*),
- G – na valcové plochy osadených hriadeľov a dier (*obr.4.76d*).



Obr.4.76. Zobrazenie normalizovaných zápichov

Na výkrese sa zápichy zobrazujú zjednodušené tenkými plnými čiarami s príslušným označením veľkosti (obr.4.77).



Obr.4.77. Zjednodušené zobrazenie zápichov na výkrese

4.3.3 Strediacie otvory

Strediacie otvory sa používajú na upínanie súčiastok v kužeľových mrotoch pri ich výrobe na sústruhu alebo brúske a pri kontrole ich rozmerov a tvarov.

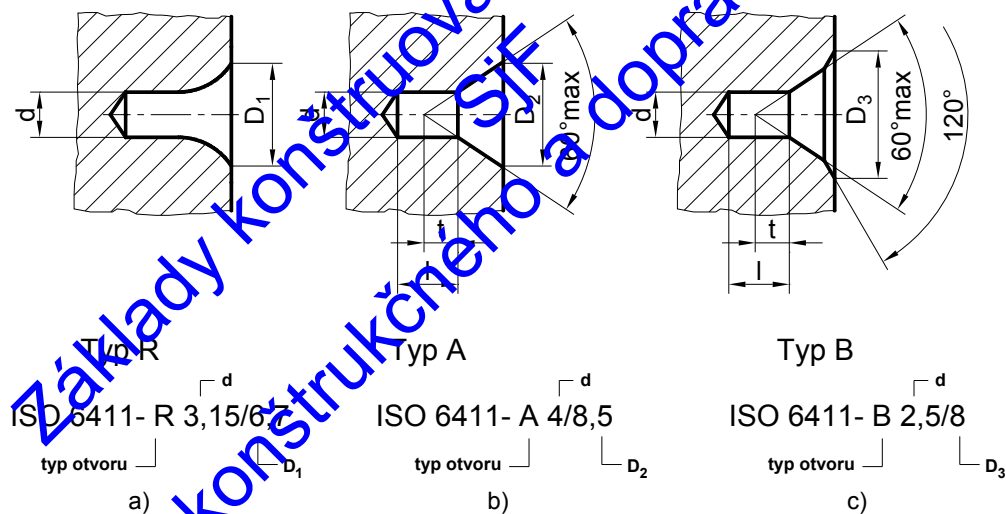
Strediacie otvory sa zhotovujú na čelných plochách súčiastok pomocou normalizovaných strediacich vrtákov podľa STN EN ISO 6411 (Technické výkresy. Zjednodušené zobrazovanie strediacich otvorov.), preto stačí určiť ich na výkrese zjednodušeným normalizovaným označením.

Norma určuje tri typy strediacich otvorov:

R – strediaci otvor so zaobleným tvarom (obr.4.78a),

A – strediaci otvor bez ochranných skosení hrany (obr.4.78b),

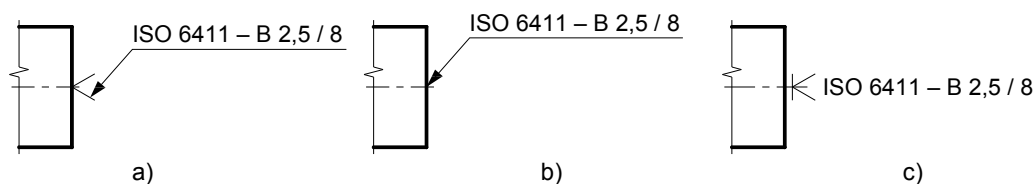
B – strediaci otvor s ochranným skosením hrany (obr.4.78c).



Obr.4.78. Normalizované strediacie otvory

Na výkrese súčiastky sa strediacie otvory predpisujú zjednodušene s dodržaním troch rôznych požiadaviek:

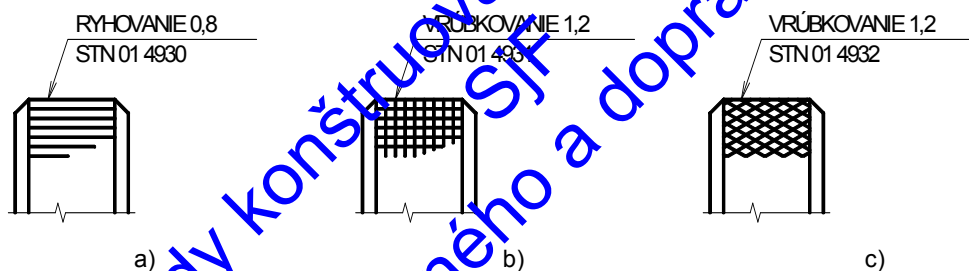
- strediaci otvor musí *zostať* na dokončenej súčiastke (obr.4.79a),
- strediaci otvor môže *zostať* na dokončenej súčiastke (obr.4.79b),
- strediaci otvor nesmie *zostať* na dokončenej súčiastke (obr.4.79c).



Obr.4.79. Predpisovanie strediacich otvorov na výkrese

4.3.4 Ryhovanie a vrúbkovanie

Ryhovanie a vrúbkovanie sú normalizované tvarové úpravy valcového povrchu na zlepšenie ručnej ovládateľnosti niektorých výrobkov. Tvar priameho ryhovania (obr.4.80a), pravouhlého a kosohlého vrúbkovania (obr.4.80b,c) a ich predpísané rozmery sú uvedené v normách STN 01 4930, 31 a 32.



Obr.4.80. Označenie úpravy povrchu ryhovaním a vrúbkovaním

4.3.5 Priechodné otvory pre skrutky, valcové a kužeľové vyhlbenia pre hlavy skrutiek

Strojnícka konštrukčná prax často realizuje tzv. rozoberateľné skrutkové spojenie rôznych súčiastok navzájom aplikáciou rôznych tvarov skrutiek, matic, s potrebnými otvormi pre skrutky a ich hlavy.

Pri konštruovaní priechodných otvorov pre skrutky valcových a kužeľových vyhlbení a osadení pre ich hlavy sa musia rešpektovať normy STN 02 1050, STN 02 1020, 22, 23 a 24.

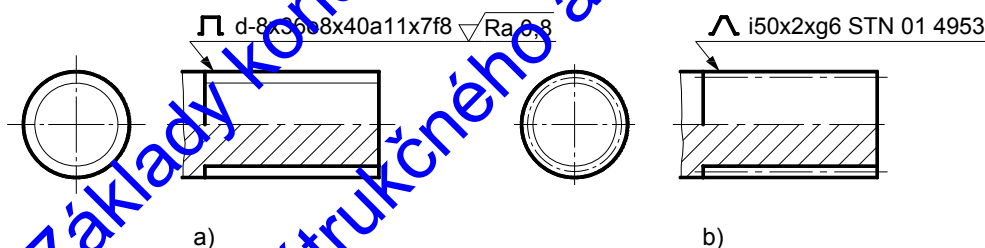
4.3.6 Žliabkové spoje

Žliabkový spoj je spojenie dvoch súčiastok, a to hriadeľa a náboja pomocou žliabkov. Žliabky sú vytvorené na vonkajšom povrchu hriadeľa a v otvore náboja kolesa, páky, prípadne iných súčiastok tak, aby do seba zapadali. Spojenie umožňuje prenos zvlášť veľkých, premenlivých a rázových krútiacich momentov z hriadeľa na náboj a opačne.

Normy STN 01 4942 (Žliabkové spojenia rovnoboké.), STN 01 4950 až 55 (Evolventné žliabkovanie.) a STN 01 4933 (Jemné žliabkovanie.) stanovujú tvar a rozmery rovnobokého, evolventného a jemného (trojuholníkového) žliabkového spojenia. Spôsoby zobrazovania a grafické symboly na zobrazovanie žliabkovania na technických výkresoch súčiastok (hriadeľov a nábojov) určuje norma STN ISO 6415 (Technické výkresy. Zobrazovanie žliabkovania a jemného žliabkovania). Norma určuje podrobné zobrazovanie (úplné skutočné zobrazovanie) alebo zjednodušené zobrazovanie.

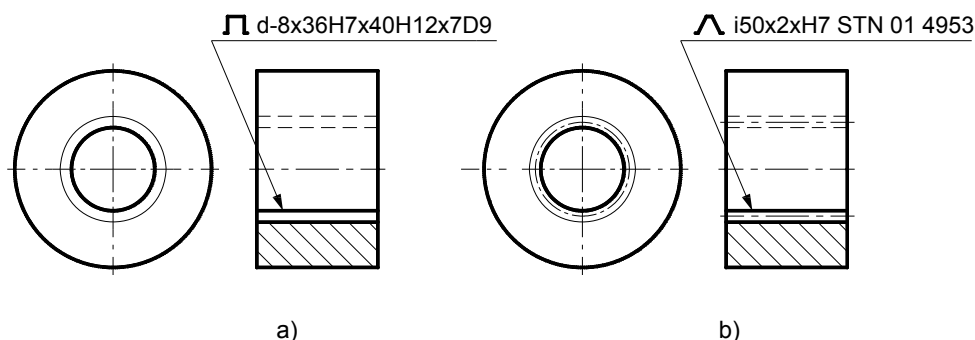
Na technických výkresoch norma uprednostňuje zjednodušené zobrazovanie žliabkovania a žliabkovaných spojení. Zjednodušené zobrazenie žliabkovaných hriadeľov, nábojov a žliabkovaných spojení je znázornené na obr.4.81 a obr.4.82.

Obr.4.81 predstavuje zobrazenie a označenie hriadeľa s rovnobokým (obr.4.75a) a evolventným žliabkovaním (obr.4.81b), obr.4.82 predstavuje zobrazenie a označenie náboja s rovnobokým (obr.4.82a) a evolventným žliabkovaním (obr.4.82b).



Obr.4.81. Zobrazenie a označenie žliabkovaného hriadeľa

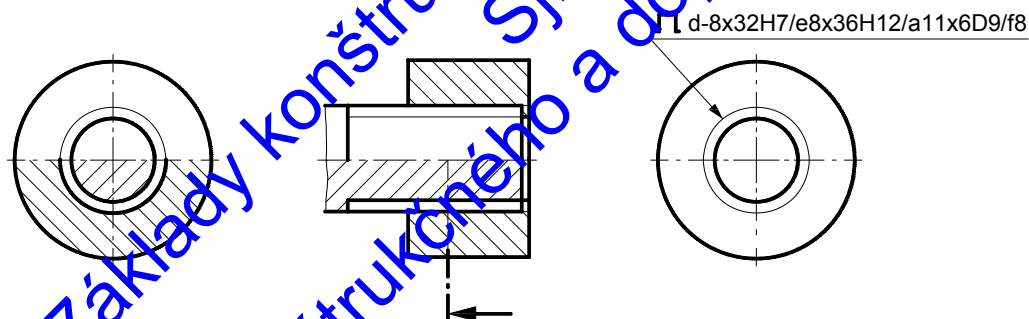
Obr.4.82 predstavuje zobrazenie a označenie náboja s rovnobokým (obr.4.82a) a evolventným žliabkovaním (obr.4.82b).



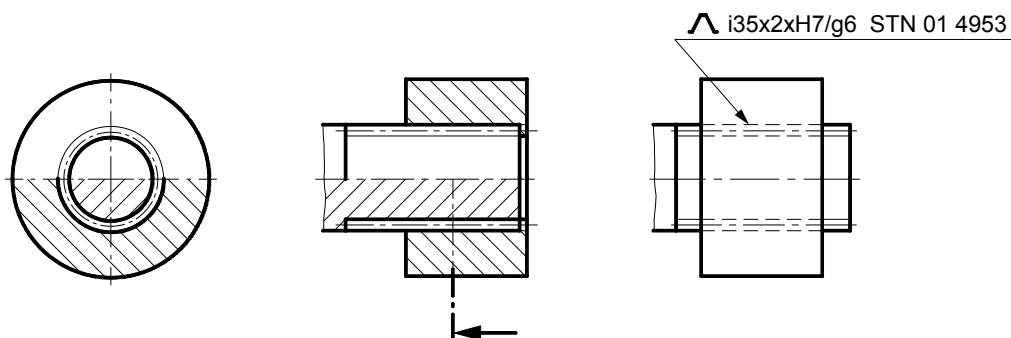
Obr.4.82. Zobrazenie a označenie žliabkovaného náboja

Tvoriaca čiara hlavových plôch a hlavové kružnice zubov hriadeľa (vonkajší priemer), náboja (vnútorný priemer) a čiara zobrazujúca koniec žliabkovania sa kreslia súvislou hrubou čiarou. Tvoriaca čiara pätných plôch a pätné kružnice zubov hriadeľa (vnútorný priemer) a náboja (vonkajší priemer), ako aj výbeh žliabkovania sa v pohľade kreslia súvislou tenkou čiarou; v pozdĺžnom reze sa kreslia súvislou hrubou čiarou. V pozdĺžnych rezoch sa vedie rovina rezu vždy žliabkom medzi zubami. Plochy rezu sa šrafojú podľa obr.4.81 a obr.4.82. Pri zobrazovaní žliabkov s evolventným profilom sa kreslia tvoriace čiary rozstupových plôch a rozstupové kružnice tenkou bodkočiarkovanou čiarou (obr.4.81 a obr.4.82). Pri zobrazovaní v rovine kolmej na os sa zobrazujú kružnice zubov na hriadeli (vonkajší priemer) a v náboji (vnútorný priemer) súvislou hrubou čiarou. Pätné kružnice žliabkov na hriadeli (vnútorný priemer) a v náboji (vonkajší priemer) sa zobrazujú súvislou tenkou čiarou.

Žliabkované spojenie na výkrese zostavy je na obr.4.83 a obr.4.84.

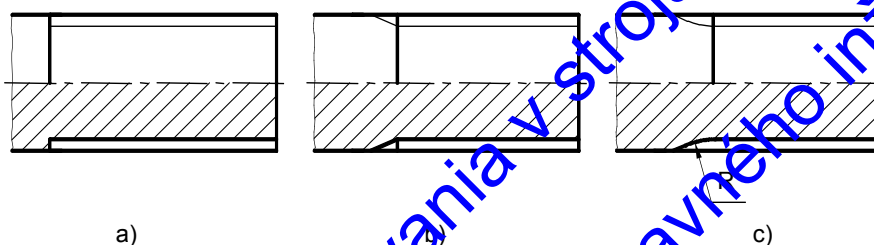


Obr.4.83. Zobrazenie a označenie rovnobokého žliabkovania na výkrese zostavy

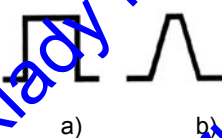


Obr. 4.84. Zobrazenie a označenie evolventného žliabkovania na výkrese zostavy

Výbeh nástroja vytvorený pri výrobe žliabkov na hriadeľi sa spravidla neoznačuje (obr. 4.85a). Ak je nutné v obraze vyznačiť výbeh nástroja, nakreslí sa šikmou čiarou (obr. 4.85b) alebo podľa skutočnosti oblúkom kružnice (obr. 4.85c), ktorého polomer zodpovedá polomeru nástroja.



Obr. 4.85. Zobrazenie výbehu nástroja pri výrobe žliabkov



Obr. 4.86. Značky žliabkovania
a) rovnobokého, b) evolventného a jemného

Profily žliabkovaných hriadeľov a nábojov sú normalizované podľa skôr uvedených noriem. Na označenie jednotlivých žliabkovaní sa používajú grafické symboly (značky) (obr. 4.86). Výška značiek je rovnaká ako výška písma kót.

Označenie žliabkovania sa má vždy uviesť nad zástavku odkazovej čiary vedenej k obrysu žliabkovania (obr.4.81 a obr.4.82) alebo žliabkovaného spoja (obr.4.83 a obr.4.84). Uvedené označenia sú predpísané v normách STN 01 4942, STN 01 4950 až 55, STN 01 4933.

- príklad označenia spojenia hriadeľa s nábojom pomocou rovnobokého žliabkovania s počtom zubov $z=8$, vnútorným priemerom $d=36mm$, vonkajším priemerom $D=40mm$, šírkou zuba $b=7mm$ so stredením žliabkovania na vnútorný priemer d :

$\sqcap$ d – 8 x 36H7/e8 x 40H12/a11 x 7D9/f8 STN 01 4942

- príklad označenia spojenia hriadeľa s nábojom pomocou evolventného žliabkovania s menovitým (základným) priemerom spojenia $D=50mm$, so stredením žliabkovania na priemer D_f a jeho uložením H7/g6, s modulom $m=2mm$:

$\sphericalangle$ 50 x H7/g6 x 2 STN 01 4953

- príklad označenia spojenia hriadeľa s nábojom pomocou jemného žliabkovania veľkosti 44 s hrubými medznými odchýlkami

$\sphericalangle$ 44 STN 01 4933.0

Základy konštruovania v strojárstve
Katedra konštrukčného a dopravného inžinierstva

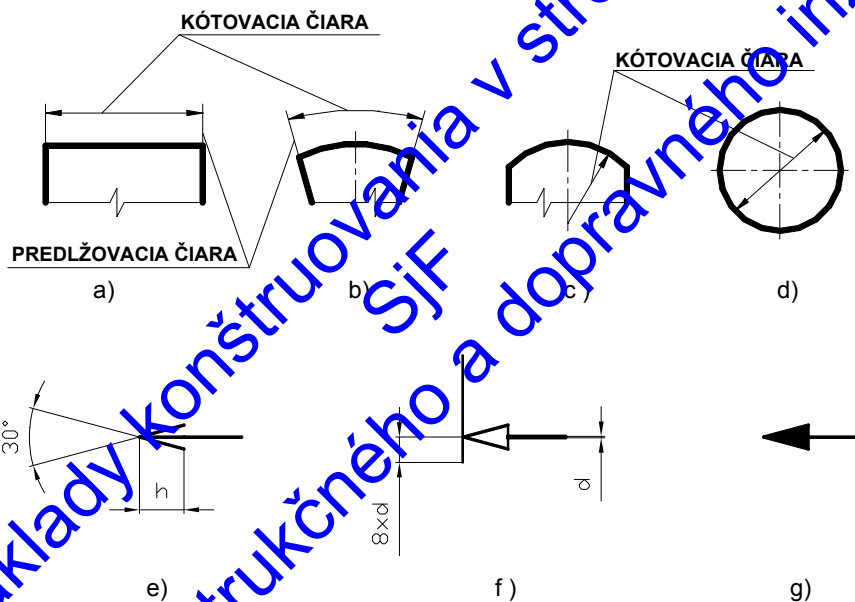
5. KÓTOVANIE

Pre určenie rozmerov a polohy predmetov (konštrukcií) alebo ich častí (prvkov) sú rozhodujúce kóty, t. j., čísla určujúce požadovanú veľkosť rozmerov, poprípade polohu predmetu a jeho prvkov, bez ohľadu na mierku, v ktorej je obraz na výkrese nakreslený.

Všeobecné zásady kótovania, predpisovanie niektorých údajov o tvare a požadovaných vlastnostiach výrobkov s prihliadnutím na technologické postupy v strojárstve stanovujú medzinárodné normy *ISO 129-1* (Technické výkresy. Predpisovanie rozmerov a tolerancií. Časť 1: Všeobecné zásady.), *ISO 129-2* (Technické výkresy. Predpisovanie rozmerov a tolerancií. Časť 2: Strojníctvo.).

5.1 Kreslenie kótovacích, predlžovacích a odkazových čiar

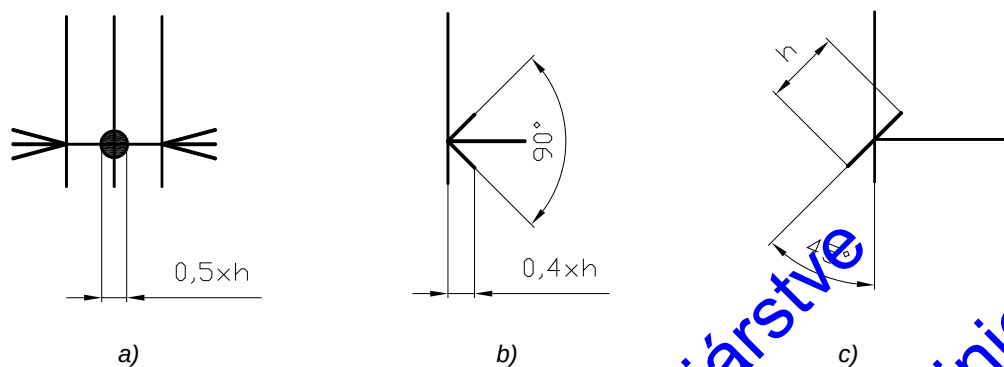
Kótovacie a predlžovacie (pomocné) čiary sa kreslia tenkými plnými čiarami (priamkami alebo oblúkmi) podľa *obr.5.1a, b, c, d*. Kótovacie čiary sa pritom musia ohraničiť šípkami, alebo sa ohraničujú úsečkami. Hraničiace šípky a úsečky sa kreslia tenkou plnou čiarou. Šípka s uhlom rozovretia 30° a dĺžkou h , kde h je výška písma, ktoré bolo použité pri kótovaní) môže byť otvorená (*obr.5.1e*), uzavretá (*obr.5.1f*) alebo uzavretá a vyplnená (*obr.5.1g*).



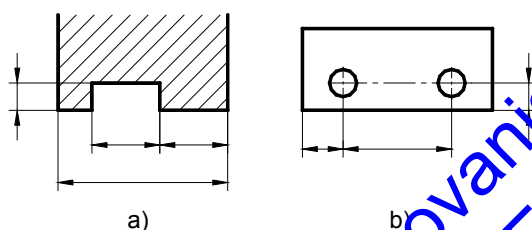
Obr.5.1. Zobrazenie kótovacích, predlžovacích čiar a šípkov

Použitie rôznych typov šípok je rovnocenné, ale v jednom súbore technickej dokumentácie sa má použiť len jeden z uvedených typov šípok. Šípky možno umiestniť aj z vonkajšej strany kótovaného dĺžkového rozmeru len v prípade, ak kóta je príliš krátka na zakreslenie šípok a vpísanie rozmeru.

V prípade potreby môžeme použiť zakončenie otvorenou šípkou s uhlom rozvretia 90° a dĺžkou $0,4h$ (obr.5.2b), alebo šikmou úsečkou s uhlom 45° a dĺžkou h (obr.5.2c), alebo vyplnenou bodkou priemeru $0,5h$ (obr.5.2a). Bodka sa smie použiť len vtedy, keď nie je dost' miesta na šípky. Susediace šípky musia smerovať proti bodke.

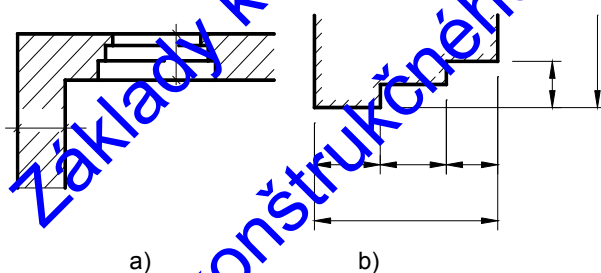


Obr.5.2. Pravidlá pri zobrazovaní zakončení šípky



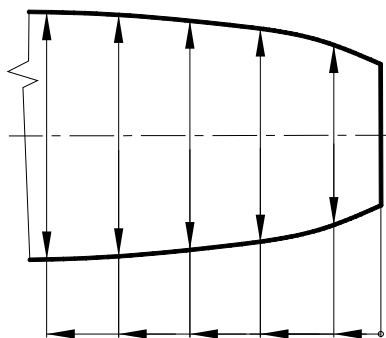
Obr.5.3. Pravidlá pri zobrazovaní kótovacích a pomocných čiar

Kótovacie čiary sa majú ukončiť na pomocnej čiare, pokiaľ ich neréza predĺžka pre zapísanie kóty, resp. pre nakreslenie vonkajších hraničných šípok (obr.5.3a). Kótovacia čiara sa nesmie stotožňovať s obrysou čiarou, s odkazovou čiarou, ale ani s osou, ba nesmie byť ani jej pokračovaním (obr.5.3b).



Obr.5.4. Príklad kótovania predmetov na technických výkresoch v stavebníctve

Pri ohraničení kótovacích čiar úsečkami v priesečníku s obrysou čiarou predmetu musí sa kótovacia čiara predĺžiť za úsečku asi o $2 - 4\text{ mm}$ (obr.5.4a). V stavebníctve je možné medzi obrysou čiarou kótovaného tvarového prvku a predĺžovacou čiarou vynechať medzeru (obr.5.4b).



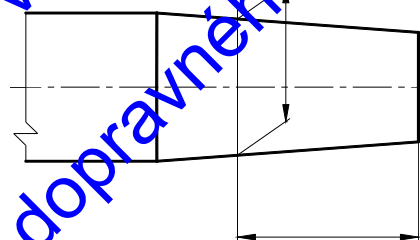
Obr.5.5. Kótovanie krivkových obrysov

Kótovacia čiara sa nesmie stotožňovať s predĺžovacou čiarou, pri kótovaní krivkových obrysov sa však predĺžené kótovacie čiary môžu využiť zároveň ako predĺžovacie čiary (obr.5.5). Kótovacia čiara sa nesmie pretínať s osou a preto musí prechádzať cez os len v miestach, kde je os prerušená.

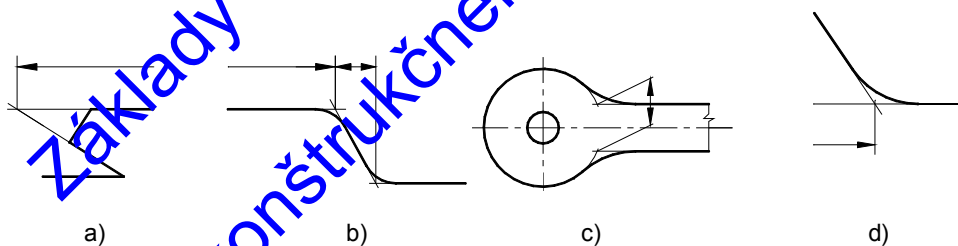
Pri kótovaní priameho dĺžkového rozmeru sa kótovacia čiara kreslí rovnobežne s kótovaným rozmerom. Ak je viac kótovacích čiar nad sebou, umiestňujú sa dlhšie kótovacie čiary ďalej od obrazu a kratšie bližšie k nemu (obr.5.3a). Vzdialenosť medzi rovnobežnými kótovacími čiarami, ako aj vzdialenosť kótovacích od obrysových čiar, od predĺžovacích čiar, od osí atď. musí byť taká, aby sa zabezpečila prehľadnosť a jednoduchosť čítania kót. Od obrysových čiar majú byť kótovacie čiary vzdialené najmenej 7mm, od ostatných čiar (napr. od osí) najmenej 5mm (obr.5.3). Vzájomná vzdialenosť kótovacích čiar sa riadi veľkosťou písma kót, napr. pre veľkosť písma 2,5mm, sa odporúča vzdialenosť 7mm a pre väčšie písmo sa volí primerane väčšia vzdialenosť (7 – 10 mm).

Pri kótovaní priameho dĺžkového rozmeru sa predĺžovacie čiary kreslia kolmo na kótovaný rozmer (pozri obr.5.3). Ak by však bola takto zaznačená kóta nejasná, môžu sa kresliť predĺžovacie čiary šikmé (obvyčajne pod uhlom 60° od kótovacej čiar, ale najväčjom rovnobežné (obr.5.6 a 5.7 c)).

Zaoblené prechody a skosené alebo zaoblené hrany možno kótovať k myslenému priesečníku obrysov susedných plôch (obr. 5.7).

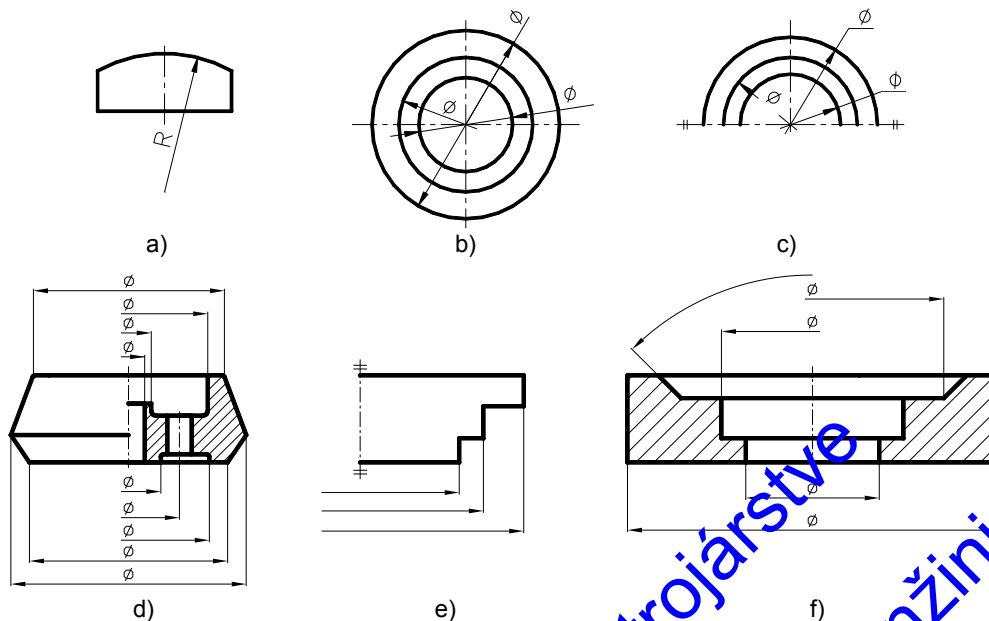


Obr.5.6. Zobrazenie kreslenia šikmých predĺžovacích čiar



Obr.5.7. Kreslenie pomocných čiar pri kótovaní súčiastok so skosenými a zaoblenými hranami

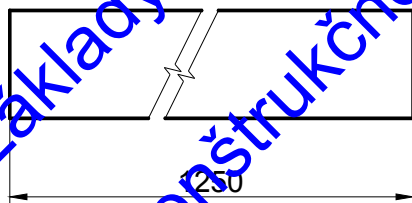
Skrátenú (neúplnú) kótovaciu čiaru s jednou šípkou (alebo úsečkou) je možné kresliť



Obr.5.8. Kótovanie so skrátenou kótovacou čiarou

v týchto prípadoch:

- pri kótovaní polomerov (obr.5.8a),
- pri kótovaní priemerov bez ohľadu na to, či je zobrazená celá kružnica (obr.5.8b) alebo jej časť (obr.5.8c),
- pri kótovaní súmerných a rotačných predmetov (obr.5.8d) zobrazených čiastočne v pohľade a čiastočne v reze,
- pri kótovaní čiastočných (napr. polovičných) súmerných obrazov a rotačných predmetov (obr.5.8e),
- pri kótovaní súmerných alebo rotačných predmetov, ktorých obraz by bol kótovacími a pomocnými čiarami preplnený (obr.5.8f).

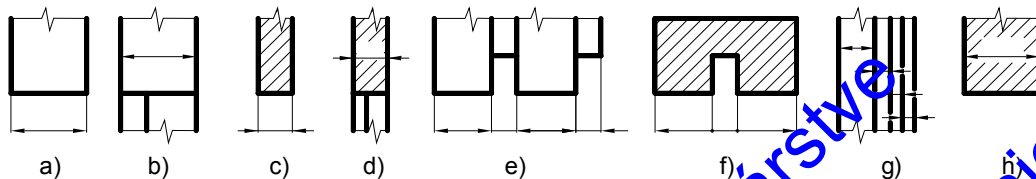


Obr.5.9. Kótovanie prerušených obrazov

Vo všetkých uvedených prípadoch sa skrátené kótovacie čiary preťahujú o 2–10mm za stred alebo za os súmernosti.

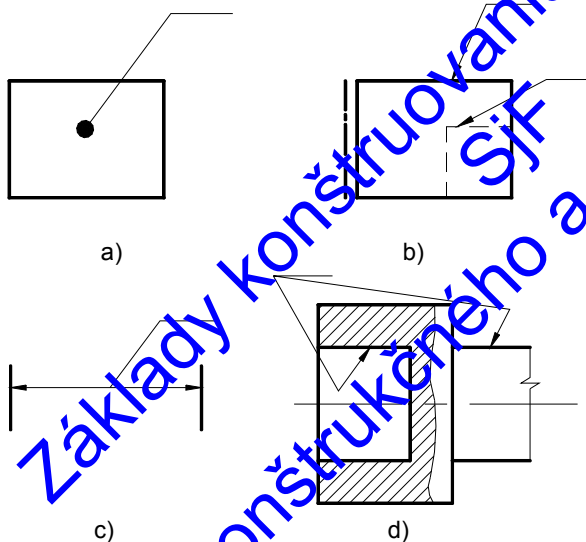
Pri kreslení prerušených obrazov sa kótovacia čiara neprerušuje (obr.5.9).

Šípky sa majú kresliť vo vnútri pomocných alebo obrysových čiar (*obr.5.10a,b*). Ak nie je dost' miesta na ich zakreslenie, ani pre zapísanie kóty, umiestnia sa zvonku pomocných alebo obrysových čiar na kótovacej čiare, ktorá sa za šípkou mierne predĺži (*obr.5.10c,d*). Ak sa striedajú dlhé a krátke rozmery na spoločnej kótovacej čiare, pri kratších kótach netreba kresliť šípky (*obr.5.10e*). Ak nasleduje za sebou v reťazci kót na tej istej kótovacej čiare niekoľko krátkych rozmerov a šípky nemožno nakresliť vo vnútri pomocných čiar, nahradzujú sa dve priľahlé šípky jednou úsečkou, pričom krajné šípky sa kreslia z vonkajšej strany pomocných čiar (*obr.5.10f*). Keď kótovacia čiara prechádza cez obrys predmetu, musí sa reťazec kót rozložiť na niekoľko samostatných kótovacích čiar (*obr.5.10g*). Keďže hraničiacie šípky nemá pretínať žiadna čiara, pri šrafovaných plochách treba kresliť šípky z vonkajšej strany týchto plôch (*obr.5.10h*) alebo v nevyhnutnom prípade prerušiť obrys (*obr.5.10g*).



Obr.5.10. Spôsoby umiestnenia šípok na kótovacích čiarach

Odkazové čiarly sú tenké, plné, lomené priamky, ktoré spájajú kóty alebo slovné údaje s príslušným tvarovým prvkom, súčiastkou, obrysou alebo kótovacou čiarou.



Obr.5.11. Spôsob kreslenia a ukončenia odkazových čiar

Odkazové čiara vedená:

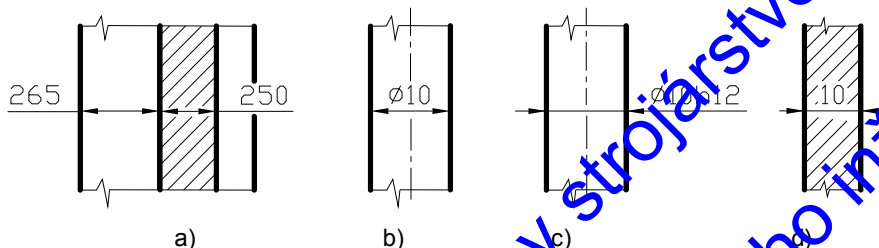
- do zobrazenej plochy sa ukončí bodkou (*obr.5.11a*),
- k viditeľnej alebo k neviditeľnej obrysovej hrane, alebo k čiare označujúcej povrch sa ukončí šípkou (*obr.5.11 b,d*),
- k inej čiare sa nesmie ukončiť šípkou ani bodkou (*obr.5.11 c*).

Odkazové čiarly sa nesmú navzájom pretínať a nesmú byť rovnobežné so šrafovacími čiarami. Pokiaľ je to možné nemajú pretínať kótovacie čiarly ani zobrazené prvky, ku ktorým sa nevzťahuje popis na odkazovej čiare.

5.2. Zapisovanie kót

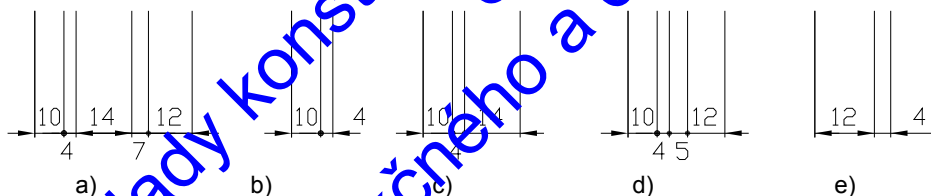
Dížkové rozmery sa na strojných výkresoch kótujú v milimetroch. Rozmerové jednotky – mm sa na výkrese neuvádzajú. Rovinné uhly sa kótujú v stupňoch, minútach a sekundách, príslušné značky sa ku kótam vždy pripisujú. Ak je uhol menší ako jeden stupeň, píše sa pred údaj označujúci minúty vždy 0° , napr. $0^\circ 25'$. Desatinným číslom sa môžu vyjadriť iba zlomky sekúnd napr. $0^\circ 25' 15,5''$.

So zreteľom na reprografické spracovanie výkresov sa kóty píšu veľkosťou písma 3,5 a 5mm kolmým písmom. Na celom výkrese musí byť použitá pri kótovaní rovnaká výška písma. Kóty sa umiestňujú nad neprerušovanú kótovaciu čiaru rovnobežne s ňou a blízko stredy kótovacej čiary alebo aj nad odkazovú čiaru mimo obrazu. Kóty sa umiestňujú tak, aby sa čítali pri pohľade od dolného okraja výkresu alebo pravého okraja výkresu. Kóty musia byť čitateľné, preto sa nesmú písať cez akúkoľvek čiaru v obraze ani tak, aby čiara (napr. os) kótu rozdeľovala. Ak nie je možné umiestniť kótu mimo obrazu, musia sa pre jej umiestnenie príslušné čiaru prerušiť podľa obr.5.12.



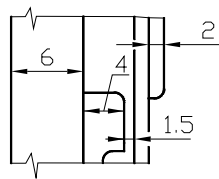
Obr.5.12. Spôsoby umiestnenia kót na kótovacích čiarach

V reťazci krátkych kót je možné kóty umiestniť pod kótovaciu čiaru (obr.5.13 a,c,d), poprípade vpravo alebo vľavo od kótovaného rozmeru (obr.5.13b,e). Na oddelenie kót môžeme použiť namiesto šípky aj bodku.

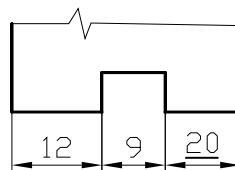


Obr.5.13. Umiestnenie kót pri veľmi krátkych kótovacích čiarach

V prípade potreby môžeme kótu umiestniť na odkazovú čiaru (obr.5.14). Kótovacia šípka ani text kóty sa však nikdy nesmie pretínať s obrysou čiarou a preto ju musíme prerušiť.



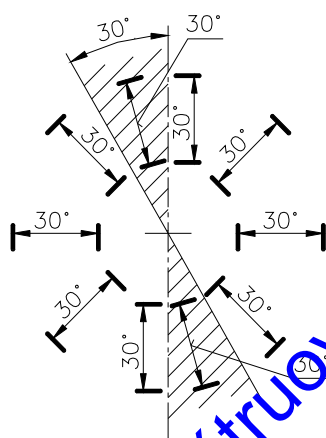
Obr.5.14. Zápis kóty na odkazovej čiare



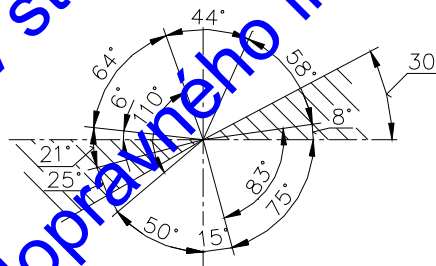
Obr.5.15. Zápis kót, ktorých hodnota nezodpovedá zobrazeniu prvku mierke

Kóta, ktorá v obraze nezodpovedá nakreslenému rozmeru v príslušnej mierke, musí sa podčiarknuť (obr.5.15). Nepodčiarkujú sa však kóty pri prerušovaných obrazoch, ako je to napr. na obr.5.9.

Kóty na šikmých kótovacích čiarach sa umiestňujú podľa obr.5.16 a kóty uhlov podľa obr.5.17.



Obr.5.16. Zápis kót na šikmých kótovacích čiarach



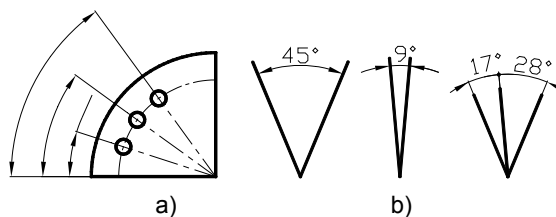
Obr.5.17. Zápis kót uhlov

Kóty sa musia umiestniť tak, aby ich nepretínali a nerozdeľovali žiadne čiary na výkrese. Musia sa urobiť dostatočne veľkým písmenom, aby sa zabezpečila jednoznačná a ľahká čitateľnosť údajov, tak na originálnych výkresoch ako aj na vytvorených kópiách. Odporúča sa používať vertikálne písmo typu B podľa STN ISO 3098-1.

Kóty sa musia umiestniť rovnobežne s ich kótovacími čiarami, blízko stredu kótovacej čiary, prehľadne nad ňou s medzerou rovnou dvojnásobku hrúbky čiary písma. Kóty sa musia zapisovať tak, aby sa mohli čítať zdola alebo z pravej strany výkresu. Zapisovanie kót nad šikmými kótovacími čiarami a nad oblúkmi vidieť podrobne na obr.5.16 a obr.5.17.

5.3 Kótovanie tvarových prvkov strojníckych súčiastok

5.3.1 Kótovanie uhlov



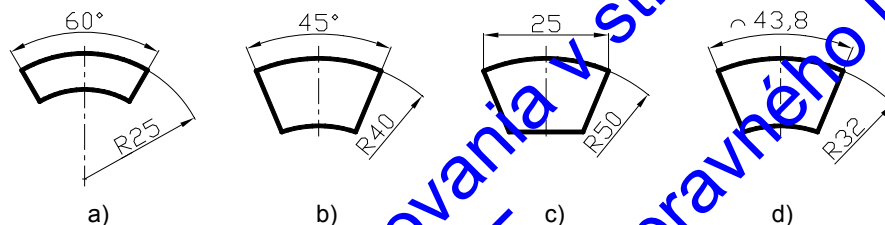
Obr.5.18. Kótovanie uhlov

Pri kótovaní uhlov sa kótovacie čiary kreslia ako kruhové oblúky (obr.5.18) so stredom vo vrchole uhla. Ohraničujú sa vždy šípkami, poprípade úsečkou. Predlžovacie čiary sa kreslia tenkou plnou čiarou ako priamky smerujúce do vrcholu príslušného uhla.

5.3.2 Kótovanie oblúkov

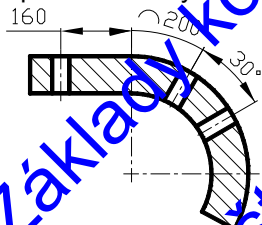
Kruhové oblúky sa kótujú okrem určenia polomeru a pripísania písmena R , jedným z týchto spôsobov:

- kótou stredového uhla (obr.5.19a,b),
- dĺžkovou kótou tetivy (obr.5.19c),
- dĺžkovou kótou oblúka na danom polomere, pričom sa pre rozmer dĺžky kreslí oblúčik veľkosti aspoň 3,5mm (obr.5.19d).

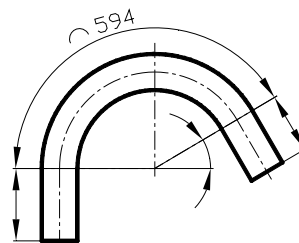


Obr.5.19. Kótovanie oblúkov

Pri kótovaní oblúku so stredovým uhlom do 90° kreslia sa pomocné čiary rovnobežne s osou stredového uhla (obr.5.20). U oblúku so stredovým uhlom väčším ako 90° sa kreslia pomocné čiary zo stredu oblúka (obr.5.21).



Obr.5.20. Kótovanie oblúkov so stredovým uhlom do 90°



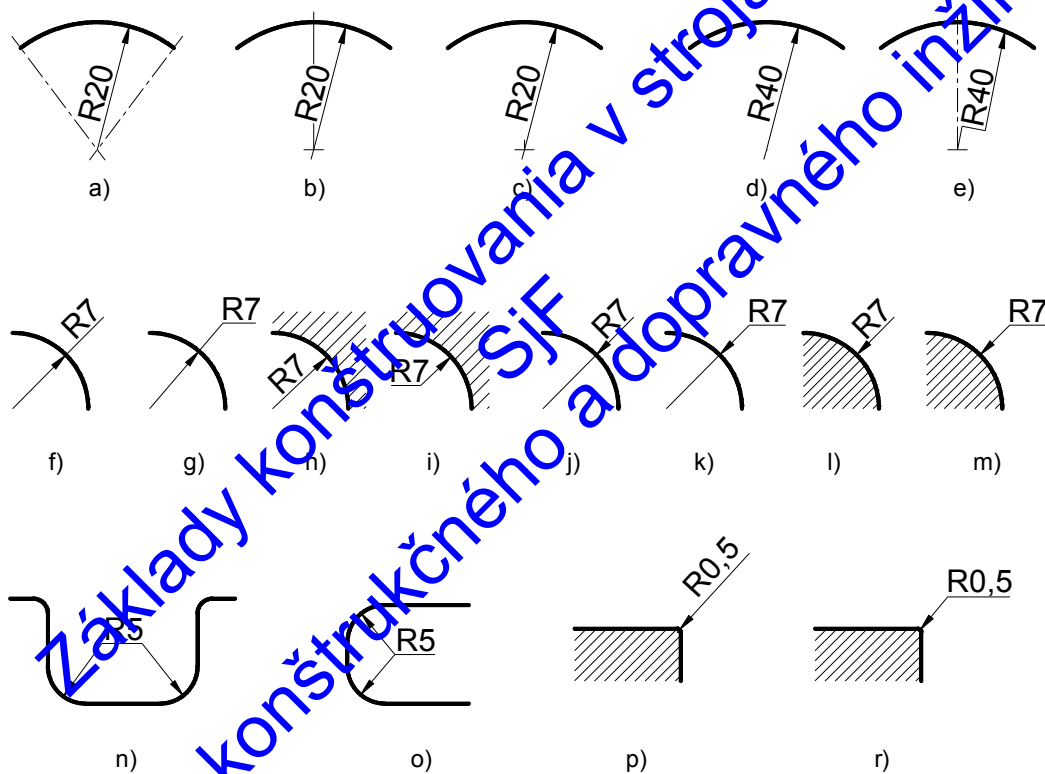
Obr.5.21. Kótovanie oblúkov so stredovým uhlom nad 90°

5.3.3 Kótovanie polomerov

Kótovacie čiary pre kótovanie polomerov sa vedú zo stredu oblúka alebo v smere, kde leží stred oblúka, pričom sa ohraničia jednou šípkou pri oblúku a pred číselnú hodnotu polomeru sa píše písmeno R .

Kótovacia čiara pre kótovanie polomeru sa vedie:

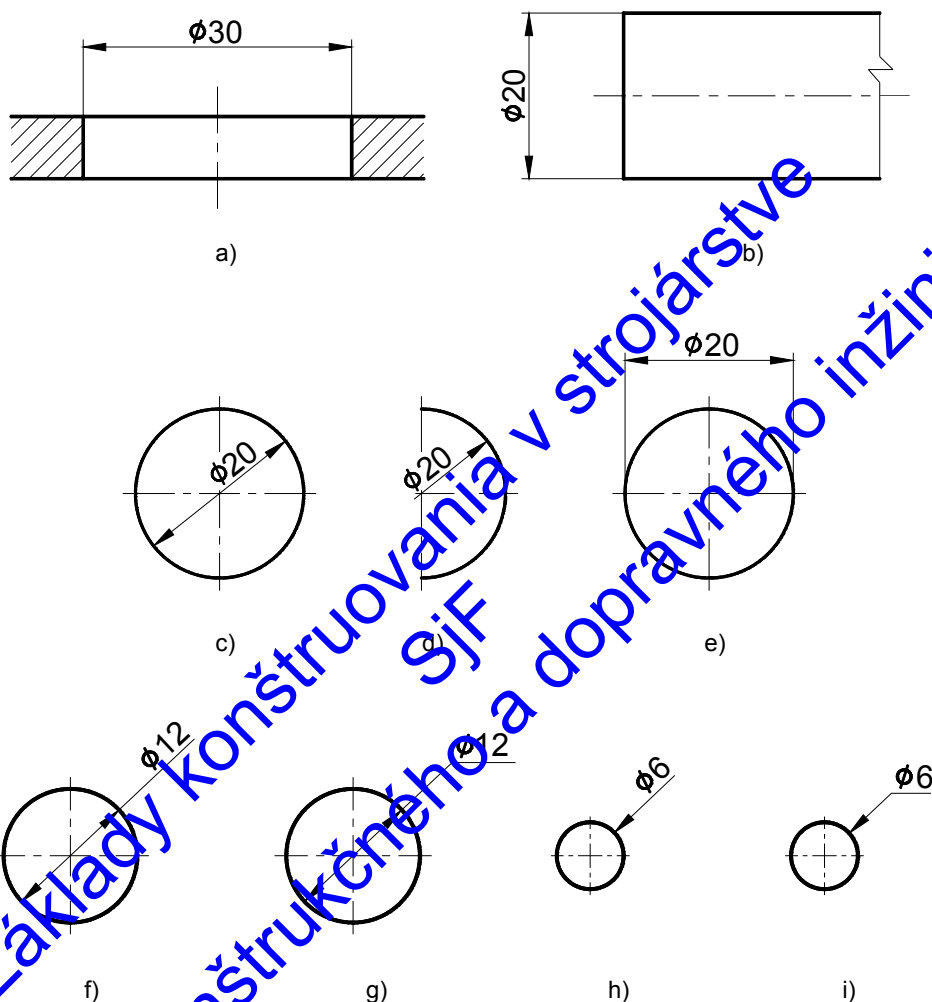
- z vyznačeného stredu oblúka (obr.5.22a,b,c),
- smerom ku stredu oblúka, ktorý nie je vyznačený, lebo leží mimo obraz (obr. 5.22d),
- ako dvakrát lomená čiara, ktorej krajné časti (úsečky) sú vzájomne rovnobežné; tá z nich, ktorá končí hraničiacou šípkou na oblúku, musí smerovať do jeho skutočného stredu, druhá vychádza z náhradného (posunutého) stredu ležiaceho väčšinou na osi (obr.5.22e),
- u malých polomerov (obyčajne menších ako 7mm na výkrese) od neoznačeného stredu oblúka a kótovacia čiara sa ohraničí šípkou vo vnútri oblúka (obr.5.22 f až i) alebo zvonku oblúka (obr.5.22 j až m); kóta sa môže písať aj na predĺženú kótovaciu čiaru (obr.5.22 f, j, l) alebo na odkazovú čiaru, pripojenú na koniec kótovacej čiar (obr.5.22g, i, k, m), resp. na spoločnú odkazovú čiaru (obr.5.22n,o),
- pri celkom malých polomeroch, ktoré nie sú zobrazené, vedie sa kótovacia čiara podľa obr.5.22 p, r.



Obr.5.22. Kótovanie polomerov

5.3.4 Kótovanie priemerov

Spôsoby kótovania priemerov sú naznačené na *obr.5.23*; pred číselnou hodnotou kóty sa musí písať značka $\varnothing$. Malé priemery (obvyčajne menšie než 12mm na výkrese) je možné kótovať aj kótami písanými na predĺženú kótovaciu čiaru (*obr.5.23f*), resp. na odkazovú čiaru (*obr.5.23g*). Priemery menšie než 7mm na výkrese je možné kótovať aj skrátenou kótovacou čiarou len s jednou šípkou (*obr.5.23h,i*).

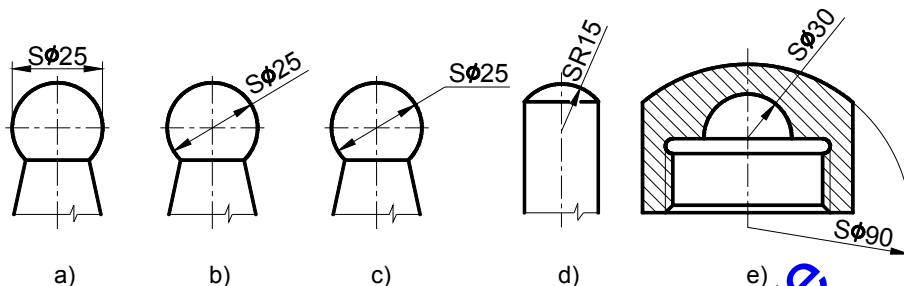


Obr.5.23. Kótovanie priemerov

5.3.5 Kótovanie guľových plôch

Guľové plochy sa kótujú podľa zhodných zásad ako platia pre polomery a priemery kružníc. Pred značku určujúcu priemer $\varnothing$ alebo polomer R sa však musí uviesť písmeno S (sphere – guľová plocha).

Rôzne spôsoby kótovania guľovej plochy sú znázornené na obr.5.22.

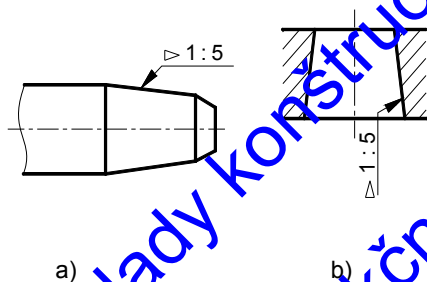


Obr.5.24. Kótovanie guľových plôch

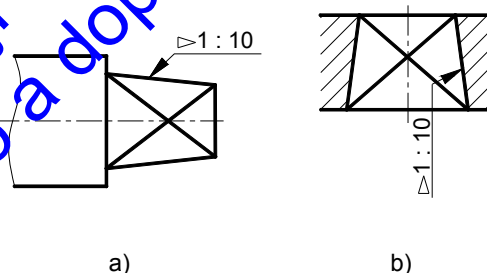
5.3.6 Kótovanie kužeľovitosti a ihlanovitosti

Kužeľovitost' kužeľovej plochy a ihlanovitost' bočných plôch pravidelného štvorbokého ihlanu (vzťahy v zátvorke) sa udáva pomerom $D-d/L$ ($S-s/L$) prepočítaným na pomer $1:X$ (napr. 1:5), kde $X=L/D-d$, ($X=L/S-s$) (obr.5.25a e).

Pred pomer udávajúci hodnotu kužeľovitosti alebo ihlanovitosti sa uvedie značka podľa obr.5.25 a 5.26, ktorej vrchol smeruje k vrcholu kužeľa (ihlanu). Tieto údaje sa umiestnia vždy rovnobežne s osou kužeľa na odkazovú čiaru, pri ihlane nad odkazovú čiaru.

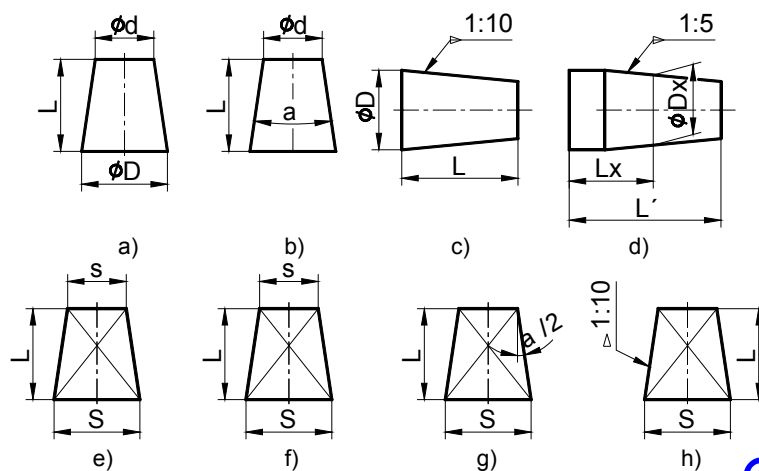


Obr.5.25. Kótovanie kužeľa



Obr.5.26. Kótovanie ihlanu

Ďalšie možné spôsoby kótovania kužeľových a ihlanových plôch sú znázornené na obr.5.27.

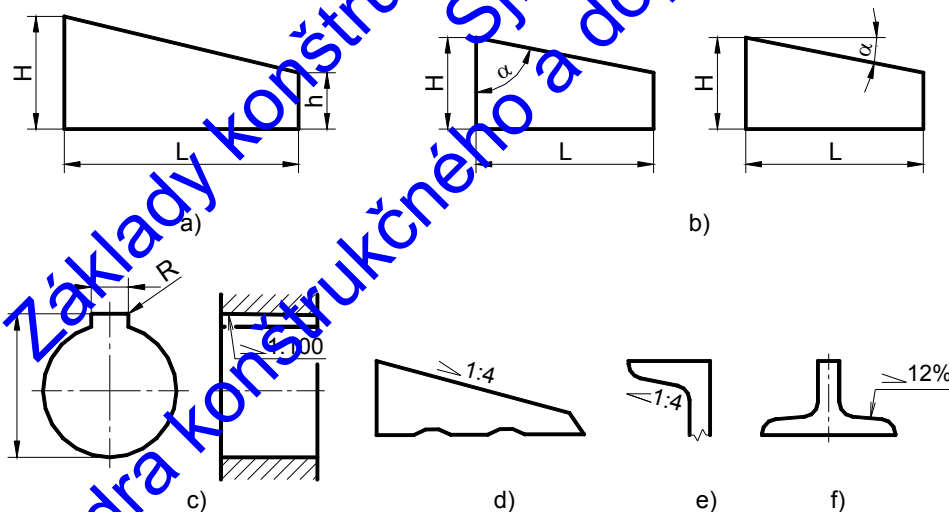


Obr.5.27. Spôsoby kótovania kužeľov a ihlanov

5.3.7 Kótovanie sklonu (úkosu)

Sklony (úkos) rovinných plôch sa kótujú:

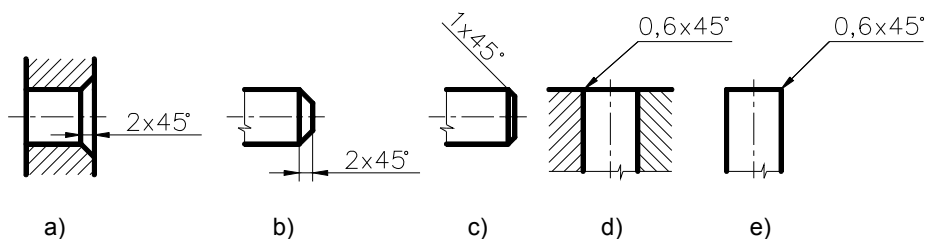
- zakótovaním všetkých rozmerov – H , h , L (obr.5.28a),
- kótovaním uhla sklonu šikmej plochy v stupňoch (resp. aj minútach a sekundách) podľa obr.5.28b,
- určením sklonu napr. 1:5, kde sklon rovinnnej plochy sa určuje pomerom $(H-h)/L$ prepočítaný na pomer 1:X, pričom $X = L/(H-h)$ (obr.5.28a). Pred číselný údaj hodnoty sklonu sa uvádza značka podľa obr.5.28c,d,e,f, ktorá hrot smeruje k priesečníku sklonenej plochy s uvažovanou základnou rovinou.



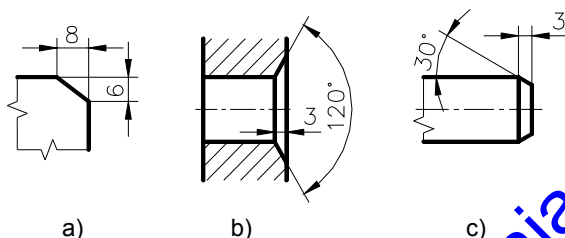
Obr.5.28. Kótovanie sklonu

5.3.8 Kótovanie zrazených hrán

Hrany zrazené pod uhlom 45° sa kótujú ako súčin výšky zrazenia a uhla 45° (napr. $2 \times 45^\circ$); tieto údaje sa zapisujú buď na kótovaciu čiaru (obr.5.29a,b) alebo na pomocnú čiaru (obr.5.29c). Malé zrazenia netreba zobrazovať, ale stačí ich vyznačiť kótovaním na odkazovej čiare (obr.5.29d,e).



Obr.5.29. Kótovanie zrazených hrán pod 45° uhlom



Obr.5.30. Kótovanie zrazených hrán pod uhlom iným ako 45°

Hrany zrazené pod uhlom iným ako 45° sa kótujú buď dvoma dĺžkovými rozmermi (obr.5.30a), alebo jedným dĺžkovým a jedným uhlovým rozmerom (obr.5.30b,c).

Ak nie je na strojníckom výkrese predpísané zrazenie alebo zaoblenie hrany, a pritom ani nie je predpísané, že hrana má byť ostrá, vyhotoví sa odľíšená hrana, resp. zrazí sa na $0,4 \times 45^\circ$ alebo sa zaoblí maximálne na polomer $0,4\text{mm}$.

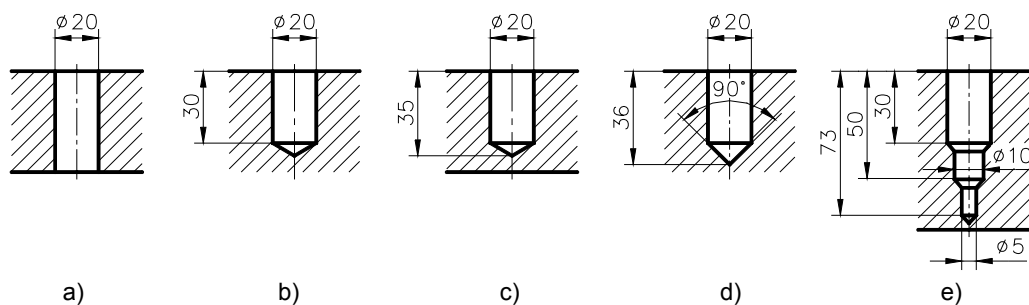
5.3.9 Kótovanie dier

Valcové prechádzajúce diery, čiže prevŕtané cez celú hrúbku materiálu, sa kótujú ich priemerom (obr.5.31a).

Pri neprechádzajúcich alebo slepých, prípadne viacstupňových dierach, sa kótuje:

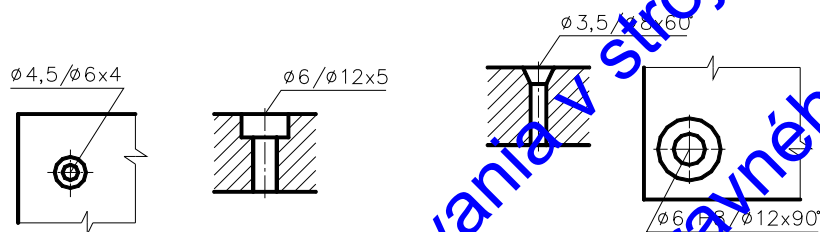
- priemer a hĺbka valcovej časti (obr.5.31b),
- priemer a hĺbka valcovej časti až k vrcholu kužeľa vtedy, ak sa musí zachovať určitá hrúbka steny od vrcholu kužeľa (obr.5.31c),
- zvlášť predpísať (5.31d).

Spomínané zásady sa uplatňujú aj pri kótovaní osadených – viacstupňových dier, ktoré sa postupne vŕtajú (obr.5.31e).



Obr.5.31. Kótovanie dier

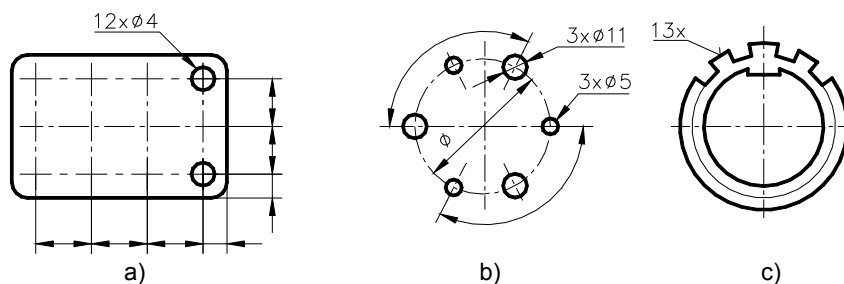
Diery malých priemerov, diery na zostavách kreslených v zmenšení alebo diery na zložitých výkresoch sa kótujú pre jednoduchosť a prehľadnosť jednodušie podľa STN 01 3133. Kóty sa zapisujú na zástavkách odkazových čiar vedených od osí dier (obr.5.32).



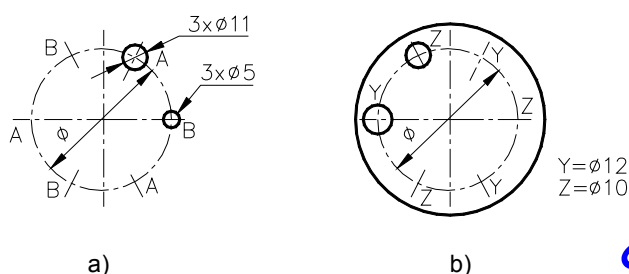
Obr.5.32. Zjednodušené kótovanie dier

5.3.10 Kótovanie opakujúcich sa prvkov

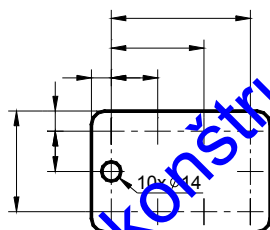
Rozmery opakujúcich sa rovnakých prvkov (dier, zubov a pod.) na súčiastke je možné kótovať len raz, musí sa však kótovať ich poloha. Keď nie sú zobrazené všetky otvory a ich počet je väčší ako tri, treba uviesť ich počet formou súčinu s priemerom otvorov na odkazovej čiare (obr.5.33).



Obr.5.33. Kótovanie opakujúcich sa prvkov



Obr.5.34. Kótovanie prvkov rovnakých skupín



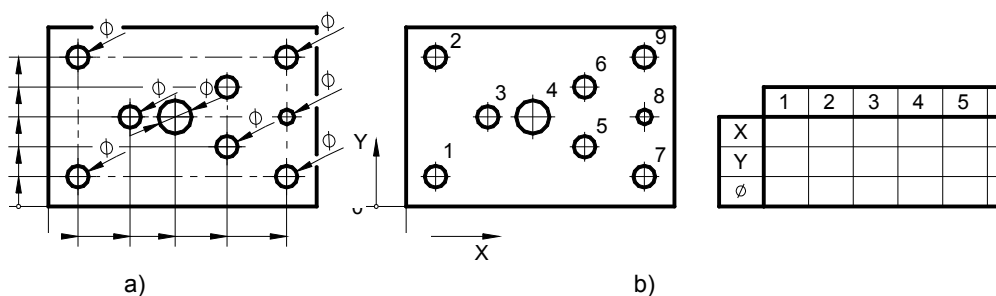
Obr.5.35. Rovnobežné kótovanie opakujúcich sa prvkov

potreby je možné prvky označiť písmenami alebo číslami a v tabuľke uviesť ich polohu pravouhlými súradnicami a tiež ich rozmery (obr.5.36b).

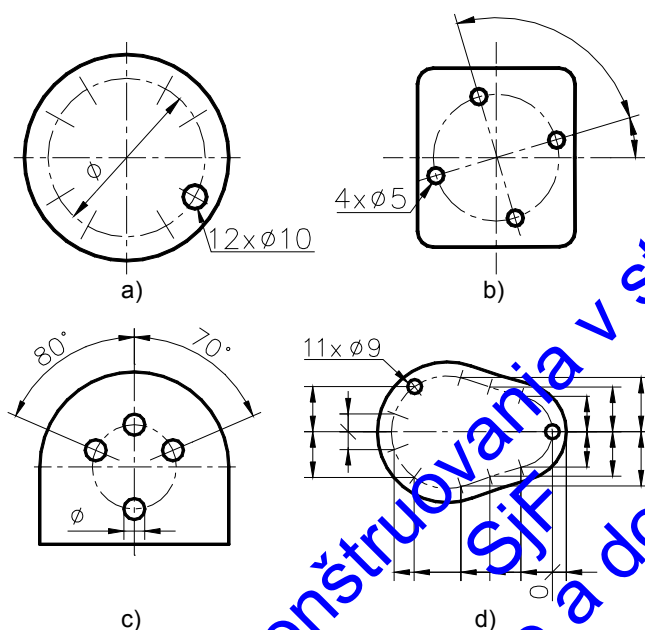
Ak sa na zobrazení súčiastky vyskytujú dve alebo viac skupín podobných prvkov (napr. dier) s rôznymi rozmermi, možno prvky rovnakých rozmerov označiť rovnakými písmenami alebo číslami. Kótuje sa len jeden prvok z každej skupiny na odkazovej čiare (obr.5.34a) alebo sa rozmery uvedú v legende (obr.5.34b).

Polohy opakujúcich sa rovnakých prvkov rozložených pravidelne na rozstupovej priamke sa kótuju reťazcovým spôsobom (obr.5.33a) alebo spôsobom rovnobežného kótovania na (obr.5.35).

Poloha nepravidelne rozložených prvkov (dier a pod.) sa kótuje pravouhlými súradnicami ich stredov od zvolených základní, pričom sa už základňa neoznačí číslom 0 len malou kružnicou (obr.5.36a). V prípade



Obr.5.36. Súradnicové kótovanie nepravidelne rozložených prvkov



Obr.5.37. Kótovanie pravidelne a nepravidelne rozložených prvkov na rozstupovej kružnici

Opakujúce sa rovnaké otvory alebo iné prvky, pravidelne rozložené po kružnici, sa kótuju priemerom rozstupovej kružnice, ale s prídavkom a veľkosťou prvkov (obr.5.37a). Uhlové rozstupy sa pritom nekótuju, ale možno ich pripísať na odkazovú čiaru, napr. $12 \times \varnothing 10 - 30^\circ$. Ak je sústava prvkov s pravidelnými uhlovými rozstupmi pootočená proti osiam súmernosti zobrazeného predmetu, kótuje sa sústava rozstupov vo vzťahu ku vhodnej základni, napr. k osi alebo k obrysovej čiare (obr.5.37b).

Pri nepravidelne rozložených prvkoch na rozstupovej kružnici, kótuje sa priemer rozstupovej kružnice a uhlové rozstupy príslušných prvkov (obr.5.37c).

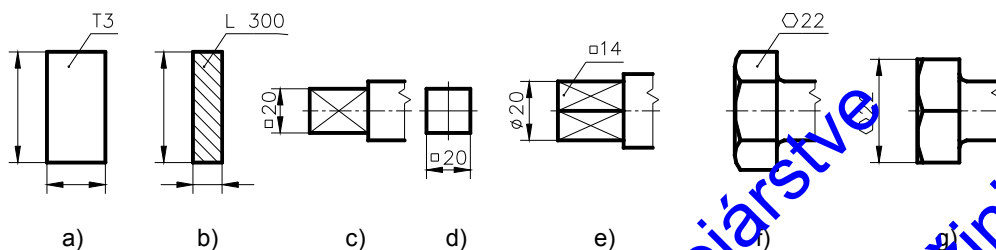
Podľa potreby (napr. z výrobných dôvodov) je možné polohu prvkov na rozstupovej kružnici (rozstupovej čiare) kótovať pravouhlými súradnicami ich stredov od určitej spoločnej základne (obr.5.37d).

5.3.11 Zjednodušené kótovanie hranolov, štvorhranov a šesťhranov

Nezobrazené rozmery súčiastok nakreslených len v jednom obraze môžeme kótovať na odkazovej čiare pomocou písmena *T* (označenie hrúbky) alebo písmena *L* (označenie dĺžky), ktoré sa píše pred číselným údajom (*obr.5.38a,b*).

Štvorhrany alebo štvorhranné otvory zobrazené v čelnej polohe sa kótujú na kótovacej čiare za grafickým označením štvorhranu (*obr.5.38 c, d*) alebo v rohovej polohe (bočné plochy sú k priemetni sklonené pod uhlom 45°) na odkazovej čiare (*obr.5.38e*).

Pri šesťhrane zobrazenom v čelnej polohe sa kótuje vzdialenosť rovnobežných plôch (tzv. otvor kľúča) na odkazovej čiare za grafickým označením šesťhranu (*obr.5.38f*). Šesťhran sa kótuje podľa *obr. 5.38g*.



Obr.5.38. Zjednodušené kótovanie geometrických útvarov

5.4 Sústavy kót

Pri kótovaní vzájomnej polohy dvoch alebo niekoľkých dĺžkových rozmerov toho istého smeru a pri kótovaní uhlov, ktoré majú spoločný vrchol sa používa :

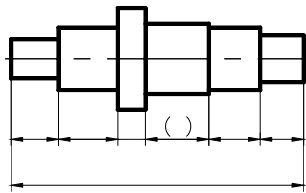
- reťazové kótovanie,
- kótovanie od spoločných základní,
- kombinované (zmiešané) kótovanie.

5.4.1 Reťazové kótovanie



Obr.5.39. Reťazové kótovanie dĺžkových rozmerov

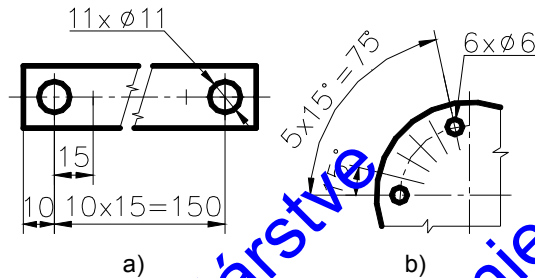
Reťazové kótovanie sa vyznačuje tým, že jednotlivé, bezprostredne za sebou nasledujúce rozmery sa kótujú na spoločnej čiare a tvoria tak reťazce kót (*obr.5.39*). Daný spôsob kótovania sa môže používať vtedy, keď súčet medzných odchýlok jednotlivých rozmerov nemôže ovplyvniť funkciu výrobku.



Obr.5.40. Reťazcové kótovanie s kótou celkového rozmeru

z reťazca kót vynechať, alebo zapísať ako informatívna hodnota do zátvorky. Ako informatívna sa chápe preto, lebo na informatívne rozmery sa nevzťahujú žiadane medzné odchýlky.

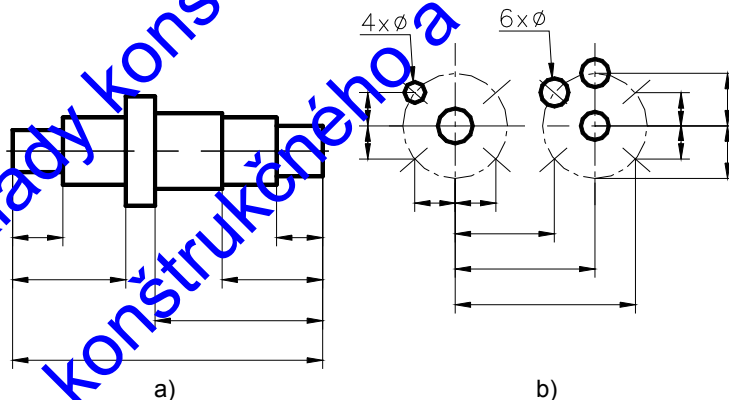
Väčší počet rovnakých rozmerov, napr. rozstupov rovnomerne rozložených po priamke alebo oblúku, možno kótovať súčinom (obr.5.41).



Obr.5.41. Kótovanie s väčším počtom rovnakých rozmerov

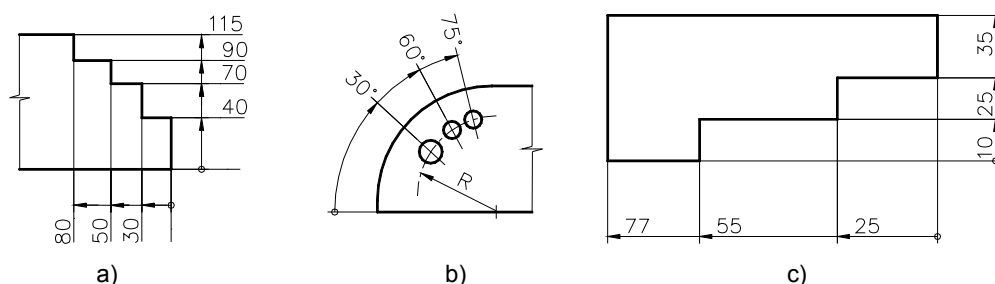
5.4.2 Kótovanie od spoločnej základne

Kótovanie od spoločnej základne sa používa na určenie dĺžkových a uhlových rozmerov, keď kótovacie čiary vychádzajú od tej istej, obrysovej resp. pomocnej čiary alebo osi (obr.5.42). Tento spôsob sa používa vtedy, ak je to účelné z funkčného alebo technologického hľadiska, pretože zvolená základňa (opracovaná plocha, os súmernosti, stred určitej plochy a pod.) sa stane východiskom výrobného postupu a kontrolného merania. Medzné odchýlky kótovaných rozmerov sa stanovujú tak, aby bola zabezpečená požadovaná funkcia súčiastok.



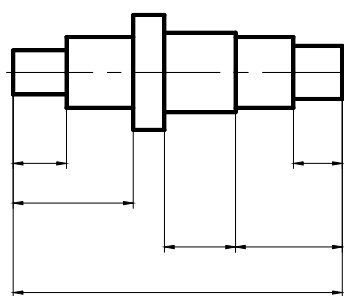
Obr.5.42. Kótovanie dĺžkových rozmerov od spoločných základní

Pri nadstavenom priebežnom kótovaní od základne sa východiskový bod (začiatok) označí v mieste dotyku kótovacej s predĺžovacou čiarou kružnicou (číslo 0 sa už nepíše). Číselné hodnoty kót sa môžu umiestniť pri šípke v smere predĺžovacej čiary obrysu alebo hrany (obr. 5.43 a, b), alebo pri šípke nad kótovaciu čiaru (obr. 5.43c).



Obr.5.43. Kótovanie základne nadstaveným priebežným kótovaním

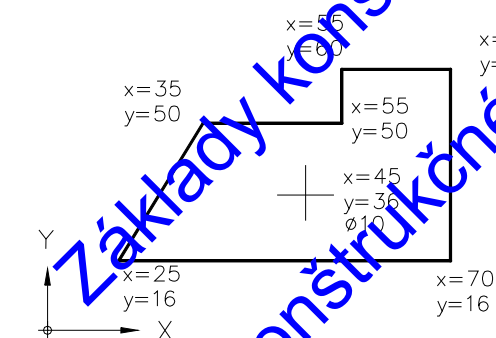
5.4.3 Kombinované (zmiešané) kótovanie



Obr.5.44. Kombinované kótovanie

Zmiešané kótovanie, ktoré je kombináciou kótovania reťazcového a kótovania od základne, sa používa vtedy, ak je to účelné z hľadiska funkčného alebo technologického (obr. 5.44).

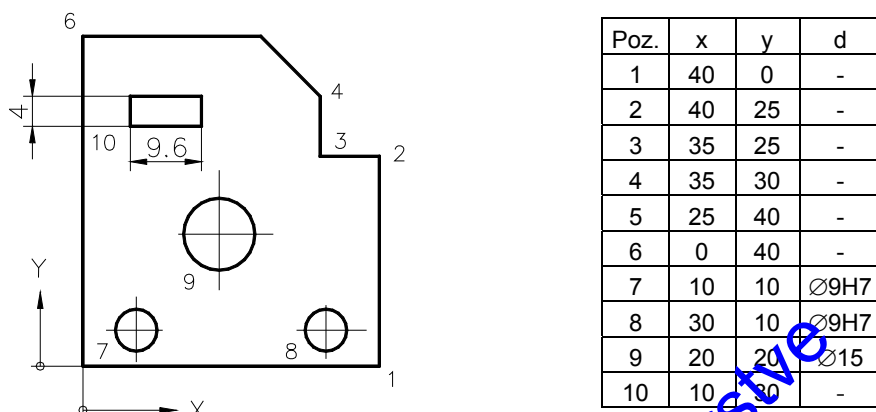
5.4.4 Súradnicové kótovanie



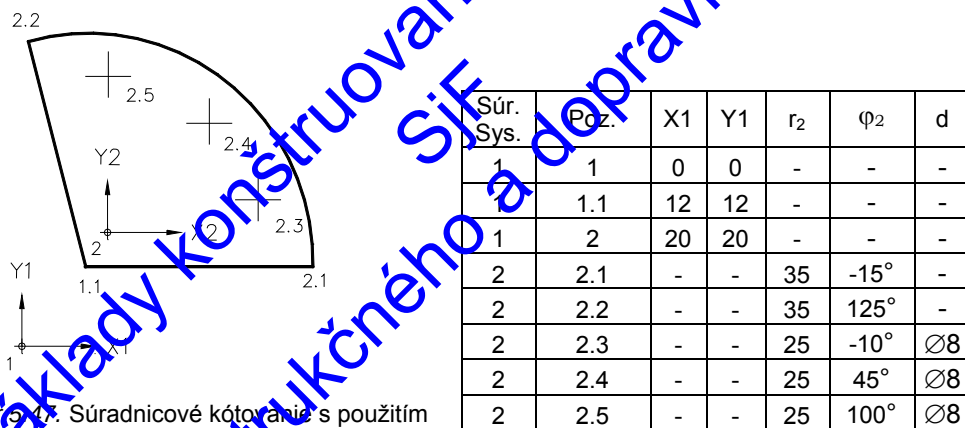
Obr.5.45. Súradnicové kótovanie s uvedením súradníc a priemerov pri bodoch

Ak vyžaduje daná situácia, možno polohu prvkov súčiastok určiť pravouhlými alebo polárnymi súradnicami a tieto prípadne vhodne kombinovať s iným systémom kót (obr. 5.45). Počiatok súradnicového systému sa môže umiestniť do rohu obrazu, mimo obraz alebo pri kombinácii dvoch systémov (paralelné kóty so súradnicovými kótami alebo dva systémy súradnicových kót) do obrazu. Hodnoty súradníc sa uvádzajú buď pri jednotlivých

bodoch (obr.5.45), alebo tabuľkovou formou (obr. 5.46, obr.5.47). Pri dvoch súradnicových systémoch, systémy sa musia označiť arabskou číslicou a príslušnosť bodov k systému sa vyznačí tak, že prvá číslica označuje systém a druhá číslica uvedená za oddeľujúcou bodkou je poradovou číslou bodu (obr.5.47). Pri označovaní bodov sa postupuje ľavotočivo.



Obr.5.46. Súradnicové kótovanie s uvedením súradníc a priemerov v tabuľke



Obr.5.47. Súradnicové kótovanie s použitím dvoch súradnicových systémov: hlavného pravouhlého systému – 1 a polárneho subsystému – 2

5.5 Hlavné zásady kótovania

Okrem pravidiel kótovania uvedených v predchádzajúcich kapitolách je potrebné pri kótovaní dodržiavať aj tieto hlavné zásady:

➤ Úplnosť kótovania

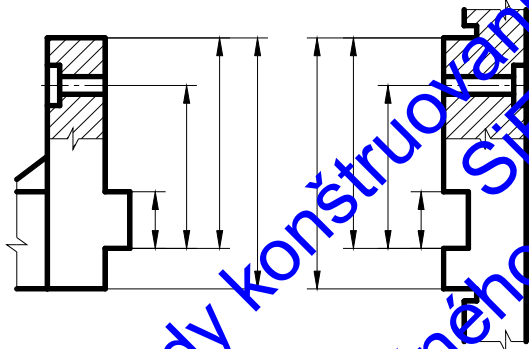
Na výkrese sa musia kótovať všetky rozmery, ktoré sú potrebné k jednoznačnému geometrickému určeniu zobrazovaných predmetov, t. j. k úplnému určeniu tvaru a veľkosti. Kóty sa majú uvádzať tak, aby sa potrebný rozmer mohol prečítať priamo a nie počítaním z iných kót. Každý rozmer sa má u toho istého predmetu kótovať len raz.

➤ Zreteľnosť a prehľadnosť kótovania

Ak je potrebné k zobrazeniu súčiastky niekoľko obrazov (pohľadov), uvádza sa kóta v tom obraze, v ktorom je kótovaný rozmer najzreteľnejší. Prehľadnosť kótovania podmieňuje požiadavka, aby sa rozmery zásadne nekótovali v obraze, v ktorom sa javia byť skrátené. Pri kreslení obrazov v polovičnom pohľade a reze kóty vnútorných prvkov treba umiestniť na stranu rezu a kóty vonkajších prvkov na stranu pohľadu.

➤ Účelnosť kótovania

Účelnosť kótovania vyžaduje, aby sa na výrobných výkresoch uvádzali kóty jednak so zreteľom na funkciu konštrukčného prvku alebo celého výrobku, jednak s prihliadnutím na jeho spôsob výroby, merania a kontroly.



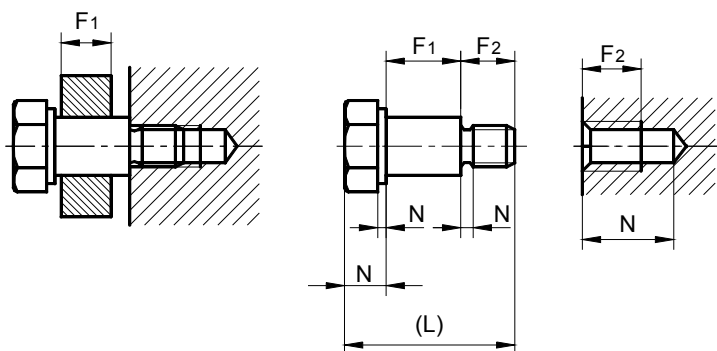
Obr.5.48. Zabezpečenie účelnosti kótovania

Tvarové prvky dvoch alebo viacerých súčiastok, ktoré sa spolu montujú, treba kótovať na výkresoch jednotlivých súčiastok rovnakým spôsobom, teda rovnakým systémom a súborom kót (obr.5.48).

5.5.1 Funkčné a technologické kótovanie

Funkčné kótovanie

Pri funkčnom kótovaní sa uvádzajú také rozmery (kóty), od ktorých priamo (bez ďalšieho prepočítavania) závisí správna funkcia a montážna vymeniteľnosť kótovanej súčasti (obr. 5.49).



F – funkčné rozmery (dĺžok)

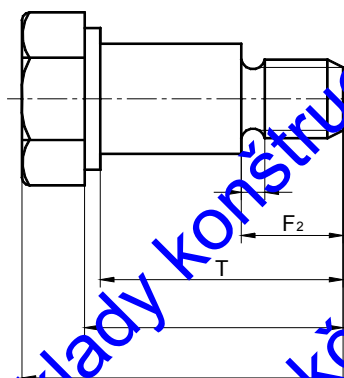
N – nefunkčné rozmery

(L) – informatívny rozmer

Obr.5.49. Spôsob predpisania funkčných kót

Každá funkčná kóta môže mať pri danom spôsobe kótovania predpísané najväčšie možné medzné odchýlky. Keď sa tieto odchýlky prekročia, výrobok sa obvyčajne stane neupotrebiteľný. Funkčné rozmery sa môžu kótovať nezávisle od postupu výroby a spôsobu merania.

Technologické kótovanie



Obr.5.50. Technologický spôsob kótovania s ohľadom na postup výroby

Technologické kótovanie je možné rozdeliť na kótovanie s ohľadom na:

- postup výroby,
- spôsob merania a kontroly.

Pri technologickom kótovaní, s ohľadom na postup výroby sa používajú kóty, ktoré priamo (bez prepočítavania) určujú všetky rozmery potrebné pre daný výrobný postup. Pre rôzne výrobné podmienky budú potom pri tej istej súčiastke rôzne systavy technologických kót.

Príklad jedného z možných spôsobov technologického kótovania dĺžkových rozmerov s ohľadom na postup výroby (sústružením) je znázornený na obr. 5.50 (pre súčiastku z obr. 5.49). Medzné odchýlky technologických kót T sa musia určiť tak, aby sa dodržali požadované medzné odchýlky funkčného rozmery F_1 (obr. 5.49). Funkčná kóta F_2 je zároveň kótou technologickou.

6. DRSNOSŤ POVRCHU

Charakter povrchu súčiastok a častí strojov výrazne ovplyvňuje vlastnosti funkčných ale aj voľných povrchov súčiastok. Je jedným z parametrov, ktoré určujú použiteľnosť jednotlivých súčiastok, funkciu, životnosť, cenu a vzhľad jednotlivých súčiastok, ale aj celej konštrukcie.

Vydanie v poradí tretej normy STN EN ISO 1302:2004 v krátkom období je vyústením zavedenia súboru viacerých noriem ISO, ktoré sa vydávali od roku 1996 a ktoré zaviedli nové metódy a postupy na hodnotenie funkčných povrchov častí mechanizmov a konštrukcií a k nim novú terminológiu a definície nových parametrov.

Podľa normy STN drsnosť obrobeného povrchu sa definuje ako časť geometrických odchýlok (nerovností) povrchu s relatívne malou vzdialenosťou susedných nerovností. Na obrobenom povrchu sú tieto nerovnosti stopami, ktoré zanecháva rezný nástroj. Preto drsnosť povrchu závisí najmä od použitého nástroja, od príslušnej rýchlosti a posuvu, pri brúsených súčiastkach aj od drsnosti, resp. veľkosti zŕn brúsiacich kotúčov.

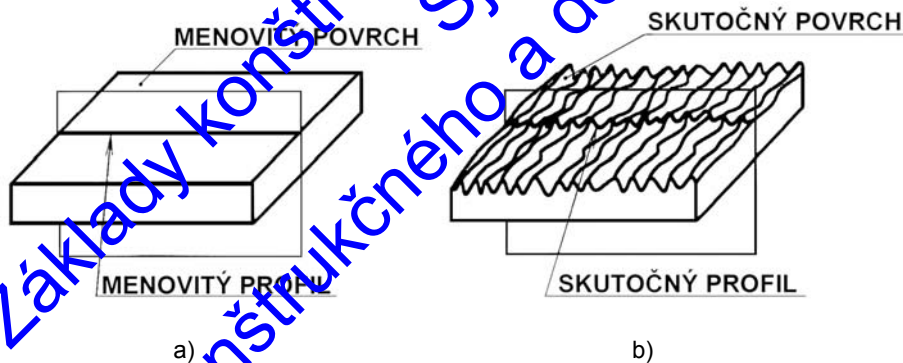
Drsnosť povrchu významne ovplyvňuje vlastnosti plôch. Podľa dôležitosti a funkcie sa rozlišujú tieto plochy výrobkov:

- stykové alebo funkčné plochy, ktoré sú dôležité pre vzájomné dosadenie prípadne pre určitý a požadovaný styk, resp. vytvárajú určité uloženie. Pritom môžu umožňovať relatívny pohyb, ale môžu byť aj nepohyblivými funkčnými plochami, ak vytvárajú rozoberateľné alebo nerozoberateľné spoje,
- voľné plochy, ktoré nie sú už tak závažné a kladú sa na ne podstatne menšie požiadavky.

Pre ich pochopenie treba poznať niektoré základné pojmy a definície, ktoré súvisia s kvantitatívnym hodnotením drsnosti povrchu súčiastok:

Menovitý povrch súčiastky (geometrický povrch) je ideálny povrch, ktorého menovitý tvar určuje technický výkres (obr.6.1a).

Skutočný povrch súčiastky je povrch ohraničujúci teleso (obr.6.1b), ktorý sa vždy viac alebo menej líši od menovitého povrchu.



Obr.6.1. Charakteristika povrchov a profilov

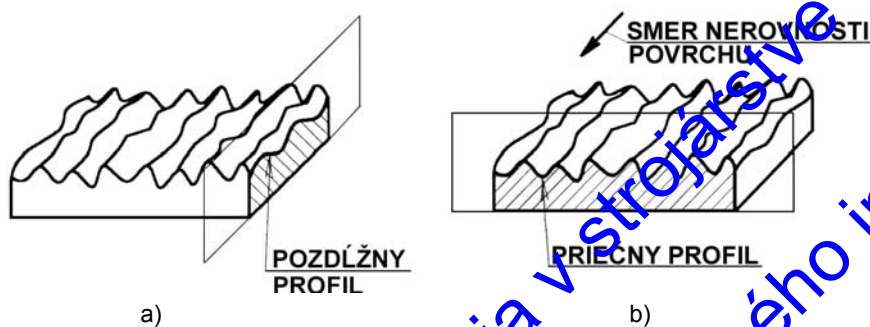
Menovitý povrch súčiastky (geometrický povrch) je ideálny povrch, ktorého menovitý tvar určuje technický výkres (obr.6.1a).

Skutočný povrch súčiastky je povrch ohraničujúci teleso (obr.6.1b), ktorý sa vždy viac alebo menej líši od menovitého povrchu.

Pri rezaní povrchu rovinou sú vytvárané nasledujúce profily povrchu:

- menovitý profil – profil vytvorený na menovitom povrchu (obr.6.1a),
- skutočný profil – profil vytvorený na skutočnom povrchu (obr.6.1b),

Ak zhotovíme rez skutočným povrchom získame skutočný profil povrchu, pričom rez sa môže viesť kolmo na smer prevládajúcich nerovností povrchu, a získame priečny profil (obr.6.2b) alebo, rovnobežne so smerom nerovností povrchu, a získame pozdĺžny profil (obr.6.2a). Podľa skôr platných noriem bol tento skutočný profil povrchu jediným profilom, ktorý bol východiskom pre určenie všetkých normalizovaných parametrov drsnosti.



Obr.6.2. Pozdĺžny a priečny profil povrchu

Normalizovali sa tri základné skupiny parametrov charakteru povrchu:

- profilové parametre,
- motívové parametre,
- parametre založené na krivke materiálového podielu.

Doterajší parameter R_y – (najväčšia výška profilu) sa premenoval na R_z . Starý parameter R_z – (výška nerovnosti profilu z desiatich bodov) už nie je definovaný.

Podľa normy STN EN ISO 4287:1999 sú zo zosnímaného profilu priamo v meracom zariadení v jednej filtrácii upravené a určené tri profily:

- primárny profil – F profil – je základom na určenie parametrov primárneho profilu, tzv. štruktúrnych parametrov;
- profil drsnosti – R profil – odvodí sa z primárneho profilu odstránením položiek profilu s kratšími vlnovými dĺžkami, ako sú vlnové dĺžky zodpovedajúce drsnosti

krátkovlnovým filtrom λ_S a s potlačením zložiek zodpovedajúcim vlnitostí s dlhšou vlnovou dĺžkou dlhovlnovým filtrom profilu λ_C ;

- profil vlnitosti – W profil - odvodí sa z primárneho profilu tak, že sa pomocou krátkovlnového filtra s vlnovou dĺžkou λ_C potlačia zložky profilu, pričom majú vlnovú dĺžku zodpovedajúcu drsnosti a pomocou dlhovlnového filtra s vlnovou dĺžkou λ_f sa vylúčia zložky profilu, ktoré majú väčšiu dĺžku.

Tab.6.1. Profilové parametre

Parametre drsnosti	Amplitúdový parameter									Rozstup param.
	Vrchol- priehlbina					Stredná hodnota				
R - parametre (drsnosti)	R_p	R_v	R_z	R_c	R_t	R_a	R_q	R_{sk}	R_{ku}	R_{Sm}
W - parametre (vlnitosti)	W_p	W_v	W_z	W_c	W_t	W_a	W_q	W_{sk}	W_{ku}	W_{Sm}
P - parametre (štruktúrne)	P_p	P_v	P_z	P_c	P_t	P_a	P_q	P_{sk}	P_{ku}	P_{Sm}

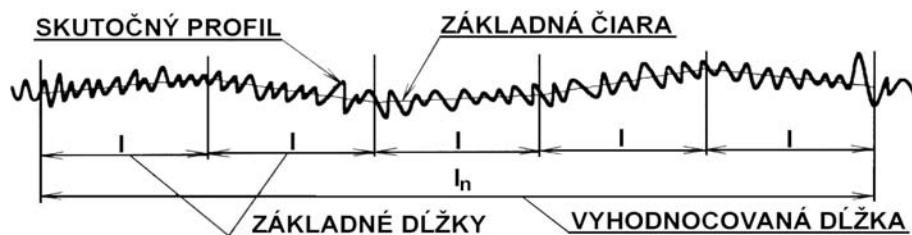
Tab.6.2. Motívové parametre

Parametre drsnosti	Parametre			
Profil drsnosti (motívové parametre drsnosti)	R	R_x	AR	-
Profil vlnitosti (motívové parametre vlnitosti)	W	W_x	AW	Wte

Tab.6.3. Parametre založené na krivke materiálového podmienu

Parametre drsnosti	Parametre				
Profil drsnosti (R - profil – lineárna časť krivky)	R_k	R_{pk}	R_{vk}	$Mr1$	$Mr2$
Profil drsnosti (R - profil – pravdepodob. časť krivky)	R_{pq}	R_{vq}	R_{mq}		
Profil drsnosti (P - profil – pravdepodob. časť krivky)	P_{pq}	P_{vq}	P_{mq}		

Základné charakteristiky drsnosti povrchu sa definujú v rozsahu základnej dĺžky l (obr.6.3). Normalizované hodnoty základných dĺžok sú uvedené v tab.6.4. V tabuľke je uvedený aj odporúčaný vzťah hodnôt parametra drsnosti R_a a základnej dĺžky l . Dĺžka, na ktorej sa vyhodnocuje drsnosť povrchu, je vyhodnocovaná dĺžka l_n a môže obsahovať jednu alebo niekoľko základných dĺžok (obr.6.3).



Obr.6.3. Základná čiara, základná a vyhodnocovaná dĺžka

Tab.6.4. Odporúčaný vzťah hodnôt R_a a základnej dĺžky l

Stredná aritmetická odchýlka profilu R_a (μm)		Základná dĺžka l (mm)
cez	do	
	0,025	0,08
0,025	0,4	0,25
0,4	3,2	0,8
3,2	12,5	2,5
12,5	100	8,0
100	400	25,0

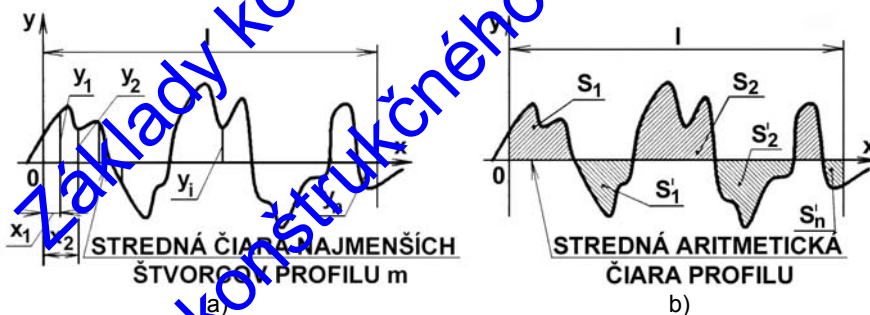
Za základnú čiaru sa volí stredná čiara najmenších štvorcov profilu m (nazývaná tiež stredná čiara) alebo stredná aritmetická čiara profilu (nazývaná tiež centrálna čiara).

Stredná čiara najmenších štvorcov profilu m má tvar geometrického profilu (priamka, kružnica, evolvanta) a rozdeľuje profil tak, že v rozsahu základnej dĺžky l je súčet štvorcov odchýlok profilu y od tejto čiarly najmenší (obr.6.4a), teda platí

$$\int_0^l y^2 dx = \min. \quad (6.1)$$

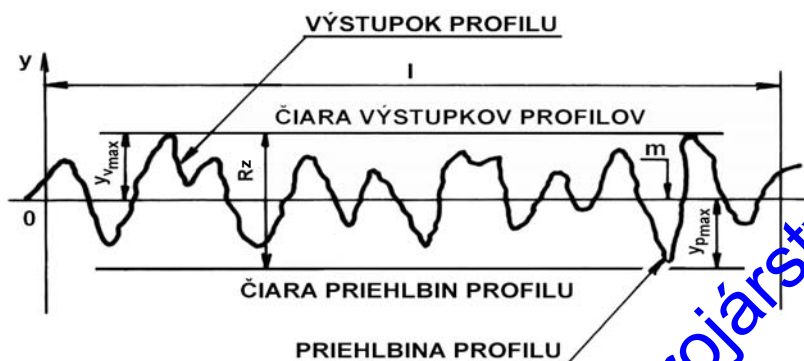
Stredná aritmetická čiara profilu má tvar geometrického profilu a rozdeľuje profil tak, že v rozsahu základnej dĺžky l je súčet ploch nad a pod čiarou rovnaký (obr.6.4b), teda platí

$$\sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n S'_i. \quad (6.2)$$



Obr.6.4. Základné čiary profilu

Skutočný profil drsnosti tvoria výstupky a priehlby, kde výstupok je časť profilu uvažovaný smerom od strednej čiaru profilu z materiálu, kým priehlba je časť profilu uvažovaná smerom do materiálu (obr.6.5). Výška výstupku profilu y_v je vzdialenosť od strednej čiaru profilu (s označením na obrázku m) k najvyššiemu bodu výstupku skutočného profilu. Výška maximálneho výstupku profilu y_{vmax} je vzdialenosť od strednej čiaru profilu k najvyššiemu bodu skutočného profilu v rozsahu základnej dĺžky. Hĺbka priehlby profilu y_p je vzdialenosť od strednej čiaru profilu k najnižšej priehlbine skutočného profilu. Hĺbka najväčšej priehlby profilu y_{pmax} je vzdialenosť od strednej čiaru profilu k najnižšiemu bodu skutočného profilu v rozsahu základnej dĺžky (obr.6.5).



Obr.6.5. Základná čiara, výstupky a priehlby profilu, najväčšia výška profilu

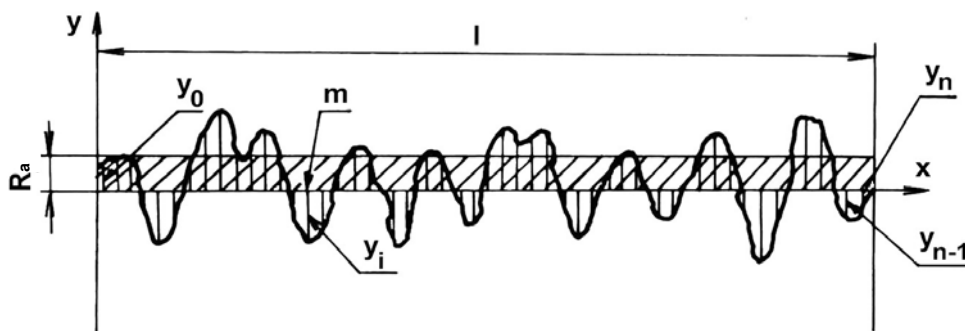
Pri vyhodnocovaní drsnosti povrchu sú dôležité výškové charakteristiky:

1. Najväčšia výška profilu Rz vyjadruje maximálnu vzdialenosť medzi čiarou výstupkov a priehlbín profilu v rozsahu základnej dĺžky l (obr.6.5).

$$Rz = y_{vmax} + y_{pmax} \quad (6.3)$$

2. Stredná aritmetická odchýlka profilu Ra je stredná aritmetická hodnota absolútnych odchýlok profilu y pri n vybraných bodoch profilu na základnej dĺžke l (obr.6.6).

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y_i| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (6.4)$$



Obr.6.6. Stredná aritmetická odchýlka profilu

6.1 Normalizované hodnoty parametrov drsnosti povrchu a smernice pre voľbu drsnosti

Revidované a nové normy ISO vydané v rokoch 1996 a 1997 boli postupne zmenené a zaviedli v označovaní drsnosti určité zmeny. Konštruktéri môžu predpísať drsnosť povrchu na výkresoch číselnými hodnotami pre strednú aritmetickú odchýlku profilu R_a , resp. pre R_z v mikrometroch, pričom sa však rozmerová jednotka neuvádza. Predtým používaný parameter R_y (najväčšia výška profilu) je normalizovaný, ale označuje sa označením R_z . Novo sa zaviedli profilové W – parametre (parametre vlnitosti) a profilové P – parametre (parametre štruktúrne, tzv. primárne).

Novo sa definovali motívové parametre (tab.6.2) a parametre založené na krivke materiálového podielu (tab.6.3).

Zmenil sa spôsob písania parametrov charakteru povrchu. Označenie drsnosti sa teraz píše v jednom riadku, napr. R_a a R_z (a nie ako dolný index – R_a a R_z).

Zavedenie mnohých nových parametrov si vyžiadalo využitie nových progresívnych zariadení založených všeobecne na laserovom snímaní úplnej topológie povrchu súčiastok. Mnohé z týchto parametrov sa postupne zavedú v praxi len na hodnotenie funkčných povrchov so špeciálnymi požiadavkami na tribotechnické, tesniace a iné vlastnosti povrchov. Pre bežné menej náročné povrchy sa bude využívať kvalitatívne zrovnávanie posudzovaného povrchu s povrchom normalizovaných vzorkovníc drsnosti povrchov obrábaných alebo aj neobrábaných (odlievaných, kovaných a pod.).

Pre súčiastky a uzly s bežnými nárokmi na charakter povrchov budú naďalej využívané (a doteraz najčastejšie využívané) parametre charakteru povrchu – profilové parametre drsnosti:

- stredná aritmetická odchýlka profilu drsnosti R_a ;
- najväčšia výška profilu drsnosti R_z .

V tab.6.5 sú uvedené číselné hodnoty strednej aritmetickej odchýlky profilu R_a , ktorá sa najčastejšie používa na predpis drsnosti povrchu na technických výkresoch. Prednostné hodnoty sú uvedené v tabuľke tučnými číslami.

Tab.6.5. Číselné hodnoty strednej aritmetickej odchýlky profilu R_a (μm)

0,008				
0,010				
0,012	0,125	1,25	12,5	125
0,016	0,160	1,60	16	160
0,020	0,20	2,0	20	200
0,025	0,25	2,5	25	250
0,032	0,32	3,2	32	320
0,040	0,40	4,0	40	400
0,050	0,50	5,0	50	
0,063	0,63	6,3	63	
0,080	0,80	8,0	80	
0,100	1,00	10,0	100	

V tab.6.6 sú uvedené porovnania približne zodpovedajúcich číselných hodnôt parametrov drsností povrchov R_a , R_z .

Tab.6.6. Porovnania zodpovedajúcich číselných hodnôt parametrov drsností R_a , R_z

R _a	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6		3,2			6,3			12,5			25		50
R _z	1	2,5	4	6,3	10	16	16	25	25	40	63	63	100	100	160	250		

Hodnotu drsnosti súčiastok musí konštruktér na výkresoch predpisovať nielen po starostlivej úvahe, ale aj po zvažení výroby a kontroly povrchu funkčnosti. Na dosiahnutie určitého stupňa presnosti treba zabezpečiť určitú drsnosť a zvoliť tiež vhodný spôsob opracovania. Maximálne hodnoty drsnosti potrebné na dodržanie rozmerov v stupňoch presnosti IT 5 až IT 12 sú v tab.6.7.

Hodnoty drsnosti povrchu súčiastok treba predpisovať na výkresoch hlavne z týchto hľadísk:

- z hľadiska zabezpečenia správnej funkcie súčiastky,
- z hľadiska ekonomického,
- z hľadiska technologického.

Z ekonomického hľadiska sa má voliť najväčšia, ale funkčne ešte vyhovujúca drsnosť. Voľbou neodôvodnene malých hodnôt parametrov drsnosti povrchu sa neúmerne zvyšujú výrobné náklady a cena výrobku.

Tab.6.7. Závislosť maximálnych hodnôt drsnosti povrchu a tolerancie rozmerov

Rozsah menovitých rozmerov		Tolerancia rozmeru							
		IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT11	IT 12
nad	do	Drsnosť povrchu Ra (µm)							
	3	0,2	0,4	0,4	0,8	0,8	1,6	1,6	3,2
3	6	0,4		0,8		1,6		3,2	
6	10		0,8		1,6		3,2		6,3
10	18	1,6		3,2		6,3			
18	30		3,2		6,3				
30	50	6,3							
50	80		12,5						
80	120	25							
120	180		50						
180	250	100							
250	315		200						
315	400	400							
400	500		400						

Hodnota drsnosti povrchu závisí predovšetkým od spôsobu výroby a obrábania. Konštruktér musí vedieť, akú hodnotu drsnosti povrchu možno dosiahnuť, určitými technológiami (výrobným spôsobom). Prehľad hodnôt drsnosti povrchov, ktoré možno dosiahnuť určitým výrobným spôsobom, sú v tab.6.8.

Tab.6.8. Drsnosť povrchu pri rôznych spôsoboch výroby a obrábania

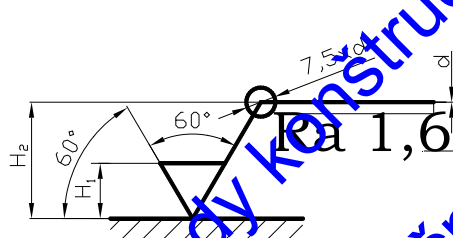
SPÔSOB VÝROBY	R_a (μm)	SPÔSOB VÝROBY	R_a (μm)
Liatie do pieskových foriem	50–12,5	Vyvtávanie	6,3–1,6 (0,2)
Abrázívne čistenie	25–3,2	Sústruženie	6,3–1,6 (0,2)
Vŕtanie	25–6,3 (3,2)	Vystružovanie	6,3–0,8 (0,4)
Frézovanie valcovou frézou	25–3,2 (1,6)	Preťarovanie	3,2–0,8 (0,2)
Frézovanie čelné	12,5–1,6 (0,8)	Valcovanie za studena	3,2–0,4 (0,2)
Kovanie za studena	12,5–1,6	Brúsenie do guľata a vnútorné brúsenie	3,2–0,4 (0,05)
Liatie do kotlí	12,5–3,2 (1,6)	Brúsenie na plocho	3,2–0,4 (0,05)
Presné odlievanie	12,5–3,2 (1,6)	Honovanie a superfinišovanie	0,4–0,1 (0,025)
Tlakové liatie neželezných zliatin	12,5–1,6 (0,8)	Lapovanie	0,4–0,05 (0,012)
Hoblňovanie a obrábanie	12,5–1,6 (0,8)	Leštenie latkovým kotúčom	0,1–0,05 (0,012)
Hodnoty v zátvorkách predstavujú opracovania v špeciálnych podmienkach			

V tab.6.9 sú uvedené príklady predpisu hodnôt drsnosti povrchu R_a potrebných na zabezpečenie charakteristických funkcií súčiastok a montážnych skupín.

Tab.6.9. Príklady predpisu drsnosti povrchu

R_a	PRÍKLAD POUŽITIA
0,1	funkčné plochy s čo najmenším opotrebením; klzné plochy vretien a hriadeľov pre presné uloženia; oporné čelá presných axiálnych klzných ložísk; lapované otvory pre piesty a posúvače
0,2	klzné plochy šmykádiel a ložiskových puzdier a panví; vedenie obrábacích strojov; čelné klzné plochy; plochy upínacích kužeľov trŕňov a nástrojov; plochy pre uloženia valivých ložísk s možným axiálnym posuvom; voľné plochy leštené pre zvýšenie únavovej pevnosti
0,4	klzné plochy s malými hodnotami klznej rýchlosti a tlaku; vodiace plochy obrábacích strojov; dotykové plochy vačiek, kladiek, klzných kameňov a pod.; niektoré plochy pri žiabkových spojoch; dotykové plochy pohyblivých súčiastok s tesneniami; plochy pre ďalšiu povrchovú úpravu, napr. chrómovaním, niklovaním, nitridovaním
0,8	klzné plochy s malou hodnotou klznej rýchlosti; boky zubov ozubených kolies; žliabky remeníc pre klinové remene a ozubené remene; povrch otvorov v nábojoch ozubených kolies, remeníc spojok; úložné plochy pre valivé ložiská; dotykové plochy nerozoberateľných spojení
1,6	vodiace plochy len s občasným vzájomným relatívnym pohybom; otvory v nábojoch ozubených kolies, remeníc, spojok, kladiek a pod.; povrchy otvorov pre nalisovanie spojení; žliabky remeníc pre klinové remene; boky zubov ŕezákových kolies pre malé obvodové rýchlosti; otvory pre lícované skrutky; vonkajšie vyčnievajúce (nezakryté) povrchy rýchlo sa otáčajúcich súčiastok
3,2	klzné plochy s veľmi malou klznou rýchlosťou a bez nárazov na presnosť uloženia; žliabky lanových kladiek; dotykové plochy bez vzájomného pohybu; tesniace plochy na mäkké tesnenia; plochy, ktoré majú mať pekný vzhľad
6,3 až 25	hrubované dotykové plochy bez vzájomného pohybu, napr. dosahacie plochy pätiiek strojov, prírub; povrchy presných skrutiek, matic; driek pre skrutky; čelné voľné povrchy hriadeľov

6.2 Označovanie drsnosti povrchu



Obr.6.7. Značka drsnosti

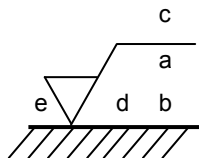
Drsnosť povrchu sa na výkresoch určuje jednotlivými variantami grafickej značky: základnou, rozšírenou alebo úplnou. Jednotlivé varianty grafickej značky sú zobrazené v tab. 6.11. Úplná grafická značka drsnosti aj s podrobným znázornením rozmerov (tab.6.10) je zobrazená na obr. 6.7. Označenie drsnosti povrchu nesmie pretínať žiadna čiara.

Tab.6.10. Číselné hodnoty rozmerov značiek, číslic a písmen

Výška písma, kót h	2,5	3,5	5
Hrúbka čiar pre značku a pre písmo d	0,25	0,35	0,5
Výška značky H_1	3,5	5	7
Výška značky H_2	7,5	10,5	15

Tab.6.11. Varianty grafickej značky

Základná grafická značka drsnosti	✓
Rozšírená grafická značka drsnosti	▽ ✓
Úplňaná grafická značka drsnosti	✓ ▽ ▽



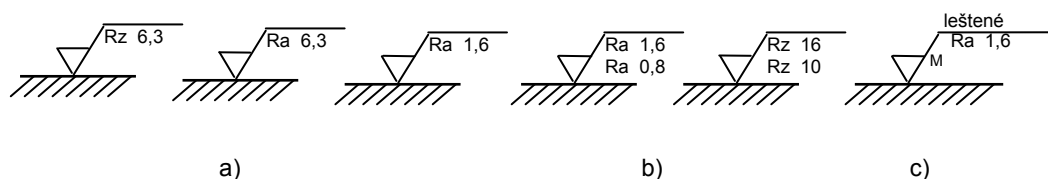
Obr.6.8. Grafická značka na označenie stavu povrchu

Na určenie požiadaviek na charakter povrchu sa spravidla vždy používa úplná grafická značka (obr.68). V blízkosti úplnej značky sa uvádzajú doplňovacie požiadavky na charakter povrchu, pričom jednotlivé písmená určujú: a – číselnú hodnotu veľkosti drsnosti (aby sa predišlo chybnému prečítaniu, musí byť medzi označením parametra a medznou hodnotou dvojnásobná medzera napr.: $Ra\ 6,3$), b – druhá požiadavka na charakter povrchu, c – spôsob konečného spracovania alebo aj iné požiadavky na výrobný postup pri vyhotovení povrchu, d – značku smeru nerovností povrchu, udáva sa to značkou podľa tab.6.11, e – prídavok na opracovanie v mm pre súčiastky vyrábané z odliatkov alebo výkovkov.

- ✓ značka sa použije vtedy, keď požadovaná drsnosť povrchu sa môže dosiahnuť odoberaním materiálu alebo bez odoberania materiálu.
- ▽ značka sa použije vtedy, keď požadované vlastnosti povrchu sa dosiahnu iba obrábaním. Napríklad: sústruženie, frézovanie...
- ▽ značka sa používa na označenie stavu povrchu, ktorý má byť ponechaný v stave vyplývajúcom z predchádzajúceho výrobného procesu.
- ▽ $Ra25$ značka s uvedenou číselnou hodnotou drsnosti sa použije vtedy, keď požadované vlastnosti povrchu sa dosiahnu bez obrábania, teda bez odoberania materiálu (triesok), napríklad valcovaním, kovaním, a pod.

Číselná hodnota drsnosti povrchu je najväčšia dovolená hodnota, ktorá sa píše za príslušnou značkou, napr. $Ra\ 1,6$; $Rz\ 6,3$. Príklad predpisania drsnosti povrchu je na

obr.6.9a. Pri predpísaní drsnosti povrchu rozsahom číselných hodnôt sa píše dole menšia a hore väčšia medzná hodnota, napr. obr.6.9b. Spôsob konečného spracovania sa v označení drsnosti povrchu uvádza len vtedy, ak predpísanie je nutné k dosiahnutiu požadovaných vlastností povrchu (obr.6.9c). Podľa potreby sa uvádza aj značka smeru nerovnosti povrchu, napr. obr.6.9c (tab.6.12).



Obr.6.9. Príklady predpísania drsnosti povrchov

Tab.6.12. Grafické značky smeru nerovnosti

=		ROVNOBEŽNÝ S OBRYSOVOU ČIAROU	
⊥		KOLMÝ K OBRYSOVEJ ČIARE	
×		SKRÍŽENÝ V DVOCH SMEROCH ŠIKMO K OBRYSOVEJ ČIARE	
M		LUBOVOLNÝ	
C		PRIBLIŽNO KOLMÝ K STREDU PVRCHU	
R		PRIBLIŽNE CYKLOIDÁLNE K STREDU PVRCHU	
P		BODOVÝ (NAPR. PO ELEKTRO-ISKOVOM OBRÁBANÍ)	

V obrázoch súčiastok, kde je málo miesta pre označenie drsnosti a zapísanie údajov, pridať aby sa nemuselo zložitě označenie stavu povrchu niekoľkokrát opakuovať, je možné použiť zjednodušené označenie pozostávajúce z grafickej značky a ľubovoľne zvoleného písmena malej abecedy (obr.6.10).

V technických požiadavkách na výkrese sa uvedie použité označenie a jeho vysvetlenie.

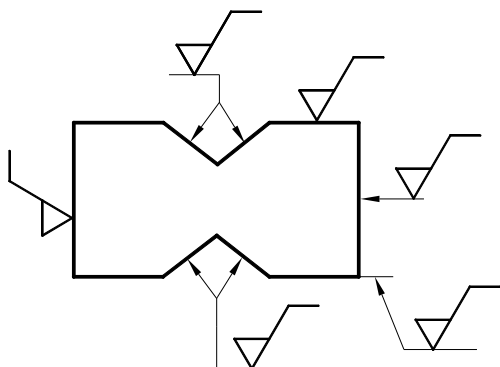
$$\sqrt{k} = \sqrt{\frac{\text{BRÚSENÉ}}{\text{Ra } 1,6}}$$

Obr.6.10. Zjednodušené označenie stavu povrchu

6.3 Predpisovanie drsnosti povrchu na výkresoch

Drsnosť povrchu sa musí predpísať pre všetky plochy výrobku úplnou grafickou značkou, okrem plôch, kde predpis nie je potrebný. Sú to hlavne:

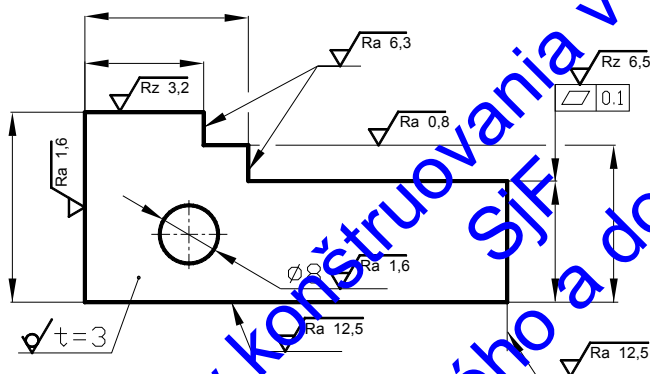
- plochy s hrubými povrchmi, na ktoré nie sú kladené žiadne požiadavky, napr. vnútorné a iné nevýznamné plochy odliatkov a výkovkov, vŕtané otvory pre spojovacie skrutky a nity, pre odľahčenie a pod.; drsnosť takých plôch sa nekontroluje,



Obr.6.11. Umiestnenie značiek a popisu stavu povrchu

- plochy tých prvkov súčiastok, ktorých drsnosť stanovujú iné normy, ako napríklad zápichy, skosenia a zaoblenia hrán, strediace otvory, žliabky závitov, a pod. (pokiaľ nepožadujeme inú drsnosť než stanoví príslušná norma). Povrch týchto normalizovaných prvkov má príslušnými normami predpísanú hodnotu drsnosti, spravidla $Ra = 6,3$.

Grafická značka a k nej pripojený popis sa majú umiestniť tak, aby sa mohli čítať zospodu alebo z pravej strany výkresového listu (obr.6.11).



Obr.6.12. Umiestnenie grafických značiek

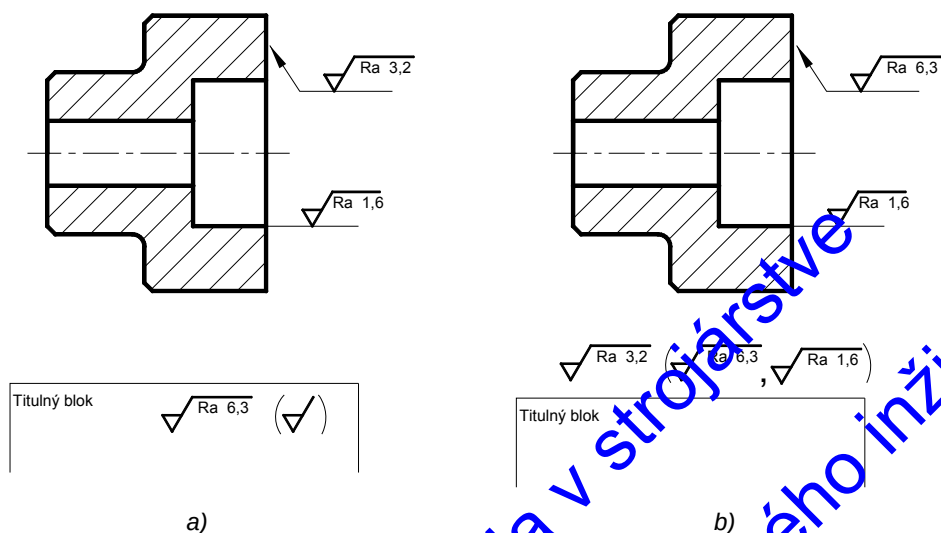
Úplná grafická značka spolu s doplnovacou informáciou sa musí orientovať tak, aby sa dala čítať zdola alebo len z pravej strany výkresu. Pre pravé, šikmé alebo spodné obrysové hrany sa značka drsnosti umiestňuje na odkazovú čiaru. Značka alebo šípka sa má spravidla umiestniť z vonkajšej strany obrobku.

Grafické značky drsnosti povrchu v obraze predmetu (obr.6.12) sa umiestňujú na:

- obrysových čiarach,
- vedľazovacích (pomocných kótovacích) čiarach,
- zástavke odkazových čiar,
- na kótovacej čiare pri údaji rozmeru prvku,
- na tolerančnom rámciku geometrickej tolerance.

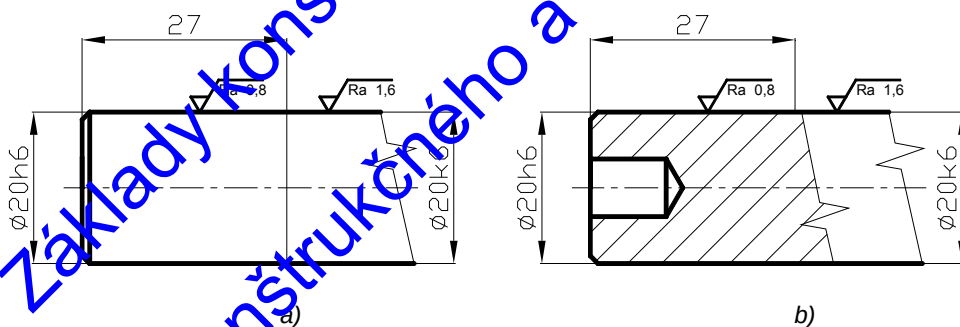
Na výkrese súčiastky sa drsnosť povrchu uvádza v titulnom bloku alebo ak titulný blok nemá na to vyhradené políčko tak tesne nad titulným blokom. Drsnosť povrchu sa už neuvádza v pravom hornom rohu výkresu.

Rovnaká drsnosť viacerých plôch sa vyznačí v titulnom bloku alebo tesne nad ním spoločnou značkou pred zátvorkou, v ktorej je buď len základná značka bez číselnej hodnoty drsnosti (obr.6.13a), alebo sú v nej vymenované použité značky na výkrese (obr.6.13b). Spoločná značka pred zátvorkou znamená, že všetky neoznačené plochy na výkrese súčiastky musia mať drsnosť predpísanú touto značkou.



Obr.6.13. Spôsob umiestnenia značiek drsnosti v pravom hornom rohu výkresu

Ak má mať súčiastka v rôznych miestach toho istého povrchu rôznu drsnosť, vyznačí sa hranica medzi jednotlivými úsekmi tenkou plnou čiarou. Tieto úseky sa zakóujú a predpíše sa ich drsnosť (obr.6.14a). Hranica čára sa nekreslí v šrafovej časti obrazu (obr.6.14b).

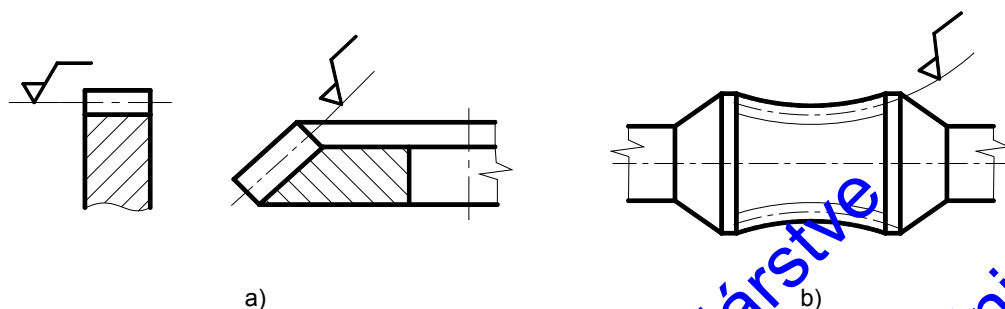


Obr.6.14. Predpis stavu povrchu pre rôzne miesta

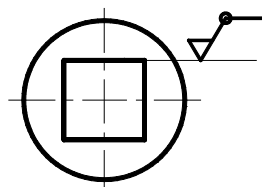
Povrchy s odlišnými značkami sa musia na výkrese označiť. Všetky grafické značky a zápis požiadaviek sa robí rovnakou veľkosťou ako značky na danej zakótovanej súčiastke.

Drsnosť povrchu opakujúcich sa prvkov (otvorov, zubov a pod.), ktorých počet vyplýva z výkresu a drsnosť povrchu tej istej plochy sa predpisuje len raz.

Drsnosť funkčných plôch zubov ozubených kolies (obr.6.15a) označí sa na čiaru rozstupovej plochy, drsnosť povrchu zubov závitoviek a závitovkových kolies na čiaru rozstupovej kružnice (obr.6.15b).

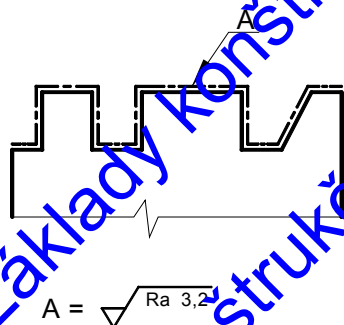


Obr.6.15. Predpis stavu povrchu zubov ozubených kolies



Obr.6.16. Zápis rovnakej drsnosti po obode súčiastky

Rovnaká drsnosť plôch tvoriacich obrys súčiastky sa zapíše len raz, v zlome sa nakreslí kružnica priemeru $1,5 \times d$. Pričom d je hrúbka čiaru ktorou je nakreslená drsnosť. (obr. 6.16) Hrúbka čiaru býva 0,25mm, 0,35mm alebo 05mm (tab.6.10).



Rovnaká drsnosť zložitého profilu sa môže uviesť v technických požiadavkách s odkazom na písmenové označenie plochy, napr. (obr.6.17).

Uvažovaný profil sa označí hrubou bodkočiarkovanou čiarou vo vzdialenosti 0,8 až 1mm od obrysu súčiastky.

Obr.6.17. Označenie rovnakej drsnosti povrchu

7. ŠPECIÁLNE ÚPRAVY POVRCHOV

7.1 Rozdelenie špeciálnych úprav povrchov

Pri zabezpečovaní požadovanej funkcie súčiastok nestačí len ich správne zakótovať, predpísať tolerančné odchýlky a dodržať drsnosť funkčných povrchov. Niekedy sa vyžaduje zabezpečenie kvalitatívne rozdielných mechanických, fyzikálnych a chemických vlastností povrchovej vrstvy alebo i v celom priereze súčiastky oproti vlastnostiam pôvodného materiálu. Takéto kvalitatívne zmeny súčiastky sa môžu zabezpečiť špeciálnymi úpravami povrchov, ku ktorým patria:

- nanášanie ochranných vrstiev – ochranné vrstvy sa používajú najmä ako ochrana proti korózii a na zlepšenie vzhľadu súčiastok; jedná sa o nanášanie farieb, lakov, emailov, plastov alebo aj kovov;

- mechanické úpravy povrchu – spevnenie, zdrsnenie alebo vôbec zvýšenie presnosti tvaru, rozmerov a kvality povrchu súčiastok sa najčastejšie zabezpečuje valčovaním, zaškrabávaním, guľovaním, leštením, opieskovaním, ryhovaním, vyrúbkovaním;

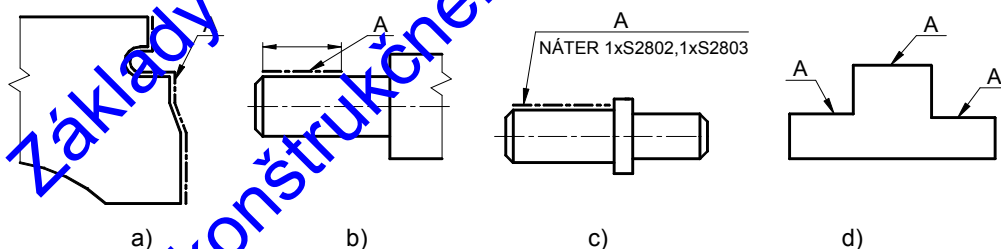
- elektrické úpravy – ochranné povlaky povrchov na ochranu proti korózii a na zlepšenie vzhľadu súčiastok sa veľmi často realizujú fyzikálno-chemickými a elektrochemickými postupmi napr. fosfátovanie, chromátovanie alebo elektrolytickým pokovovaním (zinkovanie, chrómovanie, kadmiovanie, niklovanie, pomedenie a pod.);

- tepelné a chemicko-tepelné úpravy – ovplyvňujú metalografickú štruktúru na povrchu a vo vnútri materiálu, a tým menia ich mechanické vlastnosti; tepelné úpravy sú napr. žihanie, kalenie, popúšťanie, zušľachtovanie a chemicko-tepelné úpravy sú napr. cementovanie (povrchové sytenie ocelí uhlíkom), nitridovanie (povrchové sytenie ocelí dusíkom).

7.2 Predpisovanie úprav na výrobkoch

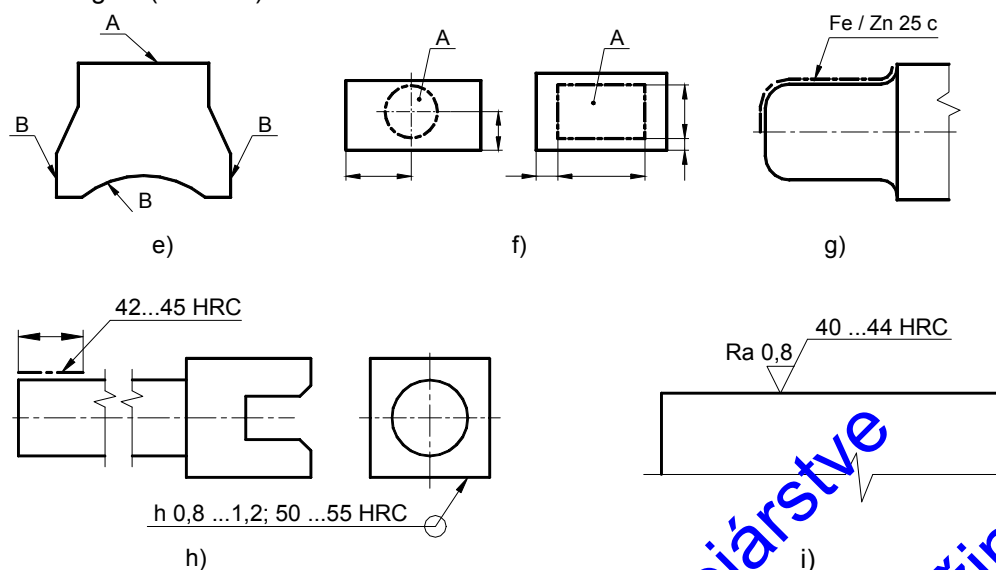
Pravidlá predpisovania údajov o povlakoch, o tepelnom a inom spracovaní určuje STN 01 3146 (Technické výkresy. Údaje o povrchoch a tepelnom spracovaní na výkresoch.).

Pokiaľ platí predpis úpravy len na niektorú plochu alebo len na jej časť, prípadne na povrch zložený z niekoľkých plôch, označí sa príslušný povrch hrubou bodkočiarkovanou čiarou, nakreslenou z vonkajšej strany obrysu a v prípade potreby sa rozsah úpravy zakótuje (obr. 7.1a,b). Predpísanie normalizovaného alebo nenormalizovaného povlaku tre-



Obr. 7.1. Označenie plochy a umiestnenie predpisu úpravy povrchu – časť 1

ba uviesť v technických požiadavkách (v blízkosti titulného bloku, napr. PLOCHA A – NÁTER 1x S 2802, 1x S 2803; obr.7.1a) alebo priamo na odkazovú čiaru požadovanou technológiou (obr.7.1c).



Obr.7.1. Označenie plochy a umiestnenie predpisu úpravy povrchu – časť 2

Ak majú mať viaceré plochy rovnaký povlak, označia sa rovnakým písmenom (obr.7.1d), rôzne druhy povlakov sa označia rôznymi písmenami (obr.7.1e). Keď sa má povlak naniesť len na časť plochy alebo keď na časť plochy zostať bez povlaku, označí sa táto časť a zakóduje poloha (obr.7.1f).

Elektrolyticky vylúčené kovové povlaky (obr.7.1g) sú normализované v normách STN 03 8508 a STN 03 8515.

Súčiastky, ktoré sa majú spracovávať tepelnými alebo chemicko-tepelnými úpravami, musia mať predpísané údaje v nasledovnom poradí:

a) spôsob úpravy – slovný zápis určitého spôsobu úpravy potrebného na dosiahnutie požadovaných vlastností, napr. KALENIE, CEMENTOVANIE;

b) hĺbka úpravy – h - predpisuje sa spravidla rozmedzím hodnôt, napr. $h\ 0,3 \dots 0,5$ alebo $h = 0,5 \dots 0,7$ alebo menovitou hodnotou s medznými odchýlkami, napr. $h = 0,6 \pm 0,2$;

c) údaj o mechanických vlastnostiach, ktoré sa majú dosiahnuť, napr. tvrdosť (HRC, HRB, HV a pod.), medza pevnosti, vrubová húževnatosť; tieto údaje možno predpísať rozmedzím hodnôt, napr. $42 \dots 46$ HRC.

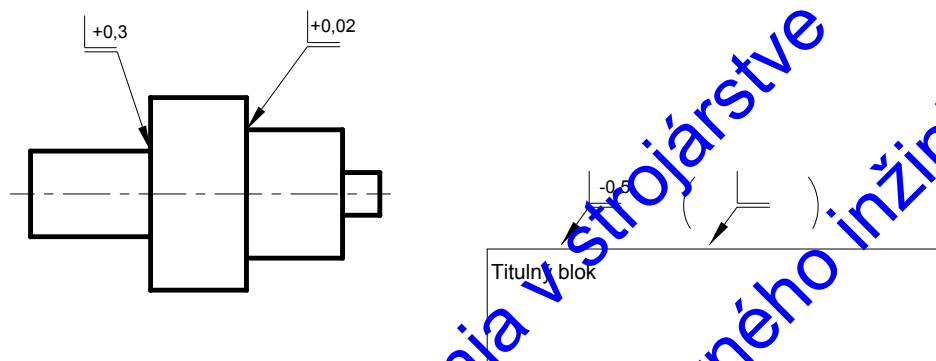
Na výkrese sa predpis tepelnej a tepelno-chemickej úpravy umiestňuje priamo na zástavku odkazovej čiary (obr.7.1h) alebo nepriamo v technických požiadavkách. Predpis možno umiestniť aj na zástavke značky drsnosti (obr. 7.1i).

7.3 Označovanie hrán na výkresoch

Na technických výkresoch sa ideálny geometrický tvar zobrazuje bez akejkoľvek odchýlky, a preto sa vo všeobecnosti označenie hrán nerobí. Z viacerých príčin treba určité označenie hrán, ako sú vonkajšie hrany bez ostrín, s ostrými okrajmi alebo s ostrinami limitovanej veľkosti a vnútorné hrany s prechodom. Toto označenie hrán vychádza z medzinárodnej normy STN ISO 13715.

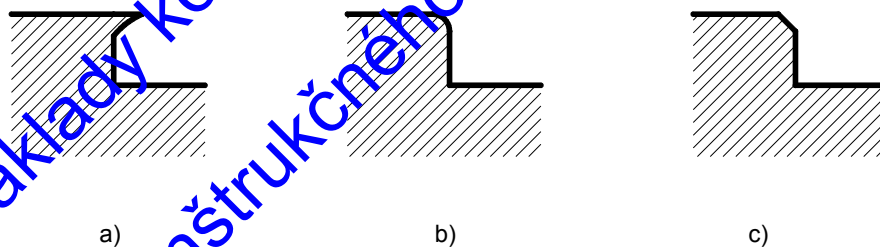
Je dôležité definovať pojem hrana. Hrana je bod alebo oblasť, v ktorej sa stretávajú dva a viac povrchov.

Odporúča sa, aby sa odkazy na ISO 13715 umiestňovali buď vo vnútri, alebo blízko titulného bloku. Na obr. 7.2 vidíme zobrazenie úpravy hrán na konkrétnej súčiastke. Ak je v zobrazení označených väčší počet ďalších stavov hrán ako jeden, potom sa v zátvorke vedľa všeobecného označenia uvedie iba základná značka.

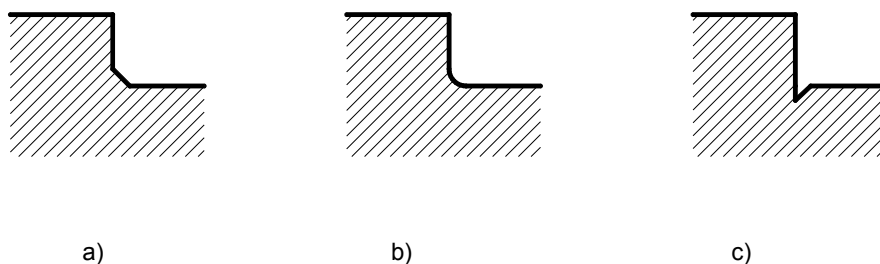


Obr. 7.2. Označenie úpravy hrán na výkrese

Na hotovej súčiastke môžu nastať tieto situácie ktoré sú definované medzinárodnou normou STN ISO 13715 (obr. 7.3, obr. 7.4).



Obr. 7.3. Príklady rôznych úprav hrán na súčiastke

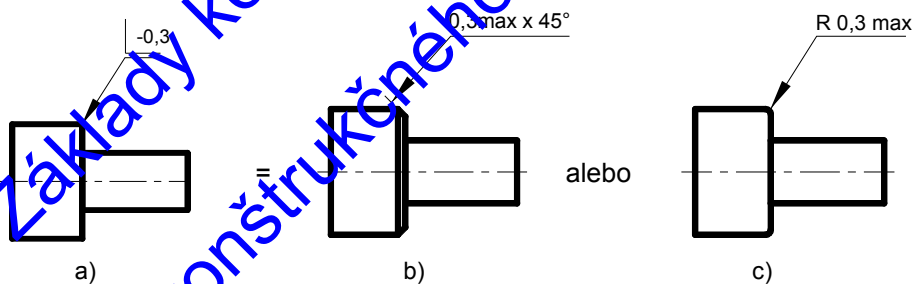


Obr.7.4. Príklady rôznych úprav hrán na súčiastke

Vonkajšia hrana s ostrinou obr.7.3a, vonkajšia hrana bez ostriny so zaoblením obr.7.3b, alebo so zrezaním obr.7.3c. Hrana s prechodom a to vnútorná hrana skosená obr.7.4a, alebo zaoblená obr.7.4b. Hrana so zrezaním obr.7.4c.

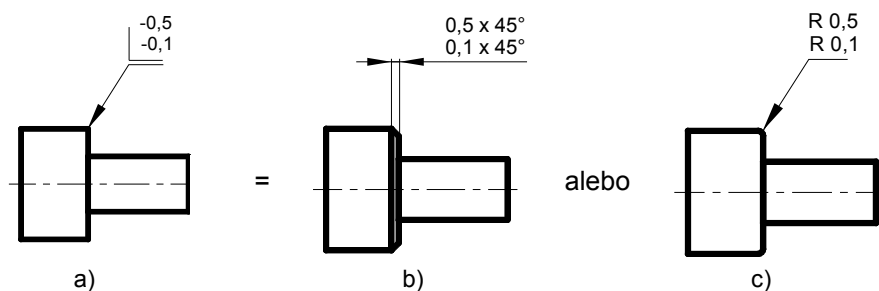
Tab.7.1. Odporúčané hodnoty veľkosti hrán

hodnota	Použitie
+2,5 +1 +0,5 +0,3 +0,1	Vonkajšie hrany s povolenou ostrinou alebo vnútorné hrany s povoleným skosením alebo zaoblením
+0,05 +0,02	Vonkajšie ostré hrany
-0,02 -0,05	Vnútorné ostré hrany
-0,1 -0,3 -0,5 -1 -2,5	Vonkajšie a vnútorné hrany s povoleným zrezaním, ostrina nepovolená
Väčšie hodnoty veľkosti hrán podľa požiadaviek	



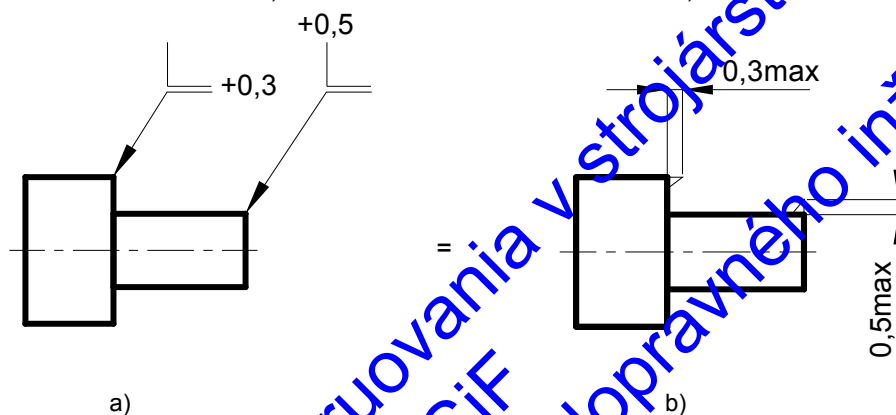
Obr.7.5. Príklad označenia hrany bez ostriny

Príklad označenia vonkajšej hrany bez ostriny je znázornený na obr.7.5a. Tomuto označeniu zodpovedá zrezanie do 0,3mm obr.7.5b alebo zaoblenie s maximálnym polomerom 0,3mm obr.7.5c.

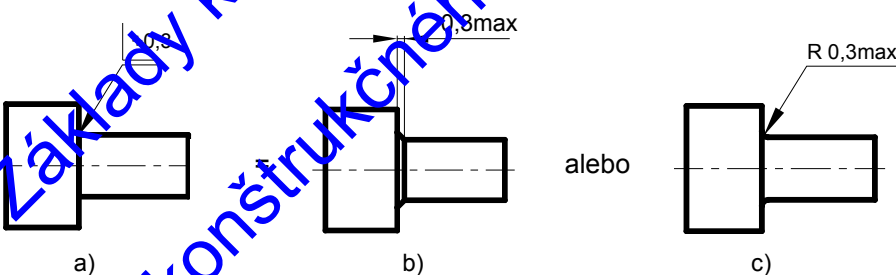


Obr.7.6. Príklad označenia hrany bez ostriny

Príklad označenia vonkajšej hrany bez ostriny je znázornený na obr.7.6a. Tomuto označeniu zodpovedá zrezanie v zóne od 0,1mm do 0,5mm obr.7.6b alebo zaoblenie s minimálnou hodnotou $R=0,1mm$ a maximálnou hodnotou $R=0,5mm$ obr.7.6c.



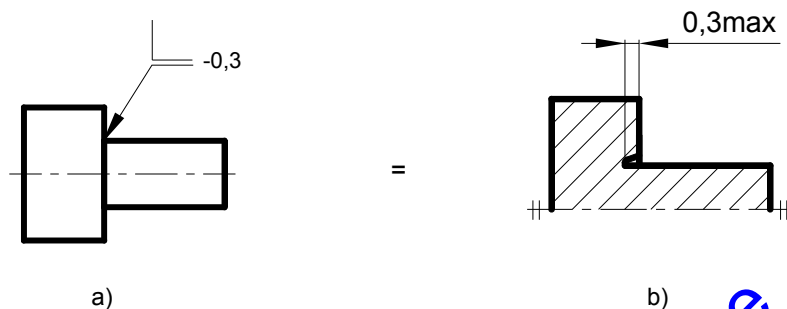
Obr.7.7. Príklady označenia hrany s ostrinou



Obr.7.8. Príklady označenia hrany s prechodom

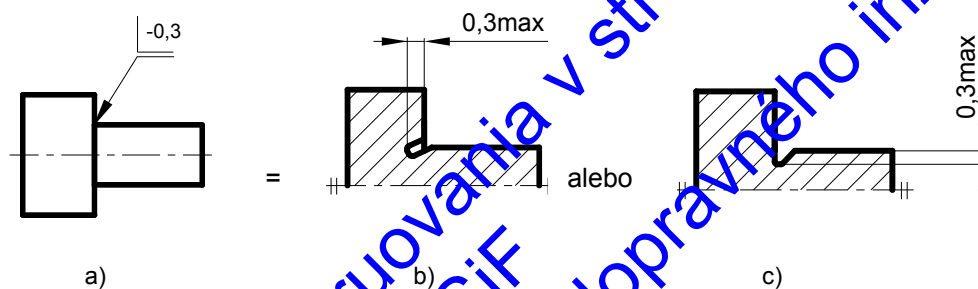
Príklad označenia dvoch hrán s prijateľnou ostrinou je znázornený na *obr.7.7a*. Prvá hrana má maximálnu ostrinu do hodnoty $0,3\text{mm}$ a druhá hrana má maximálnu ostrinu $0,5\text{mm}$, pričom poloha čísla nám presne určuje smer ostriny ako vidieť na *obr.7.7b*.

Príklad označenia hrany s prechodom je znázornený na *obr.7.8a*. Vnútorňa hrana nemá stanovený tvar prechodu a preto môže byť zrazená na maximálnu hodnotu $0,3\text{mm}$ *obr.7.8b*, alebo zaoblená na maximálny polomer $R=0,3\text{mm}$ *obr.7.8c*.



Obr.7.9. Príklad označenia vnútornej hrany

Príklad označenia vnútornej hrany s definovaným smerom zrezania je znázornený na *obr.7.9a*. Vnútorňa hrana má stanovenú maximálnu hodnotu zrezania $0,3\text{mm}$ *obr.7.9a*.



Obr.7.10. Príklad označenia vnútornej hrany

Príklad označenia vnútornej hrany, pričom smer zrezania nie je definovaný je znázornený na *obr.7.10a*. Vnútorňa hrana má stanovenú maximálnu hodnotu zrezania $0,3\text{mm}$. Keďže smer zrezania nie je definovaný tak môže byť zrezaná tak, ako je to na *obr.7.10b* alebo tak ako na *obr.7.10c*, prípadne podobným spôsobom.

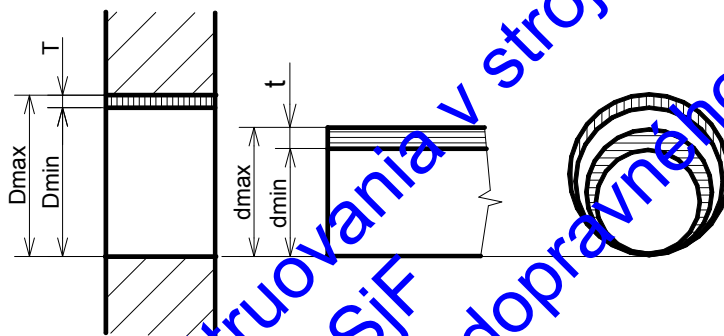
8. TOLEROVANIE ROZMEROV, TVARU A POLOHY

Každú vyrábanú súčiastku je nutné vyrobiť s určitou presnosťou. Presnosť vyrábanej súčiastky má zabezpečiť jej funkčnosť, zmontovateľnosť a vymeniteľnosť. Rozmery súčiastok môžeme rozdeliť do troch skupín a to:

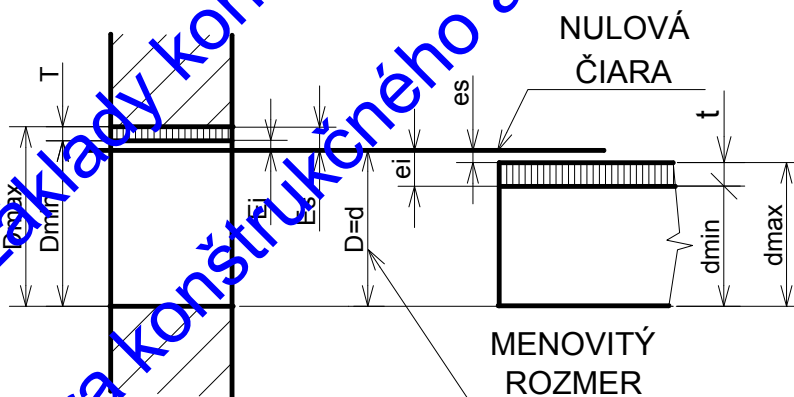
- Funkčné rozmery – predpíšeme požadovanú presnosť.
- Nefunkčné rozmery – vo výnimočných prípadoch sa predpisuje požadovaná presnosť.
- Informatívne rozmery – nesmie sa predpísať požadovaná presnosť.

8.1. Tolerovanie rozmerov

Pri výrobe súčiastok musia byť vybrané rozmery vyrobené s určitou presnosťou a jej hodnota musí byť v rozsahu prípustných rozmerov, teda medzi najväčším a najmenším dovoleným rozmerom (D_{max} , D_{min} – diera; d_{max} , d_{min} – hriadeľ). Rozdiel daných rozmerov sa volá tolerancia – T , t (T – pre dieru, t – pre hriadeľ), teda $T = D_{max} - D_{min}$, $t = d_{max} - d_{min}$ obr.8.1. Tolerancia je vždy kladné číslo a udáva sa absolútnou hodnotou bez znamienka + alebo -. Toleranciu môžeme charakterizovať aj ako hodnotu ohraničenú dvomi dovolenými – medznými odchýlkami rozmerov (ES , ES , es , ei), ktoré určujú, o koľko sa bude skutočný rozmer odchýľovať od menovitého rozmeru obr.8.2.



Obr.8.1. Tolerančné polia valcovej diery a valcového hriadeľa



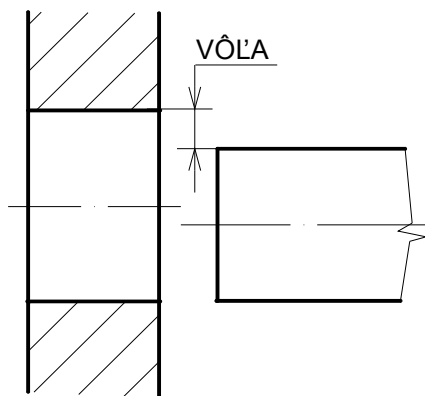
Obr.8.2. Parametre tolerovania dĺžkových rozmerov

Horná odchýlka diery – ES , resp. hriadeľa – es , je daná algebraickým rozdielom medzi horným medzným a menovitým rozmerom: $ES = D_{max} - D$; $es = d_{max} - d$. Dolná odchýlka diery – EI , resp. hriadeľa – ei , je daná algebraickým rozdielom medzi dolným medzným a menovitým rozmerom: $EI = D_{min} - D$; $ei = d_{min} - d$.

Menovitý rozmer – $D=d$ je základný rozmer predpísaný na výkrese, ku ktorému sa vzťahujú obidve odchýlky. Tak vzniká horný medzný rozmer – D_{max} , d_{max} (najväčší dovolený rozmer súčiastky) a dolný medzný rozmer – D_{min} , d_{min} (najmenší dovolený rozmer súčiastky).

Čiara prechádzajúca menovitým rozmerom, sa volá nulová čiara – $NČ$. Je čiarou nulovej odchýlky. Odchýlky, ktoré sa nachádzajú nad nulovou čiarou, sú kladné odchýlky, pod ňou záporné.

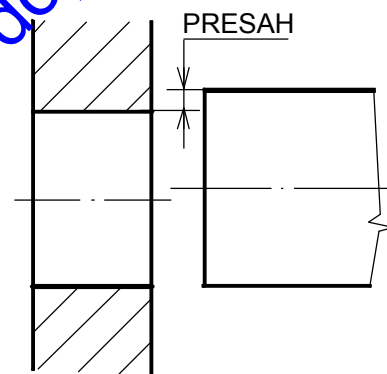
Skutočný rozmer je ten, ktorý sa pri výrobe dosiahne a nameria s dovolenou nepresnosťou. Jeho hodnota sa musí nachádzať medzi horným a dolným medzným rozmerom, čiže v tolerančnom poli, pretože inak by nebol výrobok prevádzky schopný a stal by sa nepodarkom.



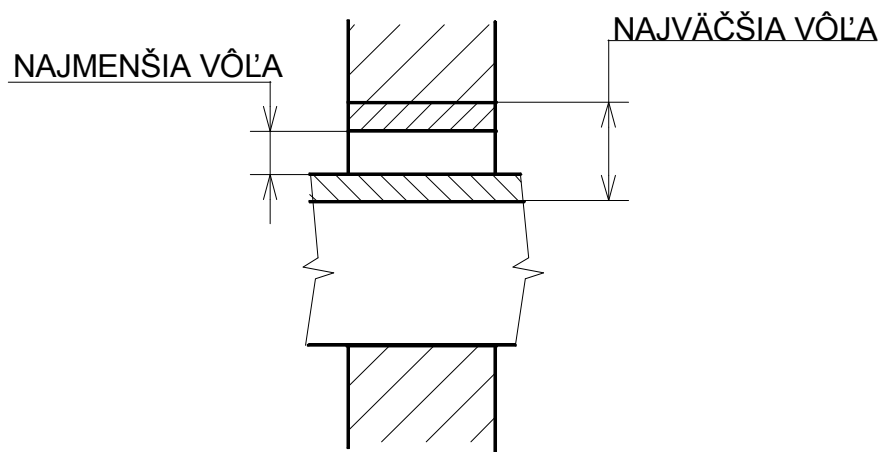
Obr.8.3. Náznorné zobrazenie vôle medzi dierou a hriadeľom

Problematiku predpisovania prípustných – medzných rozmerov a vytvorenia správneho vzájomného funkčného vzťahu medzi dvomi súčiastkami (hriadeľ – diera) rieši uloženie. Uloženie vyjadruje vzájomný vzťah spojovaných súčiastok, ktorý je charakterizovaný vôleu obr.8.3, ak je rozmer diery väčší ako rozmer hriadeľa alebo presahom obr.8.4, ak je rozmer hriadeľa väčší ako rozmer diery. Podľa toho vznikajú tri základné druhy uložení:

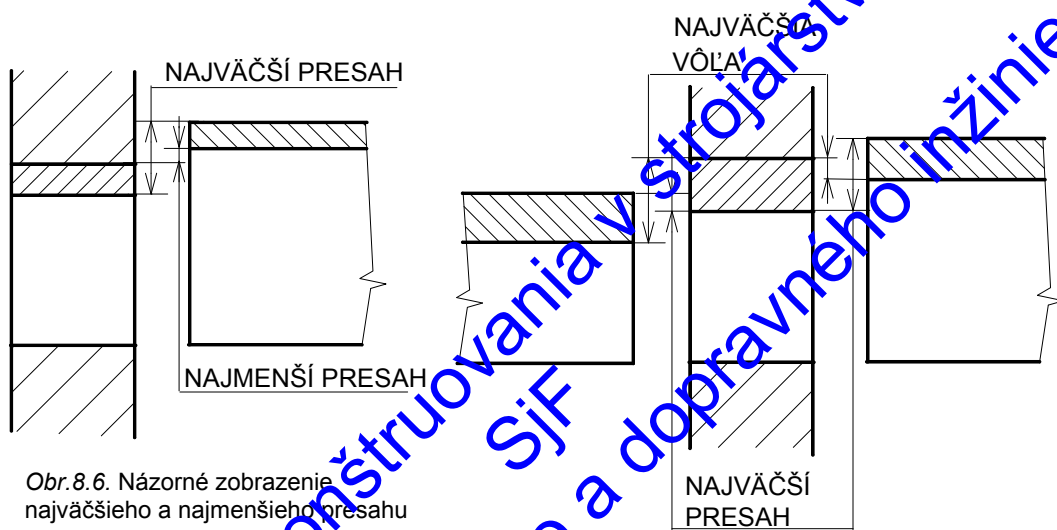
- uloženie s vôleu (skôr označované hybné) – predpísané uloženie zabezpečuje vždy vôleu v spojení dvoch súčiastok, t.j. dolný medzný rozmer diery je vždy väčší ako horný medzný rozmer hriadeľa. V grafickom znázornení leží tolerančné pole diery nad tolerančným polom hriadeľa obr.8.3.
- uloženie s presahom (skôr označované nehybné) – dané uloženie zabezpečuje vždy presah v spojení dvoch súčiastok, t.j. horný medzný rozmer diery je vždy menší ako dolný medzný rozmer hriadeľa. V grafickom znázornení leží tolerančné pole diery pod tolerančným polom hriadeľa obr.8.4.
- uloženie prechodné – uloženie, pri ktorom sa v spojení dvoch súčiastok môžu vyskytovať buď vôleu alebo presah v závislosti od skutočných rozmerov diery a hriadeľa. V grafickom znázornení sa tolerančné pole diery a hriadeľa prekrývajú úplne alebo čiastočne obr.8.7.



Obr.8.4. Náznorné zobrazenie presahu medzi dierou a hriadeľom



Obr. 8.5. Názorné zobrazenie najväčšej a najmensej vôle



Obr. 8.6. Názorné zobrazenie najväčšieho a najmenšieho presahu

Obr. 8.7. Názorné zobrazenie najväčšej vôle a najväčšieho presahu

8.1.1 Systémy tolerancií a uložení

V snahe neobmedziť vymeniteľnosť súčiastok len na výrobky určitého závodu, ale aj v snahe zjednotenia a zefektívnenia predpisu tolerancií a uloženia, výroby a merania rozmerov funkčných povrchov upravili sa v jednotlivých štátoch tolerančné systémy a vytvorili štátne normy. Tieto sa neskôr zjednotili Medzinárodnou normalizačnou organizáciou ISO, ktorá vypracovala a schválila jednotnú sústavu tolerancií a uložení. V súčasnosti túto sústavu predstavuje medzinárodná norma ISO 286-1 (*Sústava tolerancií a uložení ISO*). Túto normu zapracovali členské štáty ISO do svojich štátnych noriem. U nás je to sústava noriem STN 01 4201 až STN 01 4203. Tieto normy určujú tolerancie a základné odchýlky pre rozmery do 3150 mm, nad 3150 do 10 000 mm a platia pre valcové súčiastky a aj pre súčiastky s rovnobežnými plochami (žliabky, zárezy a pod.).

8.1.1.1 Normalizované tolerancie

Sústava tolerancií a uložení v STN 01 4201 (*Všeobecné ustanovenia rady tolerancií a základných odchýlok*) uvádza 20 stupňov presnosti, ktoré sa vzájomne rozlišujú podľa veľkosti normalizovanej tolerancie. Stupeň presnosti sa označuje poradovým číslom, napr. 01, 0, 1, 2 až 18. Normalizované tolerancie podľa stupňa presnosti sa označujú spojením veľkých písmen IT (internacionálna tolerancia) s poradovým číslom stupňa presnosti, napr. IT01, IT0, IT1, IT2 až IT18.

Pre výpočet hodnoty normalizovaných tolerancií IT2 až IT18 bola zavedená tolerančná jednotka i (prípadne I). Tolerančná jednotka je funkciou menovitého rozmeru a zahrňuje vplyv výroby a merania. Tolerančná jednotka sa vypočíta nasledovne:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D \quad \text{pre } D \leq 500 \text{ mm} \quad (8.1)$$

$$I = 0,004 \cdot D + 2,1 \quad \text{pre } D > 500 \text{ mm} \quad (8.2)$$

V uvedených rovniciach sú tolerančné jednotky i a I v μm , a rozmer D v mm. Rozmer D je výpočtový rozmer a určuje sa podľa vzťahu (8.1 až 8.3), ako geometrický priemer krajných hodnôt z každého pomôrou stanoveného rozsahu menovitých rozmerov D_1 , D_2 uvedených v tab. 8.1a, b, c.

$$D = \sqrt{D_1 \cdot D_2} \quad (8.3)$$

Tab. 8.1. Bežné normalizované rozsahy menovitých rozmerov v mm

D_1	D_2
cez	do
do 3 mm je $D = 3$	
3	6
6	10
10	18
18	30
30	50
50	80

a)

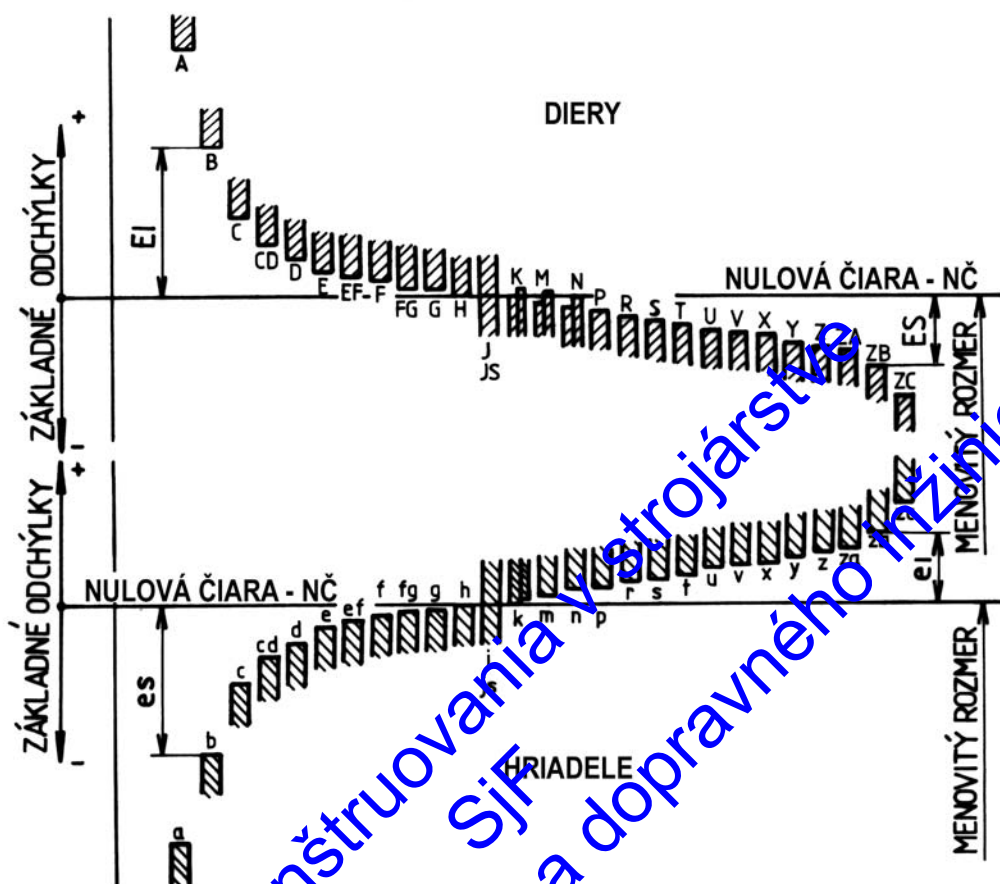
D_1	D_2
cez	do
80	120
120	180
180	250
250	315
315	400
400	500
500	630

b)

D_1	D_2
cez	do
630	800
800	1000
1000	1250
1250	1600
1600	2000
2000	2500
2500	3150

c)

- ak je základnou odchýlkou dolná odchýlka e_i , vypočíta sa horná odchýlka e_s pripočítaním základnej tolerance $es = e_i + IT$ (obr.8.9a).



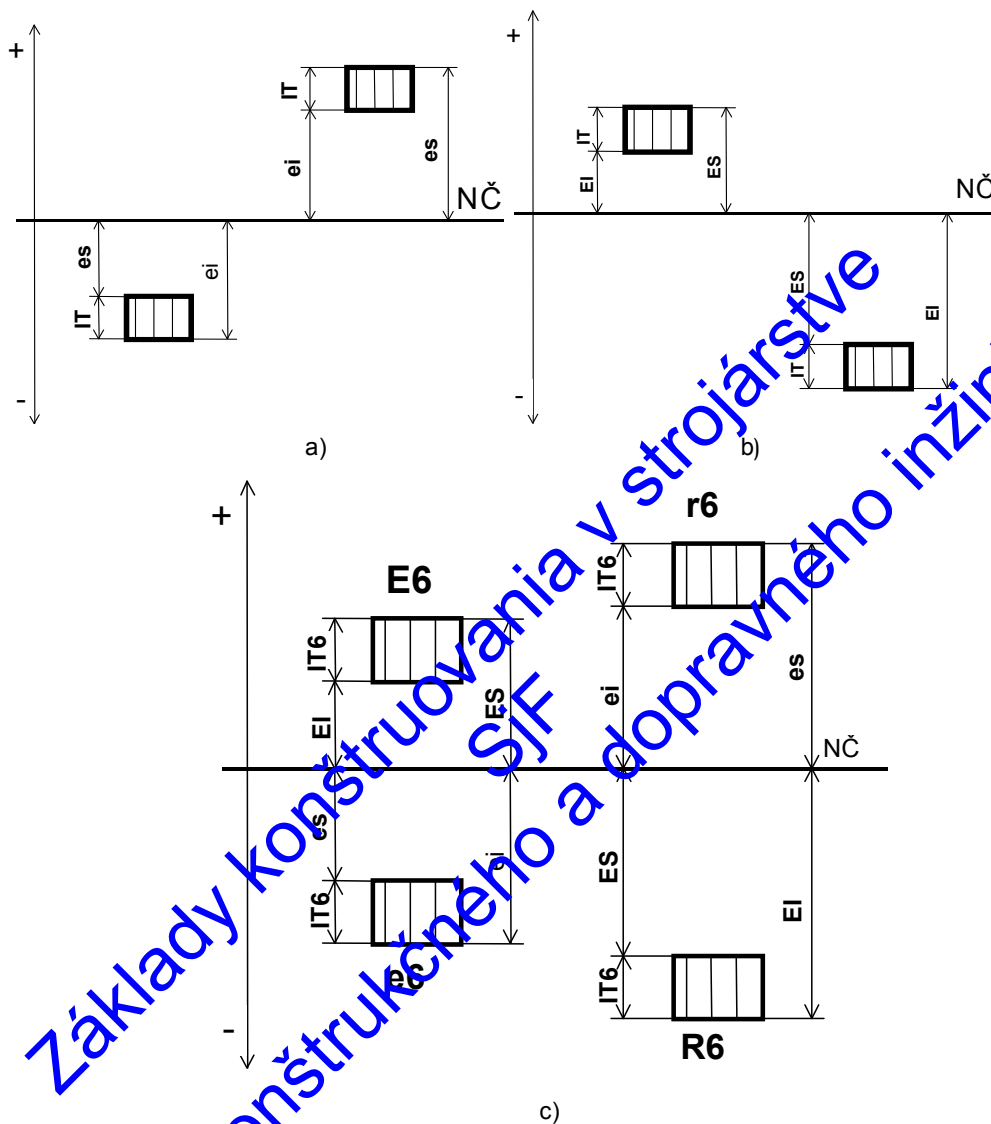
Obr.8.8. Prehľad polí tolerančných polí hriadeľov a dier

Veľkosti hodnôt základných odchýlok dier sú odvodené z odchýlok hriadeľov. Základné odchýlky pre diery od A až do H zodpovedajú dolným odchýlkam EI , zatiaľ čo od K až do ZC horným odchýlkam ES (obr.8.8). Druhá odchýlka závisí od číselnej hodnoty normalizovanej tolerance, pričom jej hodnota sa stanoví nasledovným výpočtom: $EI = ES - IT$, $ES = EI + IT$ (obr.8.9b).

Základné odchýlky dier sú proti nulovej čiare presne súmerné so základnými odchýlkami hriadeľov rovnakej značky, rovnakého rozsahu rozmerov a rovnakého stupňa presnosti, ale majú opačné znamienko $EI = -es$ (vzťahuje sa na diery A až H, obr.8.9c), $ES = -ei$ (vzťahuje sa na diery J až ZC, obr.8.9c). Uvedené pravidlo neplatí

pre diery N v IT_9 až IT_{16} s rozmermi nad 3mm , kde je základná odchýlka nulová. Druhá výnimka sa týka rozmerov nad 3mm pre diery J , K , M a N do IT_8 vrátane a pre diery od P do ZC do IT_7 vrátane, kde platí $ES = -ei + \Delta$. K tomu sa pripočíta $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$, čiže rozdiel medzi toleranciou uvažovaného stupňa IT_n a toleranciou najbližšieho presnejšieho stupňa presnosti IT_{n-1} .

V technickej praxi sa dovolené odchýlky obyčajne nevypočítavajú pre príslušné tolerančné značky hriadeľov a diery, ale vyhľadávajú v normách (STN 01 4202 a STN 01 4203), respektíve v publikáciách, napr. *Strojnícke tabuľky*.



Obr. 8.9. Základné odchýlky pre hriadele a diery

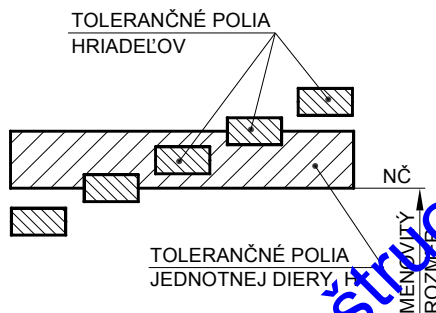
8.1.1.3 Sústava jednotnej diery a sústava jednotného hriadeľa

Tolerančná značka zložená z písmena a čísla, napr. g6, pripojená k menovitému rozmeru, napr. $\varnothing 35$, vytvára tolerovaný rozmer $\varnothing 35g6$ a zároveň určuje hodnoty obidvoch medzných odchýlok ($es = -9\mu m$, $ei = -25\mu m$), polohu a veľkosť tolerančného poľa (IT6 = $16\mu m$) a hodnoty obidvoch medzných rozmerov ($d_{max} = 34,991mm$ a $d_{min} = 34,975mm$).

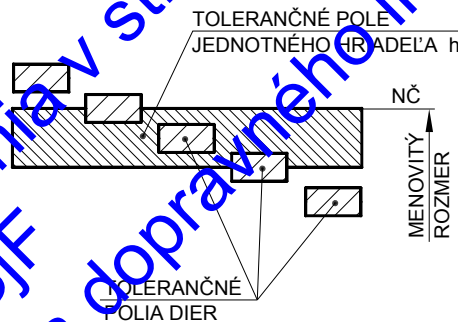
Združením dvoch tolerančných značiek (pre diery a hriadeľ) s rovnakým menovitým rozmerom sa predpisuje *uloženie*. Obidve značky sa píše za menovitým rozmerom v tvare zlomku, pričom tolerančná značka diery sa uvádza vždy v čitateli, napr. $\varnothing 35H7/g6$. Vychádzajúc zo sústavy tolerancií a uložení ISO vyplýva, že by bolo možné teoreticky zostaviť 28 X 28 rôznych uložení. Tento počet uložení je pre bežnú prax zbytočný.

Pre prehľadnosť a z konštrukčných a ekonomických dôvodov sa odporúčajú dva spôsoby združenia dier a hriadeľov, čiže dve sústavy uložení.

- uloženia v sústave jednotnej diery, pri ktorých sa dosahujú požadované *vôle* a *presahy* kombináciou rôznych tolerančných polí hriadeľov, od A až po zc, s tolerančným poľom jednotnej diery H, t.j. s dierou, ktorá má dolnú odchýlku $EI = 0$ (obr.8.10),
- uloženia v sústave jednotného hriadeľa, pri ktorých sa dosahujú požadované *vôle* a *presahy* kombináciou rôznych tolerančných polí dier, od A až po ZC, s tolerančným poľom jednotného hriadeľa h, t.j. s hriadeľom, ktorý má hornú odchýlku $es = 0$ (obr.8.11).



Obr.8.10. Uloženia v sústave jednotnej diery



Obr.8.11. Uloženia v sústave jednotného hriadeľa

Z hľadiska funkčných vlastností sú obidve sústavy rovnocenné. Vo všeobecnom strojárstve sa dáva obyčajne prednosť sústave jednotnej diery, pre ktorú je potrebný menší počet špeciálnych obrábacích nástrojov a meradiel. Konečný rozmer tolerovaných dier sa dosahuje najčastejšie pomocou normalizovaných nástrojov (výhrubníkov, výstružníkov, pretlačovacích a preťahovacích trŕňov). Kontrola rozmerov dier sa uskutočňuje normalizovanými pevnými medznými kalibrmi. Rôzne rozmery hriadeľov sa dosahujú spravidla bežnými obrábacími postupmi (sústružením, brúsením) a ich rozmery sa kontrolujú pomocou meradiel s posuvnými plochami (mikrometre, číselníkové odchýlkomery a pod.). Pre zabezpečenie jednotlivých uložení v daných sústavách je potrebné dodržať kombináciu tolerančných polí dier a hriadeľov podľa tab.8.3.

Tab.8.3. Druhy uložení v systávhách jednotnej diery a jednotného hriadeľa

Uloženie	Sústava jednotnej diery			Sústava jednotného hriadeľa		
	diera	hriadeľ	príklad	diera	hriadeľ	príklad
S vôľou (hybné): - točné - šmykové	H	a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g h	H7/e7	A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G H	h	E8/h7
Prechodné: - súmerné - posunovateľné - zhodné - narážané - pevné	H	js j k m n	H6/k5	Js J K M N	h	K7/h6
S presahom (nehybné): - lisované	H	p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc	H7/r6	P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC	h	S7/h6

Normy STN 01 4202 a STN 01 4203 sa zaoberajú aj s výberom tolerančných polí a odporúčaných uložení, ktoré sú postačujúce pre takmer všetky tolerančné požiadavky na konštrukciu a výrobu od najpresnejších strojov a prístrojov až po najhrubšie stroje a zariadenia. Tolerančné polia, ktoré nie sú v uvedených normách, sú považované za špeciálne a ich použitie je dovolené len v odôvodnených prípadoch.

V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené odporúčané uloženia v sústave jednotnej diery tab.8.4, v sústave jednotného hriadeľa tab.8.5, ako aj prehľad odporúčaných uložení s uvedením ich charakteristiky a príkladov všeobecného použitia pre uloženie s vôľou tab.8.6, uloženie prechodné tab.8.7 a uloženie s presahom tab.8.8. Uloženia v tabuľkách vytlačené tučným sú prednostné.

Tab.8.4. Odporúčané uloženia v sústave jednotnej diery pre rozmery < 500mm

Jedn diera	Základné odchylky hriadeľov																			
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	z
H5							g4	h4	js4	k4	m4	n4	p4	r4	s4					
H6							g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5					
H7			c8	d8	e7	f7	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u7			
					e8										s7					
H8			c8	d8	e8	f7		h7	js7	k7	m7	n7			s7		u8		x8	z8
				d9	e9	f8		h8												
						f9		h9												
H9				d9	e8	f8		h8												
					e9	f9		h9												
H10				d10				h9												
								h10												
H11	a11	b11	c11	d11				h11												
H12		b12						h12												

Tab.8.5.Odporúčané uloženia v sústave jednotného hriadeľa pre rozmery cez 1 do 500mm

Jedn. hria- deľ	Základné odchýlky dier																
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U
h4							G5	H5	JS5	K5	M5	N5					
h5						F7	G6	H6	JS6	K6	M6	N6					
h6				D8	E8	F7 F8	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	
h7				D8	E8	F8		H8	JS8	K8	M8	N8					U8
h8				D8 D9	E8 E9	F8 F9	H8 H9										
h9				D9 D10	E9	F9		H8 H9 H10									
h10				D10				H10									
h11	A11	B11	C11	D11				H11									
h12		B12						H12									

Tab.8.6. Charakteristika odporúčaných druhov uložení s vôľou a príklady nich najčastejšieho použitia

Uloženie		Charakteristika uloženia	Príklady použitia
SJD	SJH		
H11/a11 H11/b11	A11/h11 B11/h11	Uloženie s veľmi veľkou vôľou a s veľkými výrobnými toleranciami.	Uloženie pák a ťahadiel u strojov a zariadení s malými nárokmi. Veľmi zriedkavé použitie.
H11/d11	D11/h11	Uloženie s veľkou zaručenou vôľou a s veľkými výrobnými toleranciami.	Uloženie pák a ťahadiel; klzné ložiská kladiek; čap, hriadeľov podradných strojov.
H8/d8 H9/d9	D9/h8 D9/h9	Uloženie s veľkou vôľou u súčiastok s menšou výrobnou presnosťou.	Uloženie rôznych pák a ťahadiel; voľné kotúče a remenice.
H8/e8 H7/f7	E9/h8 F8/h6	Uloženie so značnou vôľou u súčiastok s väčšou výrobnou presnosťou.	Klzné ložiská strojov, čerpadiel, kompresorov; posuvné objímky na hriadeľoch; uloženie posuvných kameňov.
H7/g6	G7/h6	Uloženie s veľmi malou vôľou u súčiastok, ktoré je potrebné vyrobiť s veľkou presnosťou.	Vretená a šmykadlá obrábacích strojov; piesty na valcoch hydromotorov; výmenné a posuvné ozubené kolesá.
H6/h5 H7/h6		Uloženie s nepatrnou vôľou; po namazaní možnosť ručného posúvania.	Presné vedenie prístrojov a strojov; strediace nákrúžky viek; posúvateľné ozubené kolesá; strediace nákrúžky.
H8/h8 H8/h7		Šmykové uloženie so zriedkavým pohybom a s menšou presnosťou. Po namazaní možnosť posúvania rukou.	Strediace plochy súčiastok; uloženie ručných kľúč, kulís a pod.; nastavovacie a dištančné krúžky; ozubené kolesá.
H11/h11		Uloženie súčiastok s malou vôľou pri veľkých toleranciách, ktoré sa dajú do seba ľahko zasunúť.	Rozperné krúžky a puzdrá na hriadeľi; dĺžky vodiacich čapov a ložísk; súčiastky zvarkov.

Tab.8.7. Charakteristika odporúčaných druhov uložení prechodných a príklady ich najčastejšieho použitia

Uloženie		Charakteristika uloženia	Príklady použitia
SJD	SJH		
H6/k5 H7/k6	K7/h6	Uloženie už s malým presahom; súčiastky možno spojiť a rozobrať ručne alebo miernym tlakom.	Zriedka rozoberané súčiastky (poistené proti otáčaniu) - spojky, kľuky, ozubené kolesá, páky montážne kolíky a pod.
H7/m6 H7/n6	M7/h6 N7/h6	Uloženie spravidla už s malým presahom; súčiastky možno už obťažnejšie zložiť alebo rozobrať. Obvykle sa montáž a demontáž uskutočňuje lisom alebo montážnymi pomôckami.	Súčiastky, ktoré majú byť pevne uložené. Musia sa poistiť proti vzájomnému poisteniu: ozubené kolesá, spojky, páky, kľuky na čapoch, hrubostenné ložiskové puzdrá, licované skrutky, valcové kolíky.

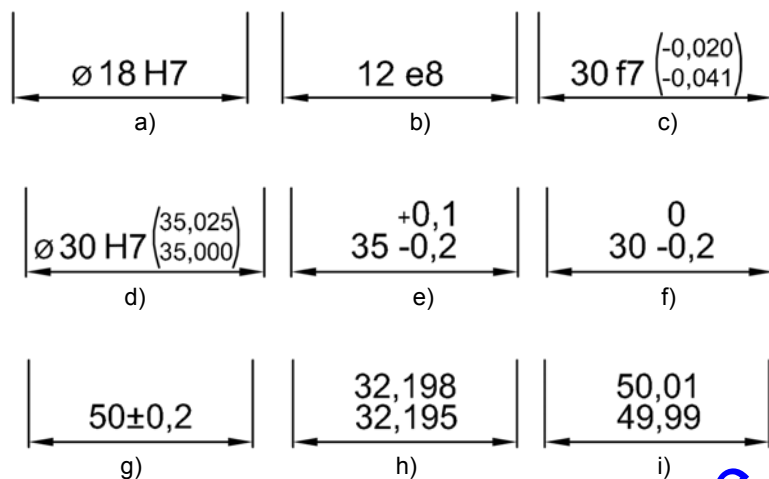
Tab.8.8. Charakteristika odporúčaných druhov uložení s presahom a príklady ich najčastejšieho použitia

Uloženie		Charakteristika uloženia	Príklady použitia
SJD	SJH		
H7/p6 H7/r6	P7/h6 R7/h6	Uloženie so zaručeným presahom; súčiastky sa dajú zložiť alebo rozobrať len veľkou lisovacou silou za studenú, prípadne zložiť za tepla.	Súčiastky, ktoré majú byť pevne uložené bez zvláštného poistenia proti otáčaniu; ložiskové puzdrá, lisované ozubené kolesá, náboje spojok, vence ozubených kolies, bandáže pojazdových kolies.
H7/s6 H7/s7	S7/h6	Uloženie s veľkým presahom; súčiastky možno zložiť len veľmi veľkou lisovacou silou za studenú alebo montovať za tepla.	Súčiastky, ktoré sú trvale nasadené na riadelloch a ktoré prenášajú veľké striedavé alebo nárazové zaťaženie. Netreba ich poisťovať voči otáčaniu.
H7/t6 H7/u7	T7/h6 U8/h7	Uloženie s veľmi veľkým presahom; súčiastky sa dajú zložiť len za tepla a sú prakticky nedemontovateľné.	Súčiastky, ktoré majú byť zhotovené z jedného kusa, ale z výrobných dôvodov sa zhotovujú ako skladané.

8.2 Predpis presnosti rozmerov na výkresoch a zostavách

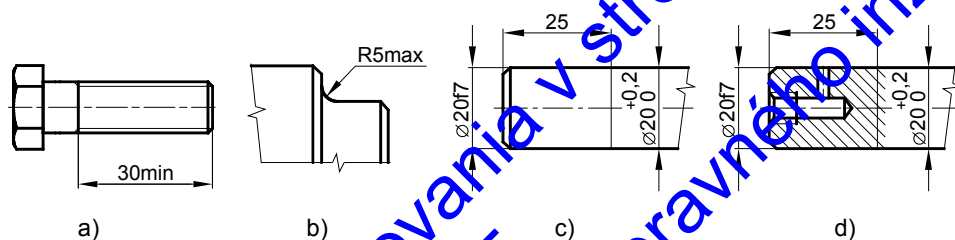
Predpis presnosti rozmerov podľa *STN ISO 406 (Tolerovanie dĺžkových a uhlových rozmerov. Predpisovanie na výkresoch)* možno realizovať nasledujúcimi spôsobmi:

- tolerančnými značkami *obr.8.12 a, b*
- tolerančnými značkami spolu s číselnými medznými odchýlkami umiestnenými v zátvorke *obr.8.12 c*,
- tolerančnými značkami spolu s medznými rozmermi umiestnenými v zátvorke *obr.8.12 d*,
- číselnými medznými odchýlkami *obr.8.12 e, f, g*,
- medznými rozmermi *obr.8.12 h, i*; medzné rozmery sa predpisujú hodnotami horného a dolného medzného rozmeru.



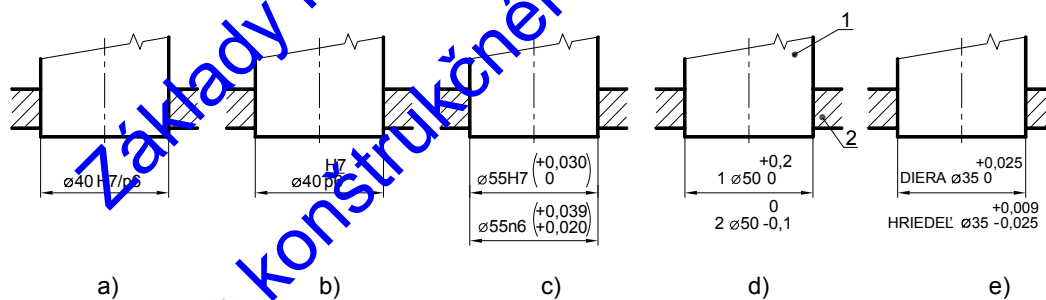
Obr.8.12. Zápis tolerancií pomocou tolerančných značiek a číselných medzných odchýlok

Ďalšie možné prípady predpisovania presnosti rozmerov sú znázornené na obr.8.13.



Obr.8.13. Možné prípady predpisovania presnosti rozmerov

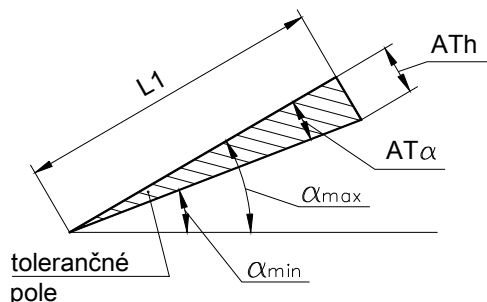
Zápis uloženia súčiastok na výkresoch zostáv pomocou tolerančných značiek, číselných medzných odchýlok alebo pomocou medzných rozmerov je znázornený na obr.8.14.



Obr.8.14. Spôsoby uloženia súčiastok na výkrese zostáv

8.3 Tolerovanie uhlových rozmerov

Tolerancia uhla – AT je rozdiel medzi najväčším α_{max} a najmenším medzným uhlom α_{min} . Vzhľadom k menovitému uhlu môže byť tolerancia jednostranná $+AT$, $-AT$ (obr.8.16a, b) alebo symetrická $\pm AT/2$ (obr.8.16c,d). Ak je vyjadrená v uhlových jednotkách, označuje sa AT_α , ak je vyjadrená dĺžkou úsečky na kolmici k strane uhla, označuje sa AT_h (obr.8.15).

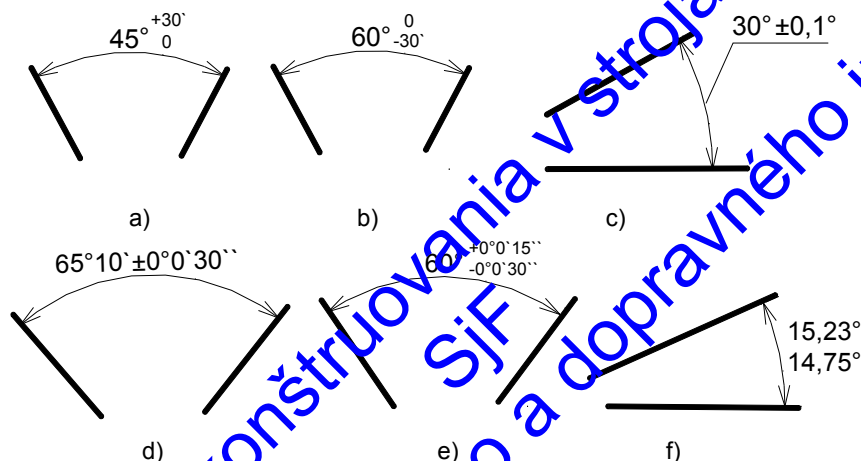


Obr.8.15. Tolerančné pole rovinného uhla

Číselné hodnoty tolerancií AT_α a AT_h stanovuje STN 01 4270 (Základné pravidlá zameniteľnosti. Tolerance uhlov.) v 17 stupňoch presnosti pre dĺžky L_1 do 2500mm a označujú sa AT1, AT2 až AT17.

Na výkresoch je možné tolerovať uhly dvomi rozdielnymi spôsobmi, a to predpísaním:

- číselných hodnôt medzných odchýlok v uhlových jednotkách za menovitým rozmerom uhla (obr.8.16)
- geometrických tolerancií sklonu (pozri odsek 8.6.2).



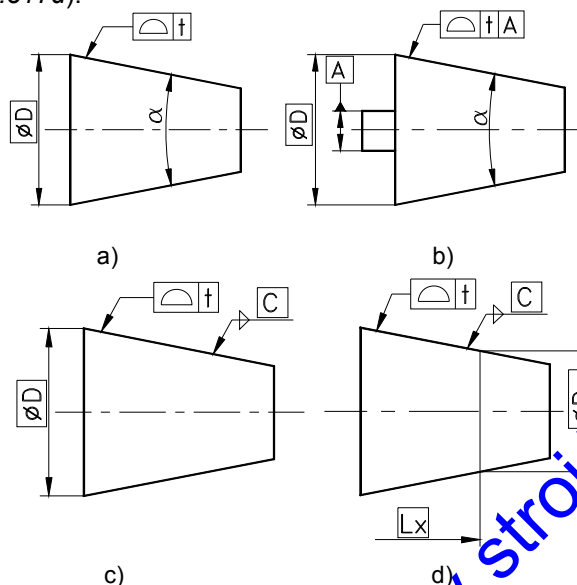
Obr.8.16. Príklady zapisovania tolerancií uhlov

8.4 Tolerovanie kužeľov

Norma STN ISO 3040 (Technické výkresy. Kótovanie a tolerovanie kužeľov.) uvádza metódy tolerovania kužeľov, ktoré zabezpečujú toleranciu charakteristického priemeru, dĺžku kužeľa a kužeľového povrchu. Uvedené metódy sú vlastne predpisom geometrických tolerancií profilu danej plochy. Číselná hodnota tolerancie t určuje šírku tolerančného poľa. Podrobnejšie problematiku geometrického tolerovania profilu ľubovoľného povrchu rozoberá STN EN ISO 1660 (Technické výkresy. Kótovanie a tolerovanie profilov).

Metódy tolerovania kužeľov:

- tolerovanie kužeľov pri danom uhle kužeľa α , bez väzby na základňu (obr.8.17a), s väzbou na základňu (obr.8.17b),
- tolerovanie kužeľov pri danej kužeľovitosti C (obr.8.17c),
- tolerovanie kužeľov pri danej kužeľovitosti C so súčasným určením axiálnej polohy kužeľa (obr.8.17d).



Obr.8.17. Spôsoby tolerovania kužeľov s predpisom na výkrese

8.5 Tolerovanie závitov

Tolerovaním závitov, teda zabezpečením vhodného geometrického vzťahu medzi vonkajším (skrutka) a vnútorným závitom (matica), vytvárame požadované závitové uloženie. Norma STN 01 4001 (Závity. Terminológia) stanovuje nasledovné závitové uloženia:

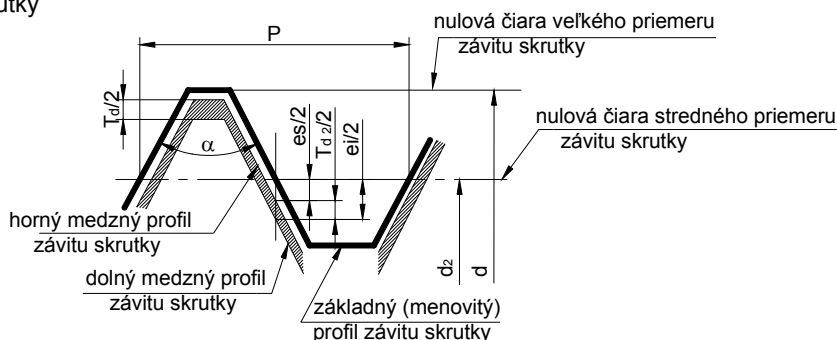
- závitové uloženie s vôľou
- závitové uloženie prechodné,
- závitové uloženie s presahom.

Treba však zdôrazniť, že v prevažnej väčšine prípadov sa realizuje závitové uloženie s vôľou. Iné druhy závitových uložení (prechodné, s presahom) sa využívajú zriedkavo, len v špeciálnych konštrukčných riešeniach.

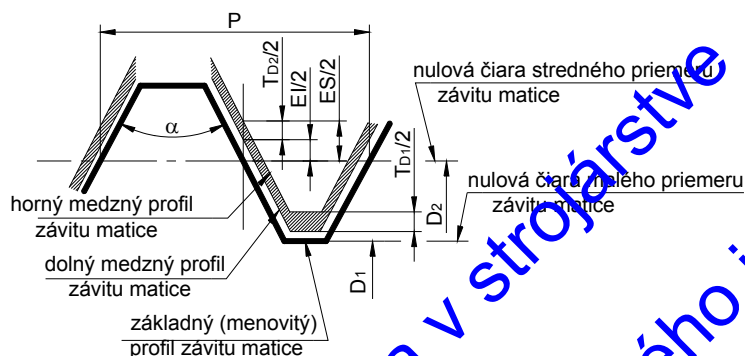
8.5.1 Závitové uloženie metrického závitu s vôľou

Závitové uloženie s vôľou dosiahneme len vtedy, ak sa skutočné profily vonkajšieho závitu (skrutky) a vnútorného závitu (matice) budú nachádzať medzi hornými a dolnými medznými profilmi jednotlivých závitov (obr.8.18a,b). V prípade, ak by sa skutočné profily závitu skrutky a závitu matice zhodovali s ich základným (menovitým) profilom, potom by závitové spojenie bolo teoreticky nulovú vôľu.

Závit skrutky



Závit matice



Obr.8.18. Profily a tolerancie závitov skrutky a matice

Poloha medzných profilov závitu (obr.8.18) je predpísaná tolerančnými poliami dvoch priemerov závitu:

- u vonkajšieho závit: tolerančnými poliami stredného priemeru závit d_2 a veľkého priemeru závit d ,
- u vnútorného závit: tolerančnými poliami stredného priemeru závit D_2 a malého priemeru závit D .

Tolerancia – T (šírka tolerančných polí) uvedených priemerov závitov pri ich tolerovaní je definovaná pomocou:

- stupňov presnosti priemerov závitov
- polohami tolerančných polí priemerov závitov a ich výberom.

Skupiny stupňov presnosti priemerov závitov sú uvedené v tab.8.9.

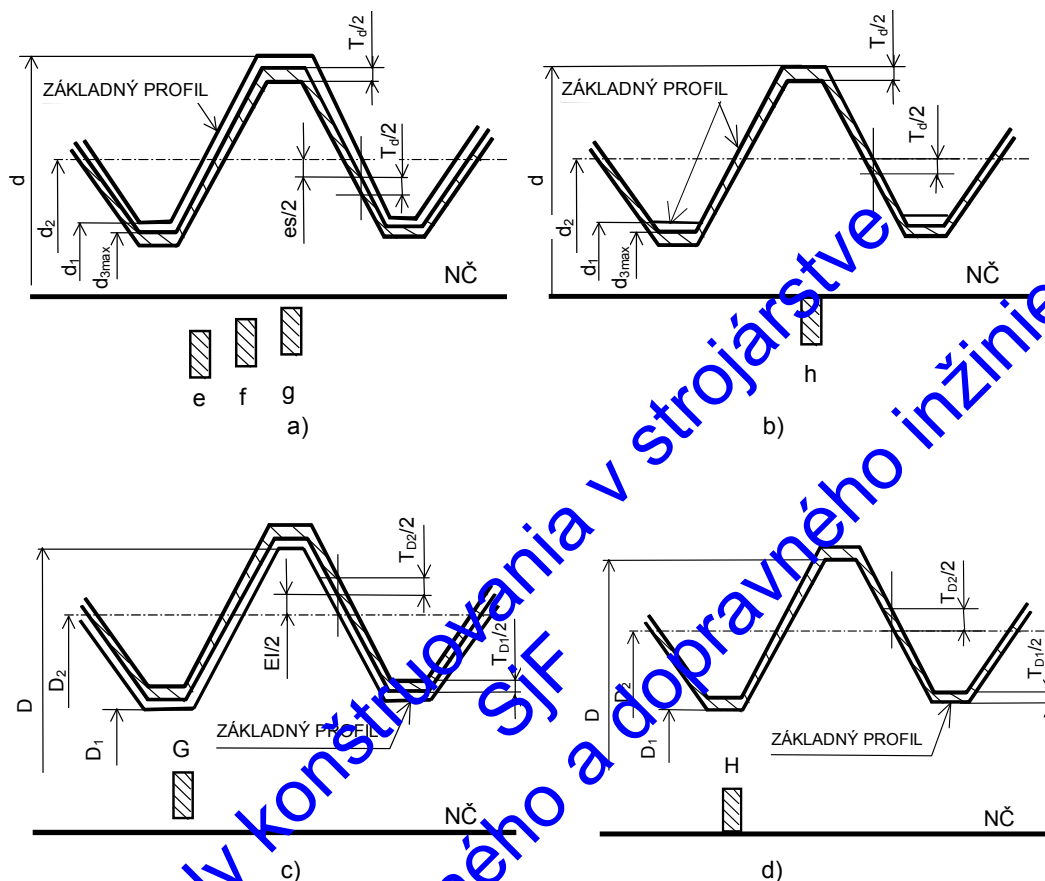
Tab.8.9. Stupne presnosti priemerov závitov

Druh závit	Priemer závit	Stupeň presnosti
závit skrutky	veľký priemer závit skrutky d	4, 6, 8
	stredný priemer závit skrutky d_2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
závit matice	malý priemer závit matice D_1	4, 5, 6, 7, 8
	stredný priemer závit matice D_2	4, 5, 6, 7, 8

Pre každý z dvojíc, stredný, veľký alebo malý priemer je určený počet stupňov presnosti. Stupeň presnosti 6 sa vždy používa pre strednú triedu presnosti a normálnu dĺžku závitov. Nižšie stupne presnosti ako 6 sú určené pre jemnú triedu presnosti a krátku dĺžku závitov. Vyššie stupne ako 6 sú určené pre hrubú triedu presnosti a dlhú dĺžku závitov.

Normou STN ISO 965-1 (Medzné závity ISO. Tolerancie.) sú určené nasledujúce skupiny normalizovaných polôh tolerančných polí priemerov závitov:

- pre vnútorné závity $G, H,$
- vonkajšie závity $e, f, g, h.$



Obr.8.19. Polohy tolerančných polí pre vnútorné a vonkajšie závity

V špecii redukovať počet kalibrov a nástrojov tolerancie polia priemerov závitov sa prednostne volia podľa stupňov presnosti: jemný, stredný a hrubý z *tab.8.10* a *tab.8.11*. Voľba vhodného tolerančného polia a stupňa presnosti závisí aj od dĺžky zaskrutkovania. Dĺžky zaskrutkovania sa u metrických závitov delia na: *krátke* – S , *normálne* – N , *dlhé* – L . V *tab.8.12* je prehľad skupín dĺžok zaskrutkovania len pre niektoré hodnoty menovitého priemeru d a rozstuhu P .

Tab.8.10. Odporúčané tolerančné polia pre vnútorné závit

Trieda presnosti	Poloha tolerančného poľa G			Poloha tolerančného poľa H		
	S	N	L	S	N	L
jemná	-	-	-	4H	5H	6H
stredná	(5G)	6G	(7G)	5H	6H	7H
hrubá	-	(7G)	(8G)	-	7H	8H

Tab.8.11. Odporúčané tolerančné polia pre vonkajšie závit

Trieda presnosti	Poloha tolerančného poľa e			Poloha tolerančného poľa f			Poloha tolerančného poľa g			Poloha tolerančného poľa h		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L
jemná	-	-	-	-	-	-	-	(4g)	(5g4g)	(3h4h)	4h	(5h4h)
stredná	-	6e	(7e6e)	-	6f	-	(5g6g)	6g	(7g6g)	(5h6h)	6h	(7h6h)
hrubá	-	(8e)	(9e8e)	-	-	-	-	8g	(9g8g)	-	-	-

Poznámky k tabuľkám: Ak nie je známa skutočná dĺžka zaskrutkovania (napr. pri výrobe skrutiek), odporúča sa skupina N. Vytieňované tolerančné polia sa odporúčajú pre bežné vonkajšie a vnútorné závit. Tolerančné polia vytlačené hrubými písmenami predstavujú prvú voľbu. Tolerančné polia vytlačené bežnými písmenami predstavujú druhú voľbu. Tolerančné polia vytlačené v zátvorke predstavujú tretiu voľbu.

Ľubovoľné odporúčané tolerančné polia pre vnútorné závit sa môžu kombinovať s ľubovoľnými odporúčanými tolerančnými poliami vonkajších závitov. Na zabezpečenie dostatočnej vôle závitov sa musia výsledné komponenty prednostne vyrábať s uloženiami H/g, H/h alebo G/h. U závitov s povrchovou úpravou sa uvedené tolerancie vzťahujú na súčiastky pred samotnou povrchovou úpravou. Po nanesení povlaku skutočný profil závitú nesmie v žiadnom bode presiahnuť medze maxima materiálu tolerančných polí H alebo h.

Tab.8.12. Dĺžky zaskrutkovania v mm len pre niektoré hodnoty **D**, **d** a **P**

Základný veľký priemer <i>D, d</i>		Rozstup <i>P</i>	Dĺžka zaskrutkovania			
nad	do vrátane		do vrátane	<i>N</i>		<i>L</i>
				nad	do vrátane	nad
2,8	5,6	0,6	1,7	1,7	5	5
		0,8	2,5	2,5	7,5	7,5
5,6	11,2	1	3	3	9	9
		1,5	5	5	15	15
11,2	22,4	1,25	4,5	4,5	13	13
		1,6	5,6	5,6	16	16
		2	8	8	24	24
22,4	45	1,5	6,3	6,3	19	19
		2	8,5	8,5	25	25
		3,5	15	15	45	45
45	90	2	9,5	9,5	28	28
		3	15	15	45	45
		5	24	24	71	71

Označenie tolerančného poľa sa skladá z označenia *tolerancie stredného priemeru*, za ktorým nasleduje *označenie tolerančného poľa vrcholového priemeru*.

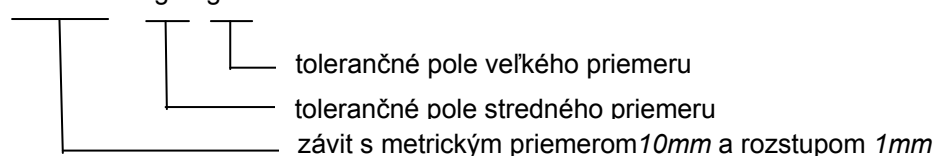
Každé označenie tolerančného poľa obsahuje:

- číslo – znamenajúce stupeň presnosti,
- písmeno – znamenajúceho polohu tolerančného poľa (*veľké písmeno pre vnútorné závit, malé písmeno pre vonkajšie závit*).

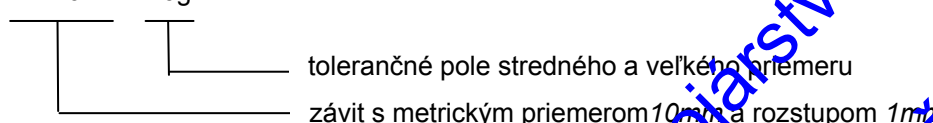
Ak označenia pre tolerančné pole stredného a vrcholového priemeru (*veľký priemer vonkajšieho, resp. malý priemer vnútorného závit*) sú rovnaké, nie je potrebné symboly opakovať.

Príklady označenia vonkajších závitov:

M10 x 1 – 5g 6g

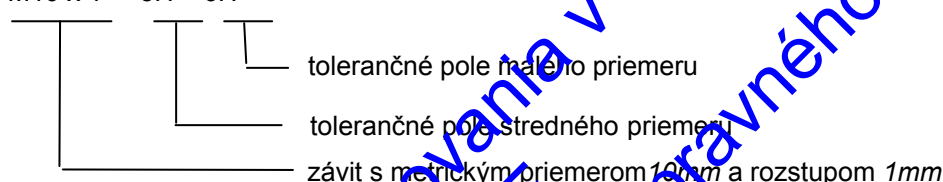


M10 x 1 – 6g

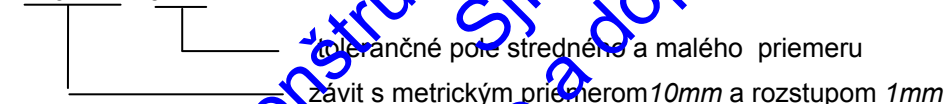


Príklady označenia vnútorných závitov:

M10 x 1 – 5H 6H



M10 x 1 – 6H



Označenie dĺžkovej skupiny závitov, krátky – S a dlhý – L sa vkladá za označenie tolerančného poľa oddeleného pomlčkou: M20x2–5H–S, M6–7g6g–L. Vynechanie označenia dĺžkovej skupiny závitov znamená skupinu normálnu – N.

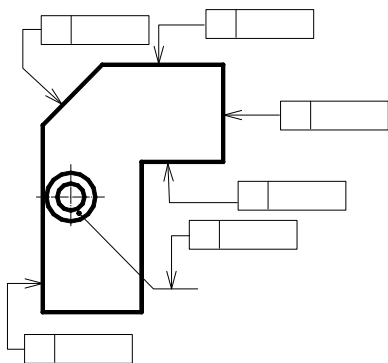
Vynechanie označenia tolerančného poľa znamená použitie strednej triedy presnosti s nasledujúcimi stanovenými tolerančnými poliami:

- vnútorné závit – 5H pre závit do M1,4 vrátane,
– 6H pre závit M1,6 a väčšie;
- vonkajšie závit – 6h pre závit do M1,4 vrátane,
– 6g pre závit M1,6 a väčšie.

Druh uloženia súčastok so závitmi je určený tolerančným poľom vnútorného závit, za ktorým nasleduje tolerančné pole vonkajšieho závit oddelené lomítkom: M6 – 6H/6g, M20x2 – 6H/5g6g.

8.6 Geometrické tolerovanie

Pod pojmom geometrické tolerovanie rozumieme tolerancie tvaru, smeru a polohy. Základnými pojmami geometrického tolerovania sú: odchýlka a tolerancia. Pojem



Obr.8.20. Umiestnenie tolerančného rámčeka

odchýlka sa používa k všeobecnému popisu geometrie skutočných plôch a profilov a k jednotnému vyhodnocovaniu výsledkov merania skutočného profilu a plôch. Tolerancie sa definujú všeobecne len ako najväčšie dovolené číselné hodnoty, ktoré určujú charakteristický rozmer rovinných alebo priestorových tolerančných polí. Tolerančné polia musia byť jednoznačne definované z hľadiska tvaru a veľkosti, a tiež z hľadiska priradenia k posudzovanému tvarovému prvku. Druhy geometrických tolerancií sa na výkrese označia grafickým symbolom *tab.8.13* a doplnkovou značkou *tab.8.14*. Značka a číselná hodnota tolerancie, resp. označenie základne, sa zapisuje do tolerančného rámčeka rozdeleného na dve

alebo tri polia, v tomto poradí (zľava doprava):

- v prvom poli sa uvádza značka tolerancie *tab.8.13*,
- v druhom poli sa zapisuje číselná hodnota tolerancie v milimetroch,
- v treťom poli sa zapisuje, ak je to potrebné, označenie základne (*obr.8.22b*).

Tab.8.13. Označovanie druhu tolerancie tvaru a polohy

Tolerancie	Tolerované charakteristiky	Značky	Poriadavka základne
Tvaru	Priamosť	—	Nie
	Rovinnosť	▭	Nie
	Kruhovitosť	○	Nie
	Valcovitosť	⊂	Nie
Profilu	Profil ľubovoľného opisu	⌒	Nie/Možná
	Profil ľubovoľného povrchu	⌒	Možná
Smeru	Rovnobežnosť	//	Áno
	Kolmosť	⊥	Áno
	Sklon	∠	Áno
Polohy	Umiestnenie	⊕	Možná
	Sústreďnosť a súosovosť	⊙	Áno
	Súmernosť	≡	Áno
Hádzania	Kruhové hádzanie	↗	Áno
	Celkové hádzanie	↗↗	Áno

Tolerančná značka sa kreslí plnými tenkými čiarami alebo čiarami tej hrúbky, akou sa píše číslice. Rozmery tolerančného rámčeka musia umožniť zreteľné vpísanie všetkých údajov. Výška číslíc a písmen zapisovaných do rámčeka sa musí rovnať veľkosti písma kót. Tolerančný rámček sa kreslí prednostne vo vodorovnej polohe (obr.8.20), v nutných prípadoch sa dovoľuje kresliť zvisle tak, aby sa údaje čítali z pravej strany výkresu. Tolerančný rámček sa nesmie pretínať žiadnymi čiarami. Stred tolerančného rámčeka sa

Tab.8.14. Doplnkové značky geometrického tolerovania

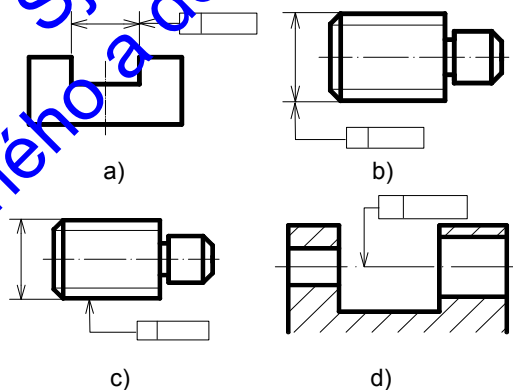
Význam doplnkovej značky	Značka
Priame označenie tolerovaného prvku	
Označenie tolerovaného prvku písmenom	
Označenie základného prvku	
Označenie časti základného prvku	
Teoretický presný rozmer	
Podmienka obalovej plochy	
Podmienka maxima materiálu	
Podmienka minima materiálu	
Posunuté tolerančné pole	
Dookola (profil)	

spája čiarou zakončenou šípkou s obrysou čiarou alebo s pomocnou čiarou vedenou z obrysovej čiary. Spojovacia čiara môže byť priama alebo lomená, avšak koniec čiary zakončený šípkou musí smerovať k obrysovej čiare tolerovaného prvku v smere merania odchýlky. Ak sa vzťahuje tolerancia na plochu a nie na os prvku, musí sa šípka umiestniť v dostatočnej vzdialenosti od konca kótovacej čiary (kótovacej šípky) (obr.8.21c).

Ak sa tolerancia vzťahuje na os alebo rovinu súmernosti určitého prvku, musí sa koniec kótovacej čiary viesť v predĺžení kótovacej čiary príslušného rozmeru (obr.8.21a). Keď je rozmer prvku už určený na iných kótovacích čiarach toho prvku, nezapisuje sa kóta na kótovacej čiare, ktorá slúži

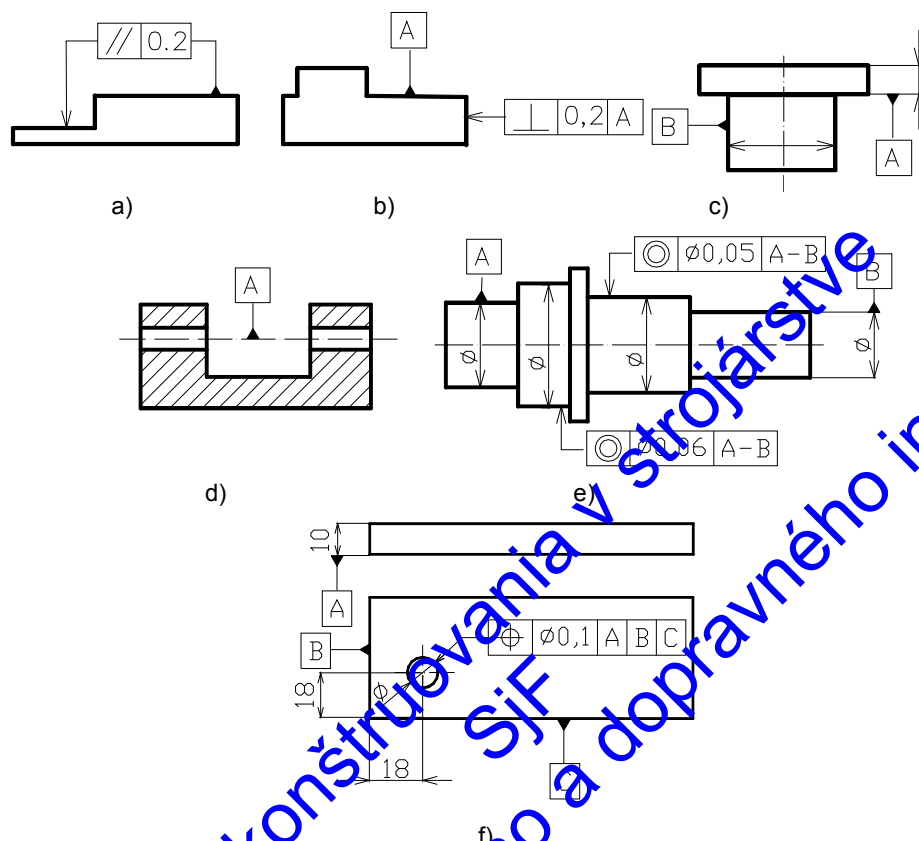
k označeniu tolerancie tvaru alebo polohy daného prvku. Kótovaciu čiaru bez zapísanej kóty treba považovať za časť tohto označenia. Ak sa tolerancia vzťahuje na boky závitovej plochy, pripája sa tolerančný rámček, podľa obr.8.21c, v prípade, že sa

vzťahuje tolerancia na os závit, podľa obr.8.21b. Ak sa tolerancia vzťahuje na spoločnú os alebo spoločnú rovinu súmernosti, pričom z výkresu vyplýva, pre ktoré polohy je daná os spoločná, vedie sa spojovacia čiara k spoločnej osi (obr.8.21d). Pri toleranciách polohy a súhrnných toleranciách tvaru a polohy sa určujú základne. Pod základňou rozumieme teoretický presný geometrický prvok (napr. os symetrie, rovina, priamka), ku ktorému sa vzťahuje tolerovaný prvok. Základňa sa teda používa



Obr.8.21. Kreslenie tolerančného rámčeka vzťahujúceho sa k osi alebo rovine

ako základ pre vytvorenie geometrických vzťahov medzi príslušnými prvkami. Základne sa označujú plným alebo prázdny trojuholníčkom, ktorý sa spája spojovacou čiarou s tolerančným rámčekom, (obr.8.22a). Trojuholníček je rovnostranný a má výšku približne rovnajúcu sa veľkosti kót. Ak sa nedá trojuholníček jednoducho spojiť s rámčekom, označí sa základňa písmenom veľkej abecedy v osobitnom rámčeku a toto písmeno sa vpíše do tretieho poľa rámčeka (obr.8.22b). Ak je základňou plocha a nie os prvku, musí sa trojuholníček umiestniť v dostatočnej vzdialenosti od konca kótovacej čiary (šípky), (obr.8.22c).



Obr.8.22. Označovanie základne

Ak je základňou spoločná os súmernosti, označí sa základňa, podľa (obr.8.22d).

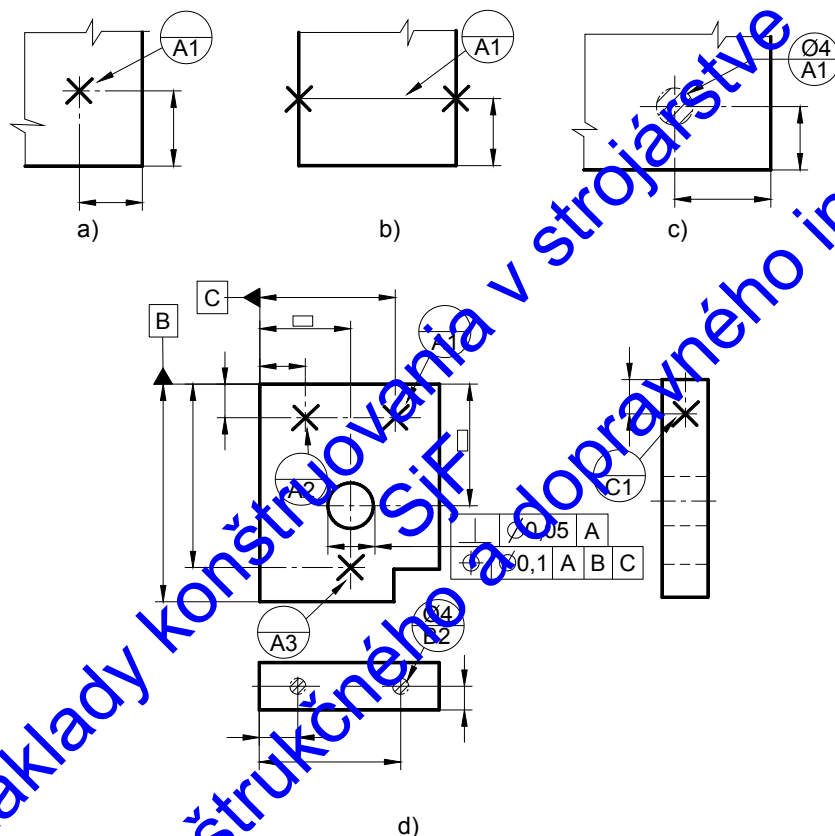
Základňa môže byť tvorená jedným alebo viacerými prvkami:

- Základňa tvorená jedným prvkom. Ak základňu tvorí jeden prvok, označí sa jedným písmenom v treťom poli tolerančného rámčeka (obr.8.22b).
- Spoločná základňa tvorená dvomi prvkami. Ak spoločnú základňu tvoria dva prvky, označí sa v treťom poli tolerančného rámčeka dvomi písmenami oddelenými pomôčkou (obr.8.22e).
- Sústava základní tvorená dvomi alebo viacerými prvkami. Ak sústava základní je tvorená dvomi alebo viacerými prvkami, písmená označujúce základne sa

zapisujú do tretieho a nasledujúcich polí tolerančného rámčeka podľa poradia základní (obr.8.22f). Poradie základní ovplyvňuje získané výsledky .

- Čiastkové základne. Z určitých výrobných dôvodov je vhodné voliť namiesto celej veľkej plochy (základne), pri ktorej nevieme dosiahnuť požadovanú presnosť, menšie plochy (čiastkové základne). Za čiastkové základne je vhodné voliť hlavne upínacie plochy alebo úložné miesta pri výrobe a meraní. Čiastkovou základňou môže byť:
 - bod: označuje sa krížikom (obr.8.23a),
 - úsečka: označuje sa dvomi krížikmi spojenými tenkou súvislou čiarou (obr.8.23b),
 - kruhová alebo štvorcová plocha: sa označuje tenkou bodkočiarkovanou čiarou s dvomi bodkami a šrafovaním (obr.8.23c).

Informácie o čiastkovej základni sa zapisujú do kružnice rozdelené na dve polovice. Dolná časť kružnice je určená pre písmeno a číslo. Písmeno označuje základný prvok a číslo označuje čiastkovú základňu. Horná časť kružnice je určená na zapísanie veľkosti čiastkovej základne. Kružnica čiastkovej základne je spojená s jej označením odkazovou čiarou ukončenou šípkou. Praktické použitie čiastkových základní je znázornené na



Obr.8.23. Označovanie čiastkových základní

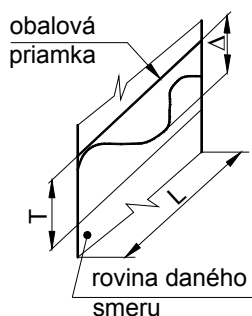
(obr.8.23d). Čiastkové základne A1, A2 a A3 tvoria základňu A, čiastkové základne B1 a B2 tvoria základňu B a čiastková základňa C1 tvorí základňu C.

8.6.1 Odchýlka a tolerancia tvaru

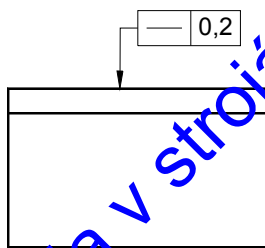
Tolerancia tvaru je najväčšia dovolená hodnota odchýlky tvaru. Tolerančné pole tvaru je oblasť v priestore alebo v rovine, v ktorej musia ležať všetky body skutočného posudzovaného prvku v rozsahu vzťažného úseku. Šírka alebo priemer tolerančného poľa sa určuje hodnotou tolerancie, jeho poloha voči skutočnej ploche sa určuje obalovým prvkom. Odchýlka tvaru sa kvantitatívne vyhodnocuje ako najväčšia vzdialenosť skutočnej plochy (skutočného profilu) od obalovej plochy (obalového profilu) v smere normály k obalovej ploche (obalovému profilu). Medzi odchýlky a tolerancie tvaru patria:

a) Odchýlky a tolerancie priamosti

Odchýlka priamosti v rovine je najväčšia vzdialenosť Δ bodov od skutočného profilu obalovej priamky v rozsahu vzťažného úseku L . Tolerančné pole priamosti v rovine je oblasť ohraničená dvomi rovnobežnými priamkami (obr.8.24a), rovinami alebo valcom vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii priamosti T . Príklad predpisu tolerancie priamosti je na obr.8.24.b.



a)



b)

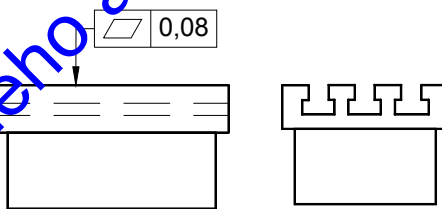
Obr.8.24. Odchýlka tolerancie priamosti

b) Odchýlky a tolerancie rovinnosti

Odchýlka rovinnosti je najväčšia vzdialenosť Δ bodov od skutočnej plochy obalovej



a)



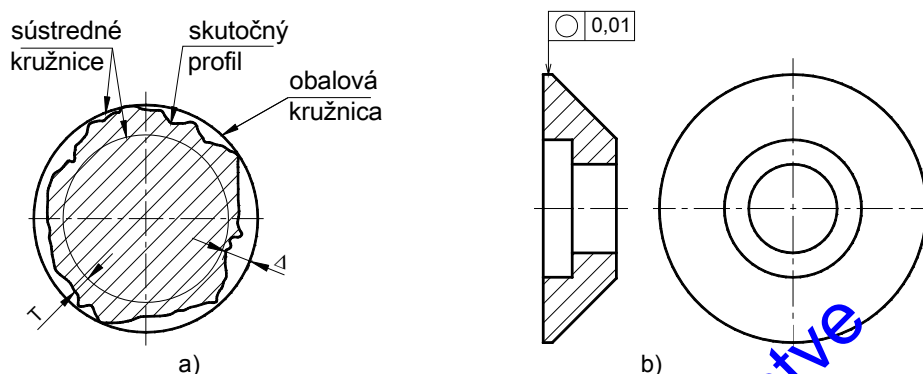
b)

Obr.8.25. Odchýlka tolerancie rovinnosti

roviny. Tolerančné pole rovinnosti je oblasť v priestore ohraničená dvomi rovnobežnými rovinami vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii rovinnosti T (obr.8.25a). Príklad predpisovania tolerancie rovinnosti je na obr.8.25b.

c) Odchýlky a tolerance kruhovitosti

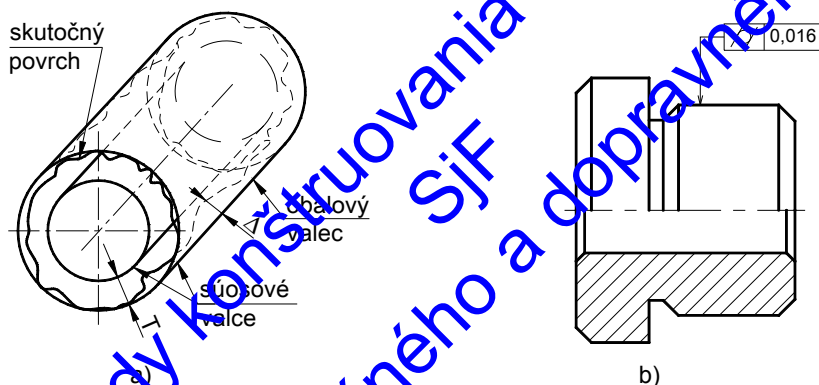
Odchýlka kruhovitosti je najväčšia vzdialenosť Δ bodov od skutočného profilu obalovej kružnice. Tolerančné pole kruhovitosti je oblasť v rovine kolmej na os rotačnej plochy alebo prechádzajúcej stredom gule, ohraničená dvomi sústrednými kružnicami vzdialenými od seba o šírku medzikružia, ktorá sa rovná tolerancii kruhovitosti T (obr.8.26a). Príklad predpisovania tolerance kruhovitosti je na obr.8.26b.



Obr.8.26. Odchýlka tolerance kruhovitosti

d) Odchýlky a tolerance valcovitosti

Odchýlka valcovitosti je najväčšia vzdialenosť Δ bodov od skutočnej plochy obalového valca v rozsahu vzťažného úseku L . Tolerančné pole valcovitosti je oblasť v priestore ohraničená dvomi súosovými valcami vzdialenými od seba o dĺžku rovnajúcu sa tolerancii valcovitosti T (obr.8.27a). Príklad predpisovania tolerance valcovitosti je na obr.8.27.b.



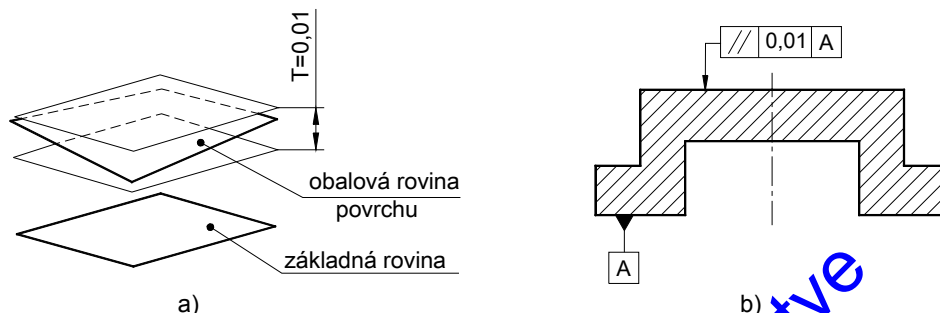
Obr.8.27. Odchýlka tolerance valcovitosti

8.6.2 Odchýlka a tolerance polohy

Odchýlka polohy je odchýlka skutočnej polohy posudzovaného prvku od jeho menovitej polohy, ktorá je určená menovitými dĺžkovými a uhlovými rozmermi medzi daným prvkom a základňou, resp. medzi posudzovanými prvkami (keď sa nezačala základňa). Tolerančné pole polohy je oblasť v priestore alebo v danej rovine, v ktorej musí ležať posudzovaný obalový prvok v rozsahu vzťažného úseku. Šírka alebo priemer tolerančného poľa sa určuje hodnotou tolerance.

a) Odchýlka a tolerancia rovnobežnosti

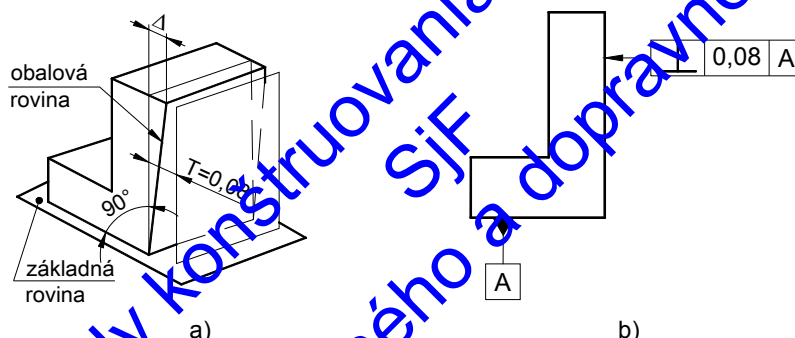
Odchýlka rovnobežnosti rovín je rozdiel Δ najväčšej a najmenšej vzdialenosti medzi rovinami v rozsahu vzťažného úseku. Tolerančné pole rovnobežnosti rovín je oblasť v priestore ohraničená dvomi rovnobežnými rovinami vzdialenými od seba o hodnotu tolerancie T a rovnobežnými so základnou rovinou (obr.8.28a). Tolerančné pole môže byť aj valcové, ak sa pred hodnotu tolerancie uvádza ϕ . Príklad predpisovania tolerancie rovnobežnosti je na obr.8.28.b.



Obr.8.28. Odchýlka a tolerancia rovnobežnosti

b) Odchýlka a tolerancia kolmosti

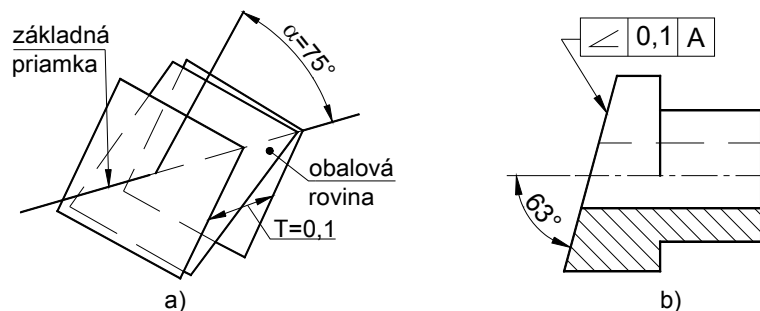
Odchýlka kolmosti rovín je odchýlka uhla medzi rovinami od uhla 90° vyjadrená v dĺžkových jednotkách Δ . Tolerančné pole kolmosti rovín je oblasť v priestore ohraničená dvomi rovnobežnými rovinami vzdialenými od seba o hodnotu tolerancie kolmosti T a kolmými na základnú rovinu (obr.8.29a). Ak sa pred hodnotu tolerancie udáva ϕ , tolerančné pole je valcové. Príklad predpisovania tolerancie kolmosti je na obr.8.29b.



Obr.8.29. Odchýlka a tolerancia kolmosti

c) Odchýlka a tolerancia sklonu

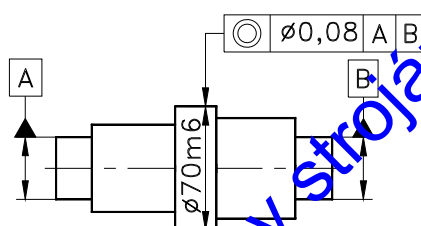
Odchýlka sklonu roviny k rovine alebo k osi je odchýlka uhla medzi rovinou a základňou alebo základňou osou od menovitého uhla, vyjadrená v dĺžkových jednotkách Δ . Tolerančné pole sklonu je oblasť v priestore ohraničená dvomi rovnobežnými rovinami vzdialenými od seba o hodnotu tolerancie sklonu T a zvierajúcimi so základňou rovinou alebo základňou osou menovitý uhol α (obr.8.30a). Príklad predpisovania tolerancie sklonu je na obr.8.30b.



Obr.8.30. Odchýlka a tolerancia sklonu

d) Odchýlka a tolerancia súsovnosti

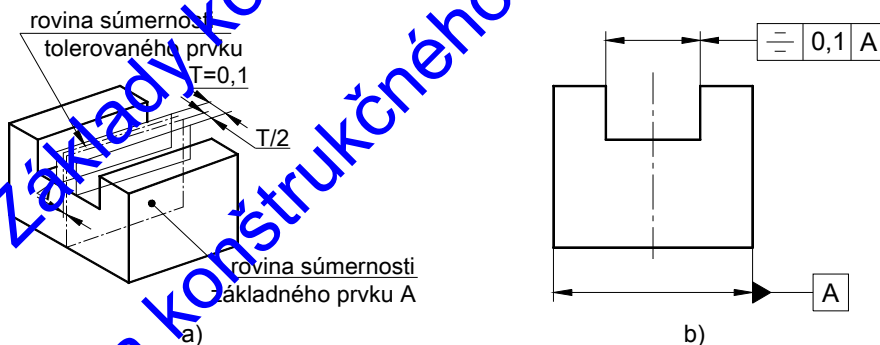
Príklad predpisu súsovnosti je na obr.8.31, kde os valca s rozmerom $\varnothing 70m6$ musí ležať vo valci s priemerom hodnoty tolerancie $T = 0,08mm$ a jeho os musí byť totožná so spoločnou základňou tvorenou osami A a B.



Obr.8.31. Odchýlka a tolerancia súsovnosti

e) Odchýlka a tolerancia súmernosti

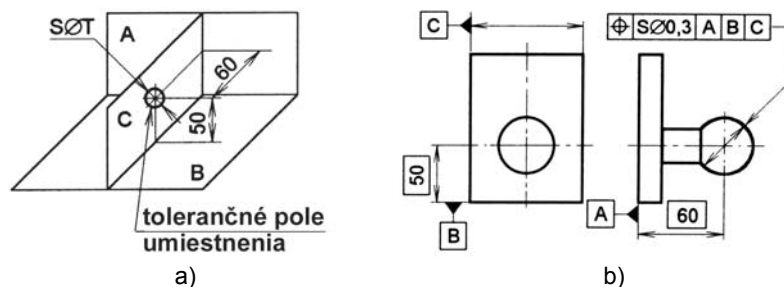
Odchýlka súmernosti od roviny súmernosti základného prvku je najväčšia vzdialenosť Δ medzi rovinou súmernosti posudzovaného prvku a rovinou súmernosti základného prvku A. Tolerančné pole súmernosti je oblasť v priestore ohraničená dvomi rovnobežnými rovinami vzdialenými od seba o hodnotu tolerancie súmernosti T v priemetovom vyjadrení a je súmerná vzhľadom na základnú rovinu alebo základnú os (obr.8.32a). Príklad predpisovania tolerancie súmernosti je na obr.8.32b).



Obr.8.32. Odchýlka a tolerancia súmernosti

f) Odchýlka a tolerancia umiestnenia

Tolerancia umiestnenia sa používa na tolerovanie menovitej polohy prvku (*bodu, osi, roviny*) od základného prvku. Stred gule tolerovaný toleranciou T od troch základní je na obr. 8.33a. Na obr.8.33b je názorný príklad tolerovania umiestnenia bodu (stred gule).

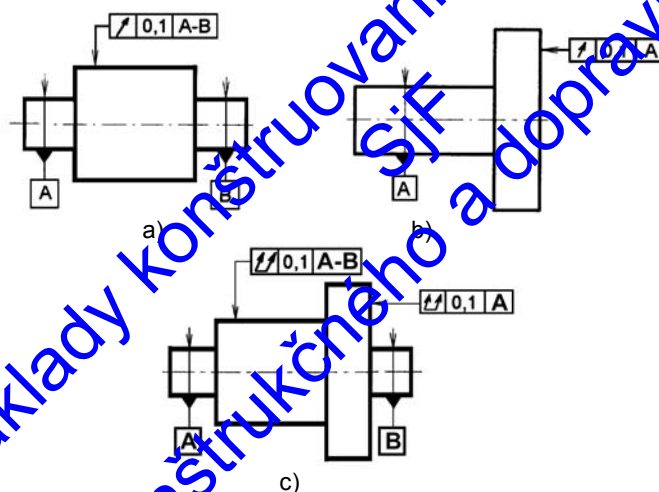


a) b)
Obr.8.33. Odchýlka a tolerancia umiestnenia

8.6.3 Odchýlky a tolerancie hádzania

Odchýlky kruhového hádzania sa vždy vyhodnocujú pri počiatočnom tolerovaní prvku o jednu otáčku, ak nie je na výkrese uvedené inak. Kruhové hádzanie môžeme predísť ako:

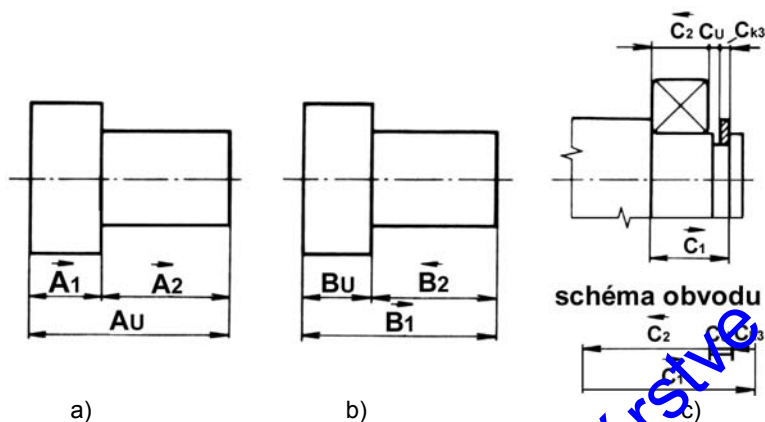
- obvodové hádzanie (obr.8.34a),
- čelné hádzanie (obr.8.34b),
- súhrnná odchýlka obvodového alebo čelného hádzania (obr.8.34c).



Obr.8.34. Súhrnné odchýlky a tolerancie tvaru a polohy

8.7 Tolerancia a odchýlky v priamkových rozmerových obvodoch

Rozmerový obvod predstavuje súbor vzájomne závislých rozmerov, ktoré na seba nadväzujú tak, že tvoria geometricky uzatvorený obvod. Obvod môžu tvoriť rozmery určujúce vzájomnú polohu prvkov na jednej súčiastke (obr.8.35a,b) alebo rozmery niekoľkých súčiastok v montážnej jednotke (obr.8.35c,d).



Obr.8.35. Priamkový rozmerový obvod na súčiastke (a, b) a v montážnej jednotke (c.)

Rozmerový obvod sa skladá z jednotlivých členov. Členy rozmerového obvodu sa označujú veľkými písmenami latinskej abecedy, pričom rozlišujeme:

- čiastkové členy ($A_1, A_2, \dots$, alebo $B_1, B_2, \dots$ atď.) sú tie rozmery v rozmerovom obvode, ktoré sú na výkrese priamo zakotované, alebo ktoré vyplývajú z predchádzajúcich výrobných a montážnych operácií. Čiastkové členy sú vo funkčnom vzťahu k uzatvárajúcemu členu. Podľa toho, aký vplyv má zmena čiastkového člena na zmenu uzatvárajúceho člena, v rozmerovom obvode sa rozlišujú čiastkové členy na zväčšujúce a zmenšujúce. O zväčšujúcom čiastkovom člene ($\bar{A}, \bar{B}$) hovoríme, ak sa jeho zväčšovaním (zmenšovaním) uzatvárajúci člen zväčšuje (zmenšuje). O zmenšujúcom čiastkovom člene ($\bar{A}, \bar{B}$) hovoríme, ak sa jeho zväčšovaním (zmenšovaním) uzatvárajúci člen zmenšuje (zväčšuje). V každom rozmerovom obvode sú najmenej dva čiastkové členy, ktoré vystupujú so svojimi odchýlkami, predpísanými toleranciami a pod.
- uzatvárajúci člen (A_U, B_U atď.) predstavuje v rozmerovom obvode určitý výsledný rozmer, ktorý vzniká skladaním čiastkových rozmerov – výrobné výsledný rozmer – alebo skladaním rozmerov jednotlivých súčiastok, vŕli, presahov, tolerancií polohy a pod. – montážne výsledný rozmer. Na výkrese sú spravidla nezakotované rozmery, prípadne sú uvedené ako informatívne rozmery v oblých zátvorkách. Keďže uzatvárajúci člen závisí od jednotlivých čiastkových členov je aj jeho tolerancia závislá od tolerancií čiastkových členov,
- kompenzačný člen (C_{K1}, B_{K1} atď.) v rozmerovom obvode je člen, ktorého zmenou sa dosahuje požadovaná presnosť uzatvárajúceho člena.

Podľa vzájomnej polohy členov v rozmerovom obvode sa rozlišujú:

- a) priamkové obvody (tiež lineárne reťazce alebo jednodimenzionálne obvody), ktoré obsahujú len členy rovnobežné (obr.8.35),

- b) rovinné obvody (dvojdimenzionálne), ich členy nie sú rovnobežné, sú ale rozložené v jednej alebo niekoľkých rovnobežných rovinách,
- c) priestorové obvody (trojdimenzionálne), v ktorých členy sú rozložené v rôznobežných rovinách (napr. priestorové mechanizmy).

Pri riešení rozmerových obvodov sa vyskytujú úlohy dvojakeho typu:

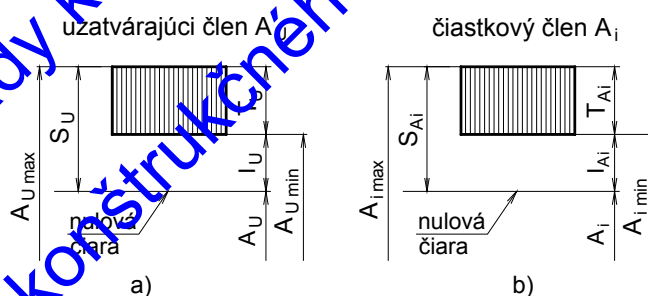
1. Na základe známych rozmerov a medzných odchýlok uzatvárajúceho člena sa stanovujú rozmery a medzné odchýlky čiastkových členov. Sú to tzv. konštrukčné úlohy, ktoré sa riešia pri navrhovaní funkčných a montážnych skupín, a potom pri kótovaní a tolerovaní jednotlivých súčiastok.
2. Na základe známych rozmerov a medzných odchýlok všetkých čiastkových členov sa stanovujú rozmery a medzné odchýlky uzatvárajúceho člena. Sú to kontrolné úlohy a ich riešením sa overuje správnosť príslušného konštrukčného riešenia.

Spôsob výpočtu tolerancií a medzných odchýlok má rozhodujúci vplyv na montážnu zameniteľnosť súčiastok a od neho závisí hospodárnosť výroby. Používajú sa nasledujúce metódy výpočtu:

- metóda maximum – minimum, ktorá vychádza z podmienky, aby boli dodržané požadované medzné odchýlky uzatvárajúceho člena pri akejkoľvek kombinácii skutočných rozmerov čiastkových členov, teda aj pri horných a dolných medzných rozmeroch. Tato metóda zaručuje úplnú montážnu zameniteľnosť súčiastok.
- štatistická metóda výpočtu rozmerových obvodov predpokladá, že sa kráťe hodnoty odchýlok čiastkových členov, ktoré ovplyvňujú medzné odchýlky uzatvárajúceho člena, vyskytujú pri náhodnom výbere súčiastok v montáži alebo pri výrobe jednotlivých rozmerov na jednej súčiastke len zriedka. Daná metóda zaručuje len neúplnú montážnu zameniteľnosť,
- metóda skupinovej zameniteľnosti sa používa v hromadnej a veľkosériovej výrobe presných výrobkov, ktoré sa montujú ako jeden celok. Takouto montážnou jednotkou je napríklad valivé ložisko,
- kompenzačná metóda sa používa hlavne tam, kde sa požadovaný montážny rozmer docieľuje pomocou vyrovnávacieho alebo nastavovacieho člena, ktorý sa nazýva kompenzačný člen. Rozmer kompenzačného člena sa upraví až pri montáži podľa skutočných rozmerov ostatných čiastkových členov.

8.7.1 Výpočet parametrov uzatvárajúceho a čiastkového člena

Parametre, ktoré vypočítavame pre uzatvárajúce a čiastkové členy pri riešení priamkových rozmerových obvodov metódou maxima – minima, sú uvedené na obr.8.36.



Obr.8.36. Výpočtové parametre uzatvárajúceho člena (a) a čiastkového člena (b) priamkového rozmerového obvodu

Menovitý rozmer uzatvárajúceho člena

$$A_U = \sum_{i=1}^m \bar{A}_i - \sum_{i=m+1}^n \bar{A}_i, \quad (8.1)$$

kde: m – počet zväčšujúcich členov, n – počet všetkých čiastkových členov obvodu.

Tolerancia uzatvárajúceho člena

$$T_U = \sum_{i=1}^n T_{Ai}. \quad (8.2)$$

Dolný medzný rozmer uzatvárajúceho člena

$$A_{U \min} = \sum_{i=1}^m \bar{A}_{i \min} - \sum_{i=m+1}^n \bar{A}_{i \max}. \quad (8.3)$$

Horný medzný rozmer uzatvárajúceho člena

$$A_{U \max} = \sum_{i=1}^m \bar{A}_{i \max} - \sum_{i=m+1}^n \bar{A}_{i \min}. \quad (8.4)$$

Dolná odchýlka uzatvárajúceho člena

$$I_U = \sum_{i=1}^m I_{\bar{A}_i} - \sum_{i=m+1}^n I_{\bar{A}_i}. \quad (8.5)$$

Horná odchýlka uzatvárajúceho člena

$$S_U = \sum_{i=1}^m S_{\bar{A}_i} - \sum_{i=m+1}^n I_{\bar{A}_i}. \quad (8.6)$$

Do vzorcov pre výpočet I_U , S_U sa dosadzujú všetky hodnoty odchýlok čiastkových členov s ich príslušnými znamienkami (+ alebo -).

8.8 Tolerovanie polohy osí dier pre spojovacie súčiastky

Veľmi častou úlohou v technickej praxi je tolerovanie polohy rovnobežných osí valcových dier vzájomne spájaných častí montážnych jednotiek tak, aby bola zabezpečená zameniteľnosť spojovaných i spojovacích súčiastok. Požiadavku montážnej zameniteľnosti spojovaných súčiastok, akými sú napríklad príruby, veká, skrine, spojky a pod., zabezpečíme tolerovaním polohy osí dier daných súčiastok. Stanovenie tolerancie a medzných odchýlok osí dier je v podstate konštrukčná úloha riešenia priamkových a rovinných rozmerových obvodov. Nakoľko dané obvody majú spoločné charakteristické vlastností, spôsoby výpočtu tolerancií a hodnoty medzných odchýlok polohy osí dier pre typické prípady konštrukčného usporiadania spojov sú uvedené

v STN 01 4260 (Základné pravidlá zameniteľnosti. Tolerancie polohy osí dier pre spojovacie súčiastky.).

Norma platí pre strojové súčiastky spájané skrutkami, čapmi, nitmi a inými spojovacími súčiastkami, u ktorých sú osi rovnobežné. Zároveň stanoví tolerancie a medzné odchýlky osí hladkých a závitových dier. Uvedená norma ale neplatí pre súčiastky, u ktorých sa vzájomná zmontovateľnosť zabezpečí spoločným obrábaním (vŕtaním) dier v oboch spojovaných súčiastkach, lebo v tom prípade nie je splnená požiadavka vzájomnej zameniteľnosti súčiastok.

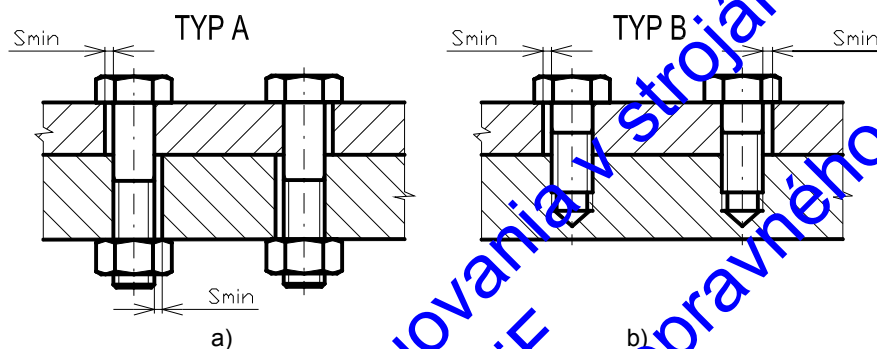
Tolerancie polohy osí dier sa určujú jedným z uvedených spôsobov:

- geometrickými toleranciami menovitej polohy osí dier,
- medznými odchýlkami menovitých rozmerov súradníc (kót) polohy osí dier.

Pri stanovení hodnôt tolerancií a medzných odchýlok polohy osí dier sa uvažuje s dvomi základnými typmi spojenia (obr.8.37):

typ A – vôľa pre prechod spojovacích súčiastok je v oboch spojených súčiastkach,

typ B – vôľa pre prechod spojovacích súčiastok je len v jednej zo spojených súčiastok.



Obr.8.37. Základné typy spojenia súčiastok

Tolerančné pole polohy osí dier je ohraničené kružnicou alebo valcom s priemerom $\varnothing T$, ktorý sa určí pomocou vzťahov (8.7 a 8.8), pričom vzťah (8.7) platí pre spojenie typu A a vzťah (8.8) pre spojenie typu B.

$$T = K \cdot S_{\min} \quad (8.7)$$

$$T = 0,5 \cdot K \cdot S_{\min} \quad (8.8)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} \quad (8.9)$$

kde $S_{\min}$ (mm) – najmenšia vôľa medzi dierou a spojovacou súčiastkou,
 $D_{\min}$ (mm) – dolný medzný rozmer diery,
 $d_{\max}$ (mm) – horný medzný rozmer drieru spojovacej súčiastky,
 K (–) – súčiniteľ využitia vôle.

Súčiniteľ K závisí od montážnych podmienok, odporúča sa voliť:

- $K = 1$ alebo $0,8$ pre spojenia, pri ktorých sa nevyžaduje nastavenie vzájomnej polohy spojovaných súčiastok pri montáži,
- $K = 0,8$ alebo $0,6$ pre spojenia, pri ktorých sa vyžaduje nastavenie vzájomnej polohy spojovaných súčiastok pri montáži,
- $K < 0,6$ len vo zvlášť odôvodnených prípadoch.

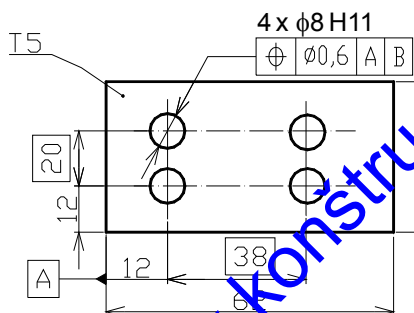
Vypočítané hodnoty tolerance T sa zaokrúhľia na najbližšiu normalizovanú číselnú hodnotu podľa tab.8.15.

Tab 8.15. Číselné hodnoty tolerancií menovitej polohy osí dier

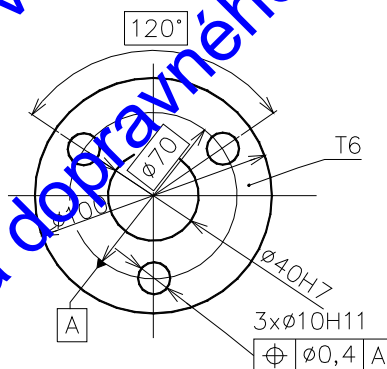
0,01	0,012	0,016	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08
0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	-	-	-	-	-	-	-

Predpis tolerance menovitej polohy osí dier je predpisom geometrickej tolerance umiestnenia podľa STN 01 4401 (Základné pravidlá zameniteľnosti, Tolerance tvaru a polohy. Základné pojmy a definície.). Spôsob predpisu a grafická úprava tolerance menovitej polohy osí dier sú podrobnejšie vysvetlené v časti 8.6.2.

Na obr.8.38 je uvedený príklad predpisovania tolerance menovitej polohy osí dier pri kótovaní ich polohy rozstupovými kótami vzhľadom na základňu A, B. Kóty, ktoré udávajú menovitú polohu sa vpisujú do štvoruholníkových rámcikov. Možnosť zmontovateľnosti súčiastky (obr.8.38) je závislá iba od dodržania menovitých rozstupov a tolerancií rozstupových kót osí dier. Na obr.8.39 je príklad predpisu polohy osí dier na rozstupovej kružnici s jednou základňou A.



Obr.8.38. Predpis tolerance menovitej polohy osí dier pri kótovaní rozstupovými kótami

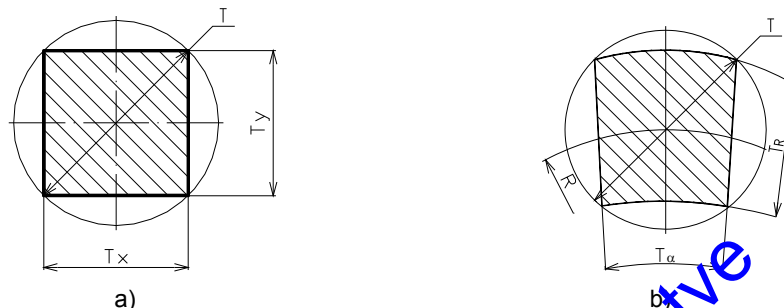


Obr.8.39. Predpis tolerance menovitej polohy osí dier na rozstupovej kružnici

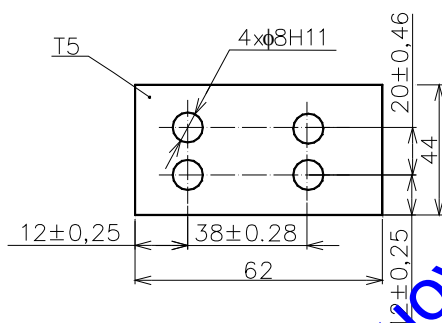
Pri tolerovaní polohy osí dier v pravouhlej súradnicovej sústave (obr.8.40) sa príslušné medzné odchýlky menovitých rozmerov súradníc určia pomocou vzťahov uvedených v STN 01 4260.

Tolerančné pole polohy osí má tvar štvorca vpísaného do kružnice s priemerom $\varnothing T$ (obr.8.41a). Strany štvorca sú hodnotami tolerancií príslušných kút (T_x , T_y) a platí $L_1 \pm T_x/2$, $L_2 \pm T_y/2$.

Ak sa toleruje poloha osí dier v polárnej súradnicovej sústave (obr.8.42), medzné odchýlky polomeru rozstupovej kružnice T_R a uhla medzi osami dier T_α sa určia rovnako ako pri stanovení medzných odchýlok pre kóty pravouhlého súradnicového systému. Tolerančné pole polohy osí má tvar výseku medzikružia vpísaného do kružnice s priemerom $\varnothing T$ (obr.8.41b).



Obr.8.41. Tolerance polohy osí v pravouhlej (a) a v polárnej súradnicovej sústave (b)



Obr.8.40. Predpis tolerancie polohy osí dier medznými odchýlkami v pravouhlí súradnicovej sústave



Obr.8.42. Predpis tolerancie polohy osí dier v polárnej súradnicovej sústave

8.9 Všeobecné tolerancie

U všetkých na výkrese kótovaných rozmerov strojových súčiastok sa uvažuje so stanovením medzných odchýlok. Výnimku tvoria len tzv. informatívne rozmery, teda rozmery kótované v zátvorkách, a teoretické rozmery uvedené v rámčekoch.

Rozmery funkčných plôch sa spravidla tolerujú jednotlivo pripísaním tolerančnej značky alebo číselnej hodnoty medzných odchýlok k príslušnému menovitému rozmeru ($\varnothing 30H7$, $\varnothing 24g6$, $100 \pm 0,01$).

Rozmery nefunkčných plôch (voľných povrchov) sa vyhotovujú s určitou presnosťou, ktorú možno dosiahnuť s pomerne malými výrobnými nákladmi a s použitím bežných výrobných a kontrolných zariadení. Z funkčných, pevnostných, technologických a iných dôvodov treba však aj tieto rozmery vhodným spôsobom upresniť.

Medznými odchýlkami voľných povrchov, teda povrchov netolerovaných rozmerov, sa zaoberá STN ISO 2768-1 (Všeobecné tolerancie. Nepredpísané medzné odchýlky dĺžkových a uhlových rozmerov.). Platí pre súčiastky zhotovené trieskovým obrábaním a pre súčiastky zhotovené z plechu. Odchýlky sú v norme stanovené pre štyri triedy presnosti: f – jemná (najpresnejšia), m – stredná, c – hrubá a v – veľmi hrubá.

Trieda presnosti sa zvolí podľa požiadaviek na presnosť súčiastky. Všeobecné tolerancie dĺžkových a uhlových rozmerov sa na výkrese predpisujú pomocou spoločného predpisu, ktorý sa umiestni v popisovom poli alebo v jeho blízkosti. Predpis sa skladá z čísla normy ISO a zo značky triedy presnosti, napríklad: ISO 2768 – m. Predpisujú sa v tom prípade, ak obvyklá presnosť výroby danej dielne je menšia ako sú všeobecné medzné odchýlky rozmerov stanovené normou.

V tab. 8.16 až 8.18 sú uvedené všeobecné medzné odchýlky dĺžkových a uhlových rozmerov určené v STN ISO 2768-1.

Tab 8.16. Všeobecné medzné odchýlky dĺžkových rozmerov (okrem skosenia hrán)

Trieda presnosti		Medzné odchýlky pre základný rozsah rozmerov (mm)							
Označenie	Názov	0,5 do 3	cez 3 do 6	6 30	30 120	120 400	400 1000	1000 2000	2000 4000
f	jemná	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	stredná	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	hrubá	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	veľmi hrubá	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±10

Tab 8.17. Všeobecné medzné odchýlky skosenia a zaoblenia hrán

Trieda presnosti		Medzné odchýlky pre základný rozsah rozmerov (mm)		
Označenie	Názov	0,5 do 3	cez 3 do 6	cez 6
f	jemná	±0,2	±0,5	±1
m	stredná			
c	hrubá	±0,4	±1	±2
v	veľmi hrubá			

Tab 8.18. Všeobecné medzné odchýlky uhlových rozmerov

Trieda presnosti		Medzné odchýlky uhla pre rozsah dĺžky jeho kratšieho ramena v (mm)				
Označenie	Názov	do 10	cez 10 do 50	50 200	120 400	cez 400
f	jemná	±1°	±0°20'	±0°20'	±0°10'	±0°5'
m	stredná	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°5'
c	hrubá	±1°30'	±1°	±0°30'	±0°15'	±0°10'
v	veľmi hrubá	±3°	±2°	±1°	±0°30'	±0°20'

Norma STN ISO 2768-2 určuje nepredpísané geometrické tolerancie tvaru, smeru a polohy. Všeobecné geometrické tolerancie platia pre priamost', rovinnosť, kruhovitosť, rovnobežnosť, kolmosť, súmernosť a kruhového hádzania. Všeobecný predpis podľa uvedenej normy sa používa hlavne pre súčiastky zhotovené trieskovým obrábaním. Norma stanovuje všeobecné geometrické tolerancie v troch triedach presnosti: H – presná, K – stredná, L – hrubá. Pri výbere triedy presnosti sa musí vziať do úvahy nielen požadovaná presnosť súčiastky, ale aj obvyklá trieda presnosti dielne. Všeobecné geometrické tolerancie sa na výkrese predpisujú pomocou spoločného predpisu, napríklad: ISO 2768 – K.

9. TECHNICKÉ POLOTOVARY

Označovanie polotovarov stanovuje STN013142-2 (Technické výkresy. Označovanie výrobkov a ich častí v konštrukčnej dokumentácii. Časť 2: Hutné výrobky.).

Úplné označenie hutných výrobkov so stálym prierezom alebo hrúbkou sa skladá zo šiestich blokov:

1. Názov: základné slovné označenie druhu polotovaru, napr. *TYČ*, *RÚRA*, *PROFIL* atď. (zapisuje sa písmenami veľkej abecedy).
2. Typ: písmenový, alebo písmenovo-číslcový kód označenia tvaru priečného prierezu polotovaru, napr. *PR 4HR* (profil 4–hranný), *P* (plech), *L* (uholník) a pod.
3. Veľkosť: charakteristický rozmer alebo rozmery profilu alebo hrúbky polotovaru. Následnosť zápisu rozmerov závisí od druhu prierezu polotovaru. Medzi jednotlivými údajmi zápisu rozmerov a hrúbok profilov sa zapisuje znamienko *x*. Za týmito údajmi sa uvádzajú potrebné variabilné dĺžkové alebo plošné údaje (vzniknuté delením polotovaru, napr. rezaním), oddelené od nich medzerníkom, napr. *L50 x 5 – 200* (pre rovnoramenný uholník), *L50 x 32 x 4 – 200* (pre nerovnoramenný uholník).
4. Podklad: údaj o dokumente, ktorý obsahuje podrobnejšie informácie – rozmerová norma.
5. Materiál: označenie materiálu polotovaru (napr. *11 523*).
6. Technické dodacie podmienky: označenie dokumentu, v ktorom sú doplnujúce požiadavky na polotovary.

Príklad označenia:

TYČ L50 x 32 x 4 – 1000 STN 42 5545.01, 373.0 STN 42 0138.00

Skrátené grafické označenie hutných výrobkov sa skladá z dvoch blokov:

1. Typ: obrazovou značkou, ktorá udáva vzhľad prierezu polotovaru *tab.9.1*. Zoskupením, alebo polohou značiek možno uviesť usporiadanie niektorých položiek na výkresoch *obr.9.1*. Obrazové značky majú základnú výšku písma (*h*).



Obr.9.1. Príklady obrazových značiek určujúcich

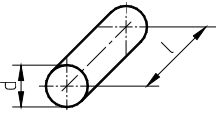
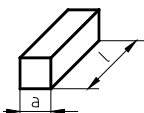
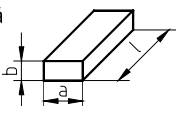
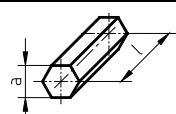
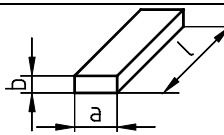
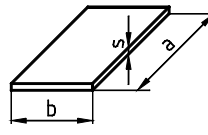
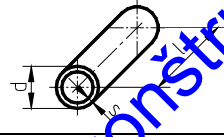
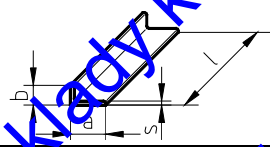
- a) usporiadanie prierezov pri zoskupení,
- b) polohu prierezu

2. Veľkosť: rovnako ako pri úplnom označení, napr. $\varnothing 30 - 400$, *L50 x 5 – 100*.

Skrátené písmenné označenie obsahuje typ a veľkosť, napr. *KR30 – 500*, *L50 x 5 – 1000*, *PLO 50 x 5 – 600*.

Poznámka: Norma ISO 526-1 (zatiaľ ešte neprebratá do našej sústavy noriem) obsahuje označovanie profilov len obrazovou značkou, nepozná písmenné značky pre označenie profilov.

Tab.9.1. Vybrané príklady písmenového a obrazového označenia hutných výrobkov.

Polotovár a jeho tvar (význam zápisu)	Označenie písmenové	Označenie obrazové	Príklad predpisovania polotovaru v titulnom bloku
Tyč kruhová 	KR	$\varnothing$	$\varnothing d - I$ STN 42 XXXX KR d-I STN 42 XXXX $\varnothing 25 - 100$ STN 42 XXXX
Tyč štvorcová 	4HR		$\square a - I$ STN 42 XXXX 4HR a - I STN 42 XXXX
Tyč obdĺžniková 	OBD		$\square a \times b - I$ STN 42 XXXX OBD a x b - I STN 42 XXXX
Tyč šesťhranná 	6HR		$\hexagon a - I$ STN 42 XXXX 6HR a - I STN 42 XXXX
Tyč plochá 	PLO		$\square a \times b - I$ STN 42 XXXX PLO a x b - I STN 42 XXXX
Plech 	P	P	P s - a x b STN 42 XXXX
Rúrka kruhová 	TR KR	TR $\varnothing$	TR $\varnothing d \times s - I$ STN 42 XXXX TR KR d x s - I STN 42 XXXX
Tyč prierezu L nerovnoramenná 	L	L	$\angle a \times b \times s - I$ STN 42 XXXX L a x b x s - I STN 42 XXXX

Príklad predpisu niektorých konkrétnych polotovarov z materiálu 11 500:

$\varnothing 25 - 150$ STN 42 5510 – tyč kruhová z ocelí tried 10 a 11 valcovaná za tepla

$\square 20 - 320$ STN 42 5520 – tyč štvorcová z ocelí tried 10 a 11 valcovaná za tepla

$\hexagon 24 - 160$ STN 42 5530 – tyč šesťhranná z ocelí tried 11 až 16

$\angle 60 \times 8 - 250$ STN 42 5541 – tyč prierezu rovnoramenného L z konštrukčných ocelí

$\angle 80 \times 50 \times 6 - 200$ STN 42 5545 – tyč prierezu nerovnoramenného L z konštr. ocelí

10. KONŠTRUKČNÁ DOKUMENTÁCIA

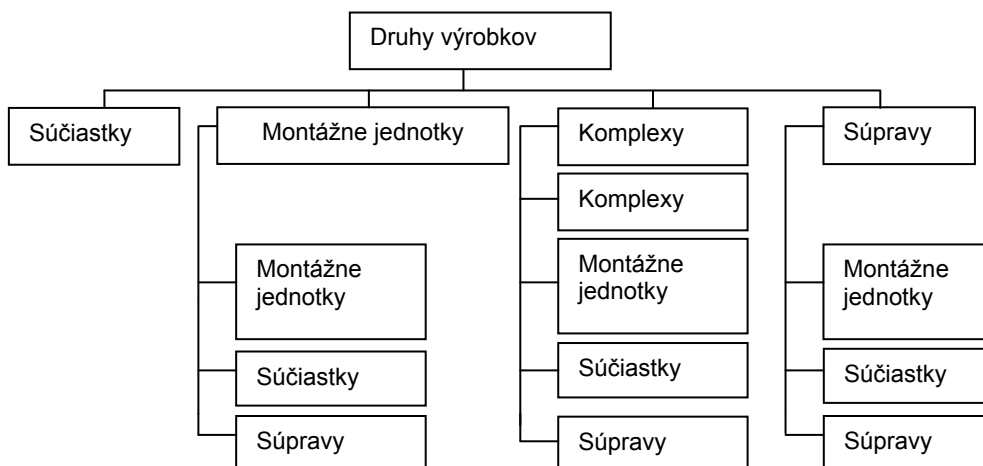
Konštrukčnú dokumentáciu tvoria grafické a textové dokumenty, ktoré podľa účelu jednotlivito alebo spoločne s inými dokumentmi určujú zloženie a usporiadanie výrobku. Medzinárodne zjednotené názvoslovie definuje *STN ISO 10209-1 (Technická dokumentácia výrobku. Názvoslovie. Časť 1 : Výrazy vzťahujúce sa na technické výkresy: Všeobecne a druhy výkresov.)*.

Druhy konštrukčných dokumentov podľa určenia i obsahu definuje norma *STN 01 3102 (Technické výkresy. Druhy konštrukčných dokumentov.)*, pričom rozlišujeme tieto dokumenty:

1. Výkres súčiastky (pozri 10.1.2 Výkresy súčiastok).
2. Výkres zostavy (pozri 10.1.1 Výkresy zostáv).
3. Obrysový výkres – zobrazuje vonkajšie obrysy a rozmery výrobku teda vonkajšiu obvodovú obálku. Sú potrebné pre vyhotovenie obalu, inštaláciu, dopravu.
4. Montážny výkres – obrysové (zjednodušené) zobrazenie výrobku a údaje na montáž na mieste použitia.
5. Teoretický výkres – stanoví geometrický tvar výrobku a súradnice polohy jeho častí.
6. Výkres obalu – obsahuje údaje nutné na zhotovenie obalu.
7. Výkres polotovaru – obsahuje zobrazenie polotovaru (odliatku, výkovku) a údaje nutné na jeho výrobu a kontrolu ako aj údaje o dokončenej súčiastke.
8. Výkres základu – obsahuje údaje nutné na zhotovenie základu a uloženia výrobku.
9. Výkres na prepravu – obsahuje údaje o umiestnení, uložení, upevnení a iné údaje potrebné na prepravu výrobku.
10. Schéma – výkres s grafickými symbolmi na určenie funkcie a vzájomných vzťahov zložiek systému. Podľa hlavného účelu *STN 013 407* triedi schémy na typy: prehľadové, funkčné, podrobné, montážne, pripojovacie.
11. Súpis položiek – (pozri 10.2.2 Súpis položiek).
12. Zoznamy – dokumenty, ktoré obsahujú výbery informácií alebo údajov z iných konštrukčných dokumentov.
13. Technické podmienky – obsahuje požiadavky kladené na výrobok, výrobu, kontrolu, preberanie a dodávku (súhrn všetkých ukazovateľov, predpisov, pravidiel a ustanovení).
14. Výpočty – dokument, ktorý obsahuje výpočty charakteristík, parametrov a veličín vzťahujúcich sa na výrobok (napr. výpočty geometrických veličín, pevnostné výpočty a pod.).
15. Prevádzkové dokumenty – obsahujú údaje na osvojenie výrobku a pokyny na používanie (technickú obsluhu, údržbu, skladovanie).
16. Oprávarenské dokumenty – obsahujú údaje nutné na opravy a kontrolu opravených výrobkov.

Norma *STN 01 3204 (Výkresy v strojárstve. Druhy výrobkov.)* stanovuje z hľadiska druhu a rozsahu technickej dokumentácie *druhy výrobkov*. Výrobkom je akýkoľvek predmet alebo súbor predmetov, ktoré sú výsledkom výrobného procesu. Rozdeľujú sa na :

- a) jednoduché
- b) zložené, ktoré sa skladajú z dvoch alebo viacerých častí.



Obr.10.1. Diagram triedenia druhov výrobkov

Norma stanovuje tieto druhy výrobkov (obr.10.1):

1. Súčiastka – výrobok zhotovený z homogénneho materiálu, bez použitia montážnych operácií. Medzi súčiastky patria aj súčiastky, ktoré sú opatrené povlakom bez ohľadu na druh, hrúbku a účel (napr. pochrómovaná skrutka). Ďalej sem zaradujeme výrobky zhotovené použitím miestneho zvárania, spájkovania, lepenia a pod. (napr. rúčka zo spájkovanej alebo zvaranej z jedného kusa plechu).
2. Montážna jednotka – výrobok, ktorého časti sa musia zmontovať (zoskrutkovaním, zvaraním, zlisovaním, lepením a pod.) vo výrobnom podniku, napr. podvozok automobilu, prevodovka, obrábací stroj.
3. Komplex – dva a viac zložených výrobkov, ktoré sa nebudú vo výrobnom podniku zmontovávať, ale sú určené na vykonávanie vzájomne nadväzujúcich funkcií. Každý zložený výrobok, ktorý je súčasťou komplexu, vykonáva jednu alebo niekoľko základných funkcií stanovených pre celý komplex. Komplex môže samostatne vykonávať užitočnú činnosť bez nutnosti pripojiť inú montážnu jednotku alebo komplex.
4. Súprava – dva a viac výrobkov, ktoré vo výrobnom podniku neboli zmontované a tvoria súpravu výrobkov pre všeobecné prevádzkové účely, zvyčajne pomocného charakteru, napr. súprava náhradných dielcov, súprava náradia, obalov a príslušenstva, súprava meracích prístrojov a pod.

Dokumentácia potrebná na vyhotovenie určitého výrobku (stroja, prístroja) tvorí súbor výrobných podkladov. V hromadnej a sériovej výrobe musí byť pre prehľadnosť a operatívnosť tento súbor usporiadaný podľa určitého systému, ktorý závisí od objemu výroby, zložitosti výrobku a od organizácie výrobného procesu. Bežne sa používa tzv. jednotkový systém (monosystém) výrobných výkresov, pri ktorom sa výrobok rozdeľuje podľa zložitosti na menšie montážne jednotky. Každá vyrábaná súčiastka musí mať samostatný výkres. Tento systém umožňuje:

- výrobu súčiastok a menších montážnych jednotiek v samostatných oddeleniach alebo závodoch,
- prehľadnejšie usporiadanie montáže a zjednodušuje konštrukčné a technologické zmeny,

- uplatnenie tzv. dedičnosti, t. j. použitie súčiastok z jedného výrobku na ďalšom výrobku, napr. inovovanom.

V sériovej a hromadnej výrobe sa používajú okrem výrobných výkresov a zostavných výkresov aj výkresy polotovarov (odliatkov, výkovkov, zvarkov). Pri zložitejších zvarkoch sa musia vyhotoviť samostatné výrobné výkresy všetkých častí zvarku. Pri kusovej výrobe je možné použiť systém kótovaných zostáv. Nevýhodou takejto zostavy je jej neprehľadnosť.

Montáž zložitých výrobkov má presne stanovený postup. Najprv sa vytvárajú z vyrobených a normalizovaných súčiastok menšie montážne jednotky. Z týchto sa zostavujú pomocou spojovacích súčiastok väčšie montážne jednotky a z nich komplex. Pri demontáži je postup opačný.

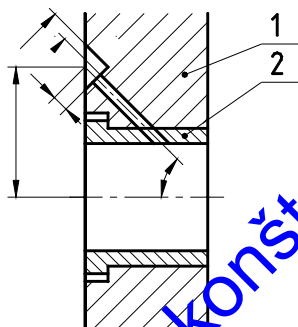
10.1 Výkresy zostáv a súčiastok

10.1.1 Výkresy zostáv

Výkresy zostáv poskytujú informácie pre montáž stroja alebo jeho dielcov. Na vypracovanie výkresov zostáv platí norma *STN 01 3106*. V zmontovanom stave sa kreslia súčiastky, ktoré tvoria montážnu jednotku, alebo niekoľko montážnych jednotiek, ktoré tvoria celý stroj alebo komplex.

Zostavný výkres sa kreslí pre každú montážnu jednotku a musí obsahovať :

- a) zobrazenia (pohľady), ktoré dávajú predstavu o polohe a vzájomných súvislostiach jednotlivých častí,
- b) údaje umožňujúce zmontovanie jednotlivých častí a kontrolu celku,
- c) údaje o zvaroch, spájkovaných a iných spojoch,
- d) údaje o charaktere uložení ak sa presnosť dosahuje ináč ako predpísaním tolerancií rozmerov,
- e) údaje o rozmeroch, presnosti, drsnosti povrchu u tých dielcov, ktoré sa obrábajú alebo kontrolujú podľa výkresu zostavy pri montáži alebo po nej, *obr. 10.2* je príkladom uvedenia kót na zostave na vytvorenie prírodného otvoru po zalisovaní puzdra 2 do telesa 1,
- f) hlavné (dĺžku, šírku, výšku) a pripojovacie rozmery,
- g) položky súčiastok a častí montážnej jednotky.



Obr. 10.2. Príklad použitia kót na zostave

soby sťahace potrebný rozsah prác:

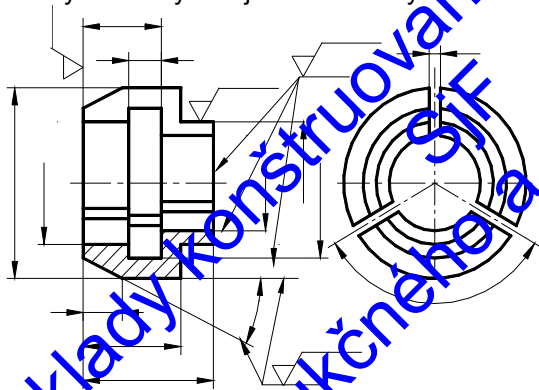
- a) duté súčiastky zobraziť bez vnútorných dutín a častí, pre ktoré sú vypracované výrobné výkresy v rezoch alebo prierezoch,
- b) nakresliť do obrázu rezu alebo prierezu ako jeden celok (samostatnú kompaktnú časť) pomocou pohľadu,
- c) zjednodušene zobraziť zhodné súčiastky, ak aspoň jedna z nich je zobrazená úplne,

- d) montážnu jednotku zobraziť ako jedno teleso, ak je táto jednotka vytvorená zo súčiastok nerozoberateľným spojením a je pre ňu vyhotovený samostatný výkres zostavy. Pri zjednodušenom kreslení sa na výkresoch zostáv nemusí zobrazovať :
- a) vôľa medzi hriadeľom a dierou,
 - b) skosenia a zaoblenia hrán, zápichy, ryhovanie, vrúbkovanie, zárezy, malé tvarované podrobnosti (plytké výstupky a preliačiny),
 - c) časti ležiace za mriežkou, skrutkovitou pružinou alebo čiastočne zakryté inými časťami; čiary sa ukončujú pri zakrytej časti plochy alebo na závitoch zobrazenej pružiny,
 - d) nápisy na tabuľkách, firemných štítkoch, stupniciach a pod. zobrazujú sa len obrysom,
 - e) kryty, štítky, obloženia, priehradky a pod., ak zakrývajú tie časti montážnej jednotky, ktoré musia byť viditeľné. Nad zobrazením sa uvádza text, napr. KRYT NIE JE ZOBRAZENÝ.

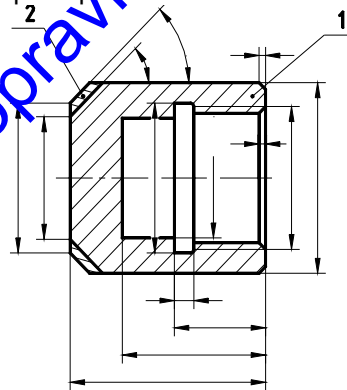
10.1.2 Výkresy súčiastok

Pre každú vyrábanú súčiastku sa kreslí výrobný výkres. Samostatné výkresy sa nemusia kresliť pre:

- a) súčiastky vyhotovené delením východiskového materiálu, (napr. rezaním, strihaním, odpaľovaním), ktoré sa ďalej nepracujú a ich konečné rozmery je možné jednoducho určiť v súpisе položiek,
- b) súčiastky, presnejšie časti montážnych jednotiek s charakterom súčiastky, ktoré vzniknú zaliatím, zalisovaním alebo podobným spôsobom vyplnenia určitého telesa (napr. obr. 10.4),
- c) normalizované a podľa katalógov nakupované súčiastky, ktoré je možné úplne určiť v súpisе položiek,
- d) malý počet malých jednoduchých súčiastok, ktoré sú časťou montážnej jednotky obsahujúcej základnú súčiastku s veľkými rozmermi a zložitým tvarom; zvyčajne ide o kusovú výrobu a vyžaduje sa súhlas výrobcu s takýmto postupom.



Obr. 10.3. Trojdielne puzdro, ktoré vznikne rozrezaním



Obr. 10.4. Kuželík s navarenou tesniacou plochou

Výkres súčiastky z hľadiska výroby musí obsahovať:

- a) jednoznačné určenie tvaru súčiastky, ktoré je vyjadrené jej zobrazením,
- b) veľkosť súčiastky, ktorá je určená zakótovaním všetkých rozmerov,
- c) presnosť výroby, ktorú určujú predpísané tolerancie niektorých rozmerov, tolerancie geometrického tvaru a polohy funkčných plôch,
- d) drsnosť povrchu,
- e) rôzne úpravy povrchov,
- f) materiál, z ktorého je súčiastka vyrobená,
- g) druh polotovaru,
- h) ďalšie údaje potrebné pre výrobu kontrolu alebo preskúšanie.

Súčiastky rovnakých tvarov, ale iných rozmerov sa kreslia ako samostatné výkresy. Súčiastky so zrkadlovou vzájomnou symetriou (t. j. pravé a ľavé) musia mať samostatné výkresy. Ak majú byť na súčiastke ostré hrany, musí sa to na výkrese predpísať.

Pri súčiastkach opatrených povlakom (napr. elektrolyticky alebo plazmovo nanesenou vrstvou kovu, povlakom plastu alebo náterom farby) sa údaje vzťahujú na stav pred nanosením povlaku.

Pre súčiastky rozdelené rozrezaním na samostatné ale spoločne použiteľné časti sa kreslí jeden výkres (obr. 10.3). V takýchto prípadoch sa jednotlivé časti neoznačujú pozíčnými číslami a neuvádzajú zvlášť v súpise položiek.

Na výkresoch súčiastok vyrobených ďalším spracovaním východiskovej súčiastky sa môžu uplatniť nasledujúce postupy:

- a) na výkrese so zobrazením súčiastky sa uvedú rozmery, tolerancie, drsnosť povrchov a ďalšie údaje len pre tie tvarové prvky, ktoré sa majú ďalej spracovať,
- b) výkres sa vyhotoví podľa predchádzajúceho postupu a), ale okrem toho sa uvedú rozmery východiskovej súčiastky,
- c) na výkrese sa zobrazí len tá časť východiskovej súčiastky, ktorá sa má spracovať a zakótuje sa podľa postupu uvedeného v časti a).

Na výkresoch súčiastok vytvorených ťažbaním alebo iným pretvorením sa nezobrazuje rozvinutý pohľad, ak sa bez neho môže úplne predpísať a prekontrolovať tvar a všetky rozmery. Ak to nie je možné, musí sa nakresliť úplne alebo čiastočne rozvinutý pohľad. Na rozvinutom pohľade sa uvádzajú len tie rozmery, ktoré nie je možné kontrolovať na hotovej súčiastke.

Pružné súčiastky sa zobrazujú vo voľnom t. j. nezaťaženom a nedeformovanom stave. Ak je potrebné, zobrazí sa tenkou bodkočiarkovanou čiarou s dvoma bodkami tvar v zaťaženom (deformovanom) stave.

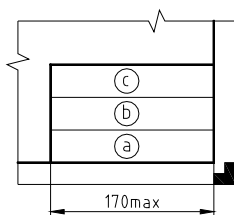
10.2 Titulný blok a súpis položiek

10.2.1 Titulný blok

Každý technický výkres musí mať titulný blok, v ktorom sa uvádzajú údaje potrebné na identifikáciu, zaradenie (organizačné údaje) a určenie technického výkresu (informačné údaje) a pripojenie dokumentov.

Usporiadanie titulných blokov stanovuje norma *STN ISO 7200 (Technické výkresy. Titulný blok)*. Identifikačné pole je povinnou časťou titulného bloku. Musí sa umiestniť v pravom dolnom rohu titulného bloku a zvýrazniť orámovaním súvislými čiarami tej istej

hrúbky, aká sa použila na čiary rámčeka obrazovej plochy. Umiestnenie identifikačného poľa a celého titulného bloku musí zodpovedať požiadavkám ISO 5454 a musí byť čitateľné na čelnej strane poskladaného výkresu. Maximálna dĺžka identifikačného poľa môže byť 170 mm. Usporiadanie základných častí a informácie a), b), c) je vhodné, voliť podľa obr. 10.5.



Obr. 10.5. Usporiadanie identifikačného poľa

Titulný blok musí obsahovať tieto základné informácie:

A – registračné alebo identifikačné číslo výkresu,

B – názov výkresu,

C – meno zákonného majiteľa výkresu.

Doplňujúce informácie uvádzané v titulnom bloku je možné roztriediť do niekoľkých skupín:

1. Vysvetľujúce údaje:

D – symbol na určenie zobrazovacej metódy použitej na výkrese,

E – hlavná mierka výkresu,

2. Technické údaje:

F – spôsob hodnotenia stavu povrchu,

G – hodnoty všeobecných tolerancií,

H – iné normy určujúce technické údaje.

Formát I	Metóda premietania D	Mierka E	Materiál konečný H	Polotovár H	Hodnotenie povrchu	Všeobec. Tolerance G		Hmotnosť (kg)
Zodpovedné oddelenie L			Technický referent L		Vyhotoval		Schválil	
 TECHNICKÁ UNIVERZITA KOŠICE STROJNÍKA FAKULTA KATEDRA KONŠTRUOVANIA DOPRAVY A LOGISTIKY				Typ dokumentu		Poskytnuté dokumentu		
				Titul, Doplnkový titul		Identifikačné číslo		
				A				
				Zmena K	Dátum vydania J	Jazyk	List	

Obr. 10.6. Príklad titulného bloku Strojníckej fakulty TU Košice

3. Administratívne údaje:

I – formát výkresového listu,

J – dátum vyhotovenia originálu výkresu,

K – symbol opravy (zmeny) umiestnený v rubrike pre registračné alebo identifikačné číslo A,

L – iné administratívne informácie, napr. zodpovedných osôb.

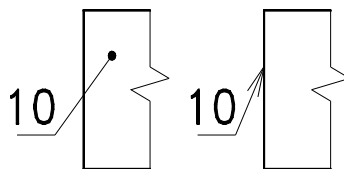
Údaje K sa môžu umiestniť aj mimo titulného bloku tak, že sa vytvorí oddelená tabuľka alebo sa uvedú na oddelenom dokumente.

Viaclistové výkresy označené tým istým číslom A sa majú označiť číslami jednotlivých listov s uvedením celkového počtu listov pod zlomkovou čiarou (napr. List n/p , kde n je číslo listu a p je celkový počet listov). Pre všetky listy nasledujúce za prvým sa môže použiť skrátený titulný blok, ktorý obsahuje len identifikačné pole.

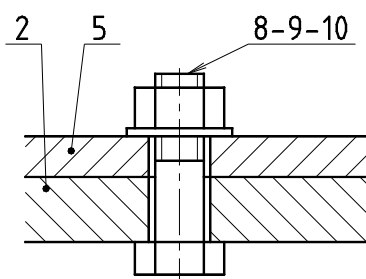
10.2.2 Súpis položiek

Predstavuje úplný zoznam položiek, ktoré tvoria zostavu alebo podzostavu a je stanovený *STN ISO 7573 (Technické výkresy. Súpisy položiek.)*. Položkou môže byť jedna súčiastka alebo materiály potrebné na kompletizáciu výrobku (farba na náter, elektróda) alebo montážna jednotka, ktorá je na samostatnom výkrese. Súpis položiek môže byť súčasťou príslušného výkresu (len pri malom počte položiek), ale väčšinou je to oddelený, samostatný dokument.

Označenie položky je stanovené v *STN ISO 6433 (01 3108) : (Technické výkresy. Odkazy na časti výrobku.)* a *STN ISO 128-22 (01 3206) : (Technické výkresy. Všeobecné zásady zobrazovania. Časť 22: Základné dohody a pravidlá používania odkazových čiar a zástavok odkazových čiar.)* (obr.10.7 a obr.10.8).



Obr.10.7. Označenie položky



Obr.10.8. Odkazy na časti výrobku

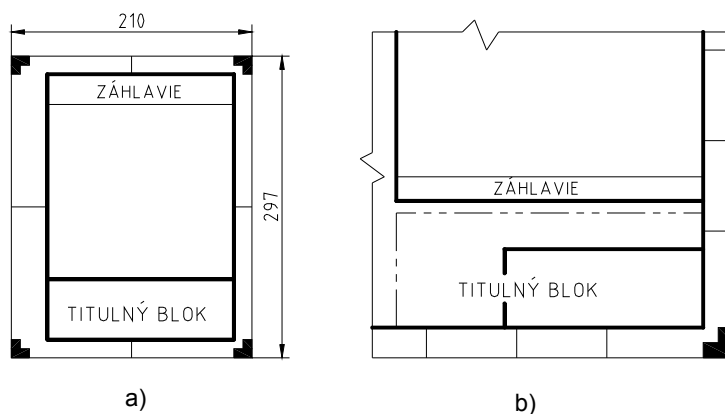
Odkazové čiaru majú byť krátke a sklonené. Odkazová čiara sa ukončuje na ploche súčiastky bodkou (priemer bodky $d = 5 \times \text{hrúbka čiar}$) a na obryse šípku (s uhlom rozvetenia 15°) a nemajú sa navzájom pretínať. Odkazy na rovnaké časti výrobku sa uvádzajú len raz. Pre dobrú čitateľnosť sa majú odkazy usporiadať do zvislých stĺpcov a vodoravných riadkov. Zástavky odkazových čiar sú súvisiace tenké čiaru pripojené horizontálne alebo vertikálne k odkazovej čiare. Na obr.10.8 je časť zostavy so zjednodušeným skrutkovým spojom, ktorý má spoločnú odkazovú čiaru (bezprostredne súvisiace časti skrutka, matica, podložka) pozície 8 – 9 – 10.

Odkazy na časti výrobkov sa uvádzajú iba číslami, ak je to potrebné, môžu sa doplniť k číslam aj písmená veľkej abecedy. Musia sa zreteľne odlišovať od iných označení, čo dosiahneme použitím primeranej výšky (napr. použitím dvojnásobnej výšky písma použitého pre kótovanie alebo iné označenie).

Súpis položiek sa usporiada do tabuľky (vyhotovenej hrubými alebo tenkými čiarami) s týmito údajmi:

Položka	Názov	množstvo	odkaz	materiál.
---------	-------	----------	-------	-----------

Ak je súpis položiek súčasťou výkresu, umiestňuje sa tak, aby sa čítal v smere od základnej strany výkresového listu. Môže byť pripojený k titulnému bloku. Obrysy súpisu položiek sa môžu vyhotoviť hrubou čiarou. Záhlavie sa umiestňuje dole a postupnosť zápisov je zdola hore (obr.10.9b).



Obr. 10.9. Príklady súpisu položiek: a) oddelený súpis položiek, b) súpis položiek ako súčasť výkresu

Oddelený súpis položiek sa musí označiť tým istým identifikačným alebo registračným číslom, aké má východiskový výkres a na odlíšenie označenia sa odporúča doplniť pred číselné označenie predpona SÚPIS POLOŽIEK. Záhlavie sa umiestni hore a postupnosť zápisov je zhora dole (obr. 10.9a, obr. 10.10).

POL	NÁZOV	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	J.	MNOŽ	HMO
1	LOŽISKOVÉ TELESO	3-ZS-5020		ks	2	2,170
2	VEKO	4-ZS-1650		ks		0,324
3	REMENICA	4-ZS-3800-01		ks	1	1,588

POL	NÁZOV	HMOTNOSŤ kg	J.	MNOŽSTVO	POZNÁMKA
Č. VÝKR. - Č. NORMY	MATERIÁL	Č. MODELU	TRIEDNIK Č.		
1	RÁM POHONU	205,5	ks	1	MONT. JED.
	15 - 625 - 115 a				
2	ZARÁŽKA	27,0	ks	1	MONT. JED.
	11 - 127 - 376				

Obr. 10.10. Príklady záhlavia oddeleného súpisu položiek na formáte A4

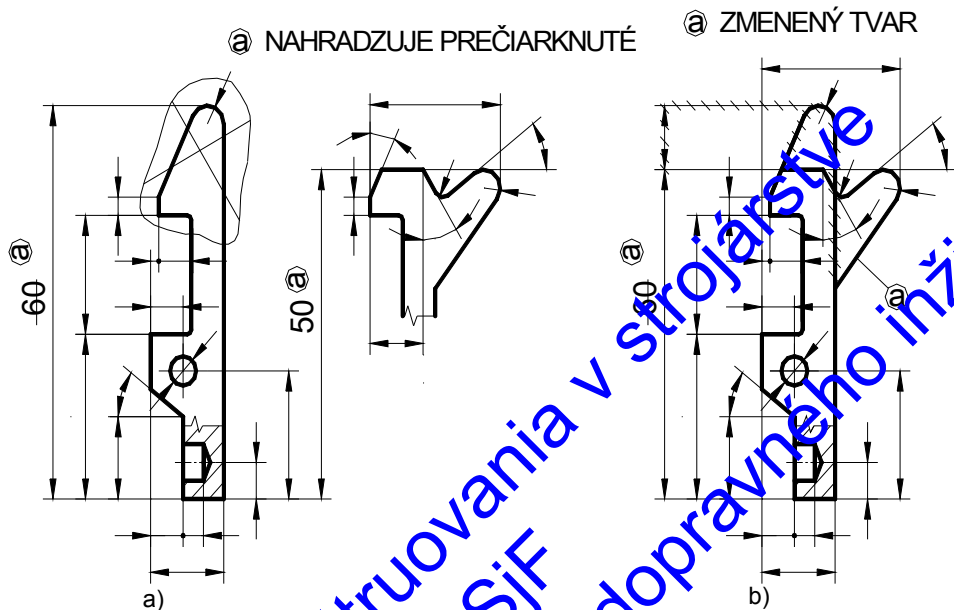
Postupnosť odkazov na časti výrobku v súpisoch položiek v strojárstve je nasledujúca:

- komplexy, montážne jednotky, súpravy vyrábané podľa samostatných výkresov zostavení,
- súčiastky vyrábané podľa samostatných výkresov,

- c) súčiastky vyrábané bez samostatných výkresov,
- d) materiály len na kompletizáciu výrobku (farby a pod.),
- e) montážne jednotky, súpravy, súčiastky a materiály nakupované na kompletizáciu výrobku.

10.3 Zmeny a doplnky na výkresoch

Zmeny na výkresoch, ktoré sa robia v praxi, sú nežiadúcim (z hľadiska výroby) ale častým javom. Zmeny na všetkých druhoch výkresov a ich evidencia je určená normou STN 01 3160 (*Technické výkresy. Zmeny na výkresoch.*). Zmenou sa označuje oprava, vypustenie alebo doplnenie údajov na výkrese po podpísaní zodpovednými pracovníkmi. O zmenách a opravách rozhoduje konštruktér.



Obr. 10.11 Zmena prečiarknutím

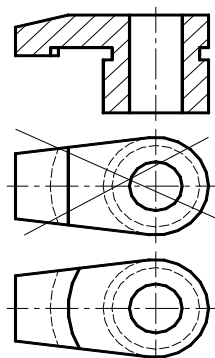
Zmeny môžu byť :

- a) formálne – nemení sa tvar ani akosť výrobku (napr. doplnenie chýbajúcej čiary, kóty, značky, doplnenie šrafovania, poznámky a pod.); formálne zmeny sa nezapisujú do rubriky zmien ani inde na výkrese
- b) technické zmeny – spôsobujú zmeny vlastností výrobkov a technológie výroby (napr. zmena geometrického tvaru, drsnosti povrchu, fyzikálnych vlastností, materiálu, rozmeru, tolerancie tvaru, hmotnosti).

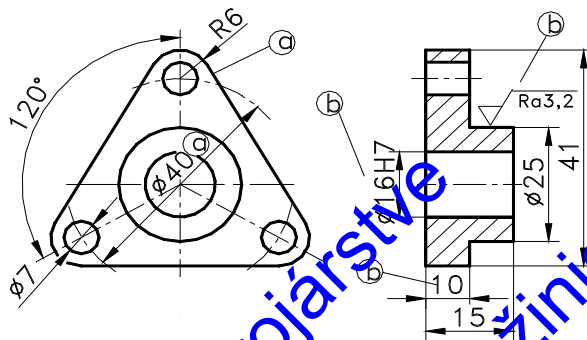
Zmena sa môže vykonať prečiarknutím, vymazaním, vyhotovením nového originálu.

Pri zmene prečiarknutím sa menené časti obrazu (rozмеры, slovné údaje, značky a pod.) prečiarknu súvislými tenkými čiarami. Zmenená časť sa nakreslí vedľa pôvodného obrazu v rovnakej mierke a označí sa NAHRADZUJE PREČIARKNUTÉ (obr. 10.11a). Ak

Pri zmene vymazaním sa odstránia niektoré časti obrazu (čiary, kóty, značky) a nakreslia sa alebo napíšu nové údaje. Tieto zmeny sa robia vtedy, ak chyby nie je možné odstrániť prečiarknutím alebo ak nie je účelné vyhotoviť nový originál (*obr. 10.13*).



Obr.10.12. Zmena prečiarknutím
a nakreslením nového obrazu



Obr. 10.18. Zmena vymazaním

Zmeny sa označujú písmenami malej latinskej abecedy alebo arabskými číslicami. Prednostne sa musí použiť označenie písmenami. Značka zmeny sa píše do krúžku s priemerom 6 až 12 mm, ktorý sa spojí tenkou čiarou so zmenenou časťou.

Záznam zmeny prečiarknutím sa zapíše v rubrikách titulného bloku *Zmena, Dátum, Podpis, Symbol zmeny*. Pri zmene vymazaním sa postupuje rovnako, s doplnkami v rubrike *Zmena*, kde sa zmena musí opísať tak, aby sa ľahko mohol zistiť pôvodný stav.

Hlásenie o zmene musí obsahovať označenie zmeny, dátum zmeny, začiatok platnosti zmeny, obsah zmeny, zdôvodnenie zmeny, celkový počet listov zmeny, mená a podpisy osôb, ktoré zmenu urobili.

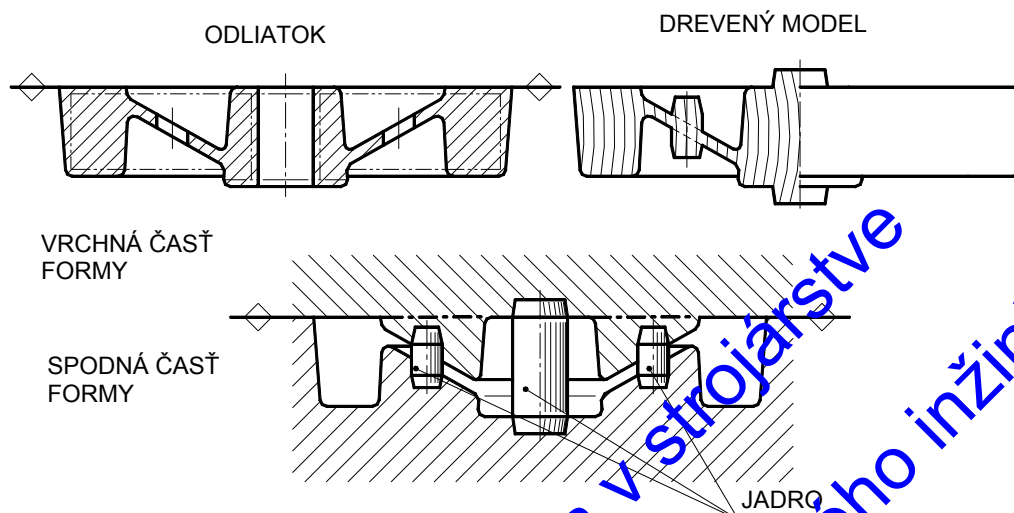
10.4 Wskresy odliatkov

Pre výkovky a odliatky, t. j. polotovary (hlavne zložené), je účelné nakresliť zvlášť výkres polotovaru a zvlášť výkres opracovanej súčiastky. Polotovar sa od hotovej súčiastky líši tým, že sa na obrábané plochy pridáva taká vrstva materiálu, aby po opracovaní vznikli geometricky správne plochy s požadovanou akosťou povrchu. pres-

nosťou rozmerov, tvarov a polohy prvkov, je však potrebné uvažovať aj s technologickými prídavkami (obr.10.14).

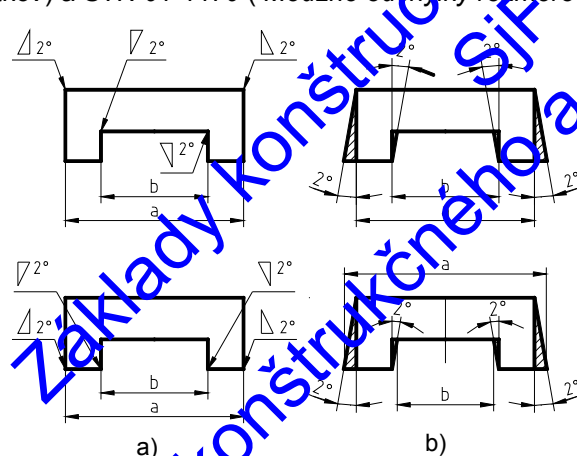
Odliatky sa vyhotovujú liatím roztaveného kovu do pieskových alebo kovových foriem. Na výrobu pieskových foriem slúžia drevené alebo kovové modely, ktoré musia mať podobne ako kovové formy okrem prídavkov na opracovanie aj prídavky na lineárne zmršťovanie pri tuhnutí (sivá liatina 1,2 %, oceľ na odliatky 1,75 %, hliník a jeho zliatiny 2 %).

Odliatok má rovnaký názov ako hotová súčiastka avšak s dodatkom slova ODLIATOK.



Obr.10.14. Odliatok ako polovýrobok, drevený model, umiestnenie modelu vo forme

Drsnosť a odchýlky odlievacích foriem stanovujú normy STN 01 4456 (Drsnosť povrchu odlievacích foriem) a STN 01 4470 (Medzné odchýlky rozmerov a tvarov odlievacích foriem).



Obr.10.15. Formovacie uhly
a) na výkrese, b) vysvetlenie

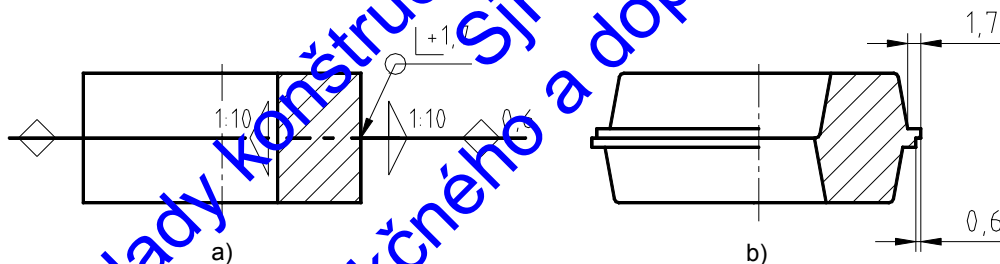
Podľa STN ISO 10135 (3132) : (Technické výkresy. Zjednodušené zobrazovanie výliskov, odlievacích foriem a výkovkov.) sa sklony formovacích uhlov na výkrese zobrazujú ako na obr.10.15a. Na obr. 10.15b je vysvetlenie. Pri zjednodušenom zobrazení sa sklony nezobrazujú. Ich umiestnenie sa na výkrese uvádza pomocou odkazových čiar, ktoré sú umiestnené na začiatku alebo na konci sklonenej plochy, podľa smeru sklonu trojuholníkovej značky a číselným údajom (obr.10.15a) alebo pomernou hodnotou (napr. 1:10 obr.10.16a).

Formovací uhol na vonkajších povrchoch musí viesť k zväčšovaniu menovitého rozmeru. Formovací uhol na vnútorných povrchoch k zmenšovaniu menovitého rozmeru. Deliaca čiara sa označí v pohľadoch súvislou hrubou čiarou a v rezoch bodkočiarkovanou hrubou čiarou. Grafická značka znázorňujúca deliacu čiaru sa umiestni mimo obrysov na deliacej čiare.

10.5 Výkresy výkovkov

Konečný tvar a funkčnú presnosť hotových súčiastok získavame trieskovým opracovaním polovýrobníkov – výkovkov. Výkovky môžu byť kované v zápustkách alebo voľne. Vyhotovujú sa buď podľa osobitných výkresov súčiastok, alebo podľa pracovných postupov. Výhodiskom je vždy výrobný výkres súčiastky. Ku konečnému tvaru sa prikreslia potrebné prídavky na opracovanie a technologické prídavky, ktoré vyplývajú z vtláčania kovu do zápustky. Pri voľne kovaných výkovkoch sú väčšie prídavky ako pri zápustkových. Súčiastky, ktoré majú byť tepelne spracované, vyžadujú väčšie prídavky. Výkovok voľne kovaný má obyčajne nerovnomerný povrch a jednotlivé kusy výkovkov sa od seba veľmi líšia (STN 42 9001: Výkovky ocelové voľné v obyčajnom vyhotovení. Všeobecná časť.). Na zápustkových je povrch hladší a odchýlky rozmerov sú podstatne menšie (STN 42 0271: Výkovky ocelové zápustkové. Všeobecné technické požiadavky.). Vypracovaním samostatných výkresov sa predchádza mnohým chybám, uľahčuje sa výroba zápustiek a kontrola výkovkov. Samostatný výkres výkovku sa kreslí v mierke 1:1. Výkovok sa kreslí v polohe, v akej leží v zápustke. Deliaca rovina má byť (ak je to možné) rovinná. Aby sa materiál do zápustky ľahko dostal a aby sa výkovok zo zápustky dal vytiahnuť, musí mať vhodné sklony. Pri vonkajších polohách býva uhol sklonu 5° až 7° a pri vnútorných 7° až 10°. Konečný tvar súčiastky sa do obrazu výkovku nakreslí tenkou bodkočiarkovanou čiarou s dvoma bodkami.

Na obr.10.16 hodnota 0,6 znamená posunutie (premiestnenie) hornej časti vzhľadom na dolnú. Hodnota +1,7 znamená výšku povolenej ostriny vo vzťahu k ideálnemu geometrickému tvaru. V prípade potreby môže sa pripojiť aj grafická značka pre uvedenie po obvode.



Obr.10.16. Výkovok vyžadujúci použitie formy – výkovok
a) predpísanie na výkrese, b) vysvetlenie

11. CHARAKTERISTIKA A ROZDELENIE STROJOVÝCH SÚČIASTOK

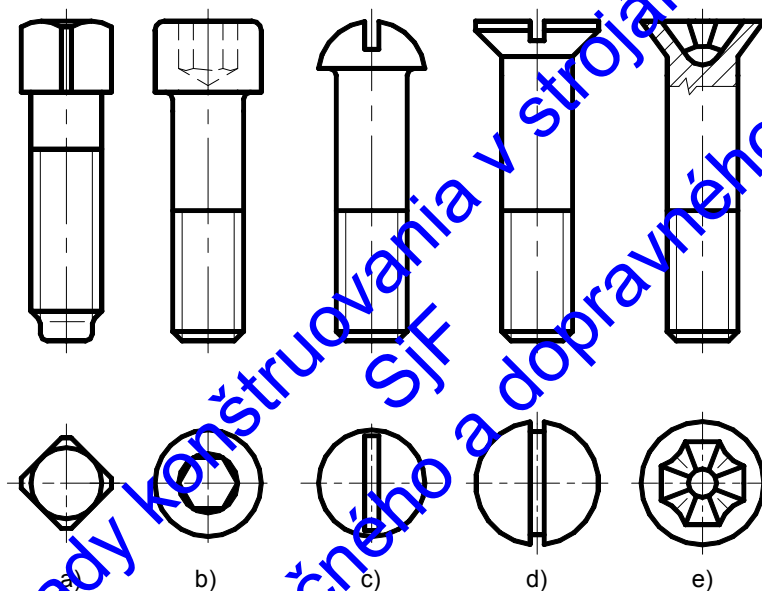
Strojové súčiastky môžeme rozdeľovať podľa toho, či vytvárajú spojenia rozoberateľné alebo nerozoberateľné.

11.1 Strojové súčiastky pre tvorbu rozoberateľných spojení

Medzi strojové súčiastky pomocou ktorých je možné vyhotoviť rozoberateľné spojenie zaraďujeme skrutky, matice, podložky, čapy, závlačky, poistné krúžky, kolíky, klíny, perá, žliabkované spoje a zverné spoje.

11.1.1 Skrutky

Závit pre normalizované spojovacie skrutky je väčšinou metrický závit alebo whitworth. V Európe sa používajú hlavne skrutky s metrickým závitom (okrem Veľkej Británie a Írska). Skrutky charakterizuje hlavne tvar ich hlavy (šesťhranná, štvorhranná, polguľová, ...), alebo účel ich použitia (závitorezné skrutky, skrutky do dreva, ...). Podľa akosti povrchu a presnosti rozmerov a tvarov sa skrutky rozdeľujú na *presné* a *hrubé*.

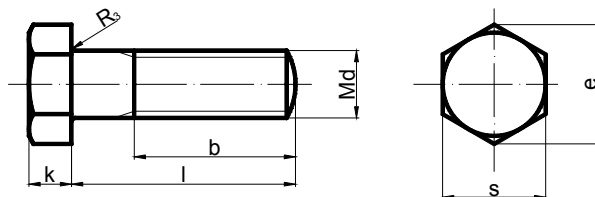


Obr.11.1. Niektoré normalizované skrutky s hlavou

Na obr. 11.1 sú nasledovné druhy skrutiek:

- a) skrutka so štvorhrannou hlavou – upínacia skrutka,
- b) skrutka s valcovou hlavou s vnútorným šesťhranom,
- c) skrutka s polguľovou hlavou,
- d) skrutka so zápusťou hlavou,
- e) skrutka so zápusťou hlavou s krížovým vybratím.

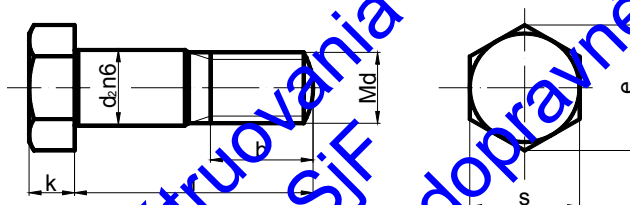
Vybrané veľkosti najpoužívanějších druhov normalizovaných skrutiek s uvedením ich rozmerov sú na obr.11.2 až obr.11.4 a v tab. 11.1 až 11.3.



Obr.11.2. Presná skrutka so šesťhranou hlavou STN 021101

Tab. 11.1. Rozmery presnej skrutky so šesťhranou hlavou STN 021101

Md	b	e	k	R ₃	s	l _{min}	l _{max}
M4	14,1	8,1	2,8	0,3	7	18	70
M5	16	9,2	3,5	0,3	8	20	80
M6	18	11,5	4	0,3	10	22	90
M8	22	16,2	5,5	0,5	13	26	110
M10	26	19,6	7	0,5	17	30	160
M12	30	21,9	8	1	19	40	180
M16	38	27,7	10	1,2	24	50	220
M20	46	34,6	13	1,2	30	55	220
M24	54	41,6	15	1,6	36	70	220
M30	66	53,1	19	1,6	46	80	240
M42	90	75,1	26	1,8	65	110	240



Obr.11.3. Lícovaná skrutka STN 021111

Tab. 11.2. Rozmery lícovanej skrutky STN 021111

Md	b	e	k	d ₂ n6	s	Rozsah l
M10	18	19,6	7	11	17	28 - 100
M12	21	21,9	8	13	19	30 - 120
M16	26	27,7	10	17	24	35 - 150
M20	28	34,6	13	21	30	50 - 180
M24	33	41,6	15	25	36	55 - 200
M30	38	53,1	19	32	46	70 - 200

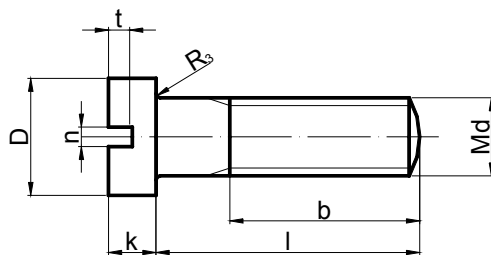
Označenie skrutky jednoznačne určuje jej tvar (určený číslom rozmerovej normy), jej veľkosť (určená veľkosťou závitú a dĺžkou), mechanické vlastnosti a úprava povrchu.

Príklad označenia presnej skrutky so šesťhranou hlavou so závitom M10, menovitej dĺžky l = 50 mm SKRUTKA M10 x 50 STN 02 1101.25.

V súčasnosti sa preberajú do sústavy noriem STN priebežne aj spojovacie súčiastky podľa ISO a EN a označujú sa nasledovne:

Príklad označenia skrutky s valcovou hlavou so závitom M5, menovitej dĺžky $l = 20$ mm a triedy vlastností 4.8

Skrutka s valcovou hlavou ISO 120 – M 5 x 20 – 4.8.

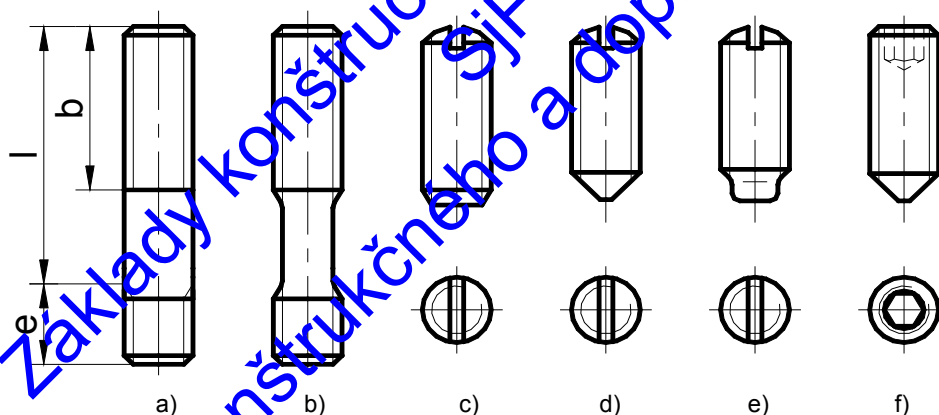


Obr.11.4. Skrutka s valcovou hlavou STN 021131

Tab. 11.3. Rozmery skrutky s valcovou hlavou STN 021131

Md	b	D	k	R ₃	n	t	Rozsah l
M2	8	3,5	1,4	0,15	0,5	0,7	3 - 18
M4	14	7	2,8	0,3	1	1,4	4 - 45
M5	16	8,5	3,5	0,3	1,2	1,7	5 - 65
M6	18	10	4	0,3	1,4	2	5 - 60
M8	22	12,5	5	0,5	2	2,5	8 - 70
M10	26	15	6	0,5	2,5	3	10 - 70
M12	30	18	7	1	3	3,5	16 - 70
M16	38	24	9	1,2	4	4	20 - 90
M20	46	30	11	1,2	5	4,5	28 - 110

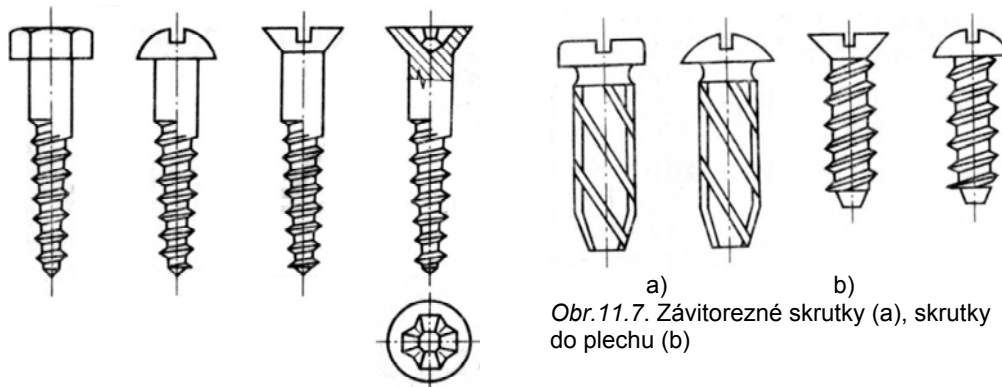
Veľmi časté využitie majú aj skrutky bez hlavy. Medzi takéto skrutky patrí Závrtná skrutka obr.11.5a,b ktorá sa zaskrutkováva do materiálu koncom o dĺžke e , až do výšky výbehu závit.



Obr.11.5. Niektoré normalizované skrutky bez hlavy:

a) závrtná skrutka, b) závrtná skrutka so zoslabeným dříekom, c) stavacia skrutka s drážkou a s plochým koncom, d) stavacia skrutka s drážkou a kužeľovým koncom, e) stavacia skrutka s drážkou a valcovým koncom, f) stavacia skrutka s vnútorným šesťhranom a kužeľovým koncom

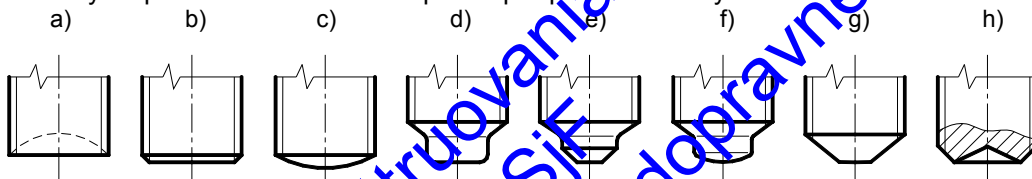
Skrutky do dreva (obr.11.6) majú tvar podobný ako u skrutiek do plechu (obr.11.7b). U skrutiek do dreva, plechu a závitorezných skrutiek sa nezhotovuje maticový závit, skrutky si ho samé vyrežú.



Obr.11.7. Závitorezné skrutky (a), skrutky do plechu (b)

- a) b) c) d)
Obr.11.6. Skrutky do dreva:
a) so šesťhrannou hlavou,
b) s polgúľovou hlavou,
c) zápusťné,
d) zápusťné s krížovou drážkou

Ukončenie závitovej časti skrutiek definuje norma STN 02 1031. Podľa účelu použitia skrutiek je nutné voliť aj zakončenie závitovej časti skrutky. Napr. pre ustavovacie skrutky sa používa ukončenie s čapíkom pre poistné skrutky zasa ukončenie kužeľové.



Obr.11.8. Normalizované konce skrutiek: a) až c) normálne ukončenie, d) až f) konce s čapíkom, g) koniec so zrezaným kužeľom, h) s kužeľovým vybratím

Na skrutkách a maticiach podľa nových noriem sú uvedené nasledujúce označenia: značky mechanických vlastností, značky výrobcu, značka ľavého závitú skrutky a matice.

Mechanické vlastnosti skrutiek a matíc sú vyjadrené triedami vlastností. Údaj u skrutiek sa skladá z dvoch číslíc oddelených od seba bodkou (napr. 5.6 – tab.11.4). Prvá číslica predstavuje 1/100 menovitej pevnosti v ťahu R_m v MPa. Druhá číslica udáva 10-násobok pomeru minimálnej hodnoty medze klzu R_{eL} a nominálnej pevnosti v ťahu. Vy-násobením obidvoch desiatkových číslic dostaneme 1/10 hodnoty medze klzu.

Tab.11.4. Značenie mechanických vlastností svorníkov, skrutiek a závrtných skrutiek (výpis z STN EN ISO 898-1)

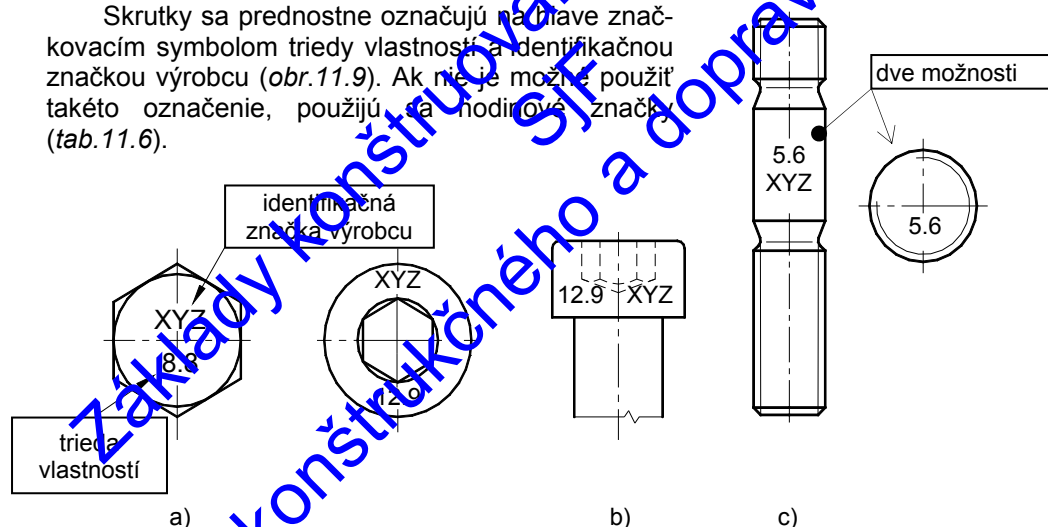
Mechanické vlastnosti	Trieda vlastností										
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9
							d<16	d>16			
Pevnosť v ťahu R _m (MPa) me- novitá	300	400		500		600	800	800	900	1000	1220
Medza klzu R _{eL} (MPa) menovitá	180	240	320	300	400	480	640	640	720	900	1080

Tab.11.5. Označovanie mechanických vlastností triedou pevnosti a triedou vlastností

Skrutky		Maticе
Trieda pevnosti	Trieda vlastností	Trieda vlastností
4D	3.6 4.6	4
5D	5.6	5
5S	5.8	5
6G	6.9	6
8E		8
8G	8.8	8
10G		10
10K	10.9	-
12K	12.9	12

Označovanie mechanických vlastností skrutiek triedou pevnosti uvedené v tab.11.5 bolo určené normami STN 02 1005 (Presné skrutky a matice. Technické dodacie predpisy.) a STN 02 1006 (Hrubé skrutky a matice. Technické dodacie predpisy.). Tieto normy sú v celom rozsahu nahradené normou STN EN ISO 898-1, ktorá určuje spôsob označovania mechanických vlastností pomocou tried vlastností. Preto sa údaje uvedené v prvom stĺpci tab.11.5 nehovúžívajú pre nové výrobky (skrutky), existujú však na starých výkresoch.

Skrutky sa prednostne označujú na hrave značkovacím symbolom triedy vlastností a identifikačnou značkou výrobcu (obr.11.9). Ak nie je možné použiť takéto označenie, použijú sa hodinové značky (tab.11.6).



Obr.11.9. Označovanie skrutiek: a) skrutka so šesťhrannou hlavou, b) na valcovej hlave s vnútorným šesťhranom, c) označovanie závrtných skrutiek

Tab.11.6. Hodinové značky

	Trieda vlastností				
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8
Značka					

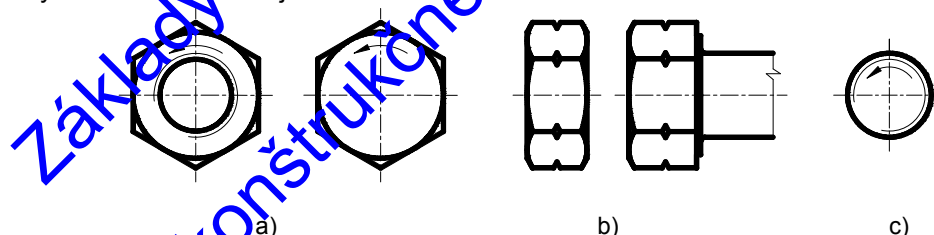
Trieda vlastností					
6.8	8.8	9.8	10.9	10.9	12.9
a Dvanástková poloha (referenčná značka) je vyznačená bodom identifikáciou výrobcu alebo bodkou. b Trieda vlastností sa vyznačuje čiarkou alebo dvojitou čiarkou a v prípade 12.9 bodkou.					

Systém náhradného označovania triedy vlastností pre závrtné skrutky je v tab.11.7.

Tab.11.7. Náhradné označovanie triedy vlastností pre závrtné skrutky

Trieda vlastnosti	5.6	8.8	9.8	10.9	12.9
Identifikačná značka					

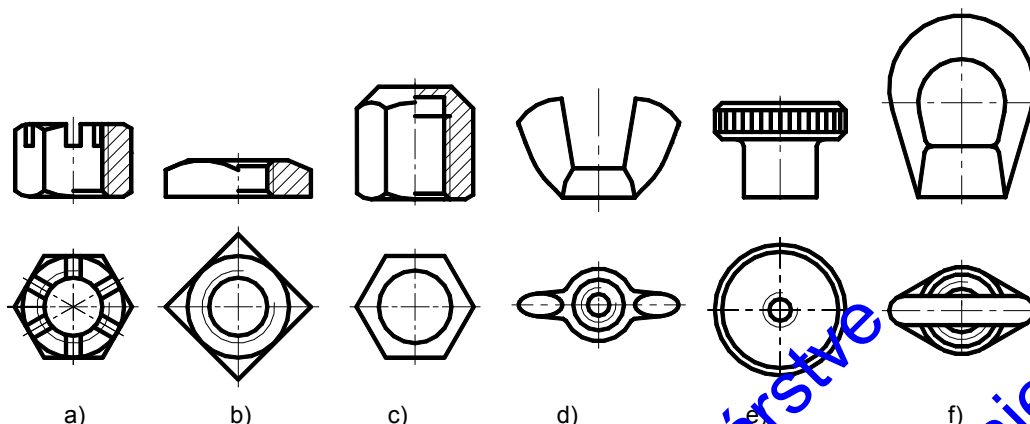
Skrutky a matice s ľavým závitom sa označujú šípkou vylisovanou na hlave skrutky alebo na matici (obr.11.10a). Náhradné označenie je vytvorené malým ostrým zárezom (obr.11.10b). Označenie ľavého závit u závrtných skrutiek je na obr.11.10c. Pre skrutky s valcovou hlavou je namiesto zárezu žliabok.



Obr.11.10. Označenie ľavého závit: a) štandardné umiestnenie označenia, b) náhradné označenie, c) označenie závrtných skrutiek

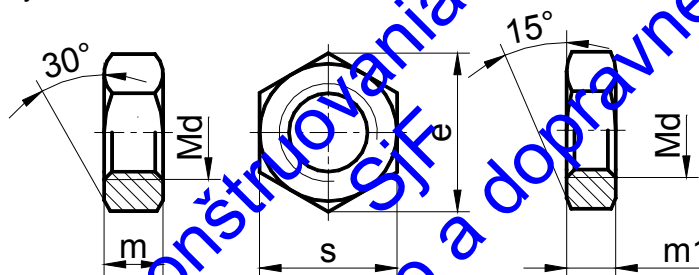
11.1.2 Matice

Normalizované matice majú podľa účelu a použitia rôzne tvary (obr.11.11). Podľa akosti povrchu rozlišujeme matice na presné a hrubé. Na ochranu vyčnievajúceho závitú skrutky pred poškodením je vhodné použiť uzavretú maticu.



Obr.11.11. Druhy normalizovaných matíc a) korunová, b) štvorhranná (robná), c) uzavretá, d) kľdlová, e) ryhovaná vysoká, f) závesná

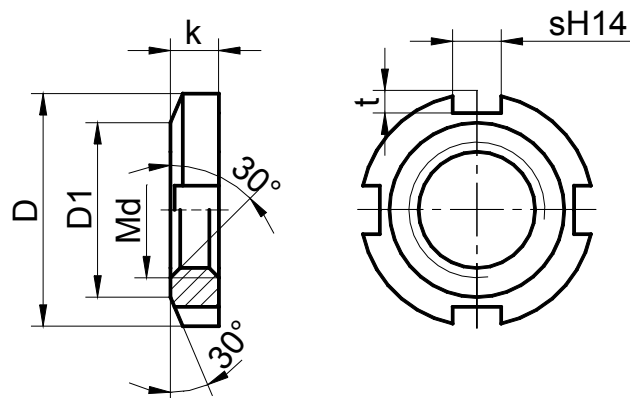
Najčastejšie používané matice pre vytváranie skrutkových spojov sú na Obr.11.12 a ich rozmery sú uvedené v tab 11.8. Pre upevňovanie súčiastok k hriadeľu sa používajú *Upínacie a sťahovacie matice KM*. Takáto matica KM je uvedená na Obr. 11.13 a jej vybrané rozmery sú uvedené v tab 11.9.



Obr.11.12. Matice šesťhrana presná a nízka matica STN 02 1401 a 02 1403

Tab 11.8. Rozmery matice šesťhranej presnej a nízkej matice

Závit	e	s	m	m1
M 4	8,1	6	3,2	2
M 5	9,2	8	4	3
M 6	11,5	10	5	3
M 8	16,2	14	6	5
M 10	19,1	17	8	6
M 20	31,6	30	16	9
M 30	53,1	46	24	12



Obr. 11.13. Matica KM STN 02 3630

Tab. 11.9. Rozmery matice KM

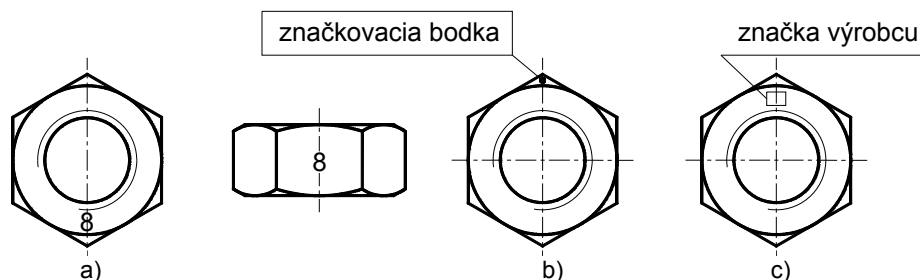
Označenie matice	Md	D	D1	h	s	t	Podložka
KM1	M12x1	22	17	4	3	2	MB 4
KM5	M25x1,5	38	32	7	5	2	MB 5
KM8	M40x1,5	58	50	9	7	2,5	MB 8
KM10	M50x1,5	70	61	11	8	2,5	MB 10
KM15	M75x2	98	90	13	10	3,5	MB 15
KM20	M100x2	130	120	17	12	4	MB 20
KM24	M120x2	155	138	20	14	5	MB 24
KM30	M150x2	195	171	24	18	6	MB 30
KM40	M200x3	250	226	29	22	8	MB 40

Označenie matice, jednoznačne určuje jej tvar (určený číslom rozmerovej normy), jej veľkosť (určená veľkosťou závit), mechanické vlastnosti a úprava povrchu.

Príklad označenia matice



Matice s rozmerom závit $\geq M5$ sa označujú na nosnom povrchu alebo na čele matice (obr. 11.14a). Náhradné označenie pomocou značkových symbolov (jamiek a zárezov) je na obr. 11.14b,c.



Obr. 11.14. Umiestnenie značiek triedy vlastností: a) štandardné umiestnenie označenia, b) náhradné označenie, c) nahradenie značkovacej bodky znakom výrobcu

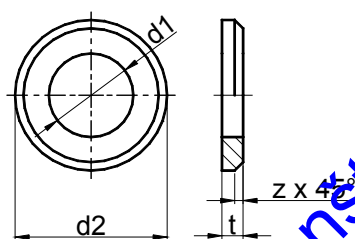
Označovanie mechanických vlastností matic je normalizované normou STN EN 20 898-2 (Mechanické vlastnosti spojovacích súčiastok. Časť 2: Matice so stanovenými hodnotami zmluvného zaťaženia. Základný závit.). Pripravuje sa STN EN ISO 898-2.

V prípade označovania matic číslo označenia znamená 1/100 minimálnej ťahovej pevnosti v newtonoch na milimeter štvorcový (MPa) svorníka a skrutky, ktoré po spojení s maticou môžu byť zaťažené až do hodnoty minimálneho napätia na medzi klzu.

11.1.3 Podložky

Normalizované podložky sa delia na *presné* (sú obrobené) a *hrubé* (sú vyrábané z plechu bez ďalšieho mechanického opracovania). Odlišujú sa toleranciami rozmerov a tvaru.

Tab. 11.10 Rozmery pre vybrané veľkosti podložky pre skrutky so šesťhrannou hlavou a šesťhranné matice STN 02 1702



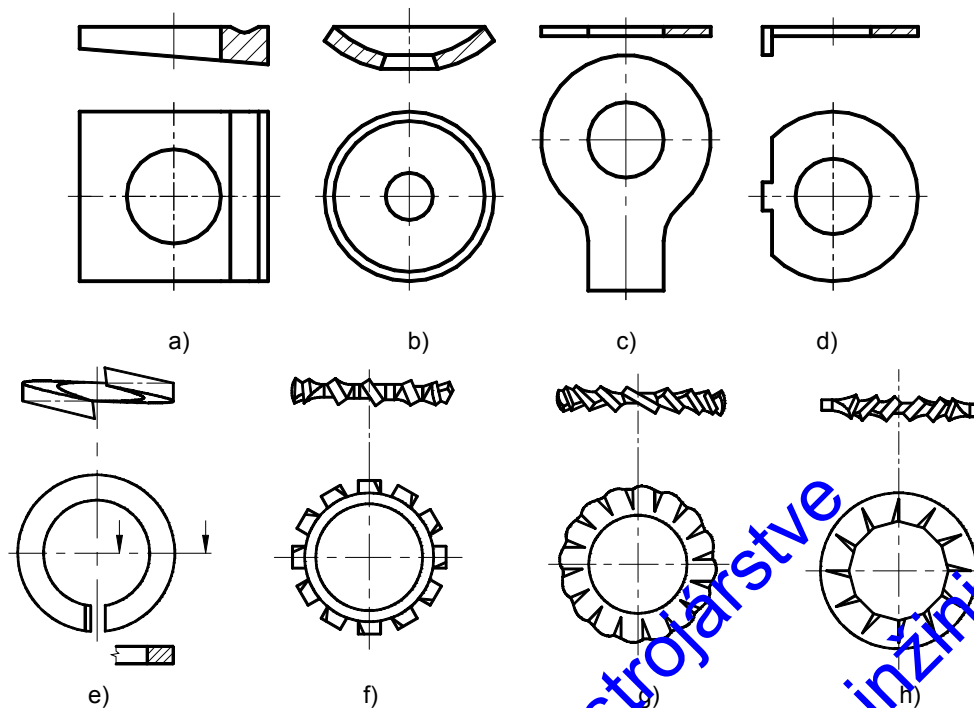
Obr. 11.15. Podložka STN 02 1702

Pre skrutku	D1	D2	t	z
M4	4,3	9	0,8	-
M5	5,3	11	1	-
M6	6,4	12,5	1,6	-
M8	8,4	17	1,6	0,3
M10	10,5	21	2	0,4
M12	13	24	2,5	0,5
M16	17	30	3	0,6
M20	21	37	3	0,6
M30	31	56	4	0,8
M42	43	78	7	1,5

Príklad označenia presnej podložky pre skrutky so šesťhrannou hlavou a šesťhranné matice so závitom M20: PODLOŽKA 21 STN 02 1702.12.

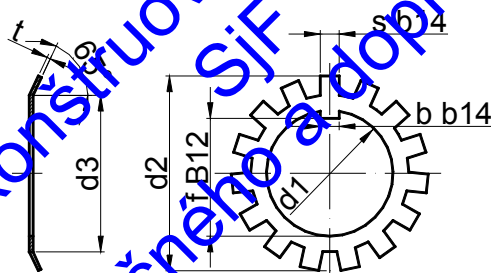
Podložky sa vkladajú v skrutkových spojoch pod matice a niekedy pod hlavy skrutiek z týchto dôvodov:

- zníženie tlaku medzi dosadacou plochou matice a povrchom spojovacej súčiastky (presná podložka obr. 11.15),
- vyrovnanie nerovnakého sklonu dosadacej plochy matice alebo hlavy skrutky a dosadacej plochy spojovaných častí (napr. pre valcované profily U, I obr. 11.16 a),
- poistenie spoja proti uvoľneniu – poistné podložky (obr. 11.16 b, c, d, e, f, g, h)



Obr. 10.16. Normalizované podložky: a) pre valcované profily I, U, IE, UE, b) vydatá, c) poistná s jazýčkom, d) poistná s nosom, e) pružná, f) ozubená, g) vejárovitá s vonkajším ozubením, h) vejárovitá s vnútorným ozubením

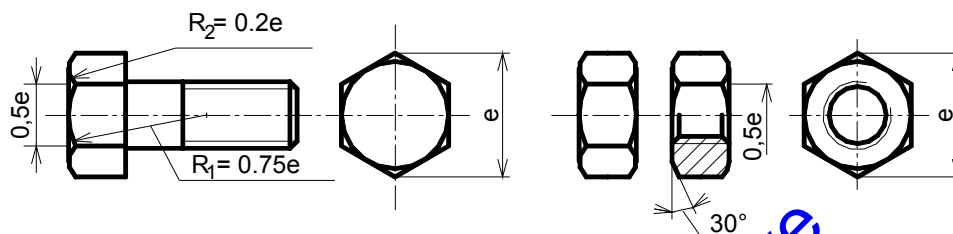
Tab. 11.11. Rozmery vybraných veľkostí poistnej podložky MB



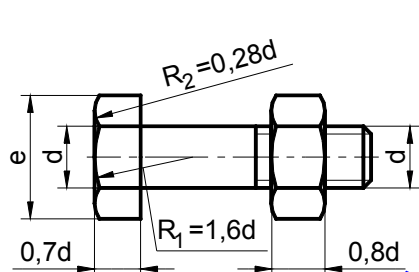
Označenie podložky	d1	d2	d3	b	f	s	t	Počet zubov
MB 5	25	42	32	5	23	5	1,2	13
MB 8	40	62	50	6	37,5	6	1,2	15
MB 10	50	74	61	6	47,5	6	1,2	17
MB 15	75	104	90	8	71,5	8	1,5	19
MB 20	100	142	120	12	96,5	10	1,8	19
MB 24	120	164	138	14	115	12	2	19

11.1.4 Zobrazenie skrutiek, matíc a podložiek

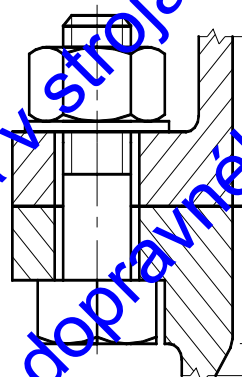
Zobrazovanie skrutiek a matíc sa riadi pravidlami uvedenými v *STN 01 3214 (Výkresy v strojárstve. Zobrazovanie skrutiek a matíc.)*. Normalizované skrutky, matice a podložky sa na výkresoch zostáv kreslia vždy v pohľade podľa *obr.11.1*. Časť skrutky zakrytá maticou alebo podložkou sa nezobrazuje. Šesťhranné matice a hlavy skrutiek sa kreslia tak, aby bolo vidieť tri plochy šesťhranu. Šesťhranné hlavy skrutiek a šesťhranné matice sa na výkresoch súčiastok zobrazujú podľa *obr.11.17*. Základné rozmery sú odvodené od priemeru opísanej kružnice – rozmeru e .



Obr. 11.17. Kreslenie šesťhranných hláv skrutiek a matíc na výkrese súčiastky



Obr.11.18. Kreslenie šesťhranných hláv skrutiek a matíc na výkrese zostavy

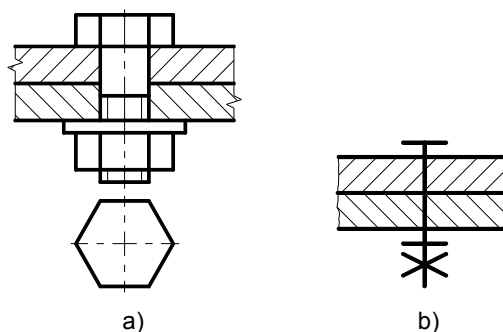


Obr.11.19. Zobrazenie poistenia skrutky proti otáčaniu

Na výkrese zostáv možno použiť zjednodušené zobrazenie šesťhranov (*obr.11.18*). V tomto prípade základné rozmery šesťhranu sú odvodené od veľkého priemeru závitů – rozmeru d . Nepodstatné tvarové prvky ako odľahčenia, nákrúžky a pod. sa na výkrese zostáv nemusia kresliť. Šesťhranné matice alebo hlavy skrutiek sa kreslia v skutočnej polohe (nie ako je obvyklé) vtedy, ak je nedostatok miesta, alebo ak sa má zobraziť poistenie skrutky, resp. matice, proti otáčaniu (*obr.11.19*).

11.1.5 Zjednodušené a schematické zobrazovanie skrutkových spojov

Na výkresoch zostáv, montážnych a pod. je možné normalizované súčiastky skrutkových spojov zobrazovať zjednodušene alebo schema-ticky. Takéto zobrazenie určuje norma STN EN 6410-3 (01 3213) : (Technické výkresy. Závitové časti. Časť 3: Zjednodušené zobrazenia.). Pri zjednodušenom zobrazení sa nekreslia: skosenia hrán matic a hláv skrutiek, výbehy závitov, tvary koncov skrutiek a žliabky (príklad je na obr. 11.20).

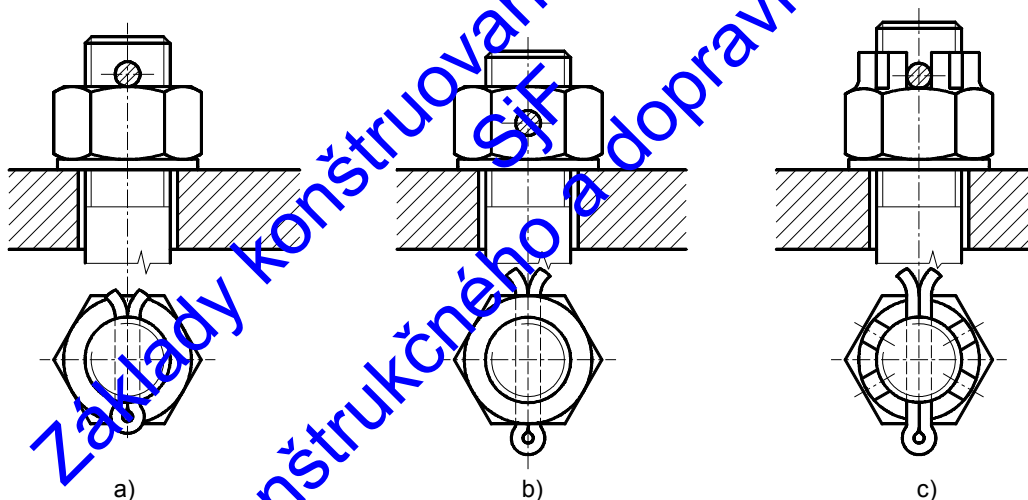


Obr.11.20. Zobrazenie skrutkového spoja: skrutka so šesťhrannou hlavou, podložka a matica a) zjednodušené b) schematické

11.1.6 Poisťovanie skrutkových spojov

Staticky zaťažené skrutkové spoje sa nemusia poisťovať. Závit spojovacích skrutiek sú samosvorné, preto sa nemôže skrutka ani matica samovoľne uvoľniť. Pri dynamickom zaťažovaní môže v okamihu krátkodobého odľahčenia nepoisteného spoja dôjsť k uvoľneniu matice alebo skrutky. Uvoľneniu matice alebo skrutky sa zamedzí voľbou závitu s jemným stúpaním alebo poistením matice, príp. skrutky, proti uvoľneniu. Poistenie môže byť mechanické (tvarové) alebo poistenie tením.

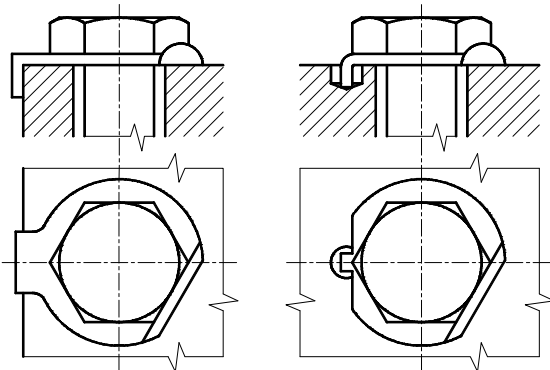
Pri mechanickom poistení sa zabraňuje rozúchaniu matice alebo skrutky mechanicky (obr. 11.21 a obr. 11.22) jazýčkom, závlačkou a pod.



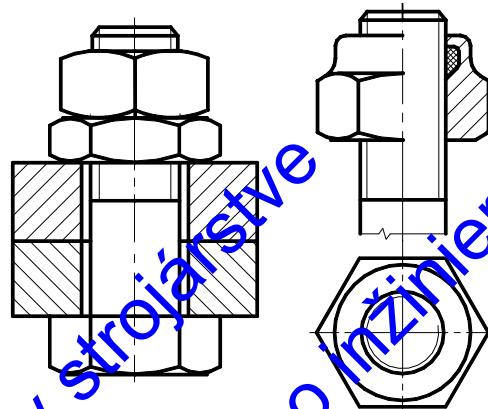
Obr.11.21. Mechanické poistenie pomocou závlačky a) nad maticou, b) v matici, c) korunová matica so závlačkou

Poistné podložky s jazýčkom sa používajú pri skrutkách montovaných na kraji súčiastky. Jazýček sa ohne cez hranu súčiastky a podložka sa prihne k stene skrutky. Pre poistnú podložku s nosom sa do súčiastky vyvrtá slepá diera, do ktorej sa zasunie nos podložky. Po utiahnutí matice sa podložka prihne k stene skrutky.

Pri trecom poistení sa zabráni uvoľneniu matice zväčšením trenia v záвите alebo medzi maticou a súčiastkami. Pri poistení prítužnou maticou (obr.10.23a) sa naskrutkuje druhá matica tak, že sa ťahuje proti prvej matici. Obvykle spodná matica (tzv. prítužná) je nízka a horná matica má normálnu výšku a prenáša zaťaženie. Väčšiu spoľahlivosť má poistenie pomocou samoistiacich poistných matic (obr.10.23b), u ktorých sa trenie zabezpečuje polyamidovým krúžkom.



Obr.11.22. Mechanické poistenie pomocou podložky a) pomocou poistnej podložky s jazýčkom, b) pomocou poistnej podložky s nosom



Obr.11.23. Trecie poistenie skrutkového spoja a) prítužnou maticou, b) samoistiacou maticou

11.1.7 Závlačky

Závlačkami sa poisťujú strojové súčiastky, napr. skrutky, matice, spojovacie čapy a pod., proti uvoľneniu, posunutiu alebo strate. Normalizovaná závlačka je na obr.11.24.



Obr. 11.24. Závlačka

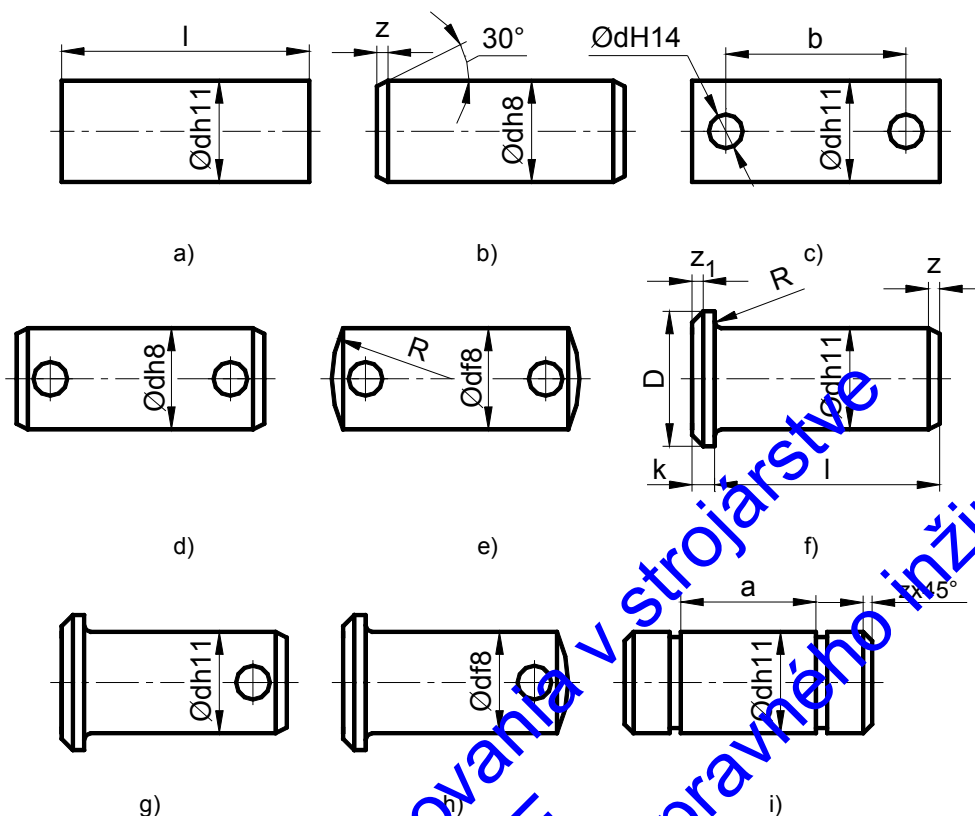
11.1.8 Spojovacie čapy

Spojovacie čapy so závlačkou a poistným krúžkom sa používajú k rozoberateľnému kĺbovému spojeniu súčiastok, ktoré umožňujú vzájomné pootáčanie (kývanie) súčiastok okolo osi čapu. Čapy môžu prenášať zaťaženia len kolmé na os čapu. Normalizované spojovacie čapy sú znázornené na obr.11.25.

Normalizované čapy sa kreslia len na výkresoch zostavenia v pozdĺžnom pohľade alebo priečnom reze či pohľade. V súpisne položiek sa predpisu normalizovaným spôsobom.

Príklad označenia čapu o priemere 16 mm a dĺžke 32 mm s medznými odchýlkami priemeru h8

ČAP 16x32 STN 02 2102.25.

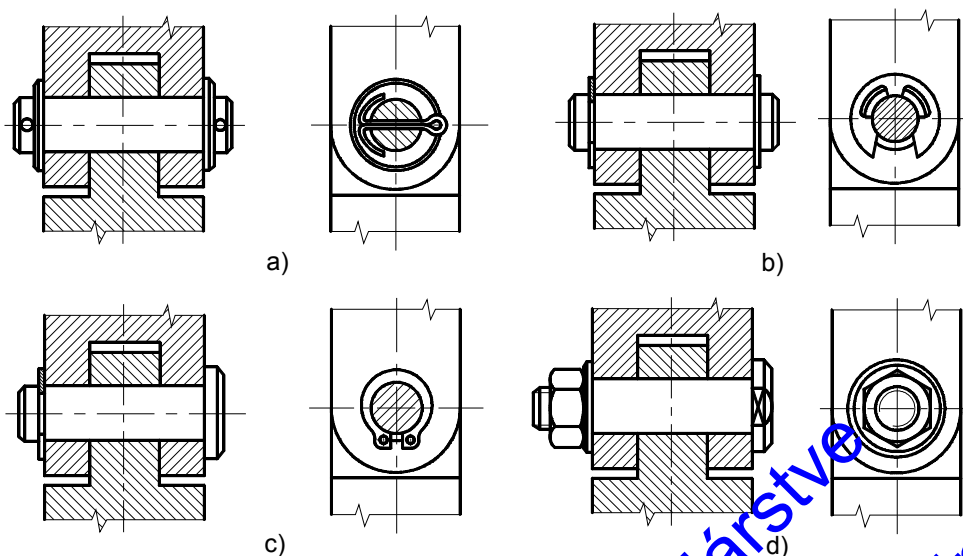


Obr. 11.25. Tvary normalizovaných spojovacích čapů
a) čap bez hlavy s medznou odchýlkou priemeru h11,
b) čap bez hlavy s medznou odchýlkou priemeru h8,
c) až e) čap bez hlavy s dierami pre závlačky a s medznou odchýlkou priemeru h11, h8, f8,
f) čap s hlavou a s toleranciou priemeru h11,
g), h) čap s hlavou, s dierami pre závlačky s toleranciou priemeru h11, f8,
i) upravený čap so žliabkami pre poistné krútky.

Tab. 11.12 Rozměry čapů s hlavou s odchýlkami priemeru h11 STN 022109

d	l	k	R	Z _{max}	Z ₁	l _{min}	l _{max}
6	9	1,6	0,6	2	0,6	10	50
10	14	2	0,6	2	1	18	80
12	17	3	0,6	2	1,6	22	100
20	26	4	1	4	2	36	100
30	40	6	1,6	4	2	50	140
50	58	7	2	4	2	70	220

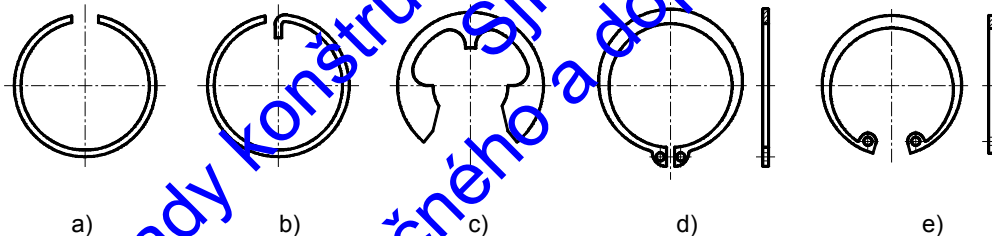
Keďže sa čapy ukladajú v dierach s vôľou, napr. $H11/h11$, $H8/f8$, $H8/h8$, musia sa poistiť proti axiálnemu (osovému) posunutiu (obr.11.26).



Obr.11.26. Osové poistenie čapu: a) závlačkami a podložkami, b) poistnými strmeňovými krúžkami, c) poistným krúžkom (Segerovou poistkou), d) maticou a podložkou

11.1.9 Poistné krúžky

Poistné krúžky (obr.11.27) sa používajú na zamedzenie osového posunu čapu alebo na poistenie axiálnej polohy súčiastok uložených na hriadeľi alebo v náboji napr. valivých ložísk, ozubených kolies a pod. Podľa druhu môžu zachytávať menšie aj veľké axiálne sily. Krúžky sa vkladajú do žliabkov na hriadeľi (čape) alebo v náboji pomocou špeciálnych klieští. Krúžky bývajú vyrobené z pružinovej ocele.



Obr.11.27. Poistné krúžky: a) z drôtu pre hriadele, b) z drôtu pre diery, c) strmeňový, d) poistný krúžok pre hriadele, e) poistný krúžok pre diery

Poistné krúžky môžu mať *kruhový prierez*: poistné krúžky z drôtu (STN 02 2925 – obr.11.27a, STN 02 2926 – obr.11.27b) alebo *obdĺžnikový prierez*: poistné strmeňové krúžky (STN 02 2929 – obr.11.27c), poistné krúžky pre hriadele (STN 02 2930 – obr.11.27d) a poistné krúžky pre diery (STN 02 2931 – obr.11.27e).

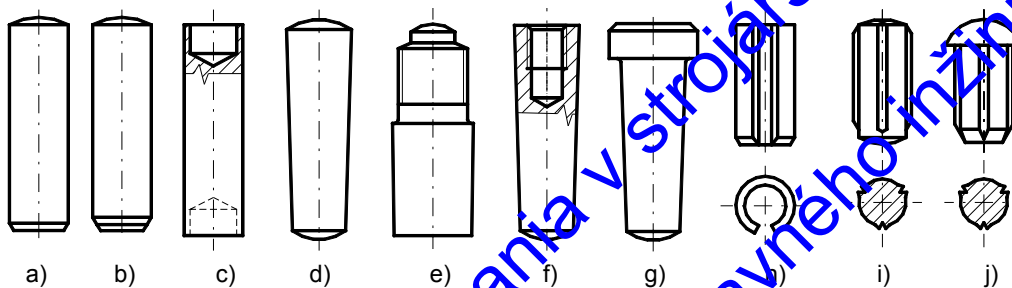
Normalizované poistné krúžky sa kreslia na výkresoch zostáv v reze a označia sa samostatným odkazom. V súpise položiek sa predpíše normou predpísaným označením. *Príklad označenia* krúžku pre hriadeľ o priemere 40 mm

POISTNÝ KRÚŽOK 40 STN 02 2931.

11.1.10 Spojovacie kolíky

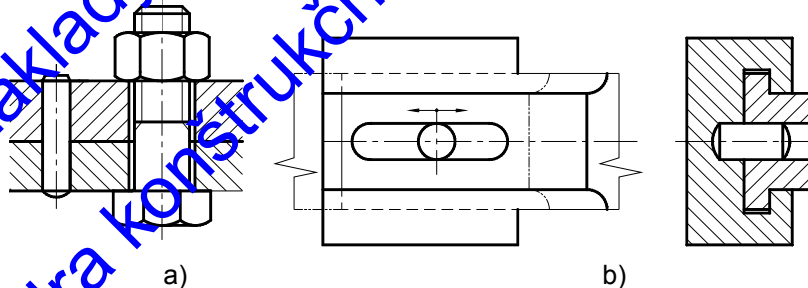
Spojovacie kolíky patria k najjednoduchším rozoberateľným spojeniam. Slúžia na zabezpečenie presnej vzájomnej polohy dvoch alebo viacerých súčiastok, na prenos síl pôsobiacich kolmo na os kolíka, na prenos krútiaceho momentu, na poistenie zariadenia proti mechanickému preťaženiu a na poistenie súčiastok proti vzájomnému pohybu. Keďže sú zalícované do úložných plôch, častejšia montáž a demontáž znižuje ich spoľahlivosť. Podľa tvaru a vyhotovenia rozoznávame kolíky:

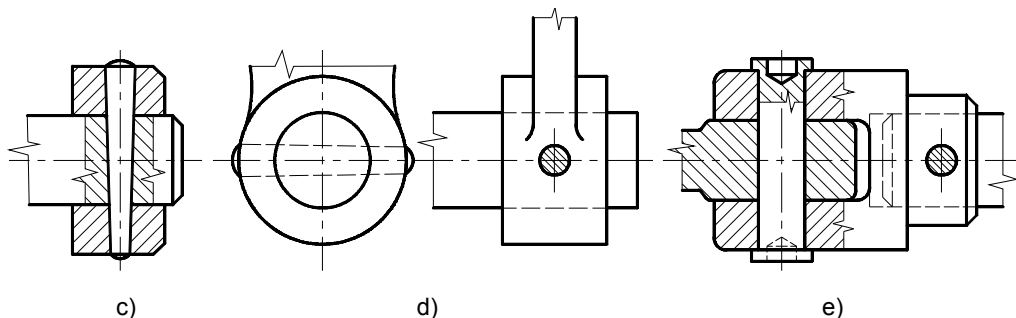
- valcové: valcové kolíky (*obr.11.28a,b*), kolíky s koncami určenými k roznitovaniu (*obr.11.28c*), pružné kolíky (*obr.11.28h*),
- kužeľové: kužeľové kolíky (*obr.11.28d*), kužeľové kolíky s vonkajším, resp. vnútorným závitom (*obr.11.28e,f*), kužeľové kolíky s hlavou (*obr.11.28g*),
- ryhované: ryhované kolíky do polovice, ryhované kolíky po celej dĺžke (*obr.11.28i*),
- ryhované klnice (*obr.11.28j*).



Obr.11.28. Tvarý normalizovaných kolíkov.

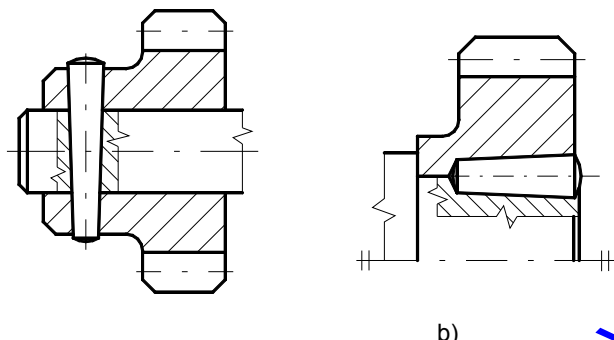
Valcové kolíky sa používajú na zaistenie vzájomnej presnej polohy dvoch súčiastok, ktoré sa majú rozobrať (napr. pri oprave) a opäť zmontovať do tej istej polohy. Kolík je zalícovaný do jednej zo súčiastok a zapadá s malou voľou do druhej súčiastky (*obr.11.29a*). Aby sa zabezpečilo presné spojenie, otvory pre kolíky sa vŕtajú naraz v oboch súčiastkach, čo sa predpisuje na výkrese spôsobom: "VRTANÉ SPOLOČNE S PROTIKUSOM". Válcové kolíky sa používajú aj na zamedzenie otáčania alebo posuvu jednej súčiastky voči druhej alebo na zaistenie krajných polôh (*obr.11.29b*). Válcový kolík ako spojovací čap (*obr.11.29c*) je zabezpečený proti vypadnutiu roznitovaním koncov.





Obr. 11.29. Príklady použitia valcových a kužeľových kolíkov a) na zaistenie polohy súčiastok skrutkového spojenia, b) na zaistenie krajných polôh súčiastok, c) spojenie stavacieho krúžku s čapom, d) spojenie páky s hriadeľom, e) ako spojovacie čapy, ktoré majú oba konce rozširované

Kužeľové kolíky majú kužeľovitost' 1:50. Používajú sa na pevné rozoberateľné spojenie napr. malých ozubených kolies s hriadeľom obr. 11.30a. Môžu preniesť malé sily (kolmé na os kolíka) a momenty. Na obr. 11.30b je zobrazený príklad použitia kužeľového kolíka na zaistenie dvoch súčiastok proti vzájomnému pootočeniu nalisovaných častí.

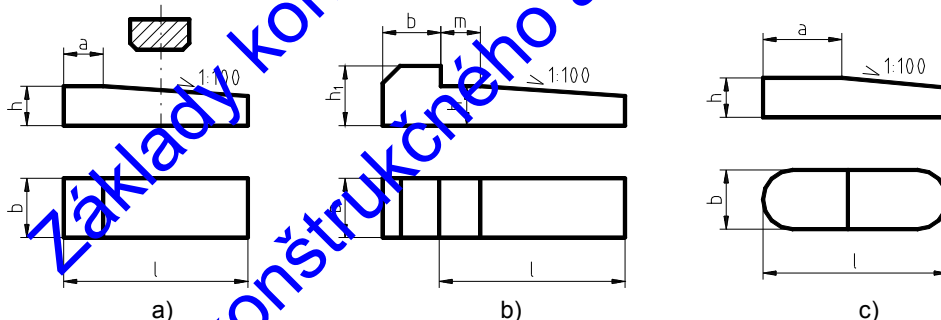


Obr. 11.30. Príklady použitia kužeľových kolíkov

11.1.11 Klíny

Klíny sa používajú k pevnému, ľahko rozoberateľnému spojeniu súčiastok (spojovacie klíny) alebo k presnému nastaveniu krajnej polohy súčiastok (nastavovacie klíny). Slúžia na prenos otáčavého pohybu medzi hriadeľom a nábojom.

Podľa polohy pozdĺžnej osi klína vzhľadom na os spojovacích súčiastok delíme klíny na: pozdĺžne a priečne.



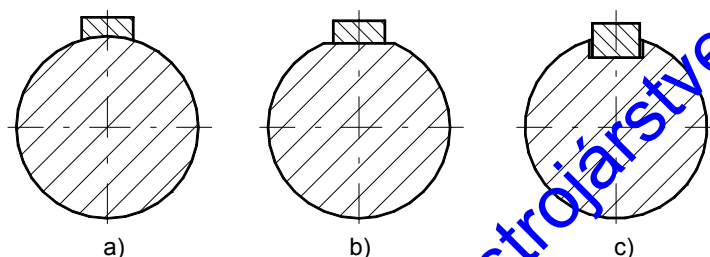
Obr. 11.31. Tvary normalizovaných spojovacích klínov pozdĺžnych: a) žliabkový klin bez nosa, b) žliabkový klin s nosom, c) vsadený klin

Pozdĺžne klíny majú tvar hranola s pozdĺžnym úkosom $1:100$ a vyrábajú sa v dvoch variantoch: s nosom a bez nosa (obr.11.31). Zarazením klinu do žliabkov v hriadeľi a náboji (obr.11.33) vyniká v spoji predpätie. Vzniknutým trením sa prenáša krútiaci moment a súčasne sa zaisťuje axiálna poloha naklinovanej súčiastky na hriadeľi. Zásadnou nevýhodou klinových spojov je vznik veľkých radiálnych síl po zarazení klinu, ktoré namáhajú náboj. Vplyvom týchto síl vzniká aj nesúosovosť medzi hriadeľom a nábojom. Preto sa dnes miesto klinov používajú iné typy rozoberateľných spojení (spojovacie perá, žliabkované spojenia).

Tvary a rozmery klinov sú normalizované (obr.11.31).

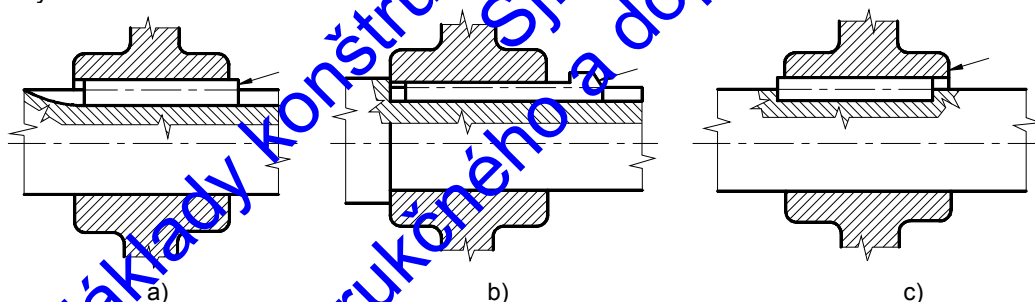
Rozdelenie pozdĺžnych klinov podľa spôsobu dosadnutia na hriadeľ (obr.11.32):

- vyduté klíny (obr.11.32a),
- ploché klíny (obr.11.32b) – dosadajú na rovinnú plošku na hriadeľi,
- žliabkové klíny (obr.11.32c) – boli používané zo všetkých druhov najčastejšie, lebo klin dokáže preniesť celý dovolený krútiaci moment hriadeľa.



Obr.11.32. Druhy pozdĺžnych klinov: a) vydutý klin, b) plochý klin, c) žliabkový klin

Spôsob montáže pozdĺžnych klinov je zobrazený na obr.11.33, šípka naznačuje smer naražania. Ak klin nie je z druhej strany prístupný (obr.11.33b) a preto nie je možné odtiaľ pri demontáži vyraziť, použije sa klin s nosom. Nos žliabkovaného klinu slúži k demontáži klinového spoja. Ak z rozmerových dôvodov nie je možné navrhnuť dostatočne dlhý žliabok na hriadeľi, použije sa vsadený žliabkový klin (obr.11.33c) alebo dva klíny.



Obr.11.33. Montáž pozdĺžnych klinov a) žliabkový klin bez nosa, b) žliabkový klin s nosom, c) vsadený klin

Na výkrese zostávajú normalizované klíny kreslia v pozdĺžnom pohľade alebo v priečnom reze. V šupise položiek sa k názvu pripoja hlavné určovacie rozmery v poradí: šírka (b), hrúbka (h), dĺžka (l) a číslo príslušnej normy klinu.

Príklad označenia žliabkového klina bez nosa

KLIN 10x8x50 STN 02 2512.

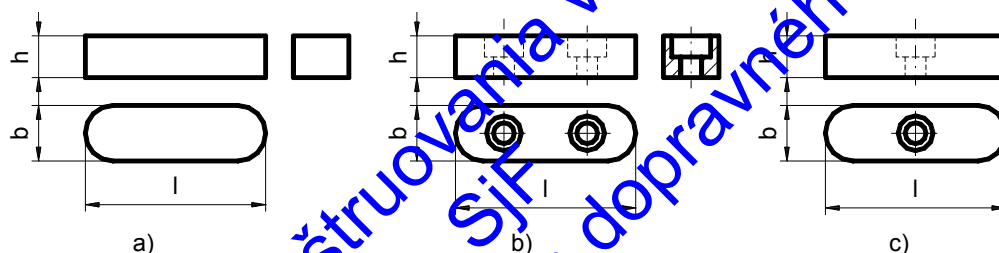
Priečne klíny nie sú normalizované, používajú sa na prenos veľkých ťahových, tlakových alebo striedavo pôsobiacich síl kolmo na os klína. Prierez priečného klína je obdĺžnikový so zaoblenými hranami.

11.1.12 Perá

Perá sa svojim tvarom podobajú na vsadené klíny, ale na rozdiel od nich nemajú úkos. Pero sa pri montáži vsadí do žliabku, ktorý je vytvorený na hriadeľi a náboji. Celý krútiaci moment je prenášaný tlakom na boky pera. Perá nie sú vhodné na spojenia, ktoré prenášajú striedavé alebo nárazové zaťaženie.

Normalizované druhy spojovacích pier:

- Perá tesné (*obr.11.34a*). Tesné pero umožňuje posun náboja v smere osi hriadeľa a na zaistenie axiálnej polohy náboja je potrebné zvoliť niektorý zo spôsobov axiálneho poistenia uvedených na *obr.11.35*.
- Perá vodiace (*výmenné*) (*obr.11.34b*). Perá majú otvory na jednu alebo dve upevňovacie skrutky, ktorými sa priskrutkujú ku hriadeľu. Vodiace perá sa používajú na uloženie súčiastok, ktoré sa majú po hriadeľi posúvať.
- Perá kotúčové (*Woodruffove*) (*obr.11.36a*). Používajú sa pre hriadele menších priemerov a na prenos malých krútiacich momentov. Pero má tvar časti kotúča a je uložené na konci hriadeľa. Nevýhodou je zoslabenie prierezu hriadeľa hlbokým žliabkom. Upevnenie náboja na hriadeľi pomocou kotúčového pera je na *obr.11.36b*.

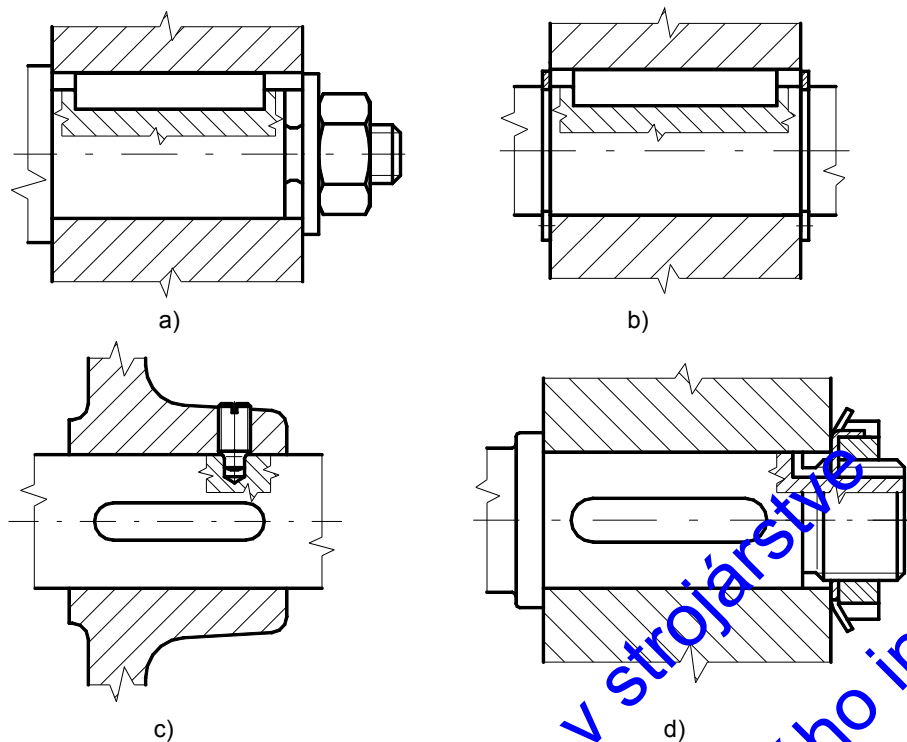


Obr.11.34. Tvary normalizovaných spojovacích pier: a) tesné pero, b),c) výmenné perá

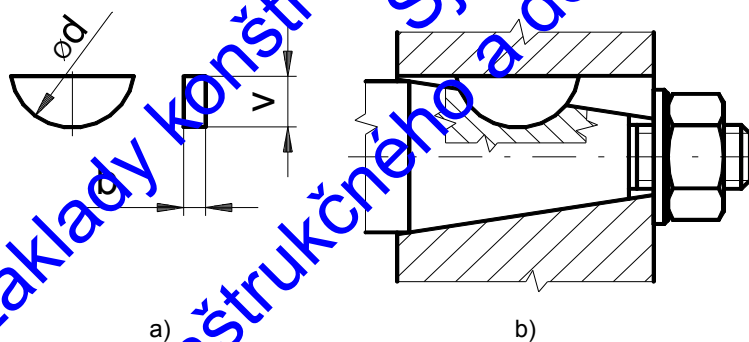
Veľkosť pera je závislá od priemeru príslušného hriadeľa *tab. 11.13*.

Tab. 11.13 Rozmery vbraných veľkostí tesného pera STN 02 2562

Priemer hriadeľa Nad	Do	b	h	l_{min}	l_{max}
17	22	6	6	16	70
22	30	8	7	20	90
30	38	10	8	25	110
38	44	12	8	32	140
44	50	14	9	40	180
50	58	16	10	45	200
58	65	18	11	50	220



Obr.11.35. Spojenie náboja pomocou tesného pera a poistenie axiálnej polohy a) podložkou a maticou, b) poistnými krúžkami, c) nastavovacou skrutkou, d) poistnou podložkou MB a kruhovou maticou KM

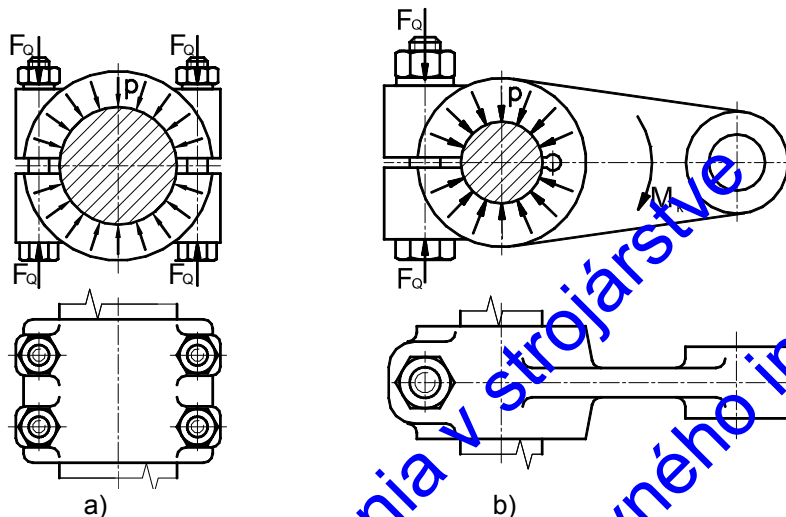


Obr.11.36. Spojenie náboja s hriadeľom pomocou kotúčového pera (b), kotúčové pero (a)

11.1.13 Zverné spoje

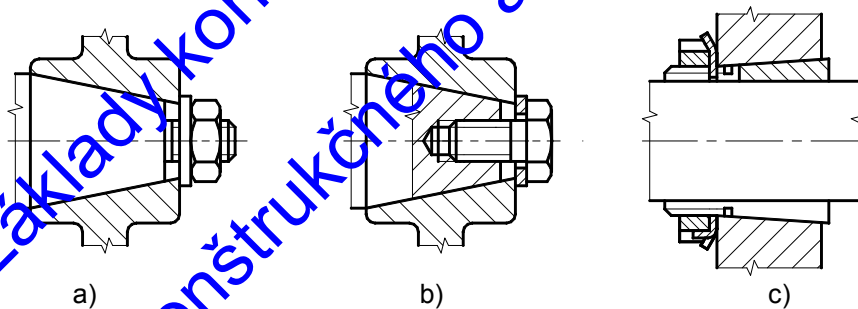
Zverné spoje sú pevné rozoberateľné spojenia vytvorené zovretím jednej súčiastky druhou alebo vzopretím jednej súčiastky v druhej. K prenosu sily alebo krútiaceho momentu sa využíva trenie. Zverný spoj môže mať dotykovú plochu valcovú alebo kužeľovú, s deleným alebo jednostranne rozrezaným nábojom.

Pri zverných spojoch s valcovou stykovou plochou sa dosiahne zovretie hriadeľa pružnou deformáciou vonkajšej súčiastky (náboja) skrutkami. Zaťaženie sa prenáša trením medzi nábojom a čapom. Na prenos veľkých krútiacich momentov sa používa delený náboj – z dvoch častí *obr.11.37a*, pre menšie zaťaženia sa používa jednostranne rozrezaný náboj *obr.11.37b*. Pri delenom náboji sa volí prechodné uloženie hriadeľa v náboji (napr.: *H8/j7*), pri jednostranne rozrezanom náboji sa volí uloženie s presahom.



Obr.11.37. Zverný spoj s valcovou stykovou plochou a) s deleným nábojom, b) s jednostranne rozrezaným nábojom

Pri zvernom spoji s kužeľovou stykovou plochou sa kužeľový koniec hriadeľa, príp. čapu vŕha do diery v náboji skrutkou *obr.11.38b* alebo maticou *obr.11.38a*. Na *obr.11.38c* je nahradená jedna kužeľová plocha (na hriadeli) kužeľovým puzdrom.



Obr. 11.38. Zverný spoj s kužeľovou stykovou plochou

11.2 Nerozoberateľné spoje

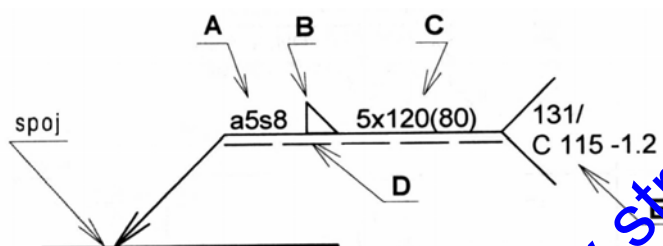
Medzi nerozoberateľné spoje zaraďujeme spoje vytvorené: zvaraním, spájkovaním, lepením, nalisovaním a nitovaním.

11.2.1 Zvárané spoje

Zváranie je spájanie kovových súčiastok do nerozoberateľného celku pri pôsobení tepla, tlaku alebo tepla a tlaku. Takto vzniknutý nerozoberateľný celok sa nazýva zvarok (zvarenec), resp. zváraná konštrukcia.

Podľa prierezu zvaru, podľa polohy zváraných súčiastok a podľa úpravy zvarovaných častí v mieste zvárania rozdeľujú sa zvary na: lemové, tupé ($I, V, 1/2V, U..$), kútové, dierové a žliabkové. V *tab. 11.15* sú uvedené niektoré druhy najčastejšie používaných zvarov a základné značky, ktorými sa tieto zvary na výkresoch označujú.

Zvary sa na výkresoch nevýkresľujú, ale sa označujú značkami umiestnenými na odkazových čiarach spolu s ostatnými údajmi potrebnými na úplné predpísanie zvaru *obr.11.39*. Označovanie je podrobne vysvetlené v *STN EN 22553 (01 3155): (Zvárané a spájkované spoje. Označovanie na výkresoch.)*.



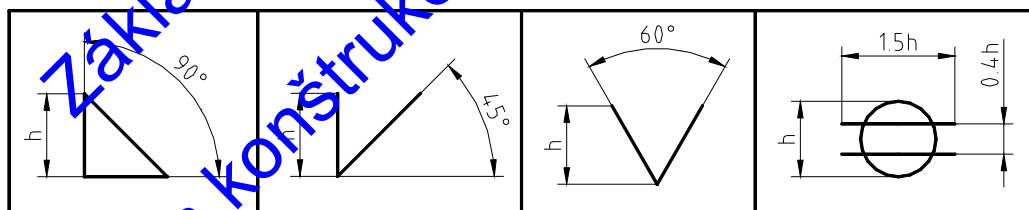
Obr.11.39. Umiestnenie údajov o zvare na odkazovej čiare:

- A – miesto určené na uvedenie charakteristického rozmeru zvaru,
- B – miesto na umiestnenie značiek zvaru,
- C – miesto na zápis dĺžkových rozmerov zvaru,
- D – čiarkovaná čiara zástavky určujúca polohu zvaru,
- E – vidlica odkazovej čiary na zápis ostatných údajov o zváraní

Pre úplné označenie zvaru treba správne použiť základné a doplňujúce značky. Základné značky predpisujú daný typ zvaru napr. podľa *tab.11.15*. Doplňujúce značky predpisujú tvar vonkajšieho povrchu zvaru *tab.11.16*. Ak sa tvar vonkajšieho povrchu zvaru nepredpisuje, doplňujúca značka sa neuvádza.

Výška základných značiek (rozmer h) je rovnaká ako výška kót použitých na výkrese. V *tab.11.14* sú uvedené odporúčané rozmery niektorých značiek.

Tab.11.14. Odporúčané rozmery značiek zvarov



Tab.11.15. Základné značky zvarov

Názov	Zobrazenie	Značka	Názov	Zobrazenie	Značka
Lemový zvar *			Lemový zvar **		
V zvar			1/2V zvar		
Dvojstranný V zvar			Dvojstranný 1/2V zvar		
I zvar			Y zvar		
U zvar			Dvojstranný Y zvar		
Dvojstranný U zvar			V zvar ***		
Kútový zvar			Dierový zvar		
Bodový zvar			Švový zvar		

* – Lemový zvar s úplne roztavenými lemi

** – Lemový zvar s neúplne roztavenými lemi

*** – V zvar so strmými zvarovými plochami

Tab.11.16. Dopĺňujúce značky zvarov

Tvar zvaru alebo jeho povrchu	Značka	Tvar zvaru alebo jeho povrchu	Značka
plochý		obrobené prechody zvaru	
preložený		privarená podložka	
preliačený		odstrániteľná podložka	

11.2.1.1 Hlavné rozmery zvarov

Zvary možno predpísať rozmermi, ktoré určujú priečny prierez zvaru. Tieto sa umiestňujú pred základnou značkou zvaru. Rozmery, ktoré určujú pozdĺžne rozmery zvaru, sa zapisujú za základnou značkou zvaru.

Rozmery priečného rozmeru zvaru sú definované charakteristickým rozmerom zvaru *tab. 11.17*. Pre tupé a lemové zvary je charakteristickým rozmerom zvaru vzdialenosť s od povrchu súčiastok zvaru po dno závaru, ktorá nemôže byť väčšia ako je hrúbka tenšieho prvku. Tupé zvary, pri ktorých nie je uvedený charakteristický rozmer zvaru, sú prevarené po celej hrúbke zvaru.

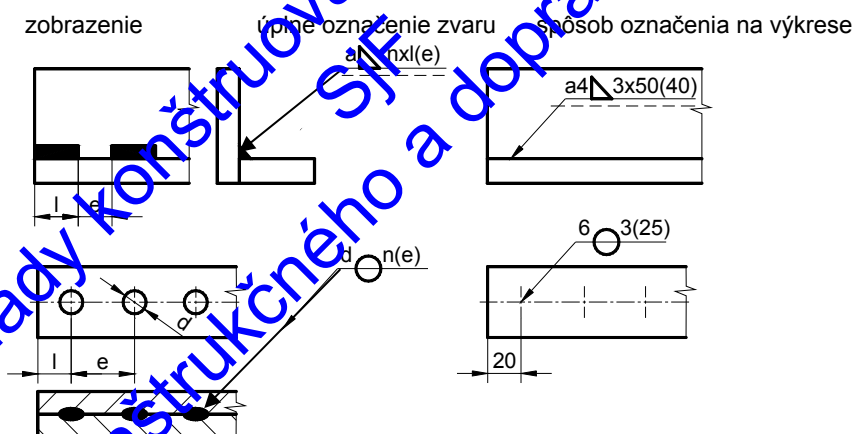
Pre kútové zvary môže byť charakteristickým rozmerom zvaru výška najväčšieho rovnostranného trojuholníka vpísaného do prierezu zvaru a alebo odvesna trojuholníka z , pričom platí $z = a \cdot \sqrt{2}$. Preto je potrebné pred číselnú hodnotu charakteristického rozmeru kútového zvaru napísať vždy aj označenie a , resp. z . U kútových zvarov možno ako ďalší rozmer zvaru určiť hĺbku prievaru s . Na *obr. 11.41* sú znázornené možnosti predpisovania priečných rozmerov kútových zvarov.

Pre bodové zvary je charakteristickým rozmerom priemer zvarovacej šošovky d a pri švových zvaroch šírka zvaru c *tab. 11.17*.

Za značkou zvaru sa podľa potreby uvádzajú pozdĺžne rozmery zvaru, ktorými sú napríklad *dĺžka zvaru*, *počet zvarov*, *dĺžka prerušenia pri prerušovanom zvare* alebo *rozstup zvarov* (napr. u bodových zvarov).

Za dĺžku zvaru sa považuje „čistá“ dĺžka zvaru, t. j. dĺžka bez koncových materiálov. Ak za značkou zvaru nie je uvedený rozmer, znamená to, že zvar je vyhotovený po celej dĺžke súčiastky zvaru. Ak sa zvar vyhotovuje len na určitej dĺžke, treba začiatok zvaru na výkrese zakótovať.

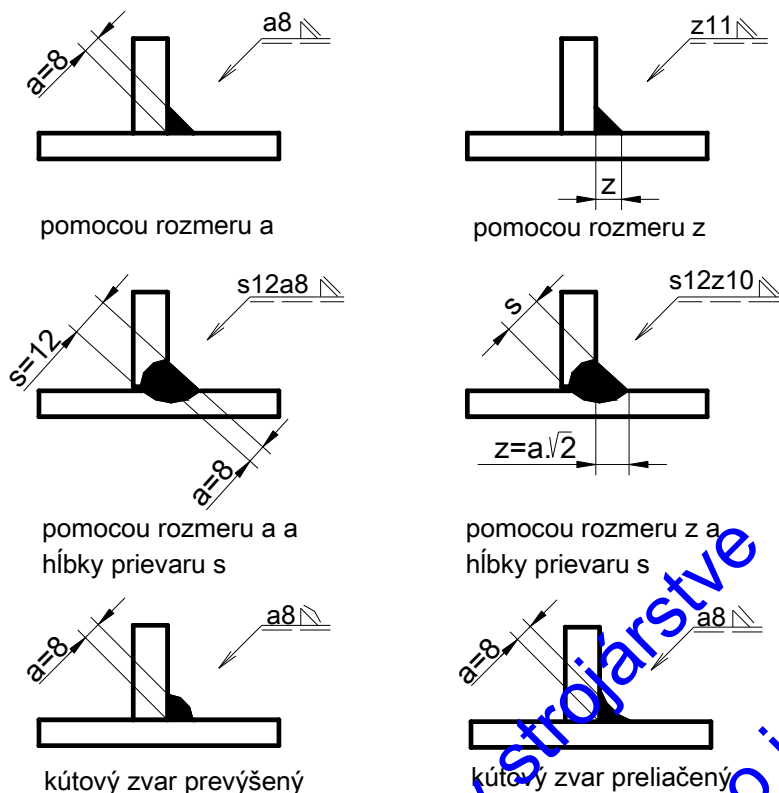
Na *obr. 11.40* sú uvedené niektoré spôsoby predpisovania pozdĺžnych rozmerov zvaru pre zvary bodové a kútové. Označenie dĺžkových rozmerov tupých zvarov, pozdĺžnych dierových zvarov, švových zvarov a ostatných tupých zvarov a ich kombinácií je rovnaké ako pri zvaroch kútových. U zvarov kruhových a dierových sa dĺžka zvaru l nevyznačuje.



Obr. 11.40 Príklady predpisu pozdĺžnych rozmerov zvaru

Tab.11.17. Príklady predpisu charakteristických rozmerov zvarov pre

Názov zvaru	Zobrazenie	Označenie	Príklad predpisu na výkrese
Vzvar			pre $s = 8$
Yzvar			pre $s = 6$
Uzvar			pre $s = 20$
I zvar			pre $s = 3$
Bodový zvar			pre $d = 5$
Švový zvar			pre $c = 6$
Kútový zvar			pre $a =$ pre $z = 5$



Obr.11.41. Predpisovanie rozmerov prierezu u kútových zvarov

11.2.1.2 Určenie polohy zvaru

Poloha zvarov je určená:

- polohou odkazovej čiary,
- polohou zástavky odkazovej čiary,
- polohou základnej značky zvaru.

Poloha odkazovej čiary vo vzťahu k zvaru môže byť ľubovoľná s výnimkou polovičných tupých zvarov ($1/2V$, $1/2U$, $1/2Y$), u ktorých musí odkazová čiara smerovať na upravenú plochu obr.11.42.

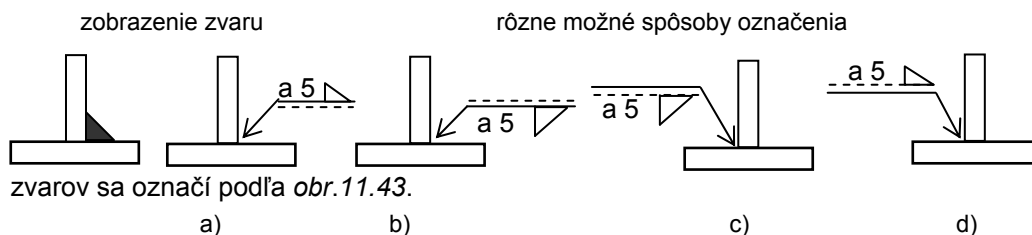


Obr.11.42.

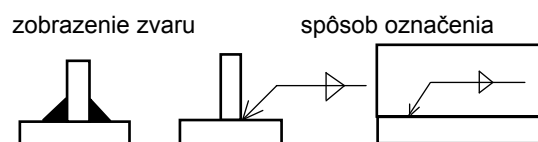
Zástavka odkazovej čiary sa kreslí pomocou dvoch tenkých rovnobežných čiar – súvislej a čiarkovanej. Čiarkovaná čiara môže byť nakreslená nad alebo pod súvislou čiarou.

Základná značka zvaru sa umiestňuje nad alebo pod zástavku odkazovej čiary podľa týchto pravidiel: Ak sa značka umiestni na súvislú čiaru a čiarkovaná čiara je na opačnej strane, povrch zvaru bude na strane odkazovej čiary. Ak sa značka umiestni na čiarkovanú čiaru, potom bude povrch zvaru na protiahlnej strane k odkazovej čiare. Na obr.10.43 sú príkla-

dy možných spôsobov umiestnenia značky na zástavke odkazovej čiary na určenie polohy zobrazovaného zvaru. Ak ide o súmerné zvary (dvojstranné zvary súmerné alebo súmerne kombinované), potom sa čiarkovaná čiara nemusí kresliť a poloha súmerných



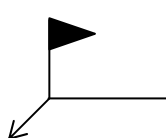
Obr.11.42. Spôsoby umiestnenia značky na zástavke odkazovej čiary nesúmerných zvarov



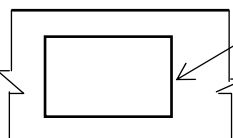
Obr.11.43. Kreslenie zástavky odkazovej čiary a označenie polohy súmerných zvarov

11.2.1.3 Doplnujúce označenia

Na spresnenie ďalších údajov pre zváranie sa používajú doplnujúce označenia. Patria sem montážne zvary, ktoré sa majú zhotoviť až pri montáži zvaranej konštrukcie a nie pri jej výrobe. Označujú sa zástavkou umiestnenou v zlome odkazovej čiary obr.11.44.



Obr.11.44.



Obr.11.45

Obvodové zvary, ktoré majú byť zhotovené po celom obvode súčastky, sa označia krúžkom umiestneným v zlome odkazovej čiary obr.11.45.

Spôsob zvárania sa v prípade potreby označí číslom umiestnenou do vidlice, ktorou je ukončená zástavka odkazovej čiary obr.11.46a. Vo vidlici sa môže tiež uviesť druh prídavného materiálu obr.11.46b alebo druh elektródy.



Obr.11.46. Označenia vo vidlici odkazovej čiary

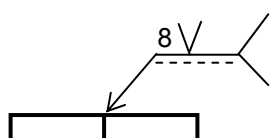
- a) číselné označenie oblúkového zvárania obalenou elektródou, bez špecifikácie polohy zvárania a typu elektródy,
- b) označenie prídavného materiálu P44.13c s priemerom drôtu 1,2 mm určeného na zváranie v ochrannej atmosfére CO₂, bez bližšieho určenia spôsobu zvárania

Do vidlice možno zapísať aj ďalšie informácie o zvare a o spôsobe zvárania. Potom sa zapisujú v stanovenom poradí (jednotlivé položky sa oddeľujú medzi sebou šikmou čiarou):

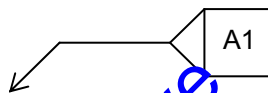
- označenie spôsobu zvárania (je vždy číselné, napríklad podľa ISO 4063),
- prípustné stupne akosti (napríklad v súlade s ISO 5817),
- poloha zvárania (napríklad v súlade s ISO 6947),
- prídavné materiály (v súlade s ISO 544 a ISO 2560).

Nie vždy je potrebné zapisovať všetky údaje o spôsobe zvárania. Nepotrebné údaje sa vynechávajú, ale musí sa dodržať určité poradie zapísaných informácií.

Na obr.11.47 je uvedený príklad na úplné označenie V zvaru, ktorý je zhotovený ručným oblúkovým zváraním obalenou elektródou 111 (ISO 4063), s prípustným stupňom akosti D (ISO 5817), s polohou zvárania vodorovnou z hora – PA (podľa ISO 6947), s obalenou elektródou ISO 2560-E 512 PR 22.



111/ISO 5817-D/
ISO 6947-PA/
ISO 2560-E 512 PR 22



Obr.11.47. Úplné označenie zvárania

Obr.11.48. Označenie zvaru pomocou odkazového znaku

Pri zložitejších konštrukciách sa priamo vo vidlici neuvádzajú všetky údaje, ale tieto sa označia pomocou odkazového znaku obr.11.48, pričom všetky odkazové informácie sa na výkrese zapíšu nad titulný blok alebo vedľa neho.

Pri jednoduchších zváraných konštrukciách často postačí uviesť len údaj o použitej technológii zvárania, prípadne len údaj o použitom prídavnom materiáli, resp. elektródach obr.11.47.

V tab.11.18 sú číselné označenia niektorých technológií zvárania. V tab.11.19 je prehľad odporúčaných prídavných materiálov a elektród pre jednotlivé technológie zvárania a účel ich použitia.

Tab.11.18. Číselné označenia technológií zvárania (výber z ISO 4063)—oblúkové zváranie

1 Oblúkové zváranie	11 bez ochr. atmosféry	111 obalenou elektródou
		113 holou elektródou
		115 obaleným drôtom
	12 pod tavidlom	121 drôtovou elektródou
		122 páskovou elektródou
	13 v ochrannej atmosfére	131 v neutrálnom plyne
		135 v aktívnom plyne

Tab.11.19. Prehľad prídavných materiálov, elektród a ich označenia (výber z STN 05 5010 a STN 05 5310)

Zváranie plameňom		
Označenie prídavného materiálu		Použitie
firemné	podľa STN	
G – 102	G 38	Zváranie nízkolegovaných a nelegovaných ocelí pre náročné zvary potrubí, tenkých plechov.
Zváranie elektrickým oblúkom		
Označenie elektród		Použitie
firemné	podľa STN	
E – K 103	E 44.72	Zváranie nelegovaných ocelí pre mostné konštrukcie, tlakové nádoby, pre materiály 11 373, 11 416...
Zváranie v ochrannej atmosfére CO ₂		
Označenie prídavného drôtu		Použitie
firemné	podľa STN	
C 113	P 44.13c	Zváranie konštrukčných ocelí s pevnosťou do 440 MPa, zvary pre normálne teploty a prostredie

11.2.1.4 Zvary vyžadujúce úpravu zvarovaných plôch

Pred zhotovením niektorých typov zvarov (napríklad V a 1/2V) je potrebná úprava zvarovaných plôch *tab.11.20*. Úprava je predpísaná normou STN 05 0025 (*Tvary a rozmery zvarovaných plôch pre ručné zváranie ocelí elektrickým oblúkom*) a ďalšími normami. Na výkresoch treba túto úpravu predpísať zakótovaním alebo poznámkou na výkrese zvaru, napr.: ÚPRAVA ZVAROVANÝCH PLÔCH PODĽA STN 05 0025, pokiaľ jednotlivé súčiastky (prvky) zvaranej konštrukcie nemajú vlastné výrobné výkresy.

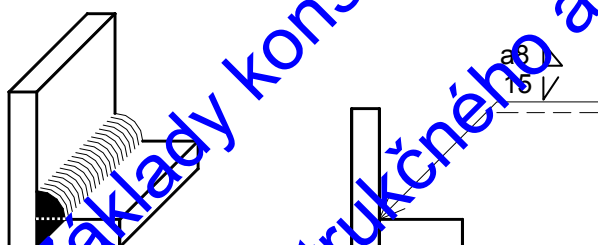
Tab.11.20. Tvary a rozmery úprav zvarovaných plôch pri ručnom zvarovaní ocelí elektrickým oblúkom (výber z STN 05 0025)

Zvar	Značka	Zobrazenie úpravy plôch	Rozmery úprav zvarovaných plôch				
			s (mm)	$\alpha \pm 2^\circ$	b (mm)	c (mm)	iné
V zvar			3 až 20	60	2až3	1 až 2	–

Y zvar			6až20	50 až 60	2až3	2 až 4	–
U zvar			15až 40	22	2až3	2 až 3	R 5
1/2U zvar			nad 15	18	1až2	1 až 2	R 8
1/2V zvar			4až15	50	2až3	2 až 3	–

11.2.1.5 Kombinované zvary

Ak je potrebné dosiahnuť väčšiu pevnosť zváraného spoja, používajú sa kombinované zvary, ktoré vznikajú kombináciou rôznych vhodných druhov zvarov. Vyhotovenie takéhoto zvaru prebieha vo viacerých etapách, čo sa zohľadňuje aj pri predpisovaní zva-



Obr. 11.49. Príklad označenia kombinovaného zvaru na výkrese pre $a = 15$ a $a = 8$ mm

zobrazenie. Na zástavke odkazovej čiar sa zapisujú jednotlivé základné značky zvarov nad sebou v poradí, v akom sa budú zvary vyhotovovať. Najčastejšie kombinácie zvarov sú kombinácie kútového zvaru so zvarmi typu 1/2V, 1/2Y, 1/2U obr. 11.49.

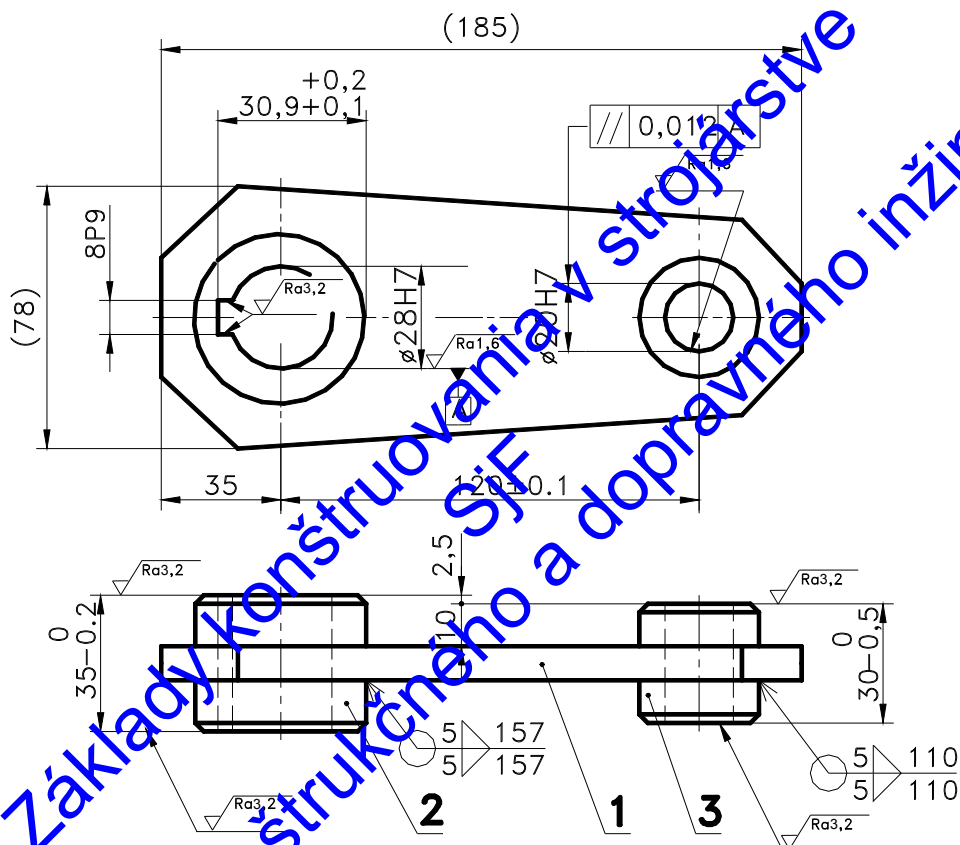
11.2.1.6 Výkresová dokumentácia zváraných konštrukcií

Výkresy zváraných konštrukcií (zvarkov) majú vždy charakter výkresu zostavy. Zvar-ky tvarovo veľmi členité vyžadujú nakreslenie dvoch samostatných výkresov: výkres zvarku pre zváranie – kótovaná zváracia zostava, výkres zvarku pre obrábanie – výkres obrobeného zvarku.

Pre bežné prípady menej zložitých zvarkov sa kreslí jeden spoločný výkres pre zváranie a obrábanie – kótovaný výkres zostavy zváranéj konštrukcie – zvarku.

Súčasťou technickej výkresovej dokumentácie zváranéj konštrukcie sú i výkresy jednotlivých nenormalizovaných súčiastok – prvkov, z ktorých zváraná konštrukcia pozostáva. Pre jednoduché nenormalizované prvky, pokiaľ na nich nie je nutná úprava zvarovateľných plôch a ktoré vznikajú len delením východiskového normalizovaného polotovaru, nie je potrebný výrobný výkres.

Jednotlivé prvky zváranéj konštrukcie kreslenej v reze sa rozlišujú smerom, resp. rôznou hustotou šrafovania, len na výkrese zostavy zvarku. Na výkrese zostavy, kde zvarok predstavuje samostatnú súčiastku, sa šrafuje jedným zmyslom a hustotou.



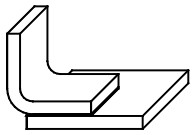
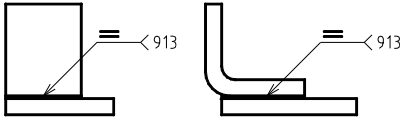
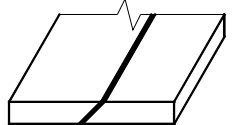
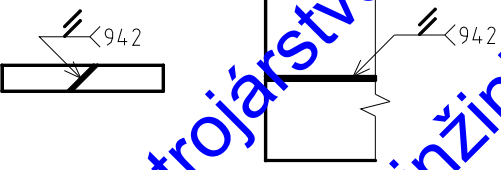
Obr. 11.50. Príklad kótovaného výkresu zostavy jednoduchéj zváranéj konštrukcie

11.2.2 Spájkované spoje

Spájkované spoje sú nerozoberateľné spoje vytvárané pôsobením tepla a tlaku. Pri označovaní spájkovaných spojov podľa *STN EN 22553 (01 3155): (Zvárané a spájkované spoje. Označovanie na výkresoch.)* sa miesto spoja zobrazí veľmi hrubou čiarou.

V *tab.11.21* sú uvedené príklady označovania spájkovaných spojov. V *tab.11.22* sú uvedené číselné označenia spôsobov spájkovania.

Tab.11.21. Príklady označovania spájkovaných spojov

Názov	Zobrazenie	Spôsoby označenia na výkrese
Preplátovaný spájkovaný spoj		
Šikmý tupý spájkovaný spoj		

Tab. 11.22. Číselné označovanie technológií spájkovania (výpis z ISO 4063)

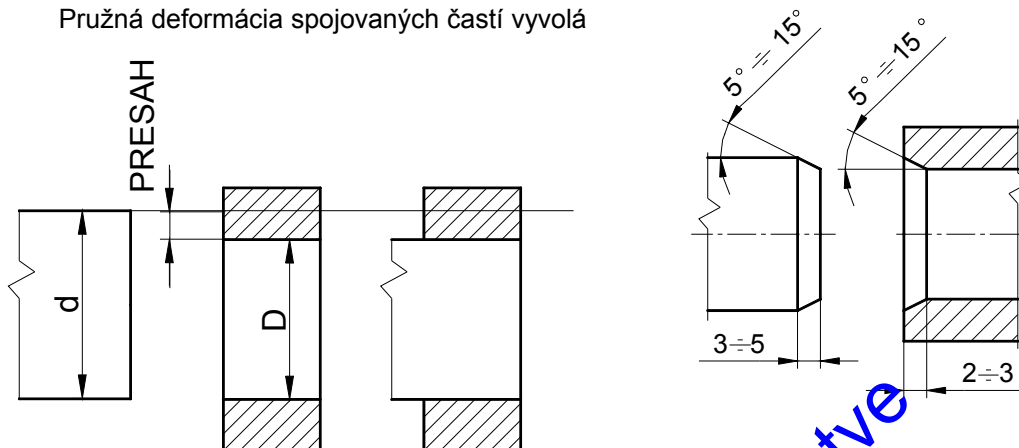
9 Spájkovanie	91 spájkovanie na tvrdo	912 plameňom
		913 v peci
		914 ponorom
		916 indukčné
	94 spájkovanie na mäkkó	942 plameňom
		943 v peci
		944 ponorom
	954 vo vákuu	
	96 iné spôsoby pájkovania na mäkkó	

11.2.3 Nalisované spoje

Nalisované spoje patria medzi nerozoberateľné alebo ťažko rozoberateľné spoje. Sú jednoduché, spoľahlivé a hospodárne, vhodné na prenos veľkých síl a krútiacich momentov. Princíp nalisovaného spoja spočíva v zalisovaní čapu do otvoru v náboji, ktorý je

zhotovený s priemerom zmenšeným o presah priemeru čapu *obr.11.51*. Po zalisovaní sa obidve súčiastky zdeformujú v medziach pružnej deformácie, priemer čapu *d* sa zmenší a priemer diery v náboji *D* sa zväčší. Dotyková plocha nalisovaných častí býva spravidla valcová alebo mierne kužeľová, v ojedinelých prípadoch i iného tvaru.

Pružná deformácia spojovaných častí vyvolá



Obr.11.52. Úprava hrán hriadeľa a diery pri nalisovaní za studena

Obr.11.51. Vznik nalisovaného spoja

v spojovaných častiach vznik napätia, ktoré zapríčiní tlak v stykovej ploche náboja a čapu. Vzájomnému pohybu nalisovaných častí bráni trenie v stykovej ploche, ktoré umožní prenášať osovú silu alebo krútiaci moment. Veľkosť presahu závisí od hodnoty potrebného tlaku v stykových plochách.

Voľba uloženia lisovaných plôch závisí od hodnoty presahu. Pre uľahčenie montáže musia mať súčiastky zrazené hrany *obr.11.52* a stykové plochy majú mať hladký povrch.

Spoje s priemerom stykovej plochy do 50 mm sa spravidla lisujú za studena. Spoje s väčším priemerom sa montujú za tepla.

Montáž nalisovaného spoja sa môže uskutočniť:

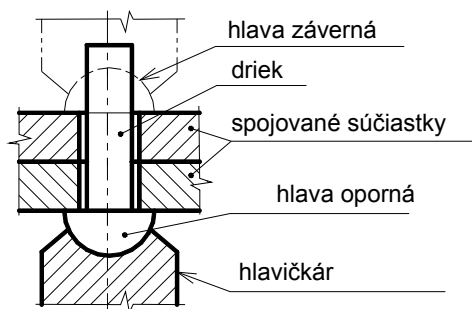
- nalisovaním za studena,
- ohriatím vonkajšej súčiastky a jej nasunutím na chladnejšiu vnútornú súčiastku, ktorá má teplotu okolia,
- ochladením vnútornej súčiastky a jej vsunutím do vonkajšej súčiastky, ktorá má teplotu okolia,
- kombinovaním vyššie uvedených spôsobov.

Sila potrebná na demontáž spoja lisovaním za studena je po usadení spoja (asi po 48 hodinách) omnoho vyššia (až o 100 %) ako lisovacia sila.

11.2.4 Nitované spoje

Spojenie nitovaním je nerozoberateľné spojenie a dosahuje sa tvárnou deformáciou nitov.

Používa sa na spojenie plochých, nie príliš hrubých súčiastok. Podstatou nitového spoja je zovretie spojovaných súčiastok medzi dve hlavy nitu pri montáži nitov.



Obr.11.53. Spojenie nitovaním

Montáž nitov sa uskutoční vytváraním závernej hlavy nitu pomocou hlavičkára, ktorým sa roznituje valcový koniec nitu obr.11.53.

Nituje sa ručne alebo strojom, za studena alebo za tepla. Nitovanie za studena sa používa pre menšie priemery nitov (do 10 mm). Nitovaním za tepla sa dosiahne väčšia zverná (uťahovacia) sila, lebo sa využíva zmršťovanie materiálu pri chladnutí.

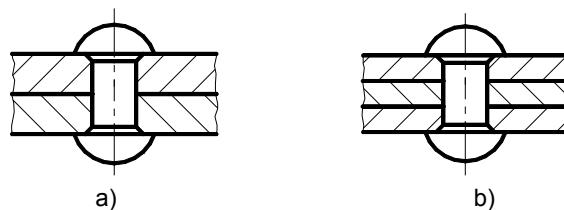
Tab.11.23. Základné druhy nitov

Názov	Zobrazenie	Názov	Zobrazenie
Nit s polguľovou hlavou		Zápusťný nit	
Zápusťný nit so šošovkovitou hlavou		Kotlový nit	
Presný nit s plochou polguľovou hlavou		Nit s plochou hlavou	
Navŕtaný nit s plochou hlavou		Rúrkový nit s lemovanou hlavou	

Rozdelenie nitovaných spojov podľa účelu použitia:

- nitované spoje pevné a nepriepustné (kotlové),
- nitované spoje pevné (konštrukčné),
- nitované spoje nepriepustné (tesné).

Pri použití kotlového nitovania je zaťaženie spoja prenášané hlavne trením medzi spojovanými plechmi. Pri použití pevného (konštrukčného) nitovania nestačí na prenos síl trenie medzi spojovanými časťami a nit je preto namáhaný na strih a otláčenie. Nitovaný spoj môže byť zhotovený ako jednostrizňný *obr.11.54a* alebo dvojstrizňný nitový spoj *obr.11.54b*.



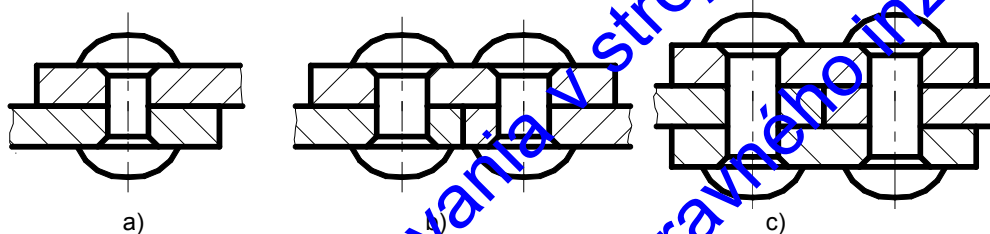
Obr.11.54. Jednostrizňný a dvojstrizňný nitový spoj

Priemer nitov d pri pevnom (konštrukčnom) nitovaní sa volí v závislosti od hrúbky spojovaných častí s , pričom platí

$$d = 2s \text{ pre hrúbky plechu } s < 12 \text{ mm,}$$

$$d = s + 10 \text{ pre hrúbky plechu } s > 12 \text{ mm.}$$

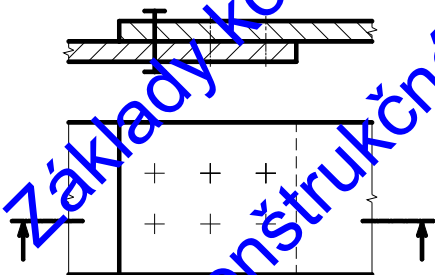
Podľa vzájomnej polohy spojovaných častí môžeme nitované spoje rozdeliť na spoje preplátované *obr.11.55a*, spoje vytvorené pomocou jednej stykovej dosky *obr.11.55b* alebo pomocou dvoch stykových dosiek *obr.11.55c*.



Obr.11.55. Spôsoby spojenia podľa vzájomnej polohy spojovaných častí

11.2.4.1 Zobrazovanie nitov a nitovaných spojov

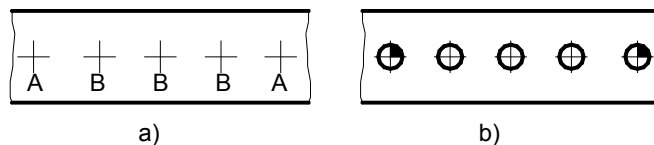
Zobrazovanie nitov na výkresoch je dané druhom výkresu. Na výkresoch kovových



konštrukcií sa nity kreslia zjednodušene – hrubou súvislou čiarou *tab.11.24* podľa *STN 01 3152 (Technické výkresy. Zjednodušené zobrazovanie nerozoberateľných spojov.)*. Ak je v rade viac nitov, zjednodušene sa zobrazí len jeden nit a ostatné sa zobrazia tenkými súvislými čiarami. V pohľade v smere osi nitov sa nit označí krížikom nakresleným tenkými súvislými čiarami *obr.11.56*.

Obr.11.56. Zjednodušené zobrazenie viacrádového nitového spoja.

Ak je na výkrese niekoľko rôznych druhov alebo veľkostí nitov, možno ich navzájom odlíšiť písmenami veľkej abecedy umiestnenými vedľa zjednodušeného zobrazenia obr.11.57a alebo grafickými značkami obr.11.57b. Význam písmen alebo grafických značiek sa vysvetlí na výkrese v poznámke umiestnenej v blízkosti titulného bloku.



Obr.11.57. Zjednodušené zobrazenie niekoľkých skupín nitov na výkrese

Tab.11.24. Zjednodušené zobrazovanie nitovaných spojov

Spojenie	Zobrazenie	Označenie na výkresoch
nitom s polguľovou hlavou na obidvoch koncoch		
zápustným nitom so závernou hlavou polguľovou		
zápustným nitom so závernou hlavou zapustenou		
zápustným nitom so závernou hlavou šoškovkovitou		

12. SÚČIASTKY NA VEDENIE PLYNOV, PÁR A KVAPALÍN

Na dopravu plyných, kvapalných a jemne rozptýlených tuhých látok sa používa uzavretý priestor najčastejšie kruhového prierezu.

Prúdica kvapalina je často aj nosičom tepelnej a tlakovej energie. Stavové veličiny prúdacej látky, napr. teplota, tlak a objem sa môžu pri prietoku meniť.

Potrubie musí byť navrhnuté tak, aby boli splnené nasledujúce požiadavky:

- potrubie a jeho príslušenstvo musí byť nepriepustné a dokonale utesnené,
- musí mať čo najmenšie energetické straty,
- uzatváracie a regulačné zariadenia musia byť ľahko ovládateľné,
- pri rozdielnych teplotách medzi dopravovanou látkou a kolísavou teplotou okolia musí mať potrubie dilatčné zariadenie,
- musí byť chemicky odolné voči prostrediu a pretekajúcej látke,
- musí zabezpečiť bezpečnú prevádzku, prevádzkovú spoľahlivosť a požadovanú životnosť.

Základným rozmerom rúrok kruhového prierezu je menovitá svetlosť DN , ktorá je dohodnutým spôsobom zaokrúhlené číslo určujúce vnútorný priemer. Menovité svetlosti sú normalizované normou *STN EN ISO 6708 (Súčasti potrubí. Definície a výber DN.)*. Druhovou základnou veličinou je menovitý tlak označený PN .

Potrubie je možné rozdeliť na základe vybraných hľadísk:

- podľa účelu na: prírodné, odpadové, sacie, výfukové, vetracie, mazacie a pod.,
- podľa druhu prepravovanej látky na: vodné (vodovodné), parné, plynové, potrubie na prepravu chemikálií, na dopravu obilia a pod.,
- podľa tlaku dopravovaného médiá na: nízkotlakové, strednotlakové, vysokotlakové a podtlakové,
- podľa materiálu, z ktorého je potrubie vyrobené na: oceľové, liatinové, mosadzné, hliníkové, sklenené, z plastu a taveného čadiča.

12.1 Rúrovody

Potrubie je zostavené z jednotlivých rúr, navzájom rozoberateľne alebo nerozoberateľne spojených a dokonale utesnených. Zjednodušené zobrazenie potrubia je stanovené v *STN EN ISO 6412-1 (Technické výkresy. Zjednodušené zobrazovanie potrubí.)*.

12.1.1 Rúry a tvarovky

Rúry sú základnou časťou potrubia. Vyrábajú sa oceľové, liatinové, medené, mosadzné, hliníkové, zo zliatin hliníka, sklenené, z plastov a iné.

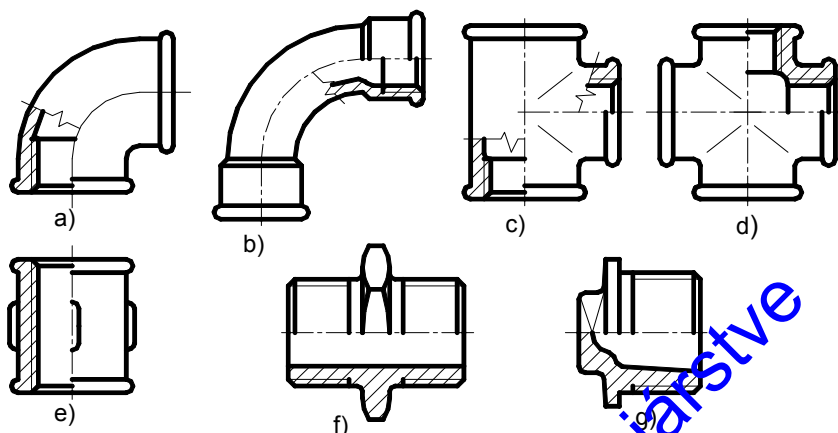
Oceľové rúry sa používajú k vedeniu tekutín, pár a plynov. Mechanické vlastnosti umožňujú používať ich aj pre vyššie tlaky a teploty. Vyrábajú sa s normalizovanými svetlosťami od $DN 4$ do $DN 2000$ (mm). Bežne sa používajú rúry valcované, ťahané, nitované a zvarané. Robia sa ako bezšvové (hladké), závitové a zvarané. Podľa potreby môžu byť opatrené ochranným povlakom proti korózií (napr. pozinkovaním zvonku aj zvnútra, asfaltovaním pri ukladaní do zeme, pogumovaním pre chemický priemysel a pod.).

Liatinové rúry sa vyrábajú zo sivej liatiny a používajú sa na vedenie kvapalín a plynov. Sú odolnejšie voči korózií ako oceľové, ale sú nepoddajné.

Medené rúrky sú drahšie, majú však dobrú tepelnú vodivosť a ľahko sa tvarujú. Používajú sa v potravinárskych, chemických zariadeniach a vo výmenníkových zariadeniach.

Olovené rúrky sú hrubostenné a používajú sa len na špeciálne účely, napr. v chemickom priemysle.

Rúrky z plastov majú malú hmotnosť a dobrú chemickú odolnosť. Využívajú sa na vodovodné inštalácie. Vyrábajú sa z tvrdého polyvinylchloridu. Pre niektoré účely musia mať kyslíkovú bariéru.



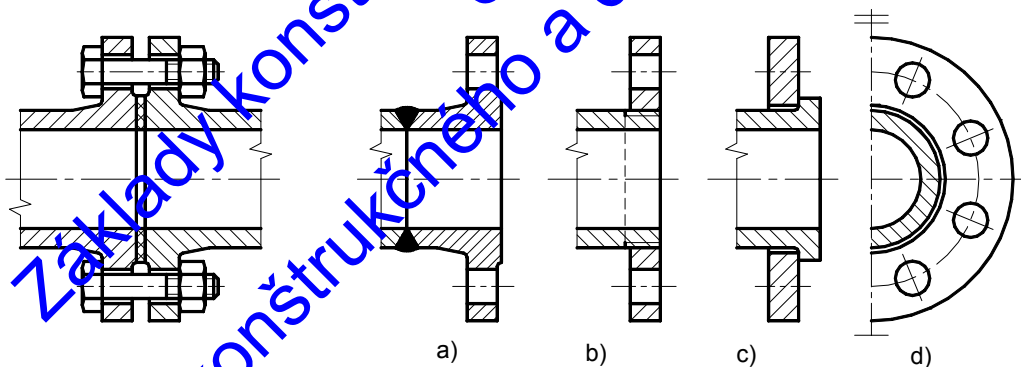
Obr.12.1. Tvarovky

Ohybné rúrky (hadice) pre vodu sú z plastov alebo z gumy vystužené tkaninou.

K vetveniu, spájaniu a k zmene smeru prúdu sa používajú tvarovky. Pre potrubie zo závitových rúrok sa používajú tvarovky z temperovanej liatiny ako kolenná obr.12.1a, oblúky obr.12.1b,c, odbočky obr.12.1d,e, nátrubky obr.12.1f. Vyrábajú sa s vonkajšími a vnútornými závitmi, aj so zmenami prierezov.

12.1.2 Spojenia rúr

Na spájanie rúr a k ich pripojeniu na ostatné časti potrubia sa používajú rôzne spô-



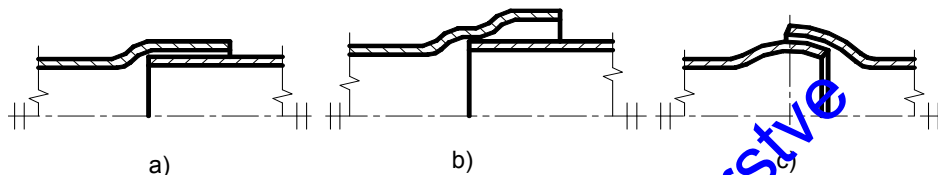
Obr.12.2. Prírubové spoj rúr

Obr.12.3. Príruby

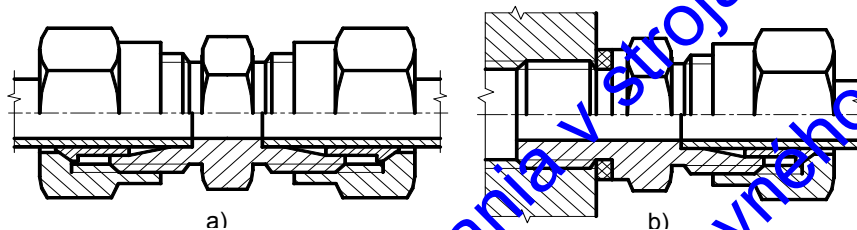
soby. Spoje, ktoré nebudú rozoberané môžu byť zvarané, lepené, spájkované. Pri častejšej demontáži (napr. pri výmene armatúr) sa používajú prírubové spoje, hrdlové spoje a závitové spoje.

Prírubovými spojmi sa pripájajú potrubia oceľové a liatinové k armatúram, nádržiam. Môžu sa použiť i pre vyššie pracovné tlaky a teploty. Prírubový spoj sa skladá z dvoch prírub, tesniaceho krúžku, spojovacích skrutiek a matíc *obr.12.2*. Príruby môžu byť pevné, napr. privarené *obr.12.3a*, naskrutkované *obr.12.3b*, navalcované, prinitované alebo otáčavé *obr.12.3c*. Poloha dier na všetkých armatúrach a tvarovkách musí byť súmerná podľa osi tak, aby žiadna z dier neležala v zvislej ani vodorovnej rovine *obr.12.3d*.

Hrdlové spoje sa používajú pre rúrky liatinové, keramické a iné *obr.12.4*. Rúrka má na jednom konci hrdlo a na druhom je hladká. Do hrdla sa zasunie hladký koniec a spoj sa utesní. Hrdlo sa môže utesniť kútovým zvarom alebo konopnými povrazcami natlačenými do tesniaceho priestoru a ústie sa ešte zaleje tesniacim tmelom.

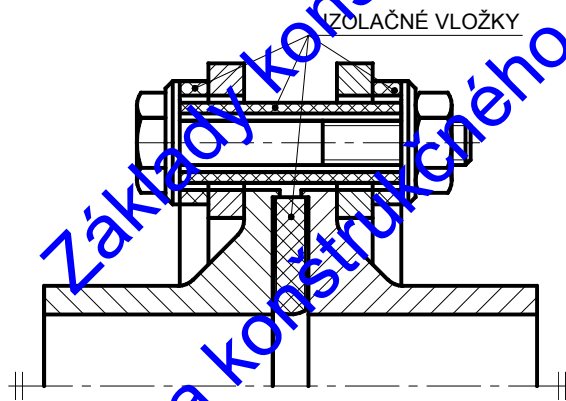


Obr.12.4. Hrdlové spoje: a) hrdlo zásuvné, b) dvojhrdlové, c) ocelové hrdlo



Obr.12.5. Závitové spojenie a) spájanie rúr, b) spájanie rúr a telesa

Závitové spojenia sú najčastejšie používané pre oceľové rúrky (napr. bytové vodo- vodné potrubie). Spoj na *obr.12.5* sa skladá z presuvnej matice a tesniaceho prstenca, ktorý sa navlečie na rúrku a rúrka sa pevne pritlačí na dosadaciu plochu. Obidve spojo- vacie časti majú kužeľové alebo ro- vinné tesniace plochy, v ktorých vznikne potrebný tesniaci tlak dotiah- nutím presuvnej matice. Používajú sa ako nespájkované, spájkované, privá- racie a fittingové.



Obr.12.6. Prírubový izolovaný spoj

Blúdivé zemné prúdy často po- rušujú materiál potrubia. Tieto prúdy unikajú z elektrických tratí, z elektrických zvaracích spojov, z uzemnení elektrických zariadení a pod. Potrubie sa chráni proti blúdi- vým zemným prúdom napr. tak, že sa rozdelí na úseky, ktoré sa navzá-

jom od seba izolujú vložkami *obr. 12.6*. Používa sa anódová aj katódová ochrana, potrubie sa na viacerých miestach doplní uzemnením.

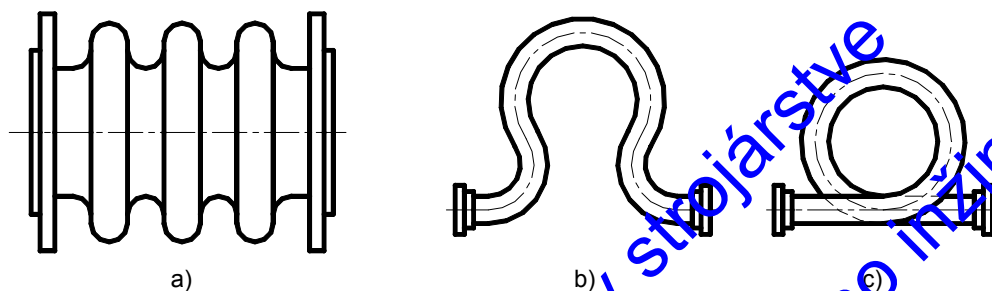
Potrubie v halách, závodoch alebo na voľných priestranstvách sa obyčajne položí alebo zavesí. Podložené potrubie sa ukladá na betónové alebo nástenné konzoly pevne alebo pohyblivo.

Potrubie sa do zeme ukladá len vtedy, keď ho netreba rozoberať. Liatinové potrubie sa pred ukladaním do zeme povrchovo asfaltuje proti korózii.

12.2. Kompenzácia tepelnej rozťažnosti

Dlhšie potrubie sa zmenami teploty predlžuje alebo skracuje. Zmena dĺžky je funkciou teplotného spádu, dĺžky potrubia a koeficientu tepelnej rozťažnosti.

Do priameho potrubia sa vkladajú pružné alebo poddajné vyrovnávacie časti, ktoré nazývame kompenzátormi. Najčastejšie typy kompenzátorov sú vlnovitý, lýrový, slučkový *obr. 12.7*. a U–kompenzátor. Pre prírubové potrubie sa používajú dilatačné vložky.

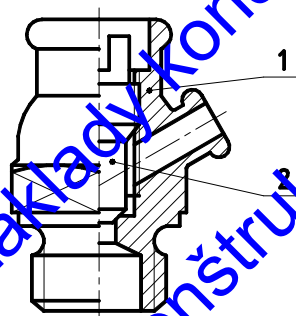


Obr. 12.7. Kompenzátory: a) vlnovitý, b) lýrový, c) slučkový

12.3 Armatúry

12.3.1 Rozdelenie armatúr

Potrubie a jeho jednotlivé časti ovládajú uzatváracie a regulačné zariadenia, ktoré súhrne nazývame armatúry.



Obr. 12.9. Odvzdušňovací ventil:
1 – teleso, 2 – vreteno

Môžeme ich rozdeliť na:

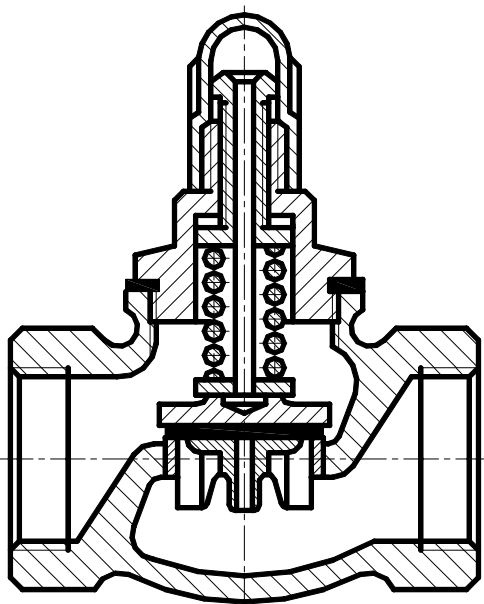
1. Uzatváracie – kohúty, klapky, ventily, posúvače.
2. Regulačné – redukčné, prepúšťacie, regulačné, miešacie ventily a pod.
3. Odlučovacie – odlučovače oleja, vody, odvádzacie kondenzátu, nasávacie koše a pod.
4. Vyprázdňovacie – odkaľovacie, odvodňovacie, odvzdušňovacie ventily a pod.
5. Poistné – spätné a poistné ventily (*obr. 12.8*).
6. Kontrolné a meracie – manometre, vodoznaky, teplomery, clony a pod.

Na *obr. 12.9* je odvzdušňovací ventil

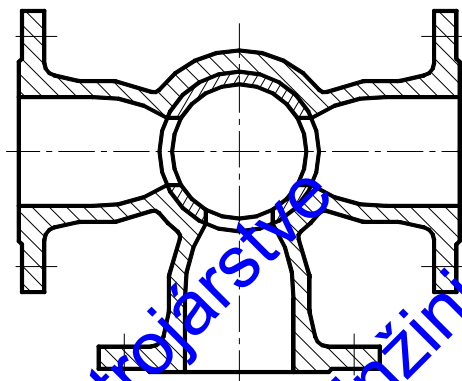
ústredného kúrenia, ktorý sa môže montovať v ľubovoľnej polohe. Vreteno s kužeľkou a závitom tvoria jeden celok. Teleso aj vreteno sú z mosadze.

Uzatváracie a regulačné zariadenia sa pripájajú na potrubie prírubami, hrdlami, nákrutkami so závitom alebo sa priamo pripoja na potrubie nerozoberateľným spojom (zvarom).

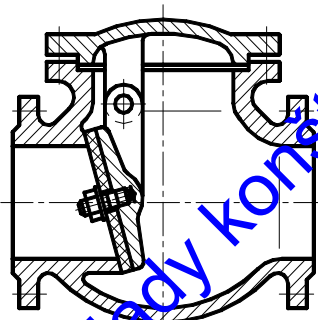
Uzatváracie zariadenia sú najrozšírenejšími armatúrami, ktoré sa hromadne vyrábajú a ich hlavné parametre, ako me-



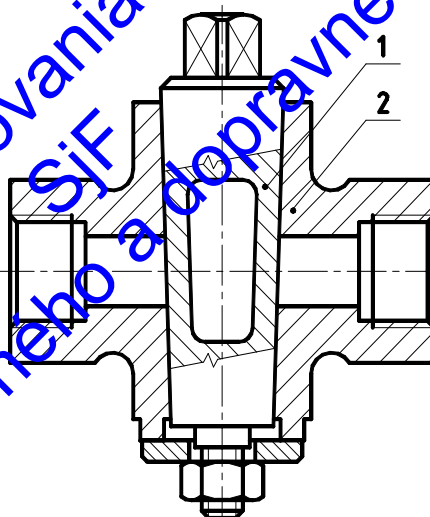
Obr. 12.8. Poistný ventil



Obr. 12.10. Trojcestný kohút



Obr. 12.11. Uzatváracia klapka



Obr. 12.12. Priamy uzatvárací nárubkový kohút
1 – kužeľ, 2 – sedlo

novitá svetlost' PN a menovitý tlak PN, sú

normalizované. Uzatváracími zariadeniami sa riadi množstvo pretekajúcej látky, až sa zastaví jej prietok. Zaradzujú sa do každého potrubia. Ovládajú sa ručne, pneumaticky, hydraulicky, elektricky alebo kombinovane. Môžu byť ovládané samočinne (automaticky) napr. plavákom, tlakovou kvapalinou, teplotnou rozťažnosťou látok a pod.

Kohút *obr. 12.12* uzatvára prietok prúdiacej látky otočením kužela zabrušeného v kuželovom sedle o 90° . Kohút má malý prietokový odpor. Rýchle uzatváranie a otváranie kohúta spôsobuje v potrubí tlakový ráz. Teleso kohúta býva obvykle zo sivej liatiny a kužel zo sivej liatiny alebo z mosadzi. Podľa pripojenia sa kohúty delia na prírubové a nátrubkové. Podľa prietoku na priamočiare prietokové, zobákové, trojcestné *obr.12.10* s prietokom L a T.

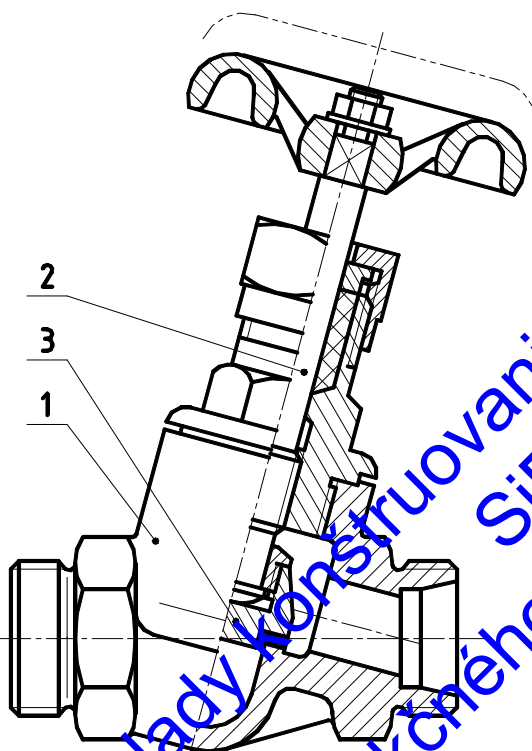
Obyčajné kohúty nemajú upchávku, avšak pôsobením pracovného tlaku je kužel samočinne a trvalo pritláčaný k telesu (napr. rozvod plynu). Pre náročnejšie podmienky sa používajú kohúty s upchávkou. Kohúty s mazaním sa vyznačujú spoľahlivou funkciou kužela a môžu pracovať aj v sťažených podmienkach.

Ventily sa otvárajú a zatvárajú otáčaním vretena so závitom. Podľa druhu pripojenia

ich delíme na nátrubkové, prírubové a priváracie. Podľa konštrukcie môžu byť priame a rohové dvojcestné, trojcestné, tanierové, valcové a guľové.

Ventily *obr.12.14* uzatvárajú prietok látky tým, že kovu s tesniacou plochou v medzistene telesa pritlačia kuželku, ktorá je voľne otočná na konci vretena. Vreteno prechádza upchávkou a má závit, ktorým sa otáča v matici. Matica je zaskrutkovaná v strmeni a poistená skrutkou. Upchávka sa pritahuje skrutkami s okom pomocou upchávkového večka. Kuželka je nedelená. Vreteno sa teda otáča (základný pohyb) aj posúva. Prietok obvykle smeruje pod kuželku. Na *obr.12.14* je ventil zobrazený tzv. katalógovým kreslením (na *obr.* je nakreslený skrutkový spoj tenkými čiarami s dlhou čiarkou a dvoma bodkami, ktorý je otočený o 90° vzhľadom na rovinu kreslenia).

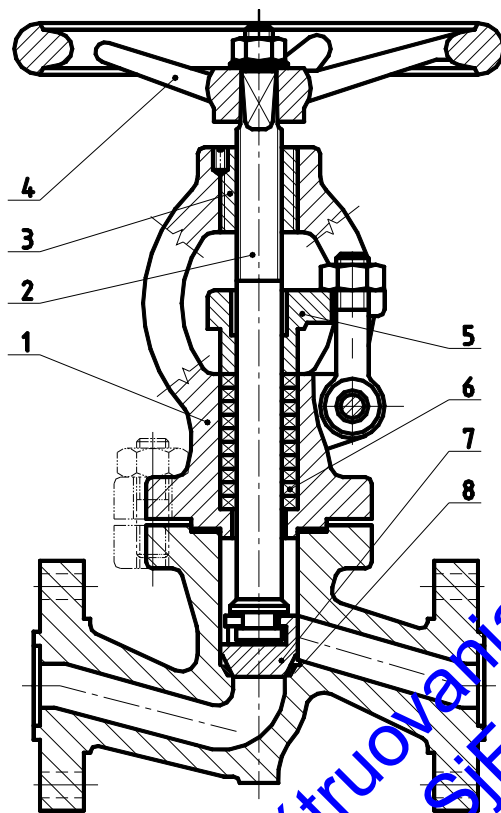
Ventily kladú pretekajúcej látke pomerne veľký odpor a majú pomerne veľké prietokové straty, ktoré je možné znížiť sklonením vretena tak, že zvierá s osou potrubia uhol 60° až 45° . Pri uzatváraní nespôsobujú



Obr.12.13 šikmý ventil
1 – teleso, 2 – vreteno, 3 – kuželka

v potrubí rázy. Na *obr.12.13* je nakreslený šikmý ventil s vretenom pod uhlom 75° , ktorý sa otvára ručným koleskom. Ventil sa pripája k potrubiu závitovými spojkami (nie sú zobrazené).

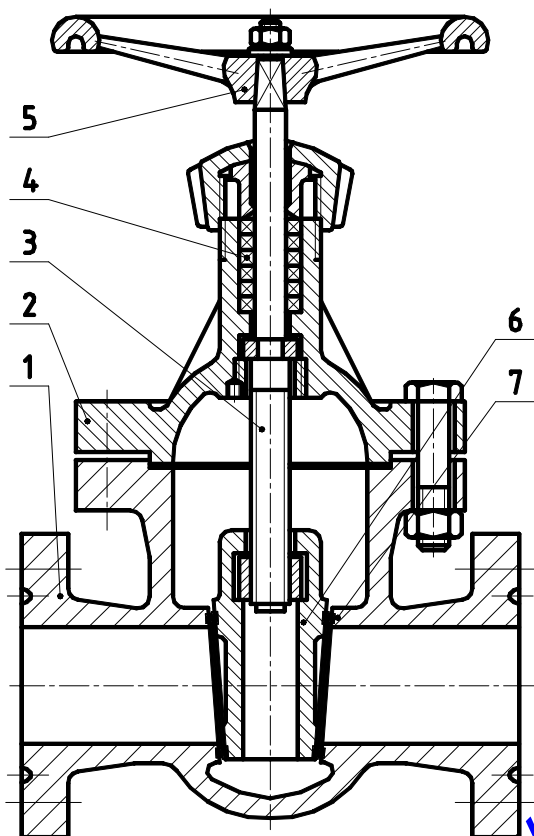
Posúvač sa používa na uzatváranie všetkých druhov látok dopravovaných potrubím *obr.12.15*. Výhodou posúvača je, že prietoku látky nekladie taký odpor ako ventil. Posúvače sa otvárajú a zatvárajú pozvoľna. Nevýhodou je ich pomerne zložitá konštrukcia, veľký zdvih a nebezpečie zadretia pri vyššej teplote. Uzatvárajú prietok tým, že vtlačujú dosku medzi dve sedlá vytvorené na čelných plochách. Doska má tvar klinu. Prednostne sa používajú tam, kde látka preteká v oboch smeroch.



Obr.12.14. Priamy uzatvárací prírubový ventil
1 – strmeň, 2 – vreteno, 3 – matica 4 – ručné koliesko, 5 – upchávkové veko, 6 – upchávka, kuželka, 8 – sedlo

Klapky *obr.12.11* nie sú bežne používané uzatváracie zariadenia, pretože netesnia úplne. Prietokový otvor sa uzatvára klapkou otočnou okolo osi umiestnenou mimo os armatúry. Ak klapkou môže prúdiť médium len jedným smerom, nazývame ju spätnou klapkou. Škrtiace klapky sú pre vzduch, plyn a pre vodovodné potrubie väčšej svetlosti.

Medzi regulačné armatúry patria hlavne regulačné ventily, regulačné posúvače (menej využívané). Regulačné ventily sa od uzatváracích ventilov líšia len tvarom kuželky, ktorý sa navrhuje podľa charakteristiky regulácie (priamková, krívková). Pri kvapalinách sa nimi reguluje pretekajúce množstvo (tlaková strata, ktorá pri tom vzniká, je nežiadúca). Pri plynách sa reguluje tlak (využívajú sa tlakové straty, ktoré vznikajú pri zmene prietokového prierezu).

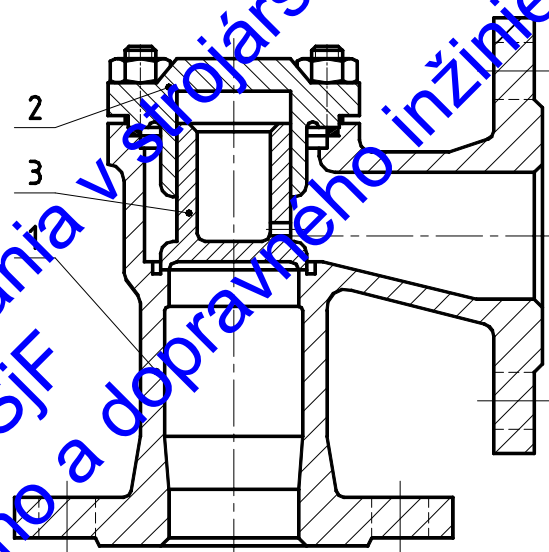


Obr. 12.15. Posúvač

1 – teleso, 2 – veko, 3 – vreteno, 4 – upínacia, 5 – ručné koliesko, 6 – klin, 7 – sedlo

Spätné ventily obr. 12.16 a spätné klapky umožňujú prúdenie pracovnej látky len v jednom smere. Používajú sa tam, kde je nutné z prevádzkových dôvodov chrániť potrubie pred nežiadúcimi spätnými rázmi. Otvárajú sa tlakom prúdiacej látky, ktorá sa privádza pod kuželku alebo klapku. Spätné ventily sa konštruujú zvlášť pre vodorovné a zvlášť pre zvislé potrubie. Spätný ráz kvapaliny pri uzatváraní sa pri spätných armatúrach tlmi závažím alebo pružinou.

Na obr. 12.16 je teleso spätného ventilu rohové a os vstupného hrdla s osou výstupného hrdla zvierá uhol 90° . Vo veku je vedená kuželka, ktorá dosadza vlastnou váhou do sedla.



Obr. 12.16. Spätný rohový prírubový ventil

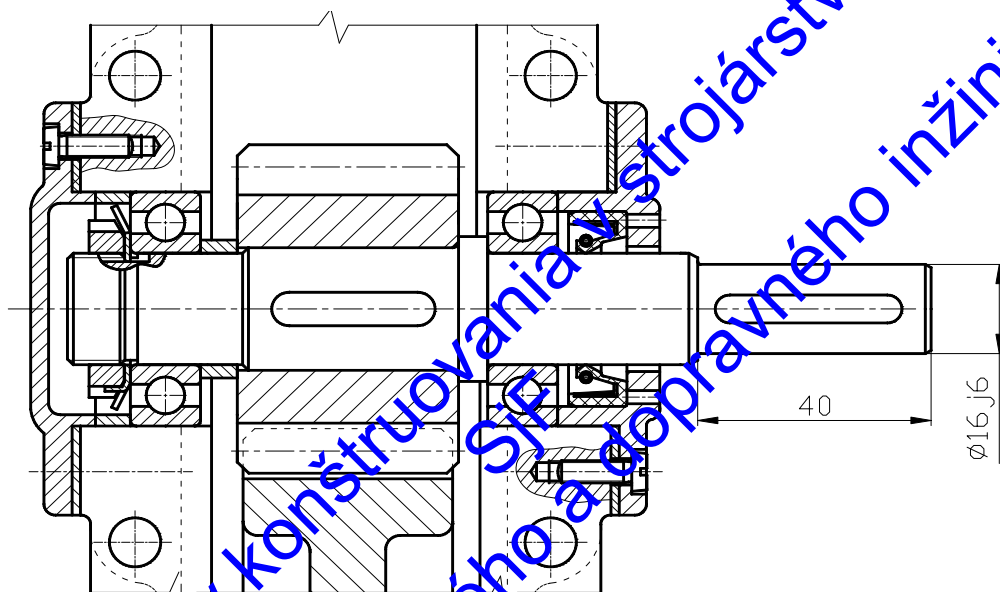
1 – teleso, 2 – veko, 3 – kuželka

13. PODPORNÉ A NOSNÉ SÚČIASTKY

13.1 Hriadele

Hriadele sú strojové nenormalizované súčiastky, ktoré sú vhodne uložené v ložiskách, aby bol zaručený ich rotačný pohyb a prenos zaťaženia z hriadeľa do prvkov jeho uloženia, teda do ložísk (obr.13.1). Slúžia na prenos výkonu pri rotačnom pohybe, čo predstavuje zabezpečenie prenosu krútiaceho momentu pri určitých otáčkach. Zároveň zachytávajú priečne sily, ktoré sú charakterizované tiažou rotujúcich súčiastok (kotúčov) nachádzajúcich sa na hriadeľi, síl remeníc, ozubených kolies a pod., ktoré sa v konečnom dôsledku prenášajú na ložiská.

Podľa tvaru delíme hriadele na priame, zalomené a ohybné (flexibilné), kým podľa uloženia ich delíme na staticky určité (uložené v dvoch ložiskách) a staticky neurčité (uložené vo viacerých ako dvoch ložiskách). Hriadele môžu byť plné alebo duté a na výrobných výkresoch sa zobrazujú obyčajne vo vodorovnej polohe. Dĺžkové rozmery sa najčastejšie kótujú technologickým spôsobom kótovania a v závislosti od ich aplikácie rotačné a dĺžkové rozmery sú tolerované.

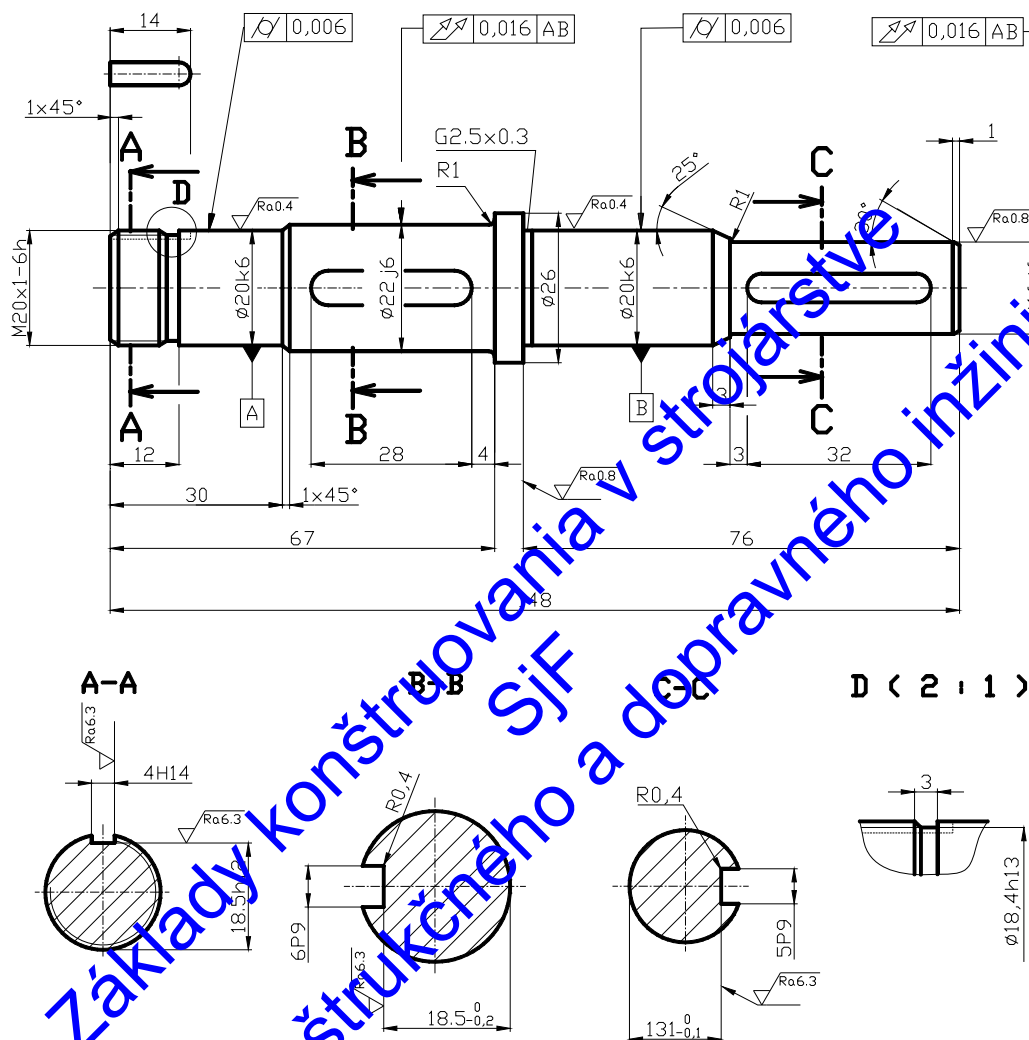


Obr. 13.1. Aplikácia hriadeľa v prevodovej skrini

13.1.1 Priame hriadele hladké a žliabkované

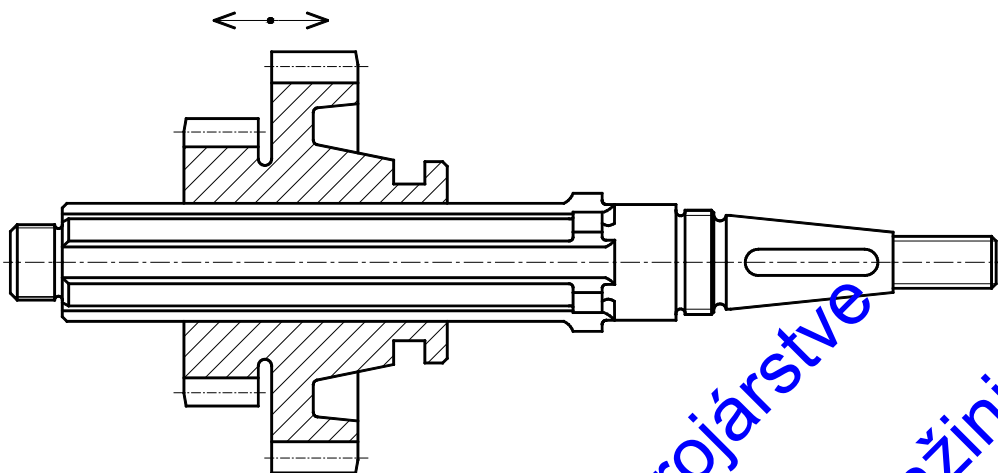
Najčastejším prípadom použitia hriadeľa je priamy hriadeľ staticky určitý, ktorý je obyčajne odstupňovaný – tvarovaný hriadeľ (obr.13.2). Odstupňovanie hriadeľa je dané konštrukčnými požiadavkami na umiestnenie a upevnenie kotúčov (remenice, ozubené kolesá, spojivé kotúče a pod.) a zaťažením hriadeľa. Potrebný počet rezov, prierezov, čiastočných rezov alebo vynesných prierezov,

prípadne tvarových podrobností závisí od tvaru hriadeľa. Pri kótovaní priemerov a dĺžok sa vychádza od funkčných plôch s cieľom na splnenie požadovaných funkcií. Dané rozmery sú na výkrese tolerované. Ostatné dĺžkové rozmery sa kótujú technologickým spôsobom. Presný tvar, veľkosť a presnosť rozmerov tvarovaných podrobností na hriadieli sa určuje pevnostným výpočtom, uložením súčiastok nachádzajúcich sa na hriadieli, spôsobom výroby jednotlivých plôch a pod.



Obz. 13.2. Kreslenie a kótovanie priameho hriadeľa

Do skupiny priamych hriadeľov patria aj žliabkované hriadele¹. Na hriadeľi a v nábojoch kolies na ňom uložených je pozdĺžne žliabkovanie, ktoré do seba navzájom zapadá, čím vytvárajú tvarový styk potrebný na prenos požadovaného výkonu. (obr. 13.3). Žliabkované spoje sa používajú na prenos veľkých premenlivých a rázových krútiacich momentov. Žliabkované spoje sú v strojárskej praxi veľmi rozšírené najmä v dopravných strojoch a zariadeniach a pri stavbe obrábacích strojov.



Obr. 13.3. Žliabkovaný hriadeľ v podrobnom prevedení s axiálne pohyblivým ozubeným kolesom

Žliabkované spojenie nábojov s hriadeľom poznáme (obr. 13.4a,b,c):

- rovnoboké – boky žliabkov sú rovinné, rozmery sú určené normou STN 01 4942; používa sa všeobecne v prevodovkách pre nehybné, ako aj hybné spojenie ozubených kolies na hriadeľi,
- evolventné – boky žliabkov majú tvar evolventy, rozmery sú určené normou STN 01 4950 až 55; používa sa v obrábacích strojoch pre uloženie posúvateľných ale aj neposúvateľných kolies,
- jemné – pre priemer hriadeľa do 60mm sú boky žliabkov rovné, pre väčšie priemery sú evolventné, rozmery sú určené normou STN 01 4933; používa sa pre zabezpečenie pevného spojenia súčiastok pri prenose premenlivého a rázového zaťaženia (zafixovanie torzných tyčí a pod.).

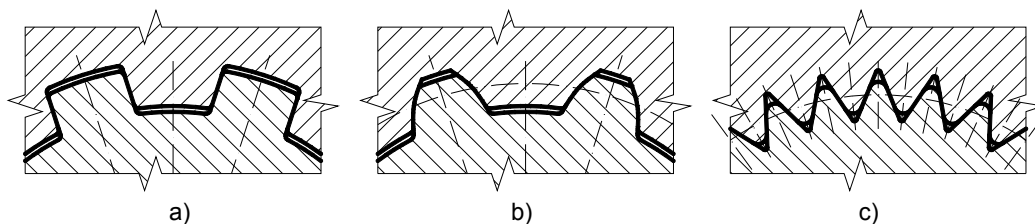
Zabezpečenie presného vzájomného spojenia hriadeľa s nábojom pri žliabkovanom spojení sa zaisťuje vhodným lícovaním pri troch spôsoboch stredenia (obr. 13.5a,b,c):

- vnútorné (stredenie na vnútorný priemer profilu d),

¹ Podrobné zobrazenie drážkovaných hriadeľov sa na technických výkresoch nesmie používať. Používa sa väčšinou len pre informatívne znázornenie. So zobrazovaním a označovaním rôznych druhov žliabkovaní na hriadeľi, náboji a zobrazením žliabkovaných spojov sa zaoberá kapitola 4.3.6 – Žliabkované spoje.

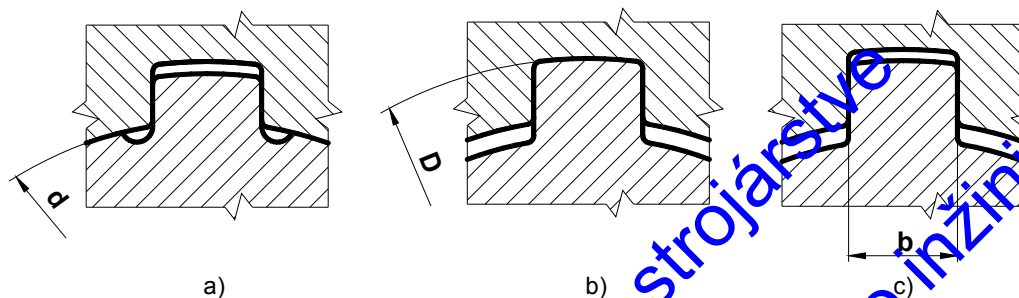
- vonkajšie (stredenie na vonkajší priemer profilu D),
- boky pier a žlabkov (na rozmer b).

Najčastejšie sa používa stredenie vnútorné, teda na malý priemer hriadeľa.



Obr. 13.4. Druhy žlabkovaných spojov

a) rovnoboké žlabkovanie, b) evolventné žlabkovanie, c) jemné žlabkovanie

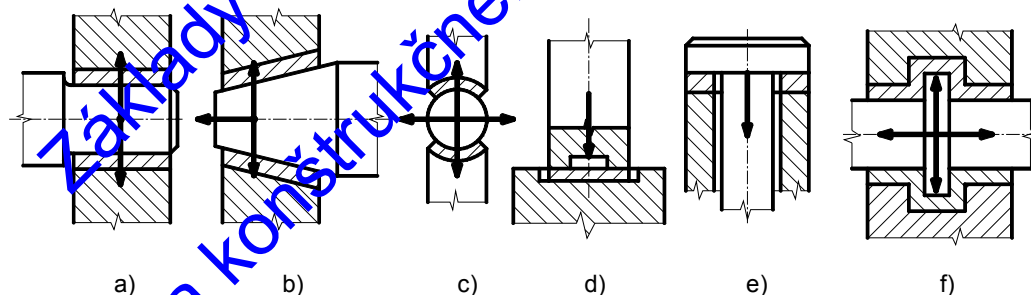


Obr. 13.5. Spôsoby stredenie rovnobokého drážkovania

a) vnútorné, b) vonkajšie, c) na boky pier a žlabkov

13.1.1.1 Hriadeľové čapy

Časť hriadeľa, ktorá je uložená v ložisku, sa nazýva čap. Podľa tvaru klzných plôch sa čapy (obr.13.6) delia na valcové, kužeľové, guľové, pätné, prstencové a hrebeňové. Niektoré čapy môžu zachytávať len sily kolmé na os rotácie čapu (radiálne sily, napr. valcový čap), iné čapy len sily pôsobiace v osi čapu (axiálne sily, napr. pätný čap) a niektoré čapy obidve sily (napr. kužeľový a hrebeňový čap). Guľový čap umožňuje malé výchylky hriadeľa v ľubovoľnom smere.

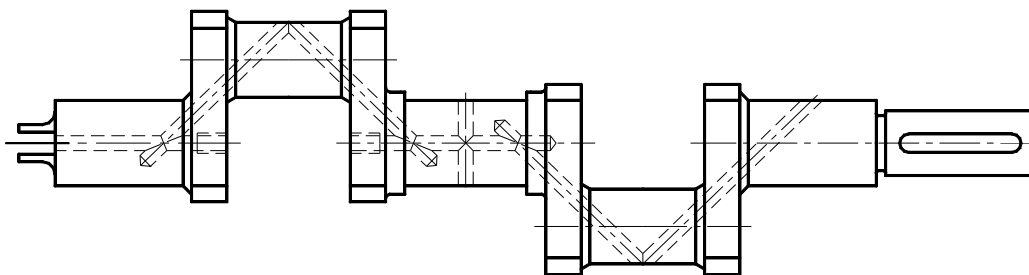


Obr.13.6. Tvary hriadeľových čapov

a) valcový, b) kužeľový, c) guľový, d) pätný, e) prstencový, f) hrebeňový

13.1.2 Zalomené hriadele

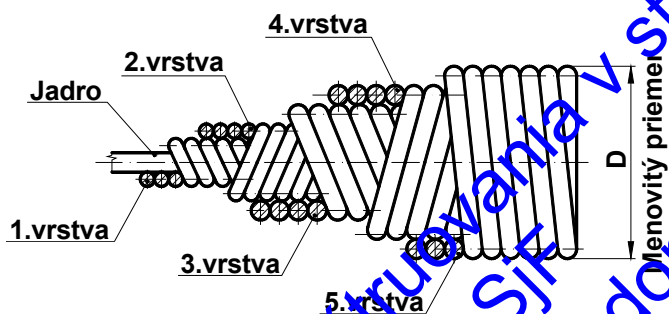
Zalomené hriadele (obr.13.7) sa používajú pri viacvalcových piestnych strojoch ako súčasť kľukového mechanizmu. Vyrábajú sa z jedného kusa, odlievaním, kovaním alebo sú zložené z viacerých kusov.



Obr.13.7. Zalomený kľukový hriadeľ kovaný

13.1.3 Ohybné hriadele

Ohybné hriadele (obr.13.8) slúžia na prenos malých a stredných krútiacich momentov. Môže byť namáhaný len krútením pri prípadnom súčasnom ohybe. Pozostávajú z niekoľkých vrstiev navinutého tvrdého oceľového drôtu na jadre ohybného hriadeľa. Používajú sa hlavne v prípadoch, keď spojenie pomocou priamych hriadeľov je obťažné alebo keď sa ich poloha pri práci mení.

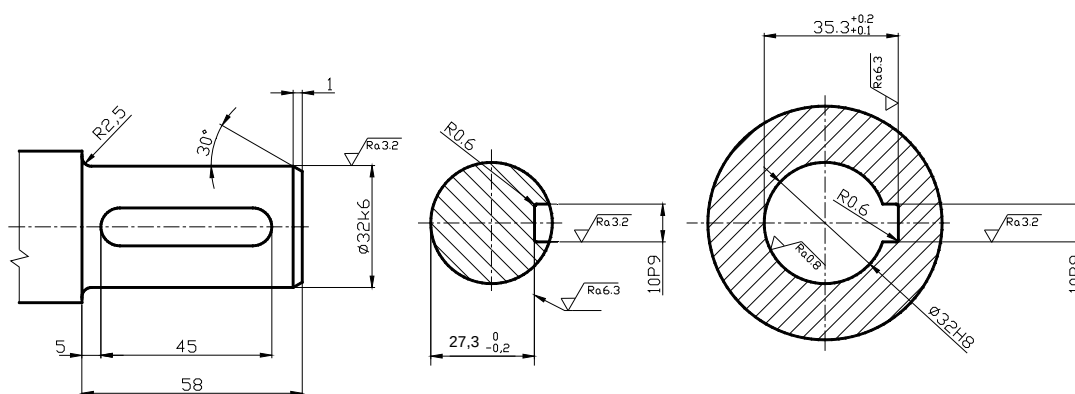


Obr.13.8. Ohybný hriadeľ

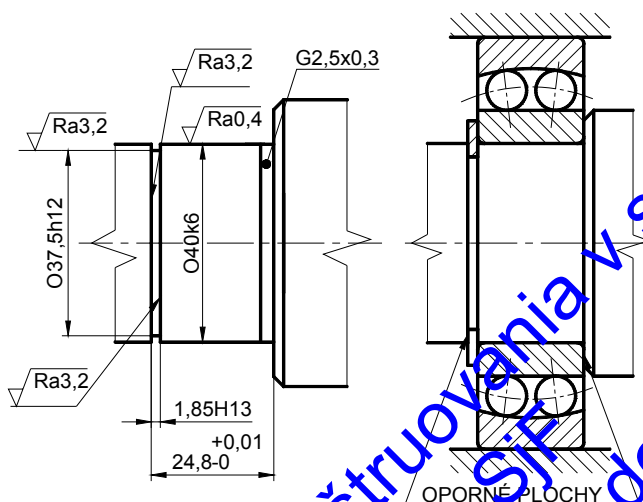
13.1.4 Kreslenie tvarových podrobností hriadeľov

Žliabky pre perá (obr.13.9). Rozmery žliabku pre pero závisia od priemeru hriadeľa (čapu hriadeľa) a typu použitého pera (pero tesné, výmenné a kotúčové – pozri časť 11.3.3).

Žliabky pre poistné krúžky (obr.13.10). Poistný krúžok zabraňuje axiálnemu posunutiu súčiastky nasadenej na hriadeli (v našom prípade ložisku, obr.13.10). Z obrázku je zrejmé, že poistný krúžok sa opiera len o jednu stranu žliabku.



Obr. 13.9. Kreslenie žliabku pre pero
a) na hriadeli, b) v náboji



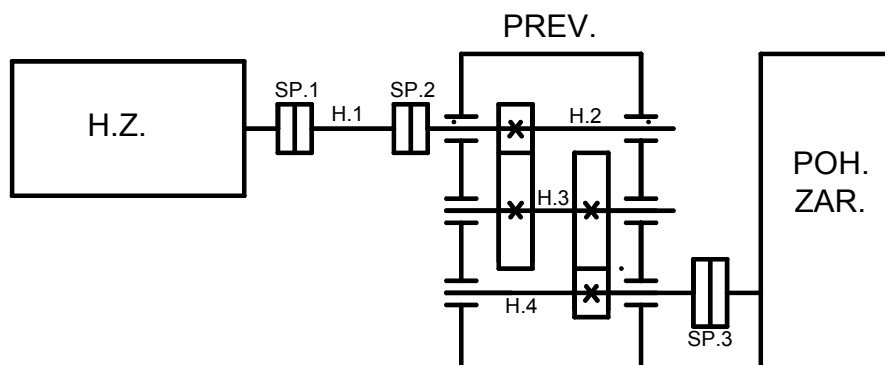
Obr. 13.10. Kreslenie žliabku pre
poistný krúžok
a) spôsob kreslenia a kótovania,
b) funkcia poistného krúžku

13.1.5 Namáhanie hriadel'ov

V dôsledku prenosu výkonu je hriadeli' namáhaný krutom alebo kombinovaným druhom namáhania, teda krutom a ohybom. Pôsobením uvedeného namáhania sa prejavuje skrútenie a priehyb hriadeli'a.

Hriadeli' je aplikované v strojových zariadeniach a mechanických sústavách podľa obr. 13.11 delíme na:

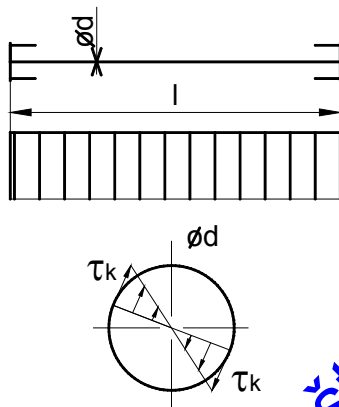
- H1 – spojovací hriadeli'
- H2 – hnací (vstupný) hriadeli',
- H3 – vložený (predlohový) hriadeli' a
- H4 – hnací (výstupný) hriadeli'.



Obr. 13.11. Typy hriadeľov aplikovaných v strojových zariadeniach a mechanických sústavách

13.1.5.1 Namáhanie spojovacích hriadeľov

Spojovacie hriadele sú hriadele, ktoré slúžia len na zabezpečenie spojenia jednej časti mechanizmu s druhou. V dôsledku danej skutočnosti sú namáhané len jednoduchým krútom. Závažový krútiaci moment M_k vyvodí podľa obr. 13.12 v krajných vláknach hriadeľa tangenciálne napätia τ_k prezentované vzťahom (13.1).



$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{kd}, \quad (13.1)$$

kde pre výkon P a prierezový modul v krútení W_k platí:

$$P = M_k \cdot \omega = M_k \cdot \frac{2\pi n}{60}, \quad (13.2)$$

$$W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \cong 0,2 \cdot d^3.$$

Obr. 13.12. Priebeh zaťaženia a napätia v spojovacom hriadeľi

Dosadením vzťahov (13.2) do vzťahu (13.1) a ich úpravou, pre hľadaný priemer hriadeľa platí:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot \tau_{kd}}}. \quad (13.3)$$

Hriadele o priemere d a dĺžke l sa pôsobením závažového krútiaceho momentu M_k deformujú. Na dĺžke l sa hriadeľ skrúti o uhol φ , veľkosť ktorého v stupňoch stanovíme:

$$\varphi = \frac{M_k \cdot l}{G \cdot I_p} \cdot \frac{180}{\pi} [^\circ] \quad (13.4)$$

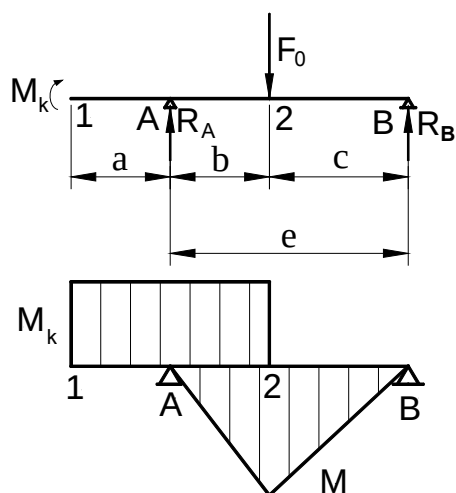
kde:

$G = 8 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ – je modul pružnosti v šmyku,

$I_P (\text{m}^4)$ – polárny moment prierezu.

13.5.1.2 Namáhanie hnacích, vložených a výstupných hriadeľov

Hnacie, vložené, prípadne výstupné hriadele sú hriadele, na ktorých sa nachádzajú určité kotúče, najčastejšie prezentované kolesami ozubených prevodov.



Obr. 13.13. Zaťaženie a priebehy namáhania hnacieho hriadeľa

Vychádzajúc z hypotézy deformačnej práce šmykových napätí³ pre priemer hriadeľa v kritickom mieste 2) platí:

$$\sigma_{red} = \frac{M}{W_o} \leq \sigma_D. \quad (13.5)$$

$$d_2 = 3 \sqrt[3]{\frac{52 \cdot M_{red}}{\pi \cdot \sigma_D}}, \quad (13.6)$$

² Monotónne zaťaženie strojových súčiastok je väčšinou charakterizované viacosou napätosťou. Pre zjednodušenie riešenia danej skutočnosti sa hľadali kritéria (podmienky) umožňujúce redukciu viacoskej napätosti na ekvivalentnú jednoosovú napätosť určenú pri namáhaní ťahom na skúšobnej vzorke. Na základe teoretického a experimentálneho výskumu bolo vyslovených niekoľko pevnostných a deformačných hypotéz (predpokladov) o príčinách porušenia materiálu (hypotéza najväčšieho normálového napätia; hypotéza najväčšieho pomerného predĺženia; hypotéza najväčšieho šmykového napätia; hypotéza celkovej deformačnej práce a hypotéza deformačnej práce šmykových napätí).

³ Podľa tejto hypotézy nastáva porušenie materiálu vtedy, keď deformačná práca šmykových napätí danej napätosti prekročí hodnotu deformačnej práce šmykových napätí jednoosej napätosti, pri ktorej nastáva poruška. Pri riešení sa vychádza v nasledovných kritérií: $\sigma_{red} \leq \sigma_D$;

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_z^2} \leq \sigma_{Dt} / \sqrt{3}$$

pričom hodnotu redukovaného momentu stanovíme na základe vzťahu:

$$M_{red} = \sqrt{M_o^2 + 0,75.M_k^2}. \quad (13.7)$$

V prípade druhej, pre dané účely často aplikovanej hypotézy najväčších šmykových napätí⁴ pre priemer hriadeľa v kritickom mieste (2) platí:

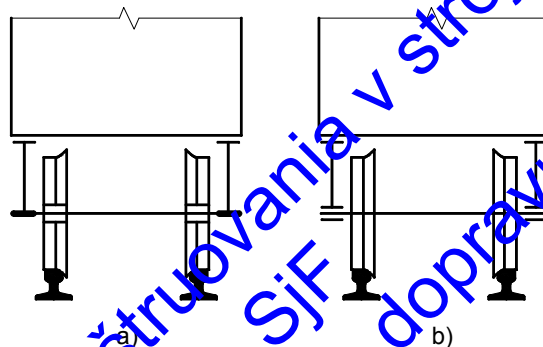
$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16.M_{red}}{\pi.\sigma_{Dt}}}, \quad (13.8)$$

pričom hodnotu redukovaného momentu stanovíme na základe vzťahu:

$$M_{red} = \sqrt{M_o^2 + M_k^2}. \quad (13.9)$$

13.2 Osi

Osi majú tvar plných alebo dutých valcov a sú pevné (nehybné), alebo otočné. Pevné osi (obr.13.14a) sú nehybne uložené v telese a na nich sú otočne uložené kolesá, kladky a pod. Na otočných osiach (obr.13.14b) sú kolesá alebo kladky uchytené pevne, tak že sa s nimi otáčajú.

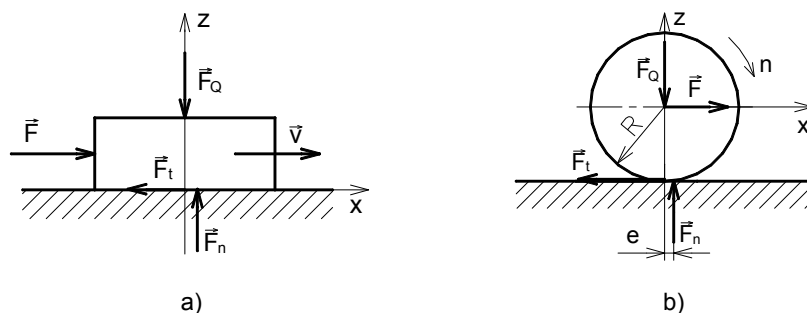


Obr.13.14. Schématické znázornenie riešenia pevnej a otočnej osi

13.3 Ložiská

Súčiastky, ktoré sa používajú na uloženie čapov hriadeľov sa nazývajú ložiská. Nesú (podopierajú) hriadele, umožňujú ich otáčanie a zachytávajú sily na ne pôsobiace. Pri vzájomnom relatívnom pohybe ložiskového uzla vzniká odpor proti pohybu – trenie.

⁴ Podľa tejto hypotézy nastáva porušenie materiálu vtedy, keď najväčšie šmykové napätie pri danej napätosti dosahuje veľkosť šmykového napätia jednoosovej napätosti, pri ktorej nastáva porucha. Pri riešení sa vychádza z nasledovných kritérií: $\sigma_{red} \leq \sigma_D$; $\sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_z^2} \leq \sigma_{Dt}/2$.



Obr.13.15. Prezentácia klzného (a) a valivého (b) trenia

Pri klznom trení sila odporu voči pohybu (trecia sila) F_t pôsobí v opačnom zmysle ako sila ťahová F a je úmerná hodnote normálneho zaťaženia F_n . Súčiniteľ trenia f je závislý od materiálov klzných povrchov, klznej rýchlosti, druhu a množstva maziva a pod., čiže a je definovaný vzťahom

$$f = \frac{F_t}{F_n} \quad (13.10)$$

Valivé trenie vzniká medzi pohyblivou časťou valivých telies a nepohyblivou časťou ložiska alebo vedenia (obr.13.15b). Pri ňom, valivý súčiniteľ trenia vyplýva f_v z podmienky momentovej rovnováhy vo valivom dotyku: $e \cdot F_t = F_n \cdot R$ a je daný vzťahom

$$f_v = \frac{F_t}{F_n} = \frac{e}{R} \quad (13.11)$$

13.3.1 Klzné ložiská

Klzné ložisko predstavuje montážnu jednotku pozostávajúcu z ložiskového telesa s klzným ložiskovým púzdom, alebo paľovou, v ktorých sú uložené hriadeľové čapy. Uložením hriadeľových čapov v klznom ložisku sa udržiava samotný hriadeľ v požadovanej polohe a zároveň vykonáva rotačný pohyb. Rotačný pohyb je doprevádzaný klzným trením a následným opotrebením.

Pri danom pohybe môžu vznikať tri druhy klzného trenia:

Suché trenie⁵ – vzniká pri relatívnom pohybe klzných plôch bez maziva. Z technického hľadiska sa sem zaraďujú aj prípady, keď na klzných plochách je nanesené tuhé mazivo (napr.: grafit). Vznik suchého trenia sa snažíme obmedziť.

Zmiešané trenie⁵ – vzniká pri relatívnom pohybe klzných plôch, ak hrúbka mazacej vrstvy nestačí na ich úplné oddelenie, takže v určitých miestach dochádza k priamej dotyku povrchových nerovností.

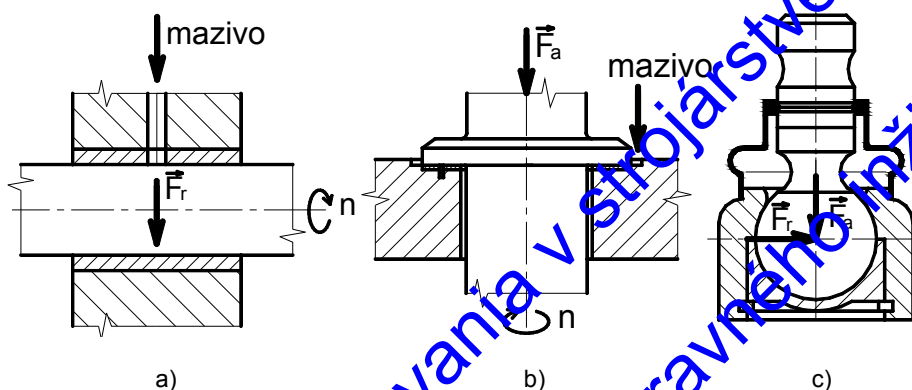
⁵ Nakoľko u ložísk pracujúcich v oblasti suchého a zmiešaného trenia sa výrazne opotrebojú povrchy, je potrebné obmedziť trvalú prácu v týchto podmienkach.

Kvapalné trenie – vzniká pri relatívnom pohybe klzných plôch, ktoré sú od seba úplne oddelené vrstvou maziva. K treniu dochádza vo vrstve maziva. Mazacia vrstva pritom môže vzniknúť:

- účinkom hydrodynamického tlaku, ktorý vzniká prúdením maziva do zužujúcej sa časti vo vlastnom ložisku pri splnení nevyhnutných podmienok:
 - o požadovaná klinová medzera⁶,
 - o vhodná viskozita maziva,
 - o relatívna rýchlosť.
- účinkom hydrostatického tlaku, ktorý vzniká mimo ložiska, do ložiska je vŕhaný pomocou čerpadla.

Podľa smeru pôsobenia zaťažujúcej sily možno klzné ložiská rozdeliť na :

- ložiská radiálne – prenášajú sily kolmé na os ložiska (obr. 13.16a),
- ložiská axiálne – prenášajú sily rovnobežné s osou ložiska (obr. 13.16b),
- ložiská kombinované – prenášajú radiálne i axiálne sily (obr. 13.16c).



Obr.13.16. Delenie klzných ložísk podľa smeru zaťažujúcich síl

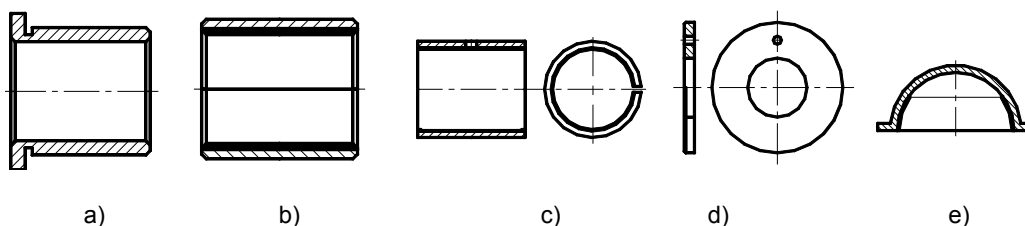
Klzné plochy čapov hriaderov sa cementujú, nitridujú alebo povrchovo kalia a jemne brúsia, aby sa čo najmenej opotrebovali. Viac sa opotrebovávajú púzdra a panvy, prípadne výstelky, ktoré sa pri nadmernom zväčšení vôle v ložisku vymenia.

13.3.1.1 Druhy klzných ložísk podľa konštrukčného vyhotovenia

Funkčný povrch ložiskových púzdier a panví sa zhotovuje z ložiskových materiálov (zliatin medi, hliníka, plastov a pod.), a to tak, že hrubostenné ložiská sa zhotovujú ako monometalické (obr. 13.17a), pre úsporu farebných kovov sa zhotovujú púzdra

⁶ Ku vzniku hydrodynamického mazania dochádza prirodzenou cestou, nakoľko dve valcové plochy rôznych priemerov vytvárajú klinovú medzeru, do ktorej sa pri relatívnom rotačnom pohybe vŕta mazivo a môže sa tak vyvinúť kvapalinové trenie.

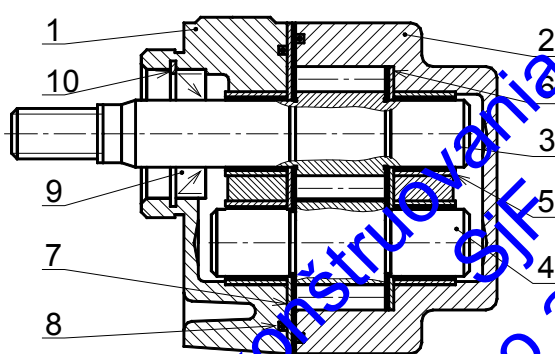
a panvy oceľové s tenkostennou výstelkou z ložiskových kovov (obr.13.17b). Súčasná technológia výroby klzných ložísk spočíva vo výrobe klzných ložísk zakružovaním a tvarovaním (obr.13.17c,d) z bimetalických pásov (tenká klzná vrstva z ložiskových materiálov je nanosená metódami práškovej metalurgie), z metaloplastických pásov KU, KX (na oceľový pás je nanosená tenká pórovitá medzivrstva z ložiskových kovov a tenká klzná vrstva z teflónu), prípadne samomazných pórovitých klzných ložísk (obr.13.17d).



Obr.13.17. Jednotlivé časti klzných ložísk

13.3.1.2 Zobrazovanie klzných ložísk

Klzné ložiská sú obvykle normalizované, z tohto hľadiska sa ich výkresy nekreslia. Pre neobvyklé ložiská musíme nakresliť výkresy. Na výkresoch zostavení sa kreslia podľa všeobecných zásad zobrazovania. V súpisoch položiek sa uvádzajú názvy podľa



Obr.13.18. Výkres zostavy hydrogenerátora



Obr.13.19. Konštrukcia valivého ložiska

pomenovania v príslušných STN alebo katalógoch. Príklad nakreslenia klzných ložísk je uvedený na výkrese zostavy hydrogenerátora (obr.13.18). Hriadele sú uložené pomocou tenkostenných puzdier a krúžkov (položky 5, 6 a 7).

13.3.2 Valivé ložiská

Vo valivom ložisku je klzné trenie nahradené valivým trením. Valivé ložiská sú obyčajne zložené z dvoch krúžkov (vonkajší a vnútorný) s obežnými dráhami (obr.13.20),

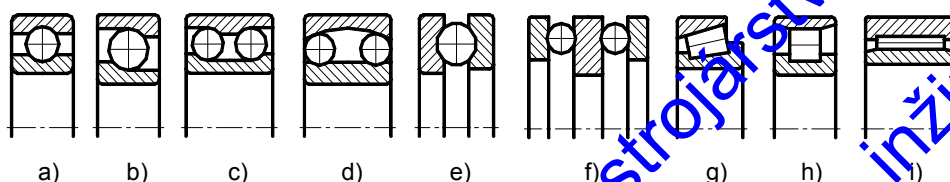
z valivých telies a kletky na ich vedenie. Podľa tvaru valivých telies rozlišujeme ložiská guľkové, kuželíkové, valčkové, súdkové a ihlové.

Podľa smeru pôsobenia sily ich delíme na ložiská radiálne a axiálne.

Podľa konštrukčného usporiadania valivých telies môžu byť ložiská jednoradové, dvojradové a viacradové.

Guľkové ložiská

Jednoradové guľkové ložisko (*obr.13.20a*) je používané najčastejšie. Má dobrú únosnosť v radiálnom aj axiálnom smere, pretože obežné dráhy valivých teliesok sú hlboké. Jednoradové guľkové ložisko s kosouhlým stykom (*obr.13.20b*) má obežné dráhy presadené. Dané ložisko sa vyznačuje veľkou únosnosťou v radiálnom aj axiálnom smere. Dvojradové guľkové ložisko s kosouhlým stykom (*obr.13.20c*) veľkú axiálnu únosnosť v oboch smeroch. Dvojradové guľkové naklápacie ložisko (*obr.13.20d*) má vonkajšiu obežnú dráhu v tvare guľovej plochy. Docieľi sa tým prispôbiť vzájomnej polohe oboch krúžkov pri priehybe hriadeľov. Axiálne guľkové ložisko (*obr.13.20e*) jednosmerné je schopné prenášať axiálnu silu len v jednom smere. Obojsmerné axiálne guľkové ložisko (*obr.13.20f*) prenáša axiálnu silu v oboch smeroch.



Obr. 13.20. Valivé ložiská

Kuželíkové ložiská

Majú dobrú únosnosť v radiálnom a axiálnom smere (*obr.13.20g*). Axiálnu silu prenáša len v jednom smere, z tohto dôvodu sa obyčajne montujú dve ložiská proti sebe.

Jednoradové valčkové ložiská

Sú rozoberateľné (*obr.13.20h*), vyrábajú sa v niekoľkých typoch. Valčeky sú vedené medzi vodiacími nákrúžkami ako na vonkajšom krúžku (NU), alebo na vnútornom krúžku (N). V porovnaní s guľkovými ložiskami (medzi guľkou a krúžkami je bodový dotyk) medzi valivým telieskom a krúžkom je priamkový dotyk, preto ich únosnosť je vyššia ako u rozmerovo podobných guľkových ložísk.

Jednoradové ihlové ložiská

Sú zvláštnym druhom valčkových ložísk s dlhými valčekmi malého priemeru – ihlami (*obr.13.20i*). Sú vhodné na prenos veľkých radiálnych síl pri malých obvodových rýchlostiach a malých radiálnych rozmeroch.

13.3.2.1 Základný výpočet valivých ložísk

Základná dynamická únosnosť C je stále nepremennivé zaťaženie, pri ktorom ložisko dosiahne základnú trvanlivosť jedného milióna otáčok. Pre radiálne

ložiská – C_r (vzťahuje sa len na radiálne zaťaženie), pre axiálne ložiská – C_a (čisto axiálne zaťaženie). Hodnoty základnej dynamickej únosnosti C_r a C_a sú uvedené v katalógoch ložísk pre každé ložisko.

Základná trvanlivosť ložiska – L_{10} v miliónoch otáčok je vyjadrená v tvare:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^m, \quad (13.12)$$

kde: L_{10} (10^6 ot) je základná trvanlivosť,
 C (kN) – základná dynamická únosnosť C_r alebo C_a ,
 P (kN) – ekvivalentné dynamické zaťaženie ložiska,
 m (exponent) – pre guľkové ložiská $m = 3$,
– pre valčekové, kuželíkové, ihlové ložiská $m = 10/3$.

Základná trvanlivosť v prevádzkových hodinách – L_{10h} je vyjadrená v tvare:

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}, \quad (13.13)$$

kde: L_{10h} (h) je základná trvanlivosť,
 n (min^{-1}) – frekvencia otáčania,
 P (kN) – ekvivalentné dynamické zaťaženie ložiska.

Ak v ložisku pôsobí súčasne radiálne F_r aj axiálne zaťaženie F_a , potom uvažujeme radiálne ekvivalentné dynamické zaťaženie P_r (kN)

$$P_r = X \cdot F_r + Y \cdot F_a, \quad (13.14)$$

kde: X, Y – sú súčinitele radiálneho, axiálneho zaťaženia.

Axiálne ložiská dokážu prenášať iba axiálne zaťaženie F_a , potom axiálne ekvivalentné dynamické zaťaženie P_a (kN) sa určuje podľa vzťahu

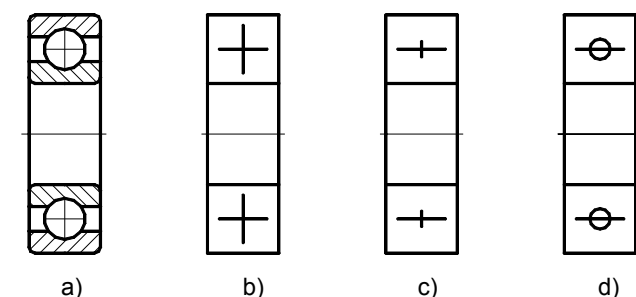
$$P_a = F_a. \quad (13.15)$$

13.3.2.2 Zobrazovanie valivých ložísk na výkresoch zostáv

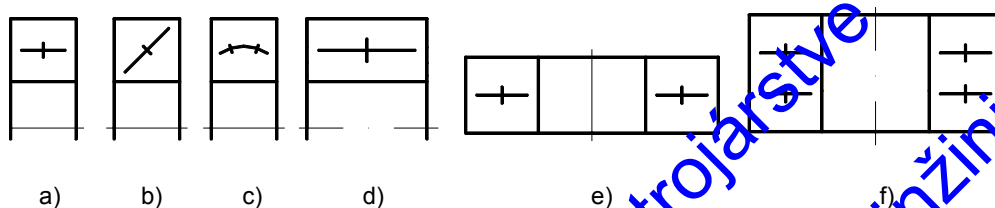
Valivé ložiská sú normalizované, nie je preto potrebné pri zobrazovaní ložiska podrobne vykresliť všetky jeho črty. Spôsoby zobrazovania valivých ložísk predpisuje norma STN ISO 8826. Podľa tejto normy možno pri zobrazovaní valivých ložísk na výkresoch zostavení použiť:

- podrobné zobrazenie (obr. 13.21a),
- zjednodušené zobrazenie (obr. 13.21b),
- podrobnejšie zjednodušené zobrazenie (obr. 13.21c),
- alternatívny spôsob podrobnejšieho zobrazenia (obr. 13.21d).

Na obr.11.7 sú uvedené príklady zobrazovania valivého jednoradového guľkového ložiska, kým na obr.11.8 sú príklady podrobnejšieho zobrazovania valivých ložísk.



Obr. 13.21. Normalizované spôsoby zobrazovania valivých ložísk

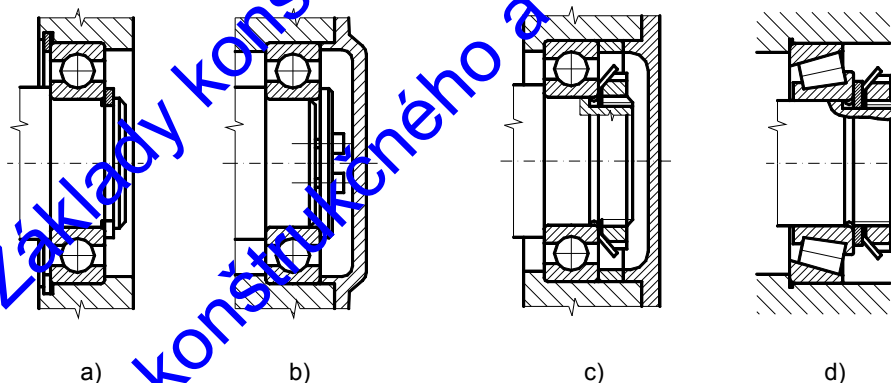


Obr. 13.22. Podrobnejšie zobrazenie valivých ložísk

a) guľkové, b) valivé s kosouhlým stykom, c) dvojradové guľkové naklápacie, d) jednoradové

13.3.2.3 Upevňovanie valivých ložísk

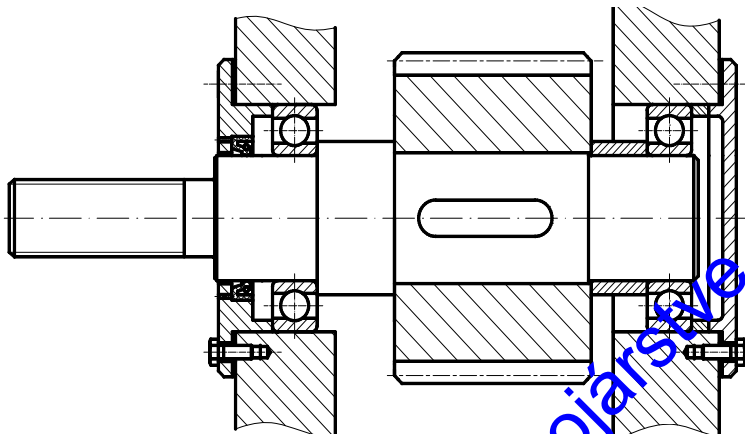
Vnútorne krúžky ložísk s valcovou dierou uložené pevne na čape sú spravidla čelnou plochou opreté o nákrúžok hriadeľa a axiálne sa zaisťujú poistnými krúžkami na hriadele a v diere (obr 13.23a), poistnou doskou prievnenou dvoma skrutkami (obr 13.23b), upínacou maticou typu KM a poistnou podložkou typu MP (obr 13.23c a obr.13.23d).



Obr.13.23. Upevnenie krúžkov valivých ložísk

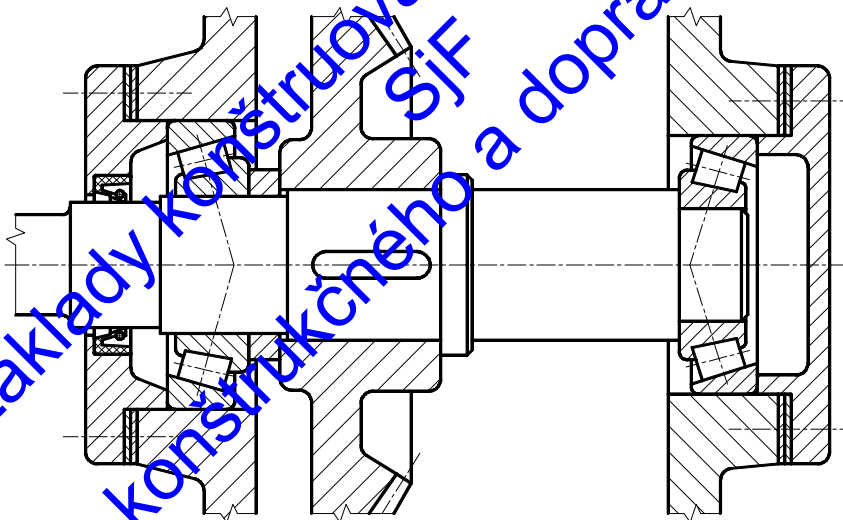
13.3.2.4 Základy konštrukcie valivého uloženia

Pri väčšine konštrukcií valivých uložení je hriadeľ uložený v dvoch ložiskách. Najjednoduchšie je nastavenie axiálnej polohy hriadeľa ložiskovými vekami (obr. 13.24), pričom každé z ložísk zachytáva axiálnu silu v jednom smere. Je vhodné len pre uloženie krátkych hriadeľov. Pri montáži sa musí zabezpečiť malá axiálna vôľa medzi jedným vonkajším krúžkom a vekom.



Obr. 13.24. Uloženie hriadeľa pomocou guľkových ložísk

Uloženie hriadeľa v ložiskách s kosouhlým stykom a s odnímateľnými krúžkami (napr. kuželikové ložiská) musí mať konštrukčne zabezpečenú možnosť nastavenia ložiskovej vôle (obr. 13.25). V prevodoch s kužeľovým súhľasím musí konštrukčné riešenie umožniť aj nastavenie správneho záberu zubov vzájomným axiálnym posunom ozubených kolies.



Obr. 13.25. Uloženie hriadeľa pomocou kuželikových kolies

13.3.2.5 Mazanie ložísk

Jednou z hlavných podmienok správnej činnosti klzného a valivého ložiska je jeho mazanie.

Prevádzka klzných ložísk v rôznych oblastiach trenia vyžaduje špecifické nároky na spôsob mazania, na množstvo maziva, na vlastnosti a druh maziva. Nároky na mazivo u valivých ložísk sú pomerne vysoké. Mazivo má zabrániť priamemu kovovému dotyku valivých telies a obežných dráh, znižuje trenie medzi valivými telesami a kľetkou, chráni ložisko pred koróziou v dôsledku vlhkosti vzduchu alebo pri vniknutí vody do ložiska a pod. Plastické mazivo má schopnosť utesňovať ložisko proti vnikaniu nečistôt.

Ložiská môžu byť mazané kvapalnými, plastickými alebo pevnými mazivami.

Mazanie kvapalnými mazivami, napr. minerálnymi alebo syntetickými olejmi, sa používa pre klzné ložiská určené na prevádzku v oblasti kvapalinového trenia. Pre valivé ložiská sa používa len vtedy, keď tieto sú umiestnené spoločne v skrini s inými časťami mazanými olejom, napr. s ozubeným súkolesím. Podľa spôsobu privádzania oleja do ložísk rozlišujeme :

- olejový kúpeľ – hladina oleja má dosahovať len do polovice najspodnejšieho valivého telieska,
- obehové – olej sa k ložisku privádza napr. čerpadlom a rovinným systémom,
- kvapkacie – olej sa do ložiska privádza po kvapkách v časových intervaloch,
- vstrekovacie – olej sa do ložiska vstrekuje z boku vhodne pre odvod tepla,
- olejovou hmlou – olej sa stlačeným vzduchom alebo rotáciou kotúčov jemne rozstrekuje.

Mazanie plastickými mazivami je výhodné z hľadiska utesnenia ložísk proti nečistote, vlhkosti a pre ľahkú obsluhu. Pre ťažné prevádzkové podmienky valivých ložísk postačuje mazanie plastickými mazivami. Niektoré valivé ložiská, najmä s krycími plechmi alebo tesneniami na oboch stranách, môžu mať náplň plastického maziva na celú dobu životnosti daného zariadenia. Ložiská, ktoré treba periodicky domazávať, musia mať v ložiskovom telese upravený priechod pre mazivo napr. pomocou mazacích hlavíc.

Mazanie pevnými mazivami (napr. grafit) sa používa pri vysokých teplotách.

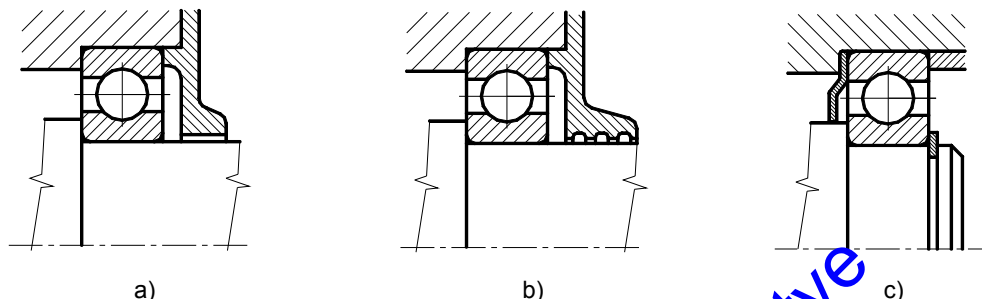
13.3.2.6 Tesnenie ložísk

Hlavnou úlohou tesnenia ložísk je zabrániť úniku maziva z priestoru ložiska a zabrániť vniknutiu nečistôt a vlhkosti z okolitého prostredia do priestoru ložiska. Prevádzkové podmienky, v ktorých ložiská pracujú, sú rôzne, preto je potrebné zvážiť, aký druh tesnenia je pre daný prípad najvhodnejší. Tesnenie valivých ložísk možno rozdeliť do troch skupín:

- tesnenie bezdotykové,
- tesnenie trecie
- tesnenie kombinované.

Pri bezdotykovom tesnení nemôže vzniknúť opotrebenie tesniacich plôch

vplyvom trenia. Je vhodné pre vysoké obvodové rýchlosti a vysoké alebo nízke prevádzkové teploty. Nevýhodou je možnosť vnikania vlhkosti a jemného prachu. Môže byť vytvorené úzkou dlhou štrbinou (obr.13.26a), štrbinou s radiálnymi drážkami (obr.13.26b), ktoré sa môžu vyplniť plastickým mazivom, aby sa zvýšil tesniaci účinok štrbiny. Úniku plastického maziva z ložiska je možné zabrániť plechovými krúžkami pre mazivo (obr.13.26c), ktoré súčasne vymedzujú priestor pre mazivo. Pre ložiská mazané olejom sa v suchých a bezprašných miestach používajú odstrekovacie bezdotykové tes-



Obr. 13.26. Bezdotykové tesnenia

a) s úzkou dlhou štrbinou, b) štrbinou s radiálnymi drážkami, c) štrbinové s plechovým krúžkom

nenia (obr.13.27). Odstrekovacie žliabky na hriadeľi zabráňujú vytekaniu oleja. Veľmi účinné bezdotykové tesnenie je labyrintové tesnenie (obr.13.28). Labyrinty môžu byť vytvorené radiálne alebo axiálne. Účinok tesnenia sa zvýši, ak sa priestor labyrintu vyplní plastickým mazivom.

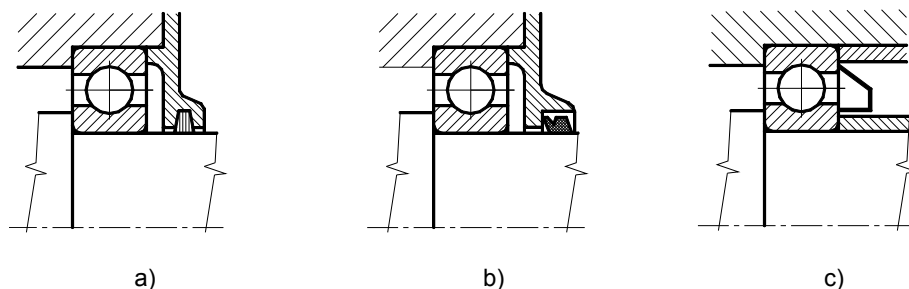


Obr. 13.27. Odstrekovacie tesnenie

Obr. 13.28. Axiálne labyrintové tesnenie

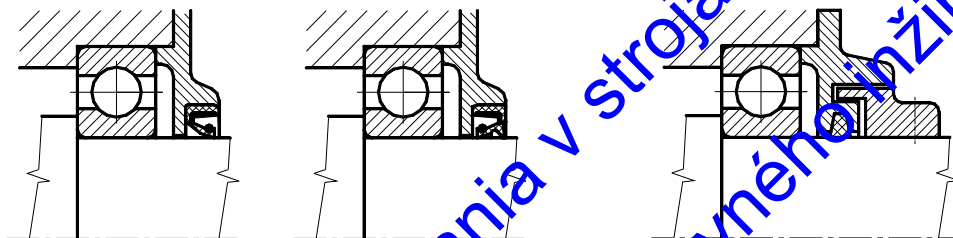
Tesnenie tracie sa zhotovuje z pružného, mäkkého avšak dostatočne pevného materiálu, ktorý sa vkladá medzi pevné a rotujúce časti uloženia. Toto uloženie dokonale zabráňuje vnikaniu škodlivín do ložiska a unikaniu maziva z ložiskového priestoru. Jeho nevýhodou je klzné trenie, a preto vyžaduje veľmi dobre opracované plochy rotujúcich častí, ktoré prichádzajú do styku s tesnením. Najjednoduchšie je tesnenie plstenými krúžkami (obr.13.29a). Používa sa pre obvodové rýchlosti od $4m.s^{-1}$ (jemne sústružené plochy) až do $8m.s^{-1}$ (pre plochy brúsené a lapované). Prípustný rozdiel teplôt je v rozsahu $-40^{\circ}C \div +80^{\circ}C$. Jednoduché a pomerne účinné je tesnenie krúžkami z gumy a plastov (obr.13.29b). Dosadacia plocha krúžku musí byť jemne sústružená a leštená. Pri malých rýchlostiach je možné aj naklopenie tesniaceho krúžku o 2° až 3° bez toho, aby došlo k odľahčeniu tesniaceho jazýčka. Dobrú tesniacu schopnosť majú aj pružné

kovové tesniace krúžky. Na obr.13.29c je utesnenie pružným kovovým tesniacim krúžkom dosadajúcim na čelo vonkajšieho krúžku ložiska.



Obr. 13.29. Tesnenie trecie krúžkom
a) plsténym, b) z plastu, c) pružným kovovým

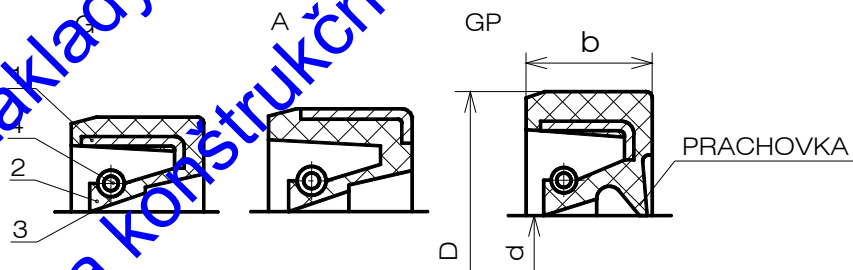
Zvýšenie tesniaceho účinku môžeme doceliť vhodnou kombináciou tesnenia bezdotykového a trecieho. Jednoduché spojenie tohto druhu je na obr.13.31. Hrubé nečistoty (voda a pod.) sú zachytené jednoduchým labyrintom. Plsténý tesniaci krúžok zachytáva jemný prach a vlhkosť.



Obr.13.30. Tesnenie hriadeľovým tesniacim krúžkom
a) proti vnikaniu nečistôt, b) proti vnikaniu masiva

Obr.13.31. Kombinované tesnenie

Najrozšírenejší spôsob tesňovania hriadeľov je tesnenie manžetovými krúžkami (obr.13.32). Krúžky s obchodným označením G sú zhotovené zo syntetickej gumy s kovovým výstužným krúžkom (1). Manžeta (2) má vytvorenú tesniacu hranu (3), ktorá je na hriadeľ priťahovaná ťažnou pružinou (4). Vo veľmi prašnom prostredí možno používať tesniace krúžky s prachovkou (5).



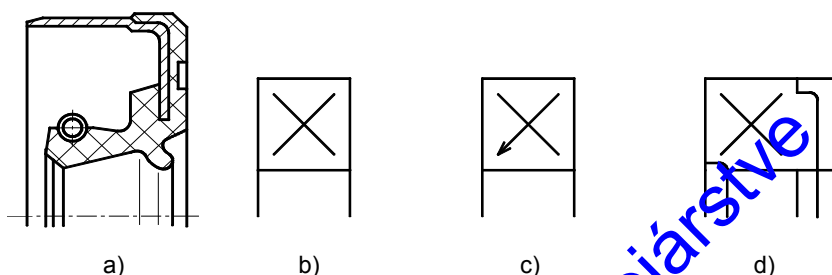
Obr.13.32. Hriadeľové tesniace krúžky

Hriadeľové tesnenia sú obvykle vyrábané špecializovanými výrobcami a na výkresoch zostavení sa kreslia a označujú ako normalizované alebo typizované.

Spôsob kreslenia tesnení určujú normy STN ISO 9222-1 (Tesnenia pohybujúcich sa častí. Časť 1: Schematické zobrazovanie. Všeobecné zásady a STN ISO 9222-2 : Tesnenia pohybujúcich sa častí. Časť 2: Schematické zobrazovanie.).

Normy určujú nasledovné spôsoby zobrazovania:

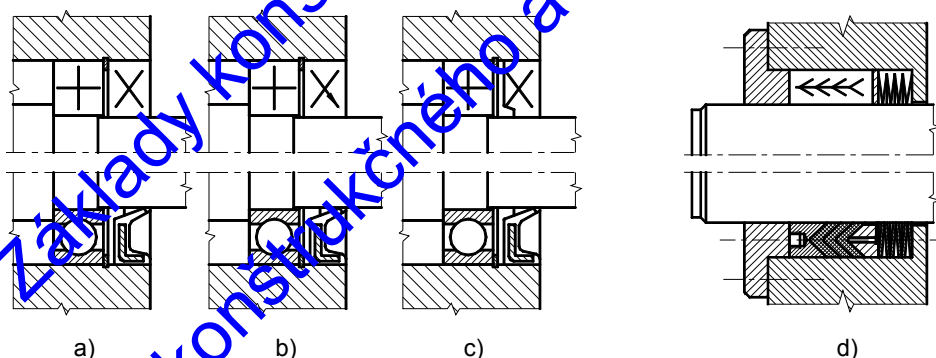
- 1) Podrobné zobrazenie s vykreslením všetkých prvkov tesnenia je na *obr.13.32* a *obr.13.33a*. Zobrazenie sa používa len v tých prípadoch, keď je nutná väčšia názornosť (v katalógoch, prospektoch). Všetky obrysy a vnútorné podrobnosti sa kreslia tenkou súvislou čiarou (čiara typu *B* ISO 128). Ak to nie je nevyhnutné, plochy rezov sa nešrafujú.



Obr. 13.33. Zobrazenie tesnenia: a) podrobné, b), c), d) schematické

- 2) Schematické zobrazenie všeobecnou značkou (*obr.13.33b*) má tvar štvorca s uhlopriečnym krížom umiestneným v strede štvorca, ktorý sa nedotýka obrysu tesnenia. Všetky čiary sa kreslia hrubou súvislou čiarou (čiara typu *A* ISO 128). Ak je nutné naznačiť smer pôsobenia tesnenia, doplní sa všeobecná značka šípkou (*obr.13.33c*). Ak je potrebné zobraziť presný tvar obrysu tesniacej sústavy, môže sa to urobiť zobrazením skutočnej čiary obrysu priečneho rezu s uhlopriečnym krížom umiestneným v strede štvorca, ktorý sa nedotýka obrysu tesnenia (*obr. 13.33d*).

Príklady podrobného (v dolnej časti obrázku) a schematického zobrazenia ložiska (v hornej časti obrázku) sú uvedené na *obr. 13.34*.



Obr. 13.34. Schematické a podrobné znázornenie a),b),c) hriadeľové tesnenia, d) upchávkové tesnenie

13.4 Pružiny

Pružiny sú súčiastky, ktorých výrazným znakom je ich veľká pružná deformácia. Veľká pružná deformácia (pruženie) sa dosahuje vhodnou konštrukciou pružiny a vhodným materiálom. Používajú sa ako akumulátory energie, na zmiernenie účinkov rázov, dosiahnutia trvalého ťahu alebo tlaku a pod.

Podľa spôsobu namáhania rozlišujeme pružiny (tab. 13.1):

- tlačné alebo ťažné – skrutkovité (valcové, kužeľové a iné),
- torzné – skrutkovité, tyče s kruhovým prierezom (torzné tyče),
- ohýbané – listové, zväzkové a iné.

13.4.1 Zobrazovanie pružín

Na zobrazenie pružín v prípade zostavných výkresoch sa používa zjednodušené zobrazovanie podľa STN ISO 2162–1 (Technická dokumentácia výrobku, Pružiny. Časť 1 – Zjednodušené zobrazovanie.).

Pre zjednodušené zobrazovanie pružín platia tieto zásady:

- pružiny navinuté z drôtu sa zobrazujú súvislou hrubou čiarou, ktorá sleduje os pružiny,
- iné typy pružín sa musia zobraziť súvislými hrubými čiarami tak, aby sa zobrazili charakteristické tvary pružín.

Pri zjednodušenom zobrazení sa musia uviesť tieto geometrické charakteristiky:

- prierez polotovaru,
- zmysel vinutia – pravý sa označuje RH (Right-Hand) a nie je nutné ho uviesť, ľavý LH (Left-Hand) – musí sa vždy uviesť,
- tvar koncov pružín – zbrúsený, ktorý sa nemusí označovať, iný ako zbrúsený sa musí, ak je potrebné, aj zakótovať.

Tab. 13.1. Vybrané príklady zobrazovania pružín

Druh pružiny	Pružiny skrutkovité			
	valcová tlačná	valcová ťažná	valcová torzná	kužeľová tlačná
v pohľade				
v reze				

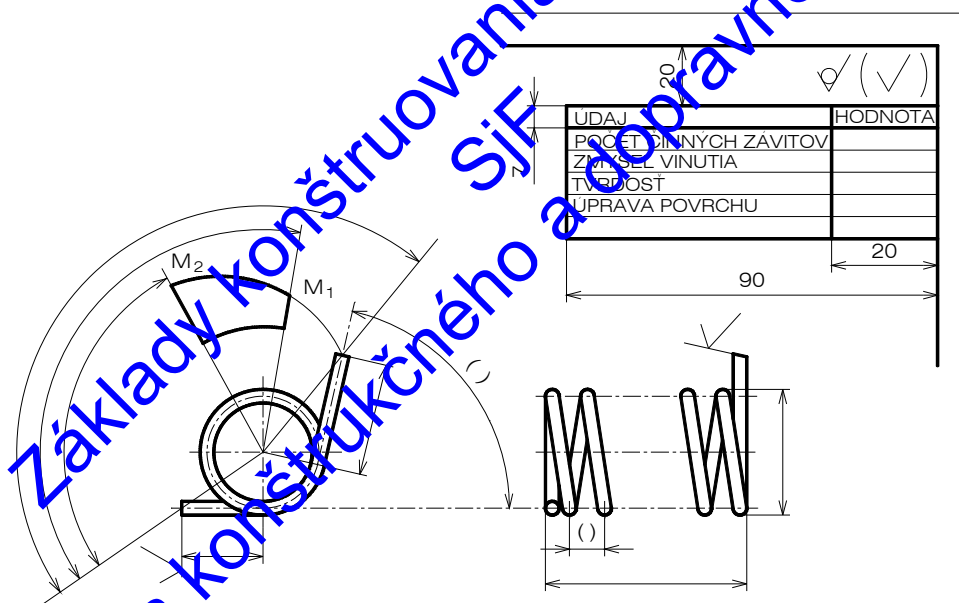
Tab. 13.1. Vybrané príklady zobrazovania pružín (Pokračovanie zo str. 239)

zjednodušené		
Druh pružiny	Týčová torzná s kruhovým prierezom	Listová zväzková s okami
v pohľade		
zjednodušené		

13.4.1.1 Výkresy pružín

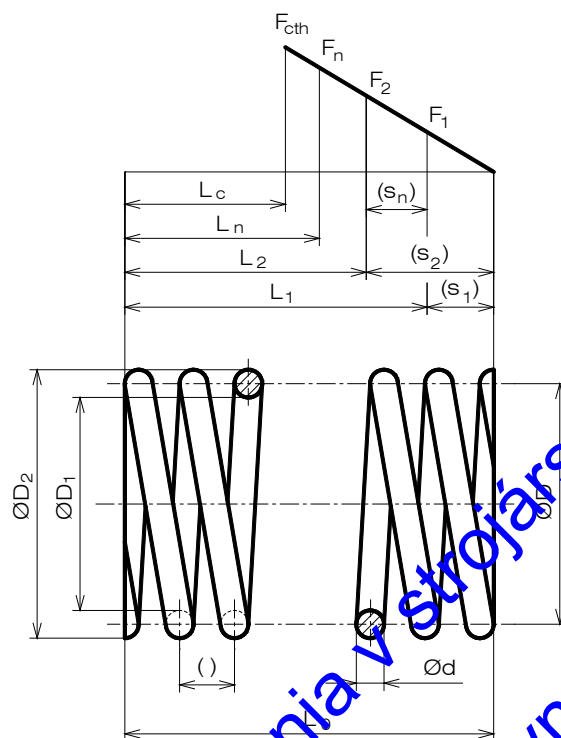
Vyhotovujú sa podľa STN 01 3211, STN ISO 2162-2/1998. Výkres pružiny obsahuje zobrazenie pružiny v pohľade alebo reze (obr. 13.35 alebo obr. 13.36) s nutnými rozmermi a toleranciami a ak je to potrebné, tak aj s diagramom síl a ostatnými technickými požiadavkami.

Príklad kreslenia pružiny (inej než valcovej ťažnej) s tabuľkou údajov je na obr. 13.35.



Obr. 13.35. Výkres valcovej skrutkovitej torznej pružiny

Na obr. 13.36 je príklad kreslenia obrazovej časti výkresu valcovej skrutkovitej tlačnej pružiny a v tab. 13.2 je predtlač tabuľky konštrukčných a výrobných údajov pre tento typ pružiny. Tabuľka je súčasť výkresovej dokumentácie, umiestňuje sa na zadnú stranu výkresu pružiny formátu A4 alebo ako druhý list výkresu.



Obr. 13.36. Príklad kreslenia prednej strany výkresu skrutkovitej valcovej tlačnej pružiny na formáte A4

Tab. 13.2. Predtlač tabuľky údajov pre valcovú skrutkovitú tlačnú pružinu

d	 mm	F ¹	 ± N	s _h	 mm
D	 mm	L ¹	 mm	τ _{kh}	 N/mm ²
D ^e	 ± mm	τ ¹	 N/mm ²	k	 -
D ¹	 ± mm	τ ^{k1}	 N/mm ²	N	≥ -
L ^o	 mm	F ²	 ± N	ΔF	≤ N/mm
n		L ²	 mm	F ^e	
n _t		L ²	 N/mm ²	R _s	 N/mm ²
L ^c	 mm	τ ^{k2}	 N/mm ²	t	 h
F _{0th}	 N	F ⁿ	 N	T ²⁾	 / °C
τ ^c	 N/mm ²	L ⁿ	 mm		
		τ ⁿ	 N/mm ²		
		τ _{kn}	 N/mm ²		

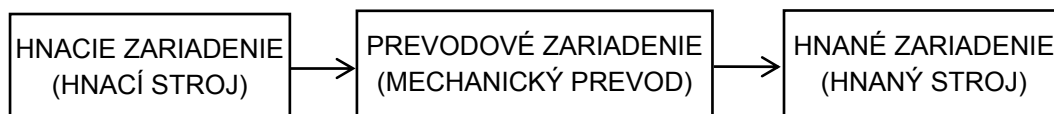
Tab. 13.2. Predtlač tabuľky údajov pre valcové skrutkovité tlačné pružiny
(Pokračovanie zo str. XX)

Zmysel vinutia	LH RH	$\otimes$ ³⁾ $\otimes$	Úprava pružiny	
Frekvencia zaťažov. cyklu f	statická	$\otimes$	Dané požiadavky	Dovolené odchýl. ⁴⁾
	dynamická ⁵⁾	$\otimes$	$\otimes$ Jedna záťaž F^1 odpovedajúca dĺžka L^1 a stupeň pružiny R^s	L^o, d n^t
	dynamická ⁶⁾	$\otimes$		
Materiál	G N/mm ² E N/mm ²		$\otimes$ Dve záťaže F^1 / F^2 a odpovedajúce dĺžky L^1 / L^2	L^o, d n^t
Stav povrchu	ťahaný	$\otimes$	$\otimes$ Dĺžka nenastavenej pružiny a pružinová konštanta	d, n^t
	valcovaný	$\otimes$	$\otimes$ Jedna záťaž F^1 a záťaž nenastavenej pružiny	L^o
	obrábaný	$\otimes$		
	brokovaný	$\otimes$		
		bez ostrín: vnútri vonku	$\otimes$	$\otimes$ Jedna záťaž F^1 nastavenej pružiny a dĺžka nenastavenej pružiny
Ochranný povrchový povlak				
Stupeň nastavenia alebo nastavené zaťaženie				
Ďalšie detaily, napr. stav povrchu alebo tolerancie				
2) Minimum/maximum. 3) $\otimes$ Označiť, ak je potrebné. 4) Uvedené parametre môžu byť upravované, aby boli splnené dané požiadavky. 5) Frekvencia dynamická časovo ohraničená 6) Frekvencia dynamická časovo neohraničená.				

Materiály na pružiny sa používajú kovové a nekovové. Z kovových materiálov sú vhodné ocele s vysokou medzou pevnosti tepelne spracované (ocle uhlíkové 12 090, legované kremíkové a kremíkovo-chrónové 13 270, 14 260, vysoko-legované 17 242), prípadne cínové bronzy a mosadze pre korozívne prostredie. Nekovové pružiny sa zhotovujú z gumy určených na dynamické namáhanie (62 2225, 62 2226).

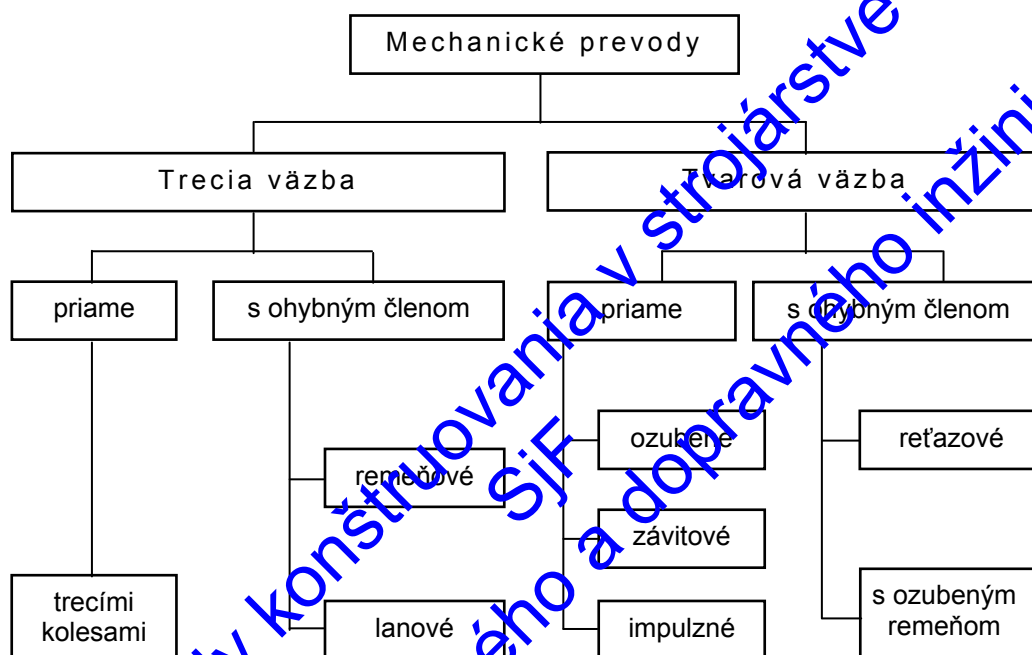
14. PREVODOVÉ A KINEMATICKÉ MECHANIZMY

Úlohou prevodu je zabezpečiť prenos mechanickej energie od hnacieho stroja po hnaný stroj, pričom často dochádza k zmene určitého parametru (otáčky, rýchlosť, moment, druh pohybu a pod.).



Obr. 14.1. Schéma prevodového mechanizmu

14.1 Rozdelenie mechanických prevodov



14.2 Základné parametre mechanických prevodov

Mechanický výkon pri priamočiarnom pohybe je daný vzťahom:

$$P = F \cdot v \quad (W), \quad (14.1)$$

kde: F (N) – hnacia (tangenciálna) sila,
 v ($m \cdot s^{-1}$) – rýchlosť priamočiareho pohybu.

Mechanický výkon pri rotačnom pohybe je definovaný vzťahom:

$$P = M_K \cdot \omega \quad (\text{W}), \quad (14.2)$$

pričom pre obvodovú rýchlosť a krútiaci moment platí:

- obvodová rýchlosť: $v = \frac{D}{2} \cdot \omega = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$,
- krútiaci moment: $M_K = F \cdot D/2$.

kde: $M_K \text{ (N.m)}$ je hnacia (tangenciálna) sila,
 $v \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$ – rýchlosť priamočiareho pohybu.
 $\omega \text{ (s}^{-1}\text{)}$ – uhlová rýchlosť,
 $n \text{ (min}^{-1}\text{)}$ – otáčky,
 $D \text{ (m)}$ – priemer hnacieho kolesa.

Mechanický výkon teda môžeme vyjadriť vzťahom:

$$P = F \cdot v = M_K \cdot \omega \quad (\text{W}). \quad (14.3)$$

Účinnosť prevodu – časť mechanickej energie P_T pri prenose členmi prevodu sa vplyvom mechanických strát zmení na iný druh energie, väčšinou na teplo. Výkon na výstupe P_2 je preto o hodnotu mechanických strát vždy menší než výkon na vstupe P_1 , ich pomer je účinnosť.

Potom pre účinnosť mechanického prevodu platí:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - P_T}{P_1} = 1 - \frac{P_T}{P_1} = 1 - \xi \quad (14.4)$$

Kde: ξ je súčiniteľ pomerných strát.

V jednostupňovom prevode pri podmienke rovnakých obvodových rýchlostí na valivých priemeroch $v_1=v_2$ je prevodový pomer jedného stupňa (obr. 14.2a) daný vzťahom:

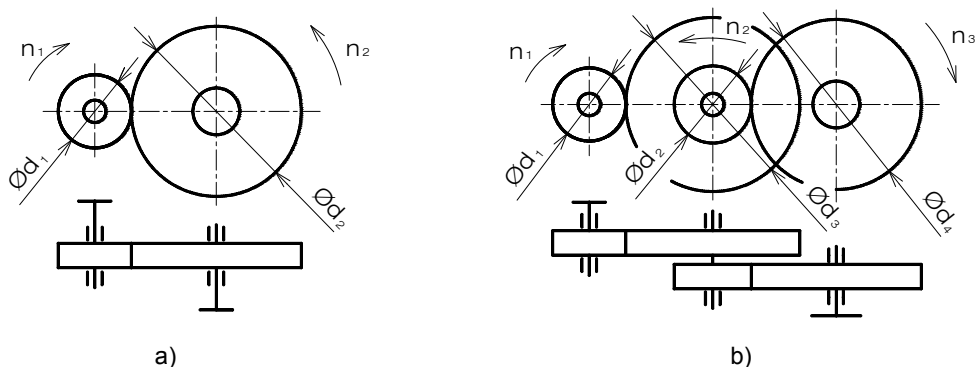
- pre tvarový prevod (prevod bez sklzu ψ)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{M_{k2}}{M_{k1} \cdot \eta}, \quad (14.5)$$

- pre troch prevod (so sklzom ψ)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1 \cdot \psi} = \frac{M_{k2}}{M_{k1} \cdot \eta}, \quad (14.6)$$

kde: ψ je súčiniteľ merného sklzu.



Obr.14.2. Schéma prevodového mechanizmu
a) jednoduchého, b) zloženého

Viacstupňový prevod má prevodový pomer daný ako súčin jednotlivých prevodov:

$$i = i_1 \cdot i_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2}{n_3} = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{d_4}{d_3} \quad (14.1)$$

14.3 Prevody trecími kolesami

Trecie prevody využívajú k prenosu rotačného pohybu a výkonu treciu silu v mieste styku dvoch navzájom pritlačovaných koles (hnacieho s priemerom d_1 a hnaného s priemerom d_2). Tieto prevody sú vhodné na prenos menších a stredných výkonov pre malé osové vzdialenosti.

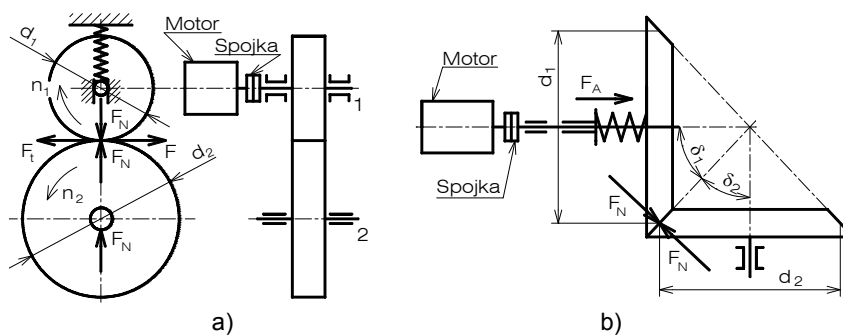
Výhodou trecích prevodov je ich nízka hlučnosť, pružný záber, jednoduchá konštrukcia, pomerne nízke náklady, možnosť reverzácie aj za chodu. Pri preťažovaní a kolísaní zaťaženia dochádza k preklzavaniu kolies. Preklzavanie súčasne pôsobí ako poistka proti preťaženiu.

Ich nevýhodou je nepresný prevodový pomer spôsobený sklzom, zmena priemerov d_1 a d_2 následkom opotrebovania trecích kotúčov, pri preklzavaní klesá účinnosť, je potrebné vyvíjať veľké pritlačné sily.

V trecích prevodoch sa zaťaženie a pohyb prenáša z hnacieho kolesa na hnané trením. Trecia sila F_T je daná vzťahom $F_T = F_N \cdot f$. Kolesá je preto potrebné pritlačiť k sebe silou F_N (obr.14.3). Veľkosť tejto sily sa určuje z podmienky, aby trecia sila F_T v dotykovej ploche bola väčšia ako prenášaná obvodová sila F , čiže $F_T > F$. Ak uvažujeme prenos zaťaženia so súčiniteľom bezpečnosti proti preklznutiu k , potom trecia sila je rovná $F_T = k \cdot F$.

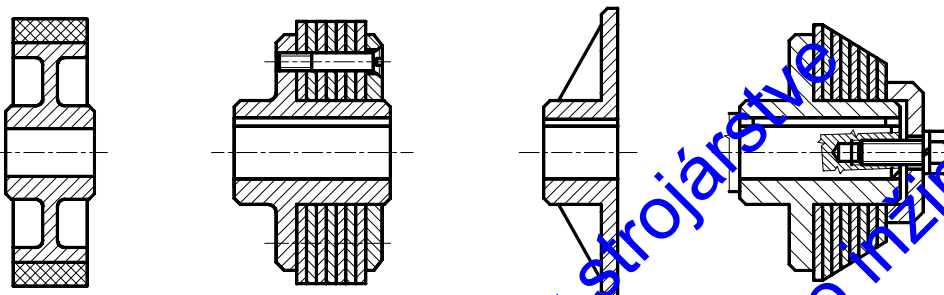
Hodnota súčiniteľa trenia f závisí od materiálov dotykových plôch, napríklad pre dvojice:

- liatina – liatina je $f = 0,15 \div 0,2$,
- ocel – ocel – $f = 0,15 \div 0,2$,
- ocel – guma – $f = 0,35 \div 0,45$.



Obr. 14.3. Trecie prevody

a) čelné, spájajú rovnobežné hriadele, b) kužeľové, spájajú rôznobežné hriadele



Obr.14.4. Konštrukcie trecích kolies

Príklady vyhotovenia trecích kolies s ohľadom na zvýšenie hodnoty súčiniteľa trenia f sú na obr.14.4.

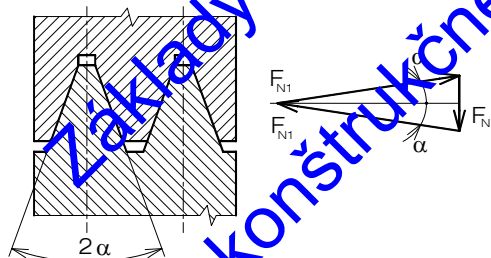
Potrebná prítlačná sila F_N (obr.14.3) je daná vzťahom:

$$F_N = \frac{k \cdot F}{f} \quad (N) \quad (14.8)$$

kde: $k = 1,25 \div 1,5$ pre silové prevody,

$k = 3$ pre kinematické prevody.

Prítlačnú silu F_N je potrebné vyvinúť priťahovaním kotúčov. Jej hodnota je pomerne



Obr.14.5. Trecie koleso s klinovou drážkou

veľká, čo spôsobuje namáhanie hriadeľov a ložísk. Zníženie prítlačnej sily je možné ovplyvniť hodnotou súčiniteľa trenia f (obr.14.4), prípadne použitím trecích kolies s klinovými žliabkami (obr.14.5).

Trecia sila v jednom žliabku je

$$F_T = 2 \cdot F_{N1} \cdot f. \quad (14.9)$$

Potrebná prítlačná sila v jednom žliabku

$$F_N = 2 F_{N1} \sin \alpha. \quad (14.10)$$

Po vyjadrení sily F_{N1} z rovnice (14.10) a jej dosadením do rovnice (14.9) pre treciu silu platí:

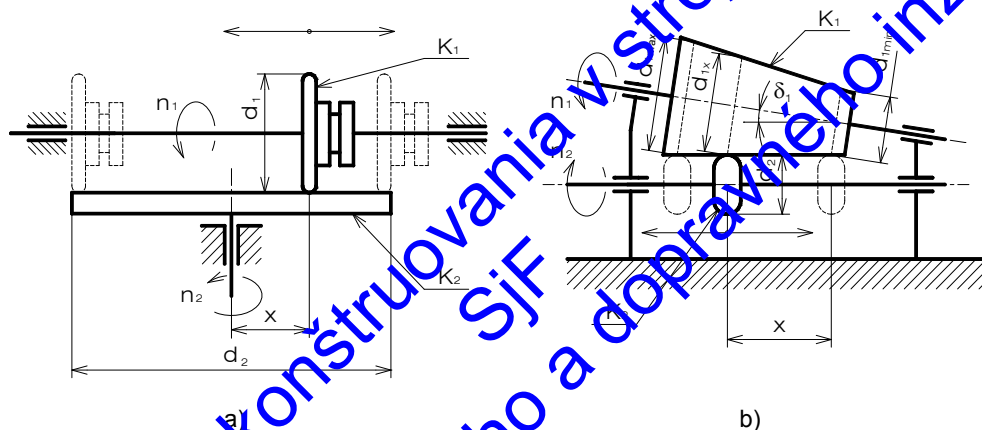
$$F_T = F_N \cdot \frac{f}{\sin \alpha} = F_N \cdot f_K, \quad (14.11)$$

Trenie v klinovom žliabku remenice je závislé od súčiniteľa trenia f_K ($f_K = f / \sin \alpha$, pričom $\alpha = 17^\circ \div 20^\circ$), ktorý je u bežných klinových remeňov viac než trojnásobkom súčiniteľa trenia f . Táto skutočnosť výrazne zvyšuje treciu väzbu u remeňových prevodov s klinovým remeňom a umožňuje nastaviť menšiu hodnotu sily predpätia F_N . Počet žliabkov býva maximálne 8.

14.3.1 Trecie prevody s premenlivým prevodovým pomerom

Prevod trecími kolesami s plynule meniteľným prevodovým pomerom pre určitý regulačný rozsah sa nazýva variátor (obr. 14.6a). Hnacie koleso K_1 je na hriadeľi posuvne uložené. Pre ľubovoľnú polohu x hnaného kotúča K_2 prevodový pomer i_x je vyjadrený vzťahom

$$i_x = \frac{n_1}{n_{2x}} = \frac{d_{2x}}{d_1} = \frac{2 \cdot x}{d_1}. \quad (14.12)$$



Obr. 14.6. Trecie prevody s premenlivým prevodovým pomerom – variátory

Maximálna hodnota prevodového pomeru

$$i_{max} = \frac{n_1}{n_{2min}} = \frac{d_{2max}}{d_1}. \quad (14.13)$$

Minimálna hodnota prevodového pomeru

$$i_{min} = \frac{n_1}{n_{2max}} = \frac{d_{2min}}{d_1}. \quad (14.14)$$

Regulačný rozsah variátora

$$R = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \frac{d_{2\max}}{d_{2\min}}. \quad (14.15)$$

Iný typ variátora je na *obr.14.6b*. Pre tento typ možno podobne stanoviť prevodový pomer a regulačný rozsah variátora

$$i_x = \frac{d_2}{d_{1x}} = \frac{d_2}{d_1 + 2 \cdot x \cdot \sin \alpha} = \frac{\omega_1}{\omega_{2x}}, \quad (14.16)$$

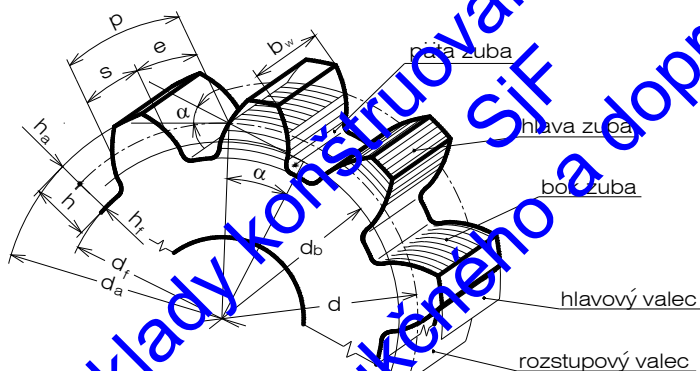
$$R = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \frac{d_{1\max}}{d_{1\min}}. \quad (14.17)$$

14.4 Ozubené prevody

Ozubené prevody sú v praxi najčastejšie používané prevodové mechanizmy. Základnou časťou prevodu je dvojica ozubených kolies – ozubené súkolesie. Pri zábehu dvoch ozubených kolies zapadajú zuby jedného kolesa do zubových medzier druhého kolesa, pričom sa zaberajúce zuby dotýkajú svojimi bokmi. Tým prenášajú otáčavý pohyb a obvodovú silu z hnacieho kolesa na hnané.

14.4.1 Základné pojmy čelného ozubení

Pohyb dvoch spoluzaberajúcich kolies s priamymi zubami je rovnaký, ako by sa po sebe odvalovali dva valce (roztupové), alebo v rovine kolmej na osi kolesa dve rztupové kružnice. Menšie koleso sa nazýva pastorok a všetky jeho veličiny majú index 1, väčšie koleso sa nazýva ozubené koleso a jeho veličiny sa označujú indexom 2. Aby dve ozubené kolesá mohli správne zaberat', musia mať rovnaký rztup zubov, čiže $p_1 = p_2 = p$.

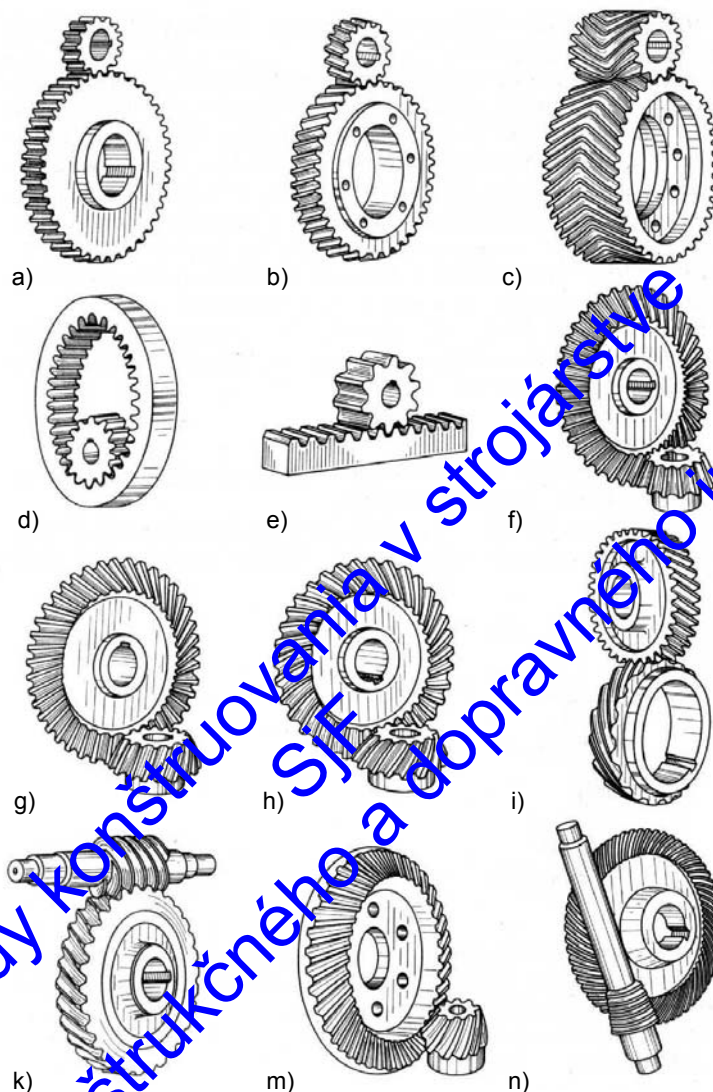


Obr. 14.7. Ozubené koleso – základné pojmy

Obvod rztupovej kružnice možno vyjadriť $\pi \cdot d = z \cdot p$. Veľkosť rztupového priemeru $d = z \cdot p / \pi$. Hodnota $p / \pi = m$. Modul ozubení m je základnou charakteristikou tvaru zuba. Hodnoty modulu sú normalizované podľa STN ISO 54 (01 4611).

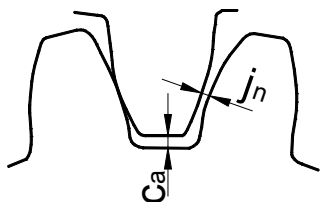
Ozubené prevody možno rozdeliť podľa niekoľkých hľadísk (obr. 14.8):

- podľa vzájomnej polohy osí – s rovnobežnými, rôznobežnými a mimobežnými osami,
- podľa polohy ozubení – s vonkajším a vnútorným ozubením,
- podľa tvaru bočnej krivky zuba so zubami – priamymi, šikmými, zakrivenými a šípovými.



Obr. 14.8. Ozubené súkolesia

o s rovnobežnými osami – čelné: a) s priamymi zubami, b) so šikmými zubami, c) so šípovými zubami, d) s priamymi zubami vnútorné, e) ozubený hrebeň-ozubené koleso,
o s rôznobežnými osami – kužeľové: f) s priamymi zubami, g) so šikmými zubami, h) so zakrivenými zubami,
o s mimobežnými osami: i) skrutkové valcové, k) závitovkové, m) hypoidné, n) spiroidné



Obr. 14.9. Hlavová vôľa c_a a bočná vôľa j_n

Výška hlavy zuba h_a (obr.14.7) závisí od hodnoty modulu a jednotkovej výšky hlavy zuba h_a^* ($h_a^*=1,0$), čiže

$$h_a = h_a^* \cdot m. \quad (14.18)$$

Výška päty zuba h_f závisí od hodnoty modulu a jednotkovej výšky hlavy zuba h_f^* ($h_f^*=1,25$), čiže

$$h_f = h_f^* \cdot m. \quad (14.19)$$

Potom výška celého zuba h bude:

$$h = h_a + h_f = 2,25 \cdot m. \quad (14.20)$$

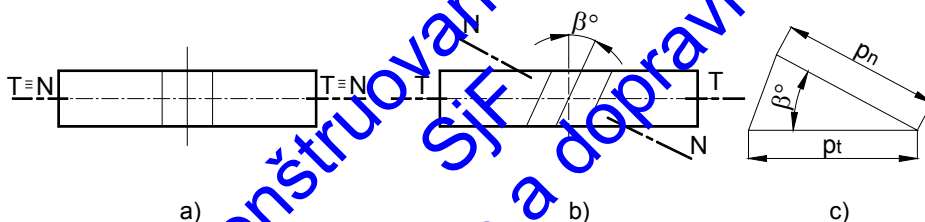
Bočná vôľa j_n (obr.14.9) je medzera medzi nezaťaženými bokmi zubov spoluzaberajúcich kolies, je nutná kvôli výrobným a montážnym nepresnostiam a tepelným dilatáciám a mazaniu.

Hlavová vôľa c_a je vzdialenosť medzi hlavou zuba jedného kola a päťou zuba protikolesa, závisí od hodnoty modulu a jednotkovej hlavovej vôle $c_a^*=0,25$, teda

$$c_a = c_a^* \cdot m. \quad (14.21)$$

14.4.2 Geometrické parametre čelných ozubených kolies

Parametre pre meranie čelných ozubených kolies sa určujú a merajú v čelnej rovine T , resp. v ľubovoľnej rovine rovnobežnej s čelnou rovinou (obr.14.10a). Parametre spojené s výrobou čelných ozubených kolies sa určujú v normálovej rovine N .



Obr.14.10. Niektoré geometrické parametre čelného ozubeného kola a) s priamymi zubami, b) so šikmými zubami, c) závislosť medzi rozstupmi p_t a p_n

Na obr.14.10a je znázornené ozubené koleso s rovnými zubami, u ktorého že obidve roviny – čelná a normálová – sú totožné. Pre čelné ozubené koleso so šikmými zubami (12.10b) je normálová rovina odklonená od čelnej o uhol sklonu zubov β .

Normálový rozstup zubov p_n je vzdialenosť medzi rovnobahnými krivkami susedných bokov zubov na rozstupovom valci, teda

$$p_n = p = \pi \cdot m_n = \pi \cdot m, \quad (14.22)$$

normálový modul

$$m_n = m. \quad (14.23)$$

Geometrické parametre ozubení definované v normálovej rovine nie sú zhodné s parametrami v čelnej rovine, závisia od *uhla sklonu zubov* β (obr.14.10b,c), pričom

$$\text{rozstup zubov v čelnej rovine } p_t = p / \cos \beta, \quad (14.24)$$

$$\text{čelný modul } m_t = m / \cos \beta. \quad (14.25)$$

Priemer rozstupovej kružnice sa meria v rovine kolmej na os ozubení, teda v čelnej rovine, preto $d = z \cdot m_t = z \cdot m / \cos \beta$. (14.25)

Vzťahy pre výpočet geometrických rozmerov sú uvedené v tab.12.1.

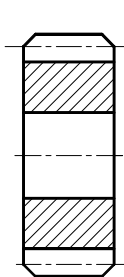
14.4.3 Zobrazovanie ozubených kolies a súkolesí

Spôsob zobrazovania ozubených kolies a súkolesí stanovuje norma STN ISO 2203 (*Technické výkresy. Zobrazovanie ozubených kolies.*).

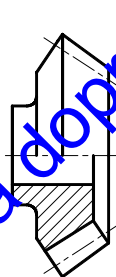
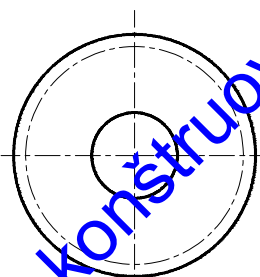
14.4.3.1 Zobrazovanie ozubených kolies

Pre zobrazovanie ozubených kolies platia tieto pravidlá:

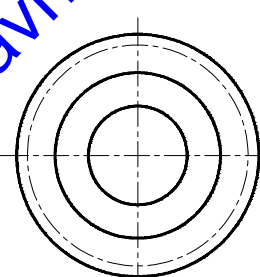
- hlavová plocha ozubení (valec, kužeľ, ...) sa zobrazuje súvislou hrubou čiarou,
- rozstupová plocha ozubení sa zobrazuje tenkou bodkoslarkovanou čiarou,
- ak ozubenie nie je po celom obvode kola (ozubený segment) alebo po celej dĺžke hrebeňa, rozstupová plocha sa zobrazuje len v dĺžke ozubenej časti,
- pätná plocha sa zobrazuje v priečnom i osovom reze súvislou hrubou čiarou (obr.14.11 až obr.14.14); v pohľadoch sa zobrazuje len ak je to účelné tenkou súvislou čiarou (obr.14.14),



Obr.14.11. Čelné ozubené koleso



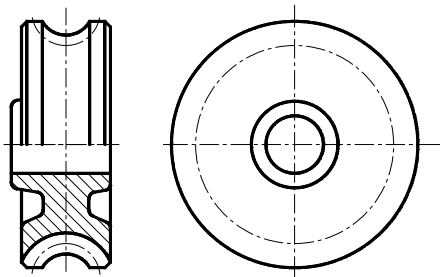
Obr.14.12. Kužeľové ozubené koleso



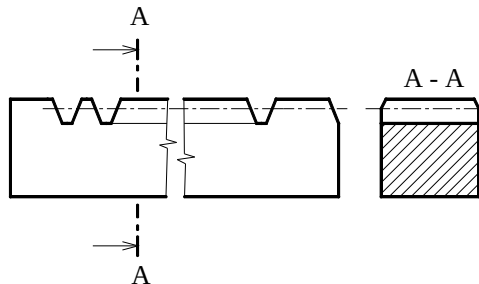
- profily zubov sa obvykle nekreslia; ak je to nutné, napr. pri zobrazení koncov ozubenej časti tyče (obr.14.14), kreslí sa jeden alebo dva zuby; v mieste, kde nie sú zobrazené, nakreslí sa pätná plocha tenkou čiarou,
- rezy v čelnej rovine ozubeného kola a závitkového kola sa nekreslia; pri závitovke sa rez v rovine kolmej na os zobrazuje vyšrafovaním až po súvislú hrubú čiaru zobrazujúcu pätnú plochu,
- profily zubov sa obvykle nekreslia; ak je to nutné, napr. pri zobrazení koncov

ozubenej časti tyče (obr.14.14), kreslí sa jeden alebo dva zuby; v mieste, kde nie sú zobrazené, nakreslí sa pätná plocha tenkou čiarou,

- rezy v čelnej rovine ozubeného kola a závitovkového kola sa nekreslia; pri závitovke sa rez v rovine kolmej na os zobrazuje vyšrafovaním až po súvislú hrubú čiaru zobrazujúcu pätnú plochu,

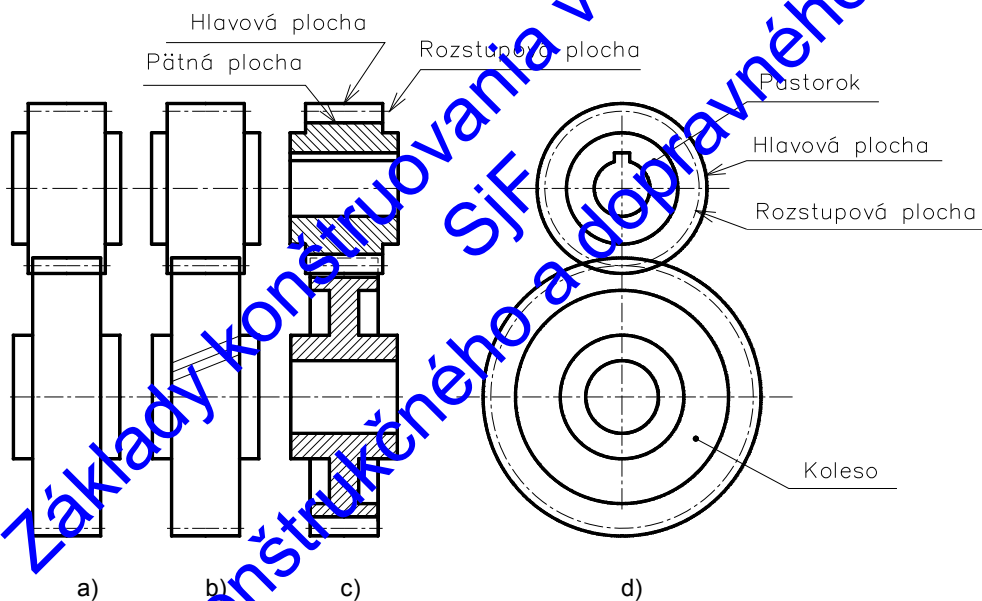


Obr.14.13. Závitovkové koleso



Obr.14.14. Ozubená tyč

- rez v pozdĺžnej rovine sa vedie zásadne cez zubovú medzeru aj vtedy, ak koleso nemá priame zuby alebo má nepárny počet zubov,
- smer sklonu zubov sa môže zobraziť tromi súvislými tenkými čiarami zodpovedajúceho tvaru a smeru (obr.14.15).



Obr.14.15. Čelné ozubené súkolesie

- a) vonkajšie s priamymi zubami, b) šikmými zubami kreslené v pohľade smerom kolmo na os,
c) kreslené v reze rovnobežnom s osou, d) kreslené v pohľade rovnobežnom s osou

14.4.3.2 Zobrazovanie ozubených súkolesí

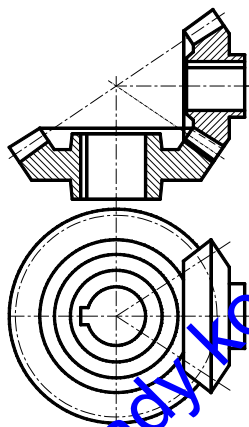
Pravidlá zobrazovania ozubených kolies na výkresoch platia obdobne aj pre výkresy zostáv, pričom tieto sú doplnené o ďalšie pravidlá:

- v pohľade sa dvojica ozubených kolies v mieste záberu zobrazuje tak, ako keby žiadne koleso nebolo zakryté druhým kolesom (*obr.14.15 až obr.14.17*); pokiaľ jedno z kolies nie je celé alebo časťou umiestnené pred druhým kolesom (*obr.14.16, obr.14.17*), zakryté obrysy sa nekreslia,
- v osovom reze, kde sú obe kolesá zobrazené v pozdĺžnom reze, je zub ľubovoľne zvoleného kolesa zakrytý zubom druhého kolesa (*obr.14.15 až obr.14.17*),
- u dvojice kužeľových ozubených kolies v pohľade i v reze sa čiary zobrazujúce rozstupovú plochu predlžujú až za priesečník osí kolies.

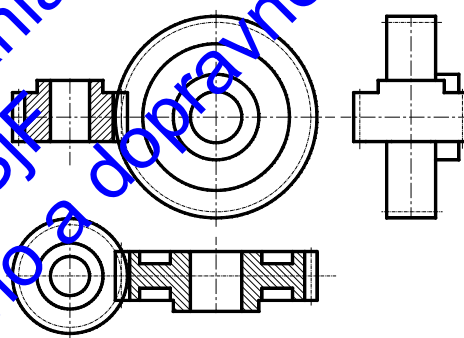
14.4.4 Kreslenie výkresov ozubených kolies

Základné pravidlá na kreslenie ozubených kolies určujú platné normy (uvádzané ďalej). Ostatné časti kolies (okrem ozubení) sa zobrazujú a kótujú podľa všeobecne platných pravidiel zobrazovania a kótovania.

Na výkresoch ozubených kolies musia byť uvedené určujúce rozmery ozubení. Údaje, ktoré sa neuvádzajú v obraze ozubeného kolesa sa na výkrese uvedú v tabuľke údajov (umiestňuje sa do pravého horného rohu výkresu). Tabuľka údajov obsahuje tri časti: základné údaje, kontrolné údaje a informačné údaje, ktoré sa oddeľujú hrubou čiarou. Odporúča sa pre každý druh ozubeného kolesa použiť tabuľku zostavenú z príslušných jemu vhodných údajov.



Obr.14.16. Kužeľové súkolesie



Obr.14.17. Skrutkové súkolesie

Ak má ozubené koleso dve alebo viac ozubení jedného druhu, uvádzajú sa údaje v spoločnej tabuľke údajov vo viacerých stĺpcoch, pričom ozubení i stĺpce s údajmi sa označujú písmenami veľkej abecedy.

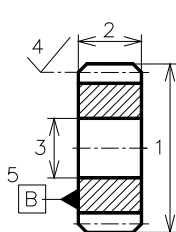
Ak má ozubené koleso viac ozubení rôznych druhov (napr. čelné a kužeľové), kreslia sa na výkrese dve tabuľky údajov.

14.4.4.1 Kreslenie výkresov čelných ozubených kolies

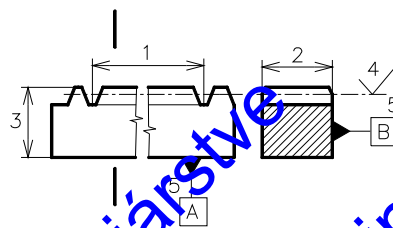
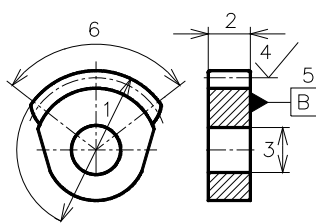
Pravidlá na kreslenie výkresov čelných ozubených kolies určuje norma *STN ISO 3216 – 1 (Výkresy v strojárstve. Údaje zadávané na výrobu ozubených kolies. Časť 1: Čelné ozubené kolesá.)*.

Na výkrese v obraze kolesa je nutné uviesť nasledovné rozmery a údaje (obr.14.18):

- 1 – priemer hlavovej kružnice s rozmerovou a geometrickou toleranciou,
- 2 – šírku ozubení,
- 3 – priemer upevňovacieho otvoru kolesa a jeho toleranciu,
- 4 – drsnosť povrchu bokov zubov,
- 5 – vzťažnú rovinu.



Obr. 14.18. Čelné ozubené koleso a ozubený segment



Obr. 14.19. Ozubený hrubeň

V tabuľke údajov na výkrese čelného ozubeného kolesa sa uvádzajú tieto údaje:

- modul, v prípade čelných kolies so šikmým ozubením modul nástroja,
- počet zubov, pri ozubenom segmente celkový počet zubov kolesa, z ktorého sa segment vybral,
- základný profil – uvedie sa číslo normy alebo uhol profilu zuba α (spravidla 20°),
- uhol bočnej krivky zuba,
- priemer rozstupovej kružnice,
- jednotkové posunutie,
- kontrolné rozmery – rozmer hrúbky zuba v konštantnej výške (menovitá hodnota, horná a dolná medzná odchýlka) a konštantná výška, rozmer cez valčeky a priemer valčekov, rozmer cez zuby a počet zubov a iné.

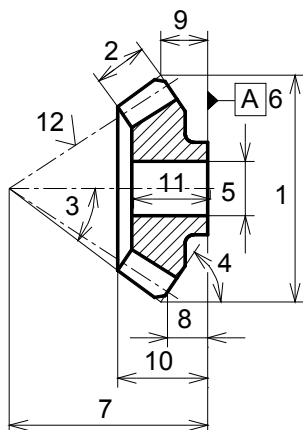
14.4.4.2 Kreslenie výkresov kužeľových ozubených kolies

Pravidlá kreslenia výkresov kužeľových ozubených kolies určuje norma *STN ISO 3216 – 2 (Výkresy v strojárstve. Údaje zadávané na výrobu ozubených kolies. Časť 2: Kužeľové kolesá s priamym ozubením.)*.

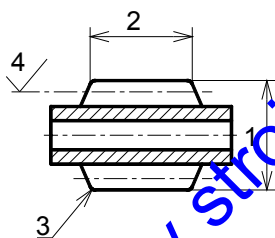
Na výkrese kužeľového ozubeného kolesa sa uvádzajú nasledovné údaje (obr.14.20):

- 1 – priemer hlavovej kružnice a jej tolerancia,

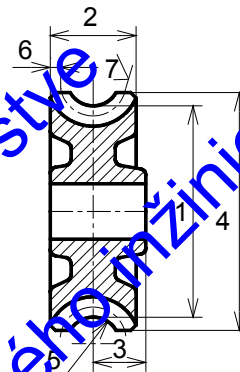
- 2 – šírka ozubení na povrchovej priamke rozstupového kužeľa,
- 3 – uhol hlavového kužeľa,
- 4 – uhol doplnkového kužeľa alebo jeho doplnkový uhol,
- 5 – priemer otvoru (alebo hriadeľa) slúžiaceho na upnutie a jeho tolerancia,
- 6 – vzťažná rovina,
- 7 – vzdialenosť vrcholu rozstupového kužeľa od vzťažnej roviny.
- 8 – vzdialenosť valivej kružnice od vzťažnej roviny,
- 9 – vzdialenosť hlavovej kružnice od vzťažnej roviny,
- 10 – vzdialenosť hlavovej kružnice vnútorného kužeľa od vzťažnej roviny,
- 11 – vzdialenosť vnútorného čela od vzťažnej roviny,
- 12 – drsnosť povrchu boku zuba.



Obr. 14.20. Kužeľové koleso



Obr. 14.21. Valcová závitovka



Obr. 14.22. Závitovkové koleso

V tabuľke údajov na výkrese kužeľového kolesa sa uvádza:

- modul,
- počet zubov,
- základný profil – číslo príslušnej normy alebo iný odkaz,
- rozstupový priemer,
- dĺžka povrchovej priamky rozstupového kužeľa,
- jednotkové posunutie,
- uhol páru kužeľa,
- hrúbka zuba na konštantnej tetive – menovitá hodnota a medzné odchýlky,
- všetky hodnoty medzných odchýlok alebo trieda presnosti,
- uhol osí ozubeného súkolesia,
- počet zubov a číslo výkresu spoluzaberajúceho kolesa.

Tieto údaje sú nevyhnutné, k nim možno priradiť aj ďalšie, ktoré sú potrebné na zhotovenie a kontrolu konkrétneho ozubeného kolesa.

14.4.4.3 Kreslenie výkresov závitoviek a závitovkových kolies

Pravidlá kreslenia výkresov závitoviek a závitovkových kolies určuje norma *STN ISO 3216 – 4 (Výkresy v strojárstve. Údaje zadávané na výrobu ozubených kolies. Časť 4: Závitovkové súkolesie s valcovou závitovkou.)*.

Na výkrese valcovej závitovky sa uvádza (*obr.14.21*):

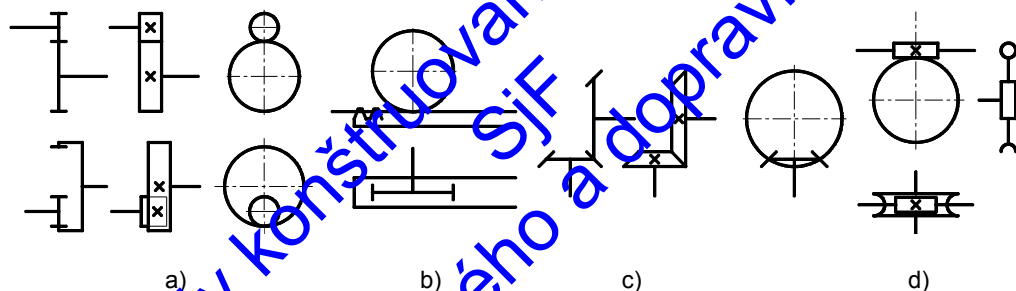
- 1 – priemer hlavovej kružnice,
- 2 – dĺžka závitú závitovky na hlavovom valci,
- 3 – rozmery skosenia koncov zubov,
- 4 – drsnosť povrchu boku zubov.

Na výkrese závitovkového kolesa sa uvádza (*obr.14.22*):

- 1 – priemer hlavovej kružnice,
- 2 – šírka ozubenia,
- 3 – vzdialenosť medzi strednou rovinou závitovkového kolesa a základnou (vzťažnou) čelnou plochou,
- 4 – najväčší priemer kolesa,
- 5 – polomer vybrania,
- 6 – rozmery skosení alebo polomery zaoblení čelných hrán zubov,
- 7 – drsnosť povrchu boku zubov.

V tabuľke údajov závitovky a závitovkového kolesa sa uvádzajú údaje potrebné pre výrobu, kontrolu a montáž, ktoré nie sú uvedené v zobrazení.

Na *obr. 14.23* sú uvedené schematické zobrazenia jednotlivých druhov ozubených súkolesí.



*Obr. 14.23. Schematické zobrazovanie ozubených súkolesí
a) čelné, b) hrebeň – ozubené koleso, c) kužeľové, d) závitovkové*

14.4.5 Lícovanie čelných ozubených kolies

Lícovanie čelných ozubených kolies určuje norma *STN 01 4682*. Norma stanovuje 12 stupňov presnosti zhotovenia ozubených kolies (od 1 do 12). Pre každý stupeň presnosti sú stanovené predpisy kinematickej presnosti, plynulosti chodu a dotyku zubov ozubených kolies v súkolesí. Ďalej norma stanovuje 6 skupín bočnej vôle medzi

zubami súkolesia označenými písmenami *A, B, C, D, E, H* a 8 skupín tolerancií bočnej vôle *x, y, z, a, b, c, d, h*. Osové vzdialenosti sú zaradené do 6 tried odchýlok osovej vzdialenosti označených rímskymi číslami I až VI.

Presnosť súkolesia je možné označiť rôznym stupňom presnosti jednotlivých predpisov, skupinou, toleranciou a triedou.

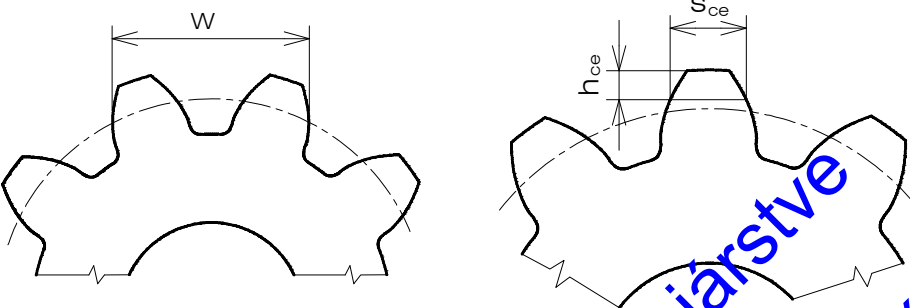
Príklad označenia : 8 – 7 – 6 Ba STN 01 4682,

kde: 8 – stupeň presnosti kinematickej presnosti, 7 – stupeň presnosti plynulosti chodu, 6 – stupeň presnosti dotyku zubov, skupina bočnej vôle *B*, tolerancia bočnej vôle *a*, trieda odchýlok osovej vzdialenosti *V*.

Najčastejšie sa volia všetky presnosti rovnakého stupňa, toleranciu odpovedajúcu skupine bočnej vôle. Potom je označenie presnosti zjednodušené: 6 – C STN 01 4682.

Tab. 14.1 Vzťahy pre výpočet geometrických rozmerov čelného vonkajšieho súkolesia s rovnými a šikmými zubami bez korekcie (súkolesie N)

Názov veličiny	Pastorok	Koleso
Počet zubov	z_1	$z_2 = z_1 \cdot u$
Uhol sklonu zuba β	$\beta = 0^\circ$ – rovné zuby $\beta = 8^\circ - 25^\circ$ - pre šikmé zuby	
Uhol profilu zuba (uhol záberu) α	$\alpha = \alpha_n = 20^\circ$	
Uhol profilu zuba v čelnej rovine α_t	$\alpha_t = \arctg \left(\frac{\tan \alpha}{\cos \beta} \right)$	
Uhol sklonu zuba na základnej kružnici β_b	$\beta_b = \arcsin(\sin \beta \cdot \cos \alpha)$ pre rovné zuby dosadíme $\beta = 0^\circ$	
Modul ozubení normálový m	$m = m_n$	
Modul v čelnej rovine m_t	$m_t = \frac{m}{\cos \beta}$	
Rozstup v normálovej rovine p	$p = p_n = \pi \cdot m$	
Rozstup v čelnej rovine p_t	$p_t = \frac{p}{\cos \beta}$	
Výška hlavy zuba h_a	$h_a = h_a^* \cdot m$ ($h_a^* = 1,0$)	
Výška päty zuba h_f	$h_f = h_f^* \cdot m$ ($h_f^* = 1,25$)	
Hlavová vôľa c	$c_a = c_a^* \cdot m$ ($c_a^* = 0,25$)	

Priemer rozstupovej kružnice d	$d = \frac{z \cdot m}{\cos \beta}$
Priemer hlavovej kružnice d_a	$d_a = d + 2 \cdot h_a$
Priemer pätnjej kružnice d_f	$d_f = d - 2 \cdot h_f$
Priemer základnej kružnice d_b	$d_b = d \cdot \cos \alpha_t$
Vzdialenosť osí ozubeného prevodu a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{(z_1 + z_2) \cdot m}{2 \cdot \cos \beta}$
	
Počet meraných zubov z_w	$z_w = z \cdot \left(\frac{\alpha_t}{180^\circ} + \frac{\operatorname{tg} \alpha_t \cdot \operatorname{tg}^2 \beta_b}{\pi} \right) + 0,5$ Zaokrúhľuje sa do hodnoty dvoch desiatín smerom dole, nad dve desatiny smerom hore.
Evolventná funkcie	$\operatorname{inv} \alpha_t = \operatorname{tg} \alpha_t - \left(\frac{\pi}{180^\circ} \right) \cdot \alpha_t^\circ$
Rozmer cez zuby W	$W = m \cdot \cos \alpha \cdot \left[(z_w - 0,5) \pi + z \cdot \operatorname{inv} \alpha_t \right]$
Konštantná výška merania	$h_{ce} = h_a - \frac{m}{8} \cdot \pi \cdot \sin 2\alpha$
Konštantná hrúbka zuba	$S_{ce} = \frac{m}{2} \cdot \pi \cdot \cos^2 \alpha$ Pozn. Konštantná hrúbka zuba sa toleruje.

14.5 Reťazové prevody

Reťazové prevody sa používajú na prenos malých a stredných výkonov na stredné vzdialenosti. Zatiaženie sa prenáša z hnacieho hriadeľa na hnaný nepriamo, prostredníctvom vloženého člena – reťaze.

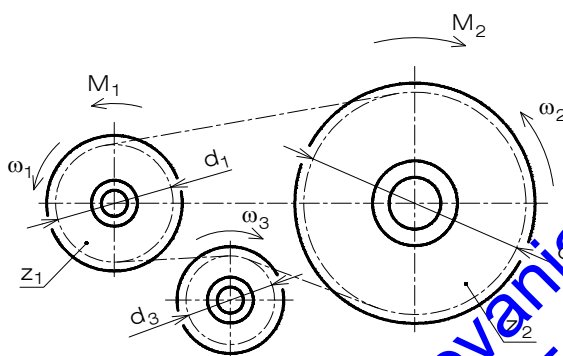
Pre reťazový prevod (obr. 14.25) platia všeobecne platné zákonitosti prevodov, t.j.

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{M_2}{M_1 \cdot \eta} \quad (14.26)$$

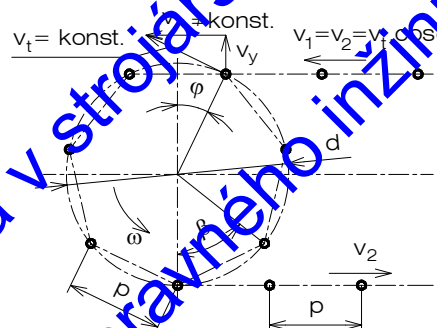
Prevodový pomer reťazového prevodu je podobne ako v ozubenom prevode vyjadrený počtom zubov. Napriek tomu však nie je konštantný, kolíše okolo svojej menovitej hodnoty v závislosti od počtu zubov kolesa. Články reťaze sa na reťazové koleso navíjajú ako na mnohoúholník (obr.14.26), čo sa prejavuje nerovnomernosťou chodu hlavne pri malom počte zubov.

Výhodou reťazových prevodov je tvarová väzba, ktorá zamedzuje preklz kolies. V porovnaní s remeňovými prevodmi nie je potrebné vyvodenie predpätia, preto je menšie namáhanie hriadeľa a ložísk. Majú dobrú odolnosť voči teplotám, prachu, môžu byť krátkodobu preťažované, pričom ich účinnosť je vysoká (až 98 %).

Nevýhodou reťazových prevodov je hlučný chod, obmedzené obvodové rýchlosti (do 15 ms^{-1}), nerovnomernosť chodu. Prevod je náročný na presnosť nastavenia hriadeľov a správne napnutie reťaze. Aspoň jedno z kolies musí byť radiálne nastaviteľné, aby bolo možné reťaz napnúť, alebo použiť nastaviteľnú kladku. Oblasť je mazanie klbov reťaze.



Obr. 14.25. Rýchlostné a momentové pomery v reťazovom prevode



Obr. 14.26. Rýchlostné pomery na reťazovom kolese

14.5.1 Druhy reťazi

Základným členom reťazového prevodu je reťaz a reťazové kolesá. Podľa použitia poznáme reťaze zdvíhacie, hnacie (prevodové) a dopravné.

Zdvíhacie reťaze sa používajú na zdvíhanie bremien. Na tieto účely sa používajú hlavne linkové a Gallove reťaze.

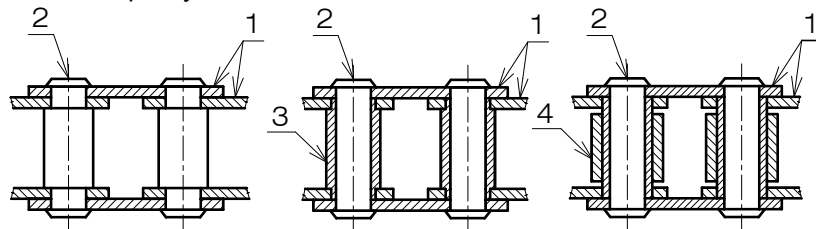
Hnacie (prevodové) reťaze zabezpečujú prenos výkonu z hnacieho hriadeľa na hnany. Používajú sa klbové Gallove, puzdrové a valčekové reťaze.

Dopravné reťaze sú súčasťou dopravných systémov. Reťaz sa používa ako ťažný element, na ktorý sú pripnuté nosné orgány (korýtka, dosky, korčeky a pod.). Slúžia na prenos výkonu, ale hlavne na dopravu materiálu.

Reťaze sú triedené a normalizované, vyrábajú sa v širokých rozmerových radoch.

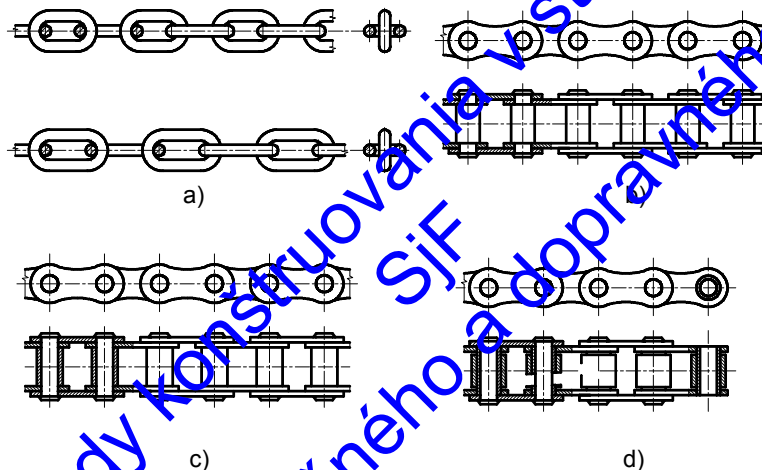
Gallova reťaz (obr.14.27a) jednoduchej konštrukcie sa skladá z rovných oceľových pásov (1) (vonkajších a vnútorných), ktoré sú otočne uložené na oceľových čapoch (2). Dotyková plocha medzi čapom a pásom je malá, namáhanie reťaze je veľké. Je vhodná do rýchlostí $0,5 \text{ ms}^{-1}$.

Puzdrová reťaz (obr.14.27b) má väčšie oceľové pásy (1) pevne spojené s čapmi (2), pričom vnútorné pásy sú pevne spojené s puzdrami (3). Touto úpravou sa zväčšuje dotyková plocha medzi čapom a puzdrom, otláčenie medzi týmito časťami je menšie. Je vhodná pre rýchlosti $0,7 - 1 \text{ ms}^{-1}$.



Obr.12.27. Konštrukcia reťaze : a) Gallovej, b) puzdrovej, c) valčekovej

Valčeková reťaz (obr.14.27c) je podobná puzdrovej, na puzdre má ešte voľne nasadený dutý valček 4. Týmto valčekom sa dosiahne zmenšenie trenia medzi reťazou a zubami reťazového kola, pretože valček sa voľne odvaluje po boku zuba. Sú vhodné pre rýchlosti od $5 - 20 \text{ ms}^{-1}$.



Obr.14.28 Reťaze – a) článková, b) Gallova, c) puzdrova, d) valčeková

14.5 Reťazové kolesá

Tvar reťazových koles je daný použitou reťazou. Po obvode majú ozubenie, ktoré zabezpečuje bezproblémové navíjanie a odvíjanie reťaze na časť obvodu kola, pričom musia zabezpečiť aj prenos zaťaženia. Rozmery ozubení reťazového kola musia byť presne určené a vyrobené v rámci určených tolerancií. Geometrické tvary a výpočet rozmerov ozubení pre valčekové reťaze (tab.14.2) sú stanovené normou STN 01 4811.

Tab. 14.2. Geometrické rozmery reťazového kolesa

Názov	ozna- čenie	Vzorec pre výpočet
Rozstup reťaze priemer puzdra (valčeka) vnútorná šírka reťaze vzdialenosť medzi radami reťaze	p d1 b1 pt	normalizovaná hodnota z tabuliek STN 02 3311, 02 3312, 02 3315, 02 3316, 02 3321
Priemer rozstupovej kružnice	d	$d = \frac{p}{\sin(180^\circ / z)}$
počet zubov reťazového kolesa	z	vyplýva z konštrukcie
Priemer pätnjej kružnice medzné odchýlky pätnjej kružnice obvodové hádzanie pätnjej kružnice čelné hádzanie na priemere pätnjej kruž- nice	df δzr δza	$d_f = d - 2 \cdot r_1$ -0,25 pre d < 127 -0,3 127 < d < 250 h11 d > 250 $\delta_{zr} = 0,0008 \cdot df + 0,08 \text{ mm}$ (max. 0,76 mm) $\delta_{za} = 0,009 \cdot df + 0,08 \text{ mm}$ (max. 1,14 mm)
Zubová medzera s najmenšou šírkou Uhol otvorenia Polomer dna Polomer boku	α;min rimin remin	$\alpha_{\min} = 1200 - (900/z)$ $r_{\min} = 0,505 \cdot d1$ $r_{\min} = 0,12 \cdot d1 (z+2)$
Zubová medzera s najväčšou šírkou Uhol otvorenia Polomer dna Polomer boku	α;max ri remax	$\alpha_{\max} = 1400 - (900/z)$ $r_{\min} = 0,505 \cdot d1 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{d1}$ $r_{\max} = 0,008 d1 (z2 + 1800)$
Priemer hlavovej kružnice	da	$d_{a\min} = d + 0,5 \cdot d1$ $d_{a\max} = d + 1,25 \cdot p - d1$
Najväčší priemer venca	dg	$d_{g\max} = d - 1,4 \cdot p$
Polomer zaoblenia zuba	rx	$r_x = 1,5 \cdot d1$
Hodnota zaoblenia zuba	ba	$ba = (0,14 \text{ } 0,15) \cdot d1$
Šírka zuba jednoradového kolesa	bf	rozstup reťaze
		p < 12,7
		p > 12,7
		bf = 0,93. d1
		bf = 0,95. d1

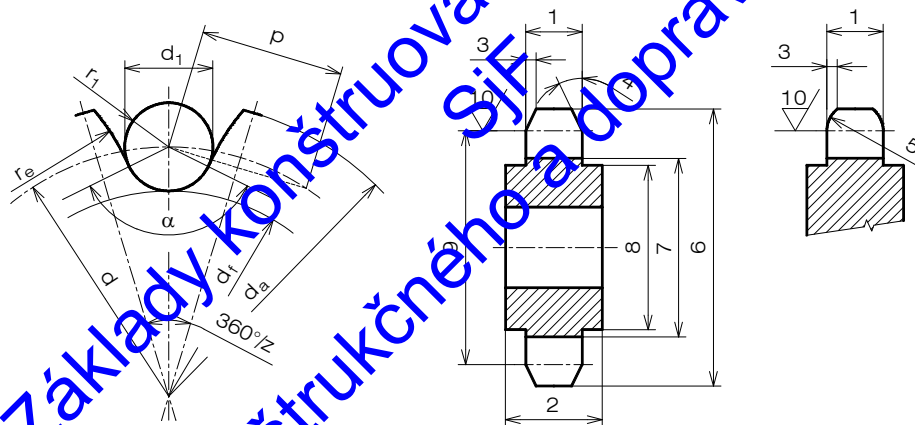
14.5.2.1 Kreslenie výkresov reťazových kolies

Výkresy reťazových kolies pre puzdrové a valčekové reťaze sa kreslia podľa *STN 01 3218*. Výkres obsahuje okrem úplného zobrazenia reťazového kola a všeobecných požiadaviek na technické výkresy tiež tabuľku údajov. Podľa tejto normy možno uviesť tieto všeobecné zásady kreslenia:

- tvary normalizovaných ozubení, napr. pre valčekové a puzdrové reťaze, sa zobrazujú zjednodušene, v pohľade sa kreslí len hlavová a rozstupová plocha (kružnica), spravidla stačí zobraziť reťazové koleso v reze prechádzajúcim osou kola,
- tvary ozubení sa zobrazujú v obraze kola alebo ako vynesená podrobnosť na výkresoch súčiastok vtedy, ak je to z výrobných dôvodov potrebné, napr. ozubená pre zvláštne reťaze sa dôsledne vykresľujú a úplne kótujú,
- ostatné tvary ozubeného reťazového kola mimo ozubení sa kreslia podľa platných všeobecných pravidiel a zásad technického kreslenia.

Na výkrese kola (*obr. 14.29*) sa pre jednoznačné určenie reťazového ozubení musia kótovať :

- 1 – šírka zuba b_{f1} ,
- 2 – šírka venca,
- 3 – veľkosť zaoblenia (zrazenia) boku zuba alebo
- 4 – uhol zrazenia zuba,
- 5 – polomer boku zuba r_e ,
- 6 – priemer hlavovej kružnice d_a ,
- 7 – priemer pätnéj kružnice d_f ,
- 8 – najväčší priemer venca,
- 9 – priemer rozstupovej kružnice d ,
- 10 – drsnosť povrchu boku zuba.

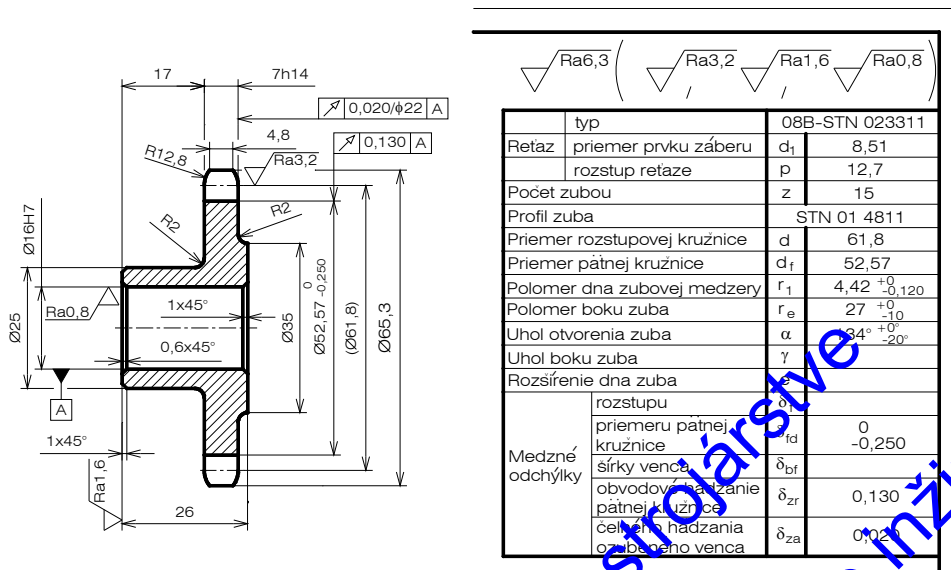


Obr. 14.29. Rozmery ozubení reťazového kola pre valčekové a puzdrové reťaze

Ostatné rozmery, tolerancie a údaje potrebné pre výrobu a kontrolu sa uvádzajú v tabuľke údajov v pravom hornom rohu výkresu (*obr. 14.30*).

Patria sem:

- Príklad kreslenia reťazového kolesa je uvedený na obr.14.30.



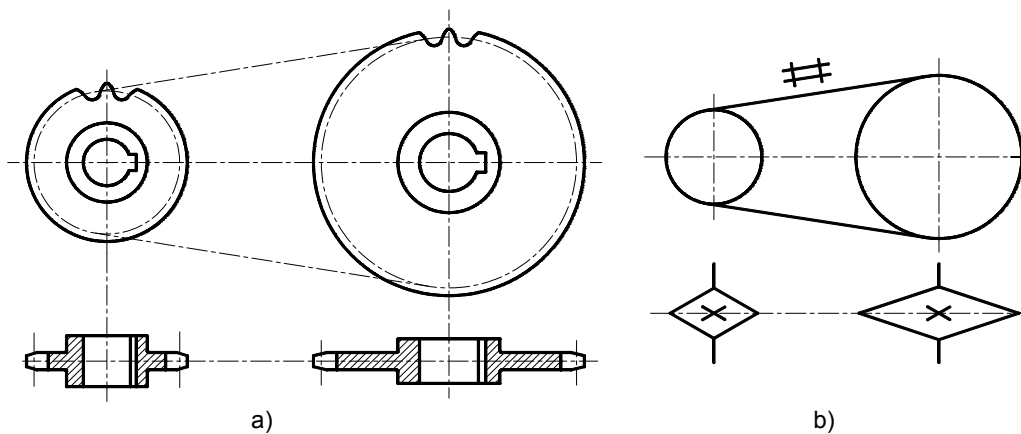
Obr.14.30. Výkres reťazového kola - príklad

14.5.2.2 Zobrazovanie reťazových kolies a reťazových prevodov

Režaze a reťazové kolesá sú normalizované, kreslia a kótujú sa zjednodušene. Na obr.14.31 je zobrazenie reťazového prevodu v pohľade a reze. Na výkresoch zostavenia sa reťaz kreslí tenkou bodkočiarkovanou čiarou. Zuby kolesa sa zobrazujú len ak je to nutné, napríklad kvôli zoradeniu. V pohľade sa hlavová plocha kreslí plnou hrubou čiarou, rozstupová tenkou bodkočiarkovanou, pätná plocha sa spravidla nekreslí. V reze hlavová a pätná plocha sa kreslí hrubou čiarou, rozstupová plocha tenkou bodkočiarkovanou čiarou.

14.6 Remenové převody

Remeňový prevod sa skladá z dvoch kotúčov – remeníc, opásaných uzavretým pásom – remeňom. Krútiaci moment z hnacieho hriadeľa na hnaný sa prenáša ohybným členom (remeňom). Tieto prevody nachádzajú široké použitie pri prenose menších a stredných výkonov s rovnobežnými osami hriadeľov. Prevod sa vyznačuje pružným záberom, nehučným chodom, tlmí torzné kmity a torzné nárazy. Výroba súčastí remeňového prevodu je jednoduchá a relatívne lacná. Pri preťažení preklzáva, čím spĺňa funkciu poistky proti preťaženiu. Nevýhodou je jeho nepresný prevodový pomer v dôsledku sklzu, veľké zaťaženie hriadeľov a síl potrebných na predpätie remeňa a pod.

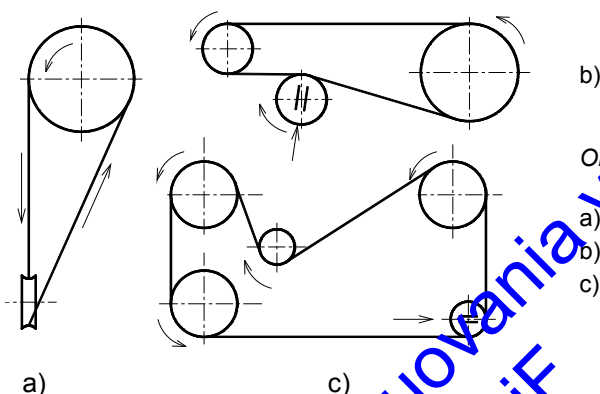


a)

b)

Obr. 14.31. Zobrazenie reťazového prevodu

a) zuby sa zobrazujú len ak je to nutné, napr. z montážnych dôvodov, b) schematické zobrazenie reťazového prevodu (symbol nad hornou vetvou označuje valček ω reťaz)



b)

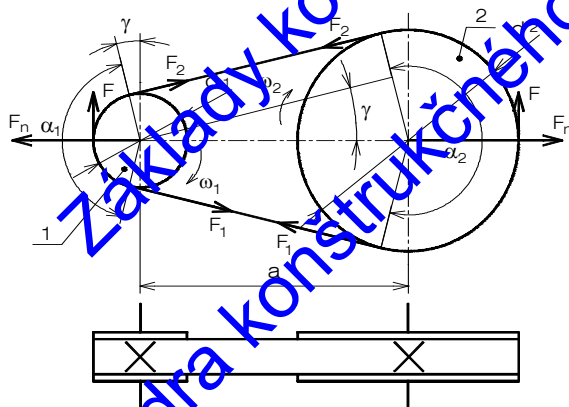
Obr. 14.32. Rôzne usporiadania remeňových prevodov:

- a) s mimobežnými osami,
- b) s napínacou kladkou,
- c) pohon viacerých hriadeľov jedným remeňom

a)

c)

14.6.1 Silové pomery v remeňovom prevode



Obr. 14.33. Silové pomery remeňového prevodu.

- F_1 – sila v ťahanej vetve,
- F_2 – sila v odľahčenej vetve,
- F_n – napínacia sila,
- F – obvodová sila tangenciálna na remenici,
- a – osová vzdialenosť prevodu,
- α_1, α_2 – uhol opásania malej a veľkej remenice,
- d_1, d_2 – priemer hnacej a hnanej remenice,
- ω_1, ω_2 – uhlová frekvencia otáčania hnacej a hnanej remenice

Obvodová sila F z hnacej remenice (1) sa na hnanú (2) prenáša trením medzi remeňom a remenicami. Jej hodnota je daná vzťahom

$$F = F_1 - F_2, \quad (14.28)$$

kde: F_1, F_2 (N) sú sily v jednotlivých vetvách remeňového prevodu.

Pomer týchto síl je daný Eulerovým vzťahom

$$F_1 = F_2 \cdot e^{f \cdot \alpha}, \quad (14.29)$$

kde: e (-) je základ prirodzených logaritmov,
 f (-) – súčiniteľ trenia medzi remeňom a remenicou,
 α (rad) – uhol opásania malej remenice.

Potrebná sila na predpätie remeňa F_0 (N) sa stanoví na základe vzťahu

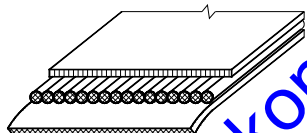
$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2}. \quad (14.30)$$

14.6.2 Druhy remeňov

Podľa tvaru rozlišujeme nasledovné druhy remeňov:

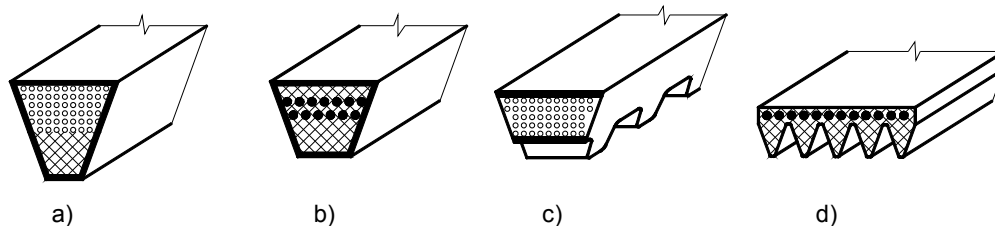
- ploché remene kožené (STN794301), textilné (STN804740), oceľové, z vysokopevnostných plastov,
- klínové remene s klasickým prierezom (STN 02 3110), úzke pre priemyselné použitie (STN 03 3112), variátorové (STN 02 3115), násobné a žliabkové,
- ozubené remene lichobežníkové (klasické, štandardné), parabolické,
- zvláštne remene okrúhle, dopravné a iné.

Ploché remene (obr.14.34) sa obvyčajne vyrábajú z niekoľkých vrstiev. Na spodnej časti v mieste styku s remenicou je vrstva s vysokým súčiniteľom trenia. V strede je ťažná vložka, ktorá prenáša ťažné sily, je vyrobená z vysokopevnostného plastu alebo vlákien (textilných, kovových). Najvrchnejšia vrstva je krycia, chráni spodné vrstvy.



Obr.14.34. Stavba plochého remeňa

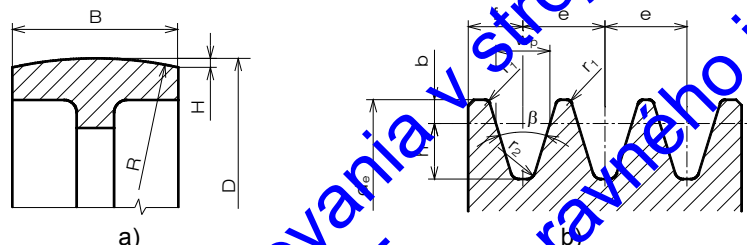
Klínové remene (obr.14.35) majú profil rovnoramenného lichobežníka s vrcholovým uhlom $\beta \cong 40^\circ$. Prierez je tvorený gumovým jadrom, v ktorom je zavulkanizovaná ťažná časť (napr. kordová tkanina navinutá na seba v niekoľkých vrstvách). Prierez je obalený gumovotextilným obalom. Klinový tvar remeňa zapadá do klinového žliabku na obvode remenice. Tvar klinového žliabku spôsobuje rozklad síl, čím zdanlivo zvyšuje súčiniteľ trenia (pozri tiež prevody), zlepšuje silové pomery medzi remeňom a remenicou, umožňuje znížiť hodnotu potrebnej napínacej sily.



Obr. 14.35. Druhy najpoužívanějších klinových remeňov
a) úzky klinový remeň pre priemyselné použitie, b) hnací klinový remeň klasického prierezu,
c) úzky odľahčený klinový remeň, d) žliabkovaný klinový remeň

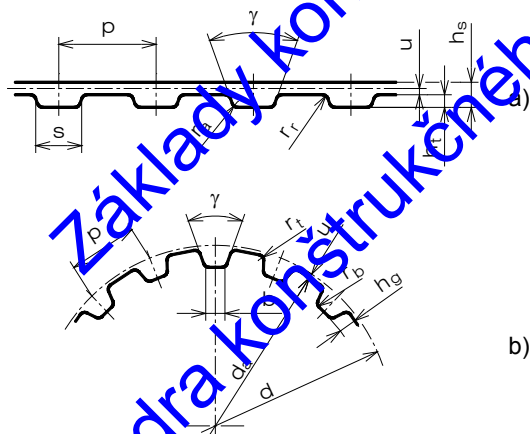
14.6.3 Remenice

Remenica väčšinou pozostáva z venca, na ktorom je opásaný remeň, náboja, pomocou ktorého sa remenica upevňuje na hriadeľ a disk, prípadne ramien, ktoré ich navzájom spájajú (obr.14.36). Veniec remenice je prispôbený použitému druhu remeňa. Veniec remenice pre ploché remene je mierne vypuklý, tzv. bombovaný (obr.14.36a). Táto geometrická úprava a elastické vlastnosti remeňa zabezpečujú dobré vedenie remeňa na remenici. Veniec pre klinové remene je žliabkovaný (obr.12.36b).



Obr.12.36. Remenice : a) pre plochý remeň, b) pre klinové remene

Osobitným druhom remeňových prevodov je prevod s ozubeným remeňom. Tieto prevody spájajú výhody remeňových a reťazových prevodov. Obvodová sila sa prenáša tvarovým stykom zubov remeňa (obr. 14.37a) so zubami remenice (obr. 14.37b) odpovedajúcim tvarom zubov použitého remeňa. Prevody nemajú sklz, majú presný prevodový pomer, tichý chod a pod.

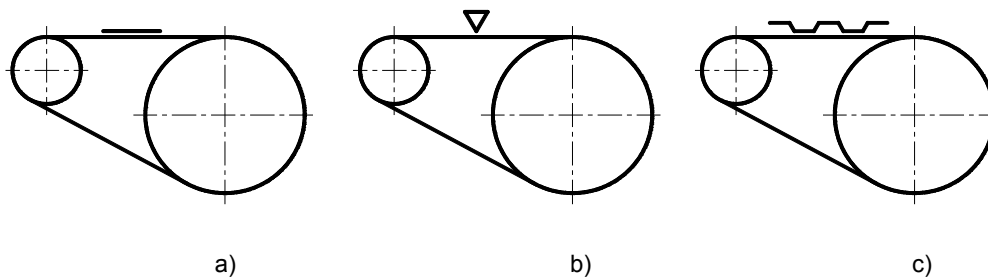


Obr.14.37. Časti prevodu ozubeným remeňom

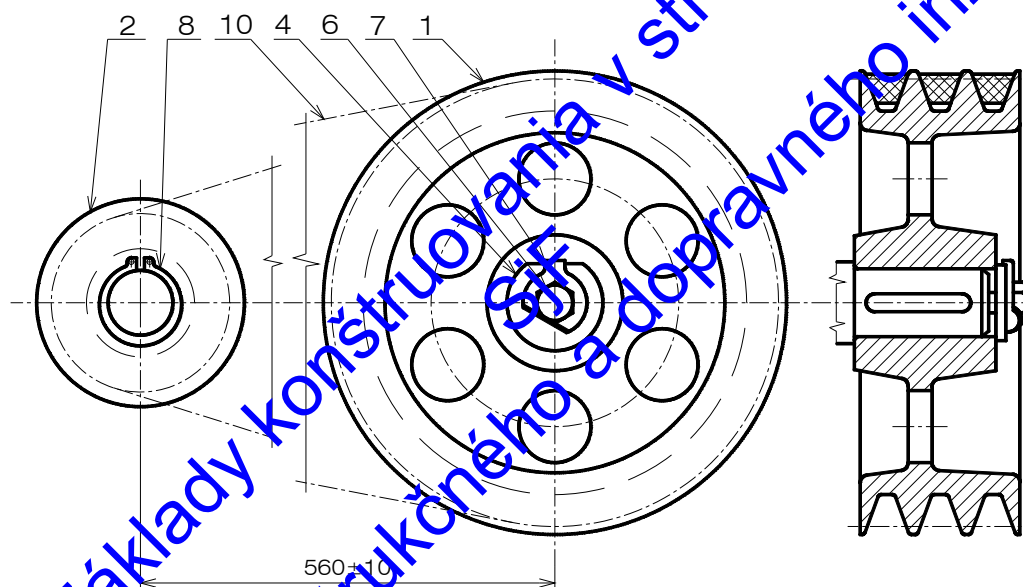
- a) lichobežníkový profil zubov podľa DIN /ISO 5296,
b) odpovedajúci tvar profilu zubov kolesa.

14.6.4 Zobrazenie remeňových prevodov

Schematické zobrazenie remeňového prevodu je na *obr.14.38*. Pre spresnenie je možné zadať i druh remeňa. Úplné tvary zubov remeňa a remeníc sa kreslia len zriedka (ak je to účelné).



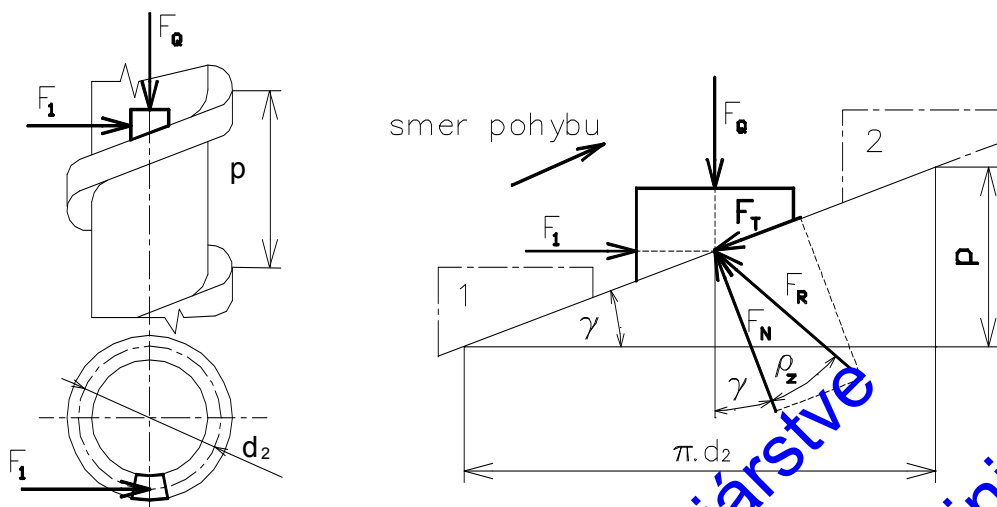
Obr.14.38. Remeňový prevod
a) plochý, b) klinový, c) ozubený



Obr.14.39. Zobrazenie prevodu s klinovými remeňmi na výkrese zostáv

14.7.1.1 Silové pomery na závite skrutkového mechanizmu

Silové pomery na závite skrutkového mechanizmu sa výhodne riešia na skrutkovi rozvinutej do roviny (obr. 14.42).



Obr. 14.42. Silové pomery na závite

Na maticu pôsobia pri uťahovaní skrutky vonkajšie sily, osová sila F_Q a hnacia obvodová sila $F_1 = F_Q \cdot \tan(\gamma + \rho_z)$. V závite pôsobí normálová sila F_N a trecia sila F_T v smere proti pohybu.

Závislosť medzi hodnotou osovej sily v skrutke F_Q (namáhajúcej skrutku na ťah pri doťahovaní skrutkového spoja krútiacim momentom) a hodnotou krútiaceho momentu M_K je určená vzťahom $M_K = 0,5 \cdot F_Q \cdot \tan(\gamma + \rho_z) \cdot d_2$,

pričom: $\gamma = \arctg(\rho_z / \pi \cdot d_2^2)$ – je uhol stúpania závit,

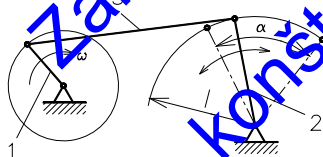
p – stúpanie skrutkovice,

d_2 – stredný priemer závit,

$\rho_z = \arctg f_z$ – trecí uhol v závitoch,

f_z – súčiniteľ trenia v závitoch ($f_z = f / \cos 0,5 \alpha$; f – súčiniteľ trenia, α – uhol profilu závit).

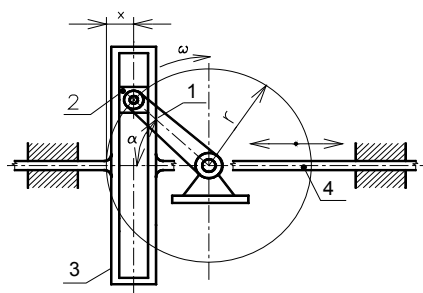
14.7.2 Pákový mechanizmus



Obr. 14.43. Pákový mechanizmus

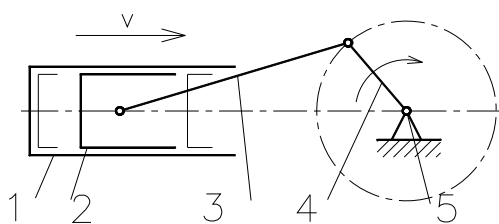
Rovnomerný otáčavý pohyb sa mení na pohyb vratný kývavý alebo posuvný rôznymi variantmi pákového mechanizmu. V jednoduchom pákovom mechanizme (obr. 14.43) je hnacia kľuka (1) spojená pomocou tiahla (3) s pákou (2). Pri rovnomernom otáčaní kľuky (1) uhlom ω páka (2) vykonáva vratný nerovnomerný kývavý pohyb po dráhe s .

Pákový mechanizmus s priamou posuvnou kulisou (obr.14.44) mení rotačný pohyb páky (1) na vratný rovnomerný posuvný pohyb posledného člena mechanizmu (4). Páka (1) je spojená s kameňom (2), ktorý sa pohybuje v kulise (3) spojenej s výstupnou tyčou (4). Veľkosť pracovnej dráhy s člena (4) možno meniť zmenou polomeru r v dôsledku zmeny polohy kameňa (2).



Obr.14.44. Pákový mechanizmus

14.7.3 Kľukový mechanizmus



Obr.14.45. Kľukový mechanizmus

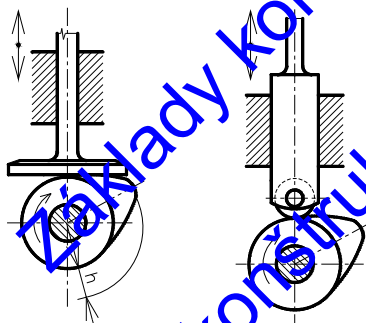
Používa sa na zmenu priamočiareho pohybu na rotačný alebo naopak. Príkladom je v prvom prípade spaľovací motor, v druhom prípade kľukový lis.

Skrátený kľukový mechanizmus (obr.14.45) pozostáva z nasledovných častí: valec (1), piest (2), ojnica (3), kľuka (4) a hriadeľ (5).

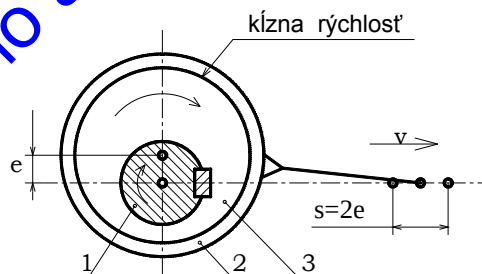
14.7.4 Vačkové a výstredníkové mechanizmy

Vačkové a výstredníkové mechanizmy menia otáčavý pohyb na posuvný vratný s malým zdvihom. Vačka je nasadená na hriadeľ. Cez pákový mechanizmus sa pohyb a sila z hnacieho hriadeľa prenáša na pracovný člen. Žiadaný priebeh rýchlosti a dráhy sa dosiahne tvarovaním vačky.

Otáčaním hriadeľa (1) sa pohybuje ložisko (2) pevne spojené s výstredníkovou tyčou, ktorej koniec vykonáva posuvný vratný pohyb s dráhou $s = 2 \cdot e$.



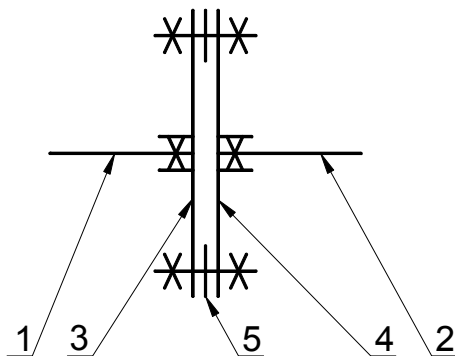
Obr.14.46. Vačkové mechanizmy



Obr.14.47. Výstredníkový mechanizmus

15. HRIADEĽOVÉ SPOJKY

Hriadeľovými spojkami sa spájajú dva hriadele, ktoré vykonávajú rotačný pohyb a prenášajú záťažový krútiaci moment z hnacieho na poháňaný hriadeľ (obr. 15.1). Slúžia k ochrane celého strojového zariadenia pred preťažením, ako aj k ovládnutiu nebezpečného torzného kmitania zvlášť v torzne kmitajúcich mechanických sústavách. Na obr. 15.1 je znázornená schéma spojky, ktorá



Obr. 15.1. Schematické zobrazenie spojky

pozostáva z hnacieho hriadeľa (1), poháňaného hriadeľa (2), hnacieho kotúča (3), poháňaného kotúča (4) a spojovacieho člena (5). Spojovací člen, ktorý spája hnací s poháňaným kotúčom spojky, môže byť tvorený napr. gumovou pružnou obručou, ozubením, trecou plochou a pod.

Hriadeľové spojky delíme na:

- ❖ mechanické neovládané → nepružné → pevné
 - vyrovnávacie (dilatačné)
 - vykyvné
- pružné → lineárne
 - nelineárne
- ❖ mechanické ovládané → výsuvné → ovládané mechanicky
 - ovládané hydraulicky
 - ovládané pneumaticky
 - ovládané elektromagneticky
- poistné
- rozbehové
- voľnoběžné
- ❖ hydrostatické
- ❖ hydrodynamické
- ❖ elektromagnetické.

15.1 Podmienky pri výbere a uložení spojok

15.1.1 Výber typu a veľkosti spojky

K zabezpečeniu správneho chodu a spoľahlivosti navrhovaného strojového zariadenia alebo mechanickej sústavy je veľmi dôležitá voľba typu a veľkosti spojky.

Pri voľbe typu spojky je nevyhnutné poznať druh hnacieho a poháňaného stroja a rozsah pracovného režimu zariadenia. Ide hlavne o to, či dané zariadenie, teda mechanická sústava bude pracovať s konštantnými prevádzkovými otáčkami alebo rozsahom prevádzkových otáčok.

Všeobecne rozdeľujeme spojky na mechanické neovládané a mechanické ovládané spojky.

Do skupiny mechanicky neovládaných patria pevné spojky, vhodné najmä na spájanie súosových hriadeľov. Oproti tomu spojky vyrovnávacie a pružné môžu zasa vyrovnávať nesúosovosť hriadeľov, prípadne tlmiťrazy alebo kmity pri prenášaní záťažového krútiaceho momentu.

Mechanicky ovládané spojky – výsuvné rozdeľujeme podľa spôsobu zasúvania na spojky zasúvajúce sa mechanicky, hydraulicky, pneumaticky a elektromagneticky. Poistné spojky sa pri nastavení vopred krútiaceho momentu automaticky vypínajú z činnosti, pričom rozbehové spojky sa zasúvajú do záberu pôsobením odstredivej sily. Voľnoběžné spojky závisia pri zapínaní od relatívneho smeru otáčania obidvoch častí spojky.

Lamelové elektromagneticky ovládané spojky sa bežne používajú pri stavbe obrábacích stojov, textilných strojov, v baníctve, v hutníctve a pod. Hydraulicky ovládané spojky sa výhodne používajú pri strojoch, pri ktorých je zapojená hydraulika. Vo väčšej miere sa používajú pri obrábacích strojoch. Pneumaticky ovládané spojky nemajú taký široký rozsah použitia. Používajú sa v špeciálnych odboroch, napr. pri stavbe lodí.

Rozbehové spojky sa používajú pri rozbehu spalovacích motorov, elektromotorov s kotvou nakrátko, ktoré sa môžu zaťažiť menovitým momentom až po dosiahnutí určitých otáčok.

Osobitnú skupinu spojok poddajných v sklopení tvoria hydrosťukové, hydrodynamické a elektromagnetické spojky, ktoré reagujú najmä na zmenu krútiaceho momentu zmenou sklzu. Tieto spojky majú veľkú tlmiacu schopnosť. Vhodnou voľbou sklzu možno riešiť všetky prípady kmitania a tlmenia nárazov v strojových zariadeniach.

Rozsiahlu skupinu tvoria spojky, ktoré tlmi nárazy pri otáčaní hriadeľov s krátkodobou akumuláciou energie. Tieto spojky, teda pružné spojky majú za cieľ vyladiť mechanickú sústavu z hľadiska torzného kmitania. Jednoduchou sa dá charakterizovať, že odstraňujú rezonanciu, ktorá vzniká v rozsahu prevádzkových otáčok. Delíme ich na lineárne a nelineárne s aplikáciou v mechanických sústavách s konštantnými pracovnými otáčkami a s rozsahom pracovných otáčok. Ich pružné elementy sú najčastejšie z gumi. V súčasnej dobe je realizovaný vývoj pružných spojok, kde pružným elementom je plynné médium, pod názvom pneumatické plyné hriadeľové spojky.

Pri voľbe veľkosti spojky je nevyhnutné poznať veľkosť prenášaného krútiaceho momentu a požadované otáčky spojky. Pri voľbe spojky je potrebné rozoznávať nasledovné krútiace momenty:

- menovitý krútiaci moment hnacieho stroja M_n , t. j. moment určený z menovitého výkonu a menovitých otáčok hnacieho stroja,
- menovitý krútiaci moment spojky M_{ns} , t. j. moment, ktorý podľa údajov výrobcu môže spojka trvale prenášať,
- maximálny (dynamický) krútiaci moment spojky M_{ms} , t. j. najväčší moment prenášaný spojkou podľa údajov výrobcov,

- premenlivý krútiaci moment M_i ,
- najväčší premenlivý krútiaci moment M_{im} ,
- najmenší premenlivý krútiaci moment M_{in} ,
- stredná hodnota premenlivého krútiaceho momentu M_{is} ,
- výpočtový krútiaci moment spojky M_v , zahrňujúci vplyvy a okolnosti, ktoré zvyšujú namáhanie spojky, pritom platí $M_v < M_{ns}$,
- prevádzkový súčiniteľ $K = M_v/M_n$, je stanovený na základe praktických skúseností.

15.1.2 Uloženie spojok na hriadeľi

V praxi sa vyskytujú valcové i kuželové konce (čapy) spojovaných hriadeľov. Minimálny priemer daných hriadeľov musí odpovedať priemer hriadeľa namáhaného čistým krutom.

Pre vzájomné spojenie spojky s hriadeľom sa odporúčajú tolerancie podľa tab. 15.1.

Tab. 15.1. Odporúčané tolerancie priemeru diery kotúča spojky a čapu hriadeľa

Priemer hriadeľa [mm]	Tolerancia	
	diera	hriadeľ
od 6 do 28	H7	j6
od 28 do 50	H7	k6
od 50 do 650	H7	m6

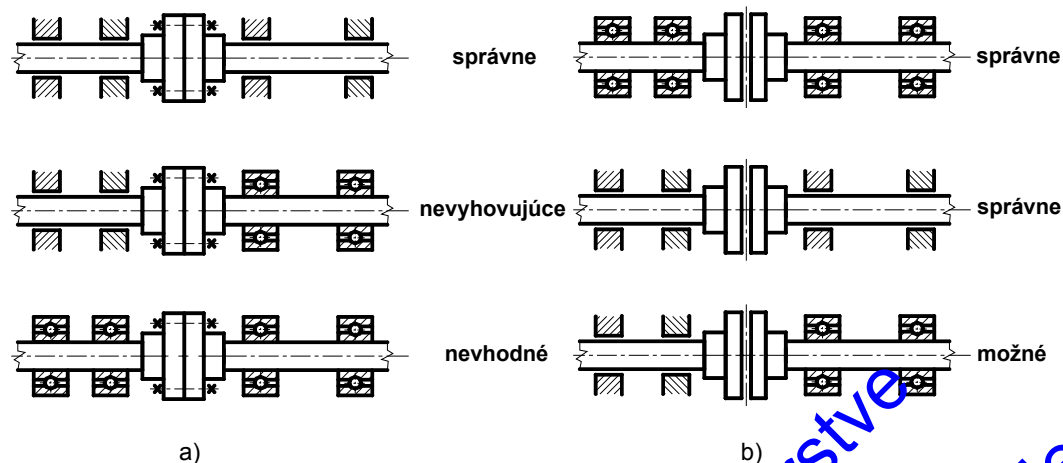
Z konštrukčného hľadiska spojenie spojky s čapom hriadeľa sa realizuje pomocou:

- spojenia s perom
Spojenie s pevným perom je najbežnejšie vo všeobecnom strojárstve. Vyhovuje pre veľký rozsah záťažových krútiacich momentov a zvlášť tam, kde nejde o veľké nárazové zmeny momentov alebo otáčok.
- spojenia so žliabkovaným hriadeľom
Pri konštrukcii obrábacích strojov a motorových vozidiel sa používajú pre spojenie kotúčov spojok a čapov spojovaných hriadeľov rovnoboké a evolventné žliabkovanie. Žliabkované spojenie je schopné prenášať niekoľkonásobne väčší záťažový krútiaci moment v porovnaní so spojením pomocou tesného pera.
- spojenie s tangentiálnymi klinmi
Dané spojenie je realizované v prípade spojok pracujúcich v ťažkých prevádzkach so silnými rázovými zmenami záťažového krútiaceho momentu a otáčok.

15.1.3 Uloženie hriadeľov hriadeľových spojok

Návrh uloženia hriadeľa spojky v ložiskách (uloženie klzné, uloženie valivé) závisí od použitia samotnej spojky (obr. 15.2 – pevná spojka, pružná spojka). Poloha osi hriadeľa a osi ložiska je celkom iná v pokoji a za pohybu. Táto poloha je závislá od hrúbky olejovej vrstvy v ložisku a použitia ložiska. Radiálna ložisková vôľa valivého ložiska je oproti klznému ložisku veľmi malá. V dôsledku rozdielu veľkosti radiálnej ložiskovej vôle u klzných a valivých ložísk nedá sa úspešne uložiť hriadeľ spojky na jednej strane

v klznom a na druhej vo valivom ložisku. V prevádzke mení otáčajúci sa hriadeľ klzného uloženia svoju polohu, pričom u valivého uloženia jeho poloha je málo premenlivá. Z toho dôvodu vznikajú v uložení prídavné sily, ktoré spôsobujú poruchy hriadeľov.



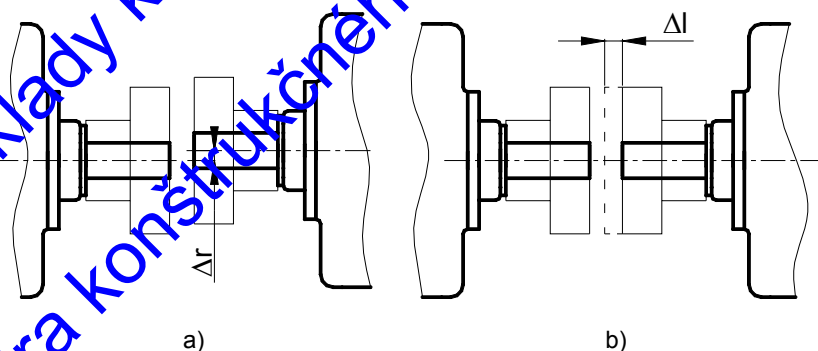
Obr. 15.2. Možnosti uloženia hriadeľov pevných (a) a pružných spojok (b)

15.1.4 Polohy osi spojovaných hriadeľov

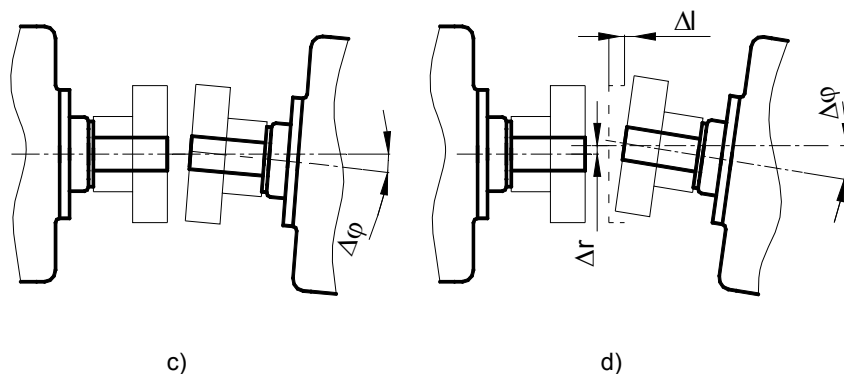
V dôsledku presnosti výroby a presnosti vzájomného uloženia dva spojované hriadele z hľadiska osových polôh môžu byť:

- presne súosé, to znamená s nulovým radiálnym Δr , axiálnym Δl a uhlovým posuvom $\Delta \varphi$,
- s radiálnym posuvom Δr (obr. 15.3a),
- s axiálnym posuvom Δl (obr. 15.3b) a
- uhlovým posuvom $\Delta \varphi$ (obr. 15.3c).

Niekedy môže nastať kombinácia daných posuvov, prípadne z teoretického hľadiska aj všetkých troch zmien súčasne (obr. 15.3d), čo by spôsobilo veľmi vážne problémy k zabezpečeniu uspokojivého prenosu záťažového krútiaceho momentu.



Obr. 15.3. Vzájomné osové polohy spojovaných hriadeľov (pokračovanie na str. 275)



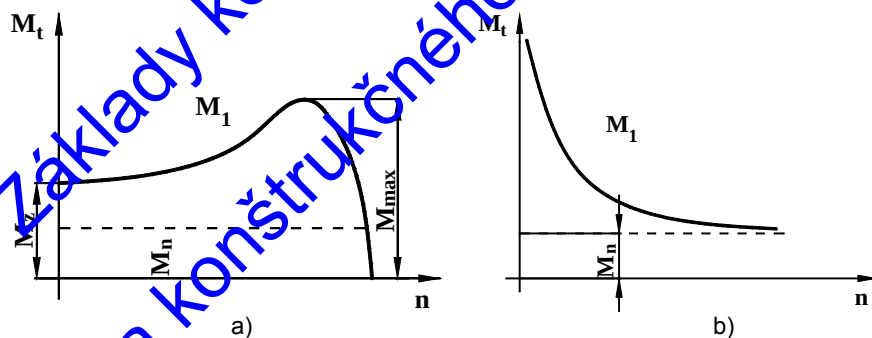
Obr. 15.3. Vzájomné osové polohy spojovaných hriadeľov

15.1.5 Priebehy záťažového krútiaceho momentu

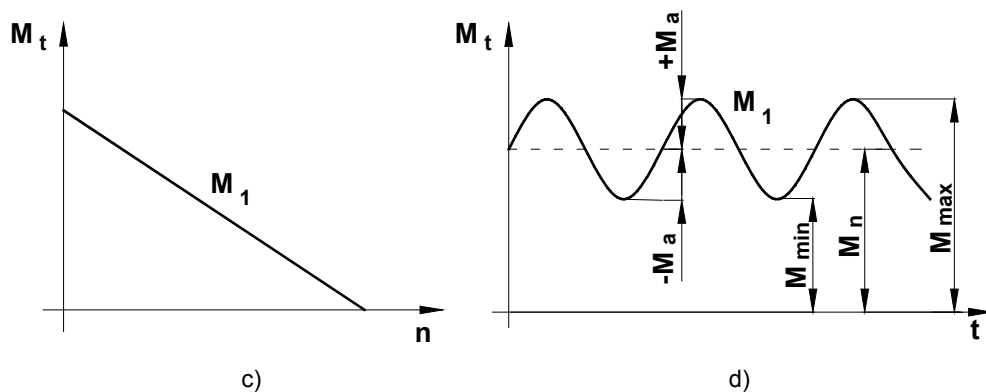
Výber veľkosti a typu hriadeľovej spojky závisí od veľkosti a charakteru priebehu záťažového krútiaceho momentu:

- hnací a poháňaný hriadeľ rovnomerne zaťažený (napr. elektromotor, vodná turbína, parná turbína a pod. poháňa odstredivé čerpadlo, generátor, turbogenerátor a pod.), v tom prípade stačí ku spojeniu pevná spojka.
- hnací, poháňaný stroj, prípadne obidva stroje sú zaťažené nerovnomerne periodicky premenlivým momentom (napr. elektromotor poháňa črvič, spaľovací motor poháňa odstredivé čerpadlo alebo piestové čerpadlo a pod.), v tom prípade je nutné použiť pružnú spojku, prípadne kombináciu s rozbočovou alebo poistnou spojkou; vždy je nevyhnutné takúto mechanickú sústavu riešiť ako točivý systém.

Pri riešení uvedených prípadov je potrebná znalosť charakteristík hnacích a poháňaných strojov (obr.15.4 a obr.15.5). Obr.15.4a predstavuje závislosť záťažového krútiaceho momentu na otáčkach pre asynchronný motor, obr.15.4b pre jednosmerný sériový elektromotor, obr.15.4c pre parnú turbínu (po rozbehu má pri určitých otáčkach konštantný krútiaci moment) a na obr.15.4d pre viacvalcový spaľovací motor so menovitým krútiacim momentom M_n , maximálnym momentom M_{max} , minimálnym momentom M_{min} a amplitúdou $\pm M_a$.

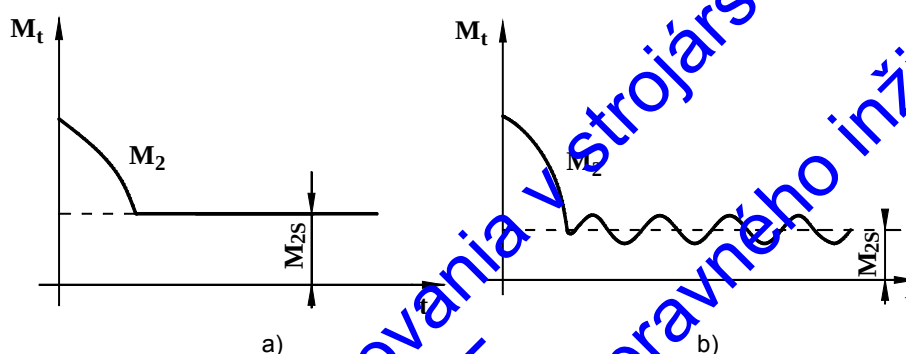


Obr. 15.4. Priebehy charakteristík hnacích a poháňaných strojov (pokračovanie na str.276)



Obr. 15.4. Priebehy charakteristík hnacích a poháňaných strojov

Obrázok 15.5a predstavuje charakteristiku poháňaného stroja po rozbehu s konštantným krútiacim momentom, kým obr.15.5b charakteristiku s periodickým krútiacim momentom.



Obr. 15.5. Priebehy charakteristík poháňaných strojov po rozbehu

15.2 Mechanicky neovládané spojky

15.2.1 Pevné spojky

Pevné spojky sa používajú na spájanie súosových hriadeľov, pričom nedovoľujú ich radiálne ani axiálne posunutie. Tieto spojky sú charakterizované nepružným prenosom záťažového krútiaceho momentu. Z toho dôvodu sa najčastejšie používajú na prenos konštantného krútiaceho momentu. Vhodné sú pre spájanie hriadeľov, ktoré sa pomerne zriedka rozoberajú. Aj malé nesúosovosti hriadeľov alebo uhlové odchýlky zapríčiňujú veľké prídavné napätia v hriadeľoch a veľké zaťaženie ložísk. Na zmenu nesúosovosti počas chodu môžu mať vplyv napr. deformácie prevodových skrií alebo aj použitia nerovnakého druhu ložísk (obr.15.2 – na jednom hriadeľi klzné ložiská a na druhom valivé a pod.). Pri klzných ložiskách v prevádzke mení otáčajúci sa hriadeľ svoju polohu, a tým vzniká odchýlka od ideálnej osi hriadeľa. V niektorých prípadoch sa potom musí pevná

spojka nahradiť inou spojkou, ktorá prenáša krútiaci moment bez prídavného zaťaženia.

Do skupiny pevných spojok patrí:

- rúrková spojka,
- misková spojka,
- spojka s čelným ozubením – Hirthovo ozubenie,
- prírubová spojka,
- kotúčová spojka,
- valčeková spojka.

Pri rúrkovej spojkke s priečnym kolíkom alebo spojkke s čelným ozubením sa záťažový krútiaci moment prenáša tvarovým stykom obidvoch spájaných dielov.

Pri miskovej a zvernej dvojdielnej rúrkovej spojkke sa krútiaci moment prenáša silovým stykom spájaných dielov. Pri výpočtoch sa postupuje tak, akoby sa krútiaci moment prenášal trením a klin iba zabezpečoval spojkou.

Veľkosť výpočtového krútiaceho momentu nepružných spojok M_V sa určí z menovitého krútiaceho momentu M_n a prevádzkového súčiniteľa K . Pre menovitý krútiaci moment platí

$$M_n = \frac{P}{\omega} = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n} \quad (N.m), \quad (15.1)$$

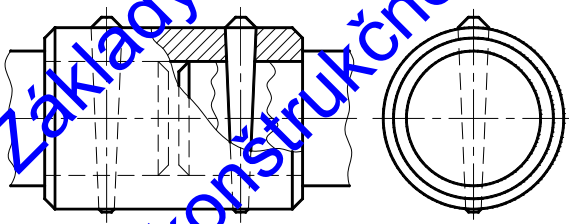
$$M_V = K \cdot M_n, \quad (15.2)$$

kde: P (kW) je výkon hnacieho stroja,
 ω (s⁻¹) – uhlová rýchlosť hnacieho stroja,
 n (min⁻¹) – otáčky hnacieho stroja.

Potom pre výpočtový krútiaci moment sa vyhladá v rozmerových normách (katalógoch) rovnaký alebo najbližší vyšší krútiaci moment spojky M_m zvoleného typu spojky.

Súčiniteľ K sa volí podľa druhu hnacieho a poháňaného stroja s výnimkou pružných spojok. Hnacie a poháňané stroje sú rozdelené do skupín I až IX (STN 02 6208), na základe ktorých sa prevádzkový súčiniteľ volí v rozsahu $K=1 \div 5,3$. Pre torzne kmitajúce mechanické sústavy, teda sústavy so spaľovacími motormi, kompresormi, ventilátormi a pod., sa veľkosť pružných spojok musí stanoviť na základe podrobného dynamického výpočtu torznej sústavy.

Rúrková spojka s priečnymi kolíkmi



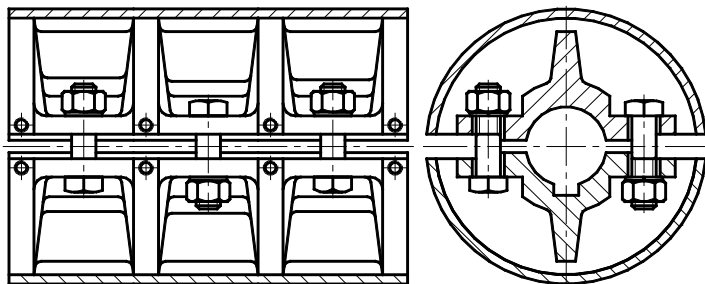
Obr. 15.6. Rúrková spojka s priečnymi kužeľovými kolíkmi

Túto spojkou vytvára rúrka, ktorej konce sa nasunú na obidva konce hriadeľov. Po prevrtaní sa spojí valcovými, kužeľovými alebo ryhovanými kolíkmi (obr. 15.6). Čelá valcových kolíkov sa potom zanitujú. Takto sa s hriadeľom spájajú napr. náboje remeníc, ozubených kolies a pod. Spojenie je jednoduché

a lacné. Používa sa pri malých nárokoch na presnosť a pre menšie prenášané výkony.

Misková spojka (korýtková)

Misková spojka sa používa pri spájaní transmisných (hnacích) hriadeľov (obr. 15.7). Spojka má malé radiálne rozmery. Obidve polovice spojky (okrem žliabku pre pero) sú symetrické. Zvyčajne sú odliate v celosti, sústružené a potom rozrezané, čím sa dosiahne presné centrické spojenie. Skrutky musia byť zapustené tak, aby neprečnievali cez rotačný obrys spojky. Spojka sa montuje až po uložení hriadeľa, takže náboje súčiastok



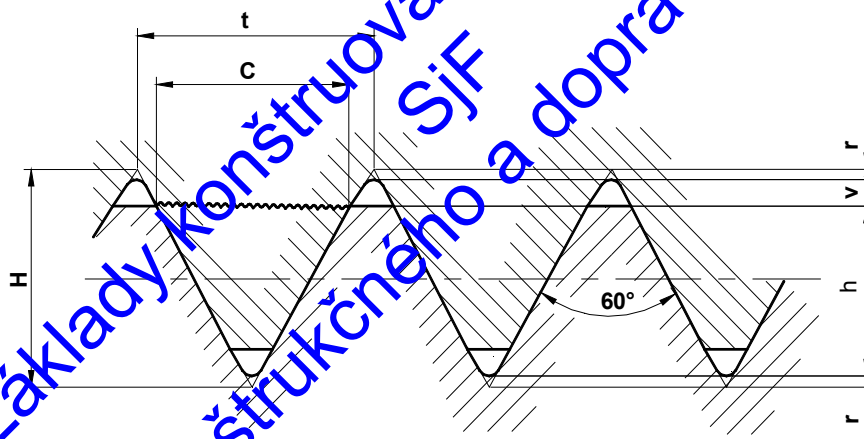
Obr. 15.7. Misková spojka

uložené na hriadeľoch nemusia byť delené. Medzi obidvoma miskami musí po dotiahnutí zostať vôľa $v=0,5 \div 1 \text{ mm}$. Pritiahnutím skrutiek vzniká pevné spojenie s hriadeľom. Predpokladá sa, že prietaci moment sa prenáša trením, ktoré vzniká na stykových plochách. Proti prechýleniu sa spojka zabez-

pečuje perami, najmä pri priemeroch hriadeľa $d > 75 \text{ mm}$.

Spojka s čelným ozubením (Hirthova spojka)

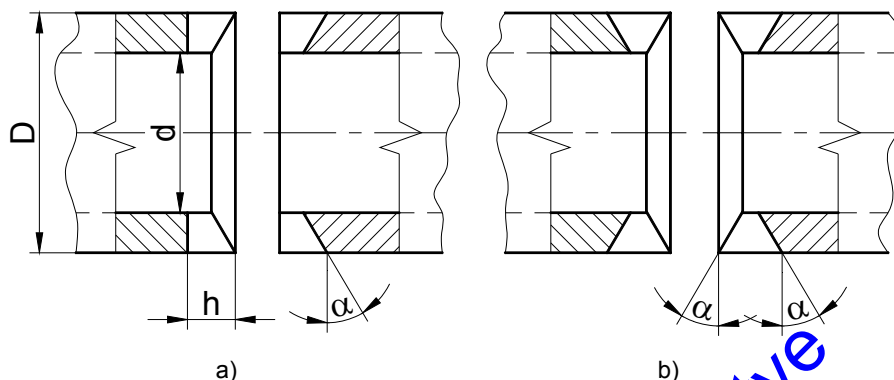
Spojka s čelným ozubením, teda Hirthova spojka sa používa na spájanie dutých hriadeľov. Na čelnej strane spájaných dielov sú v radiálnom smere vytvárané zuby. Prierez zubov je rovnostranný trojuholník (obr. 15.8).



Obr. 15.8. Rozvinutý prierez zubov Hirthovej spojky

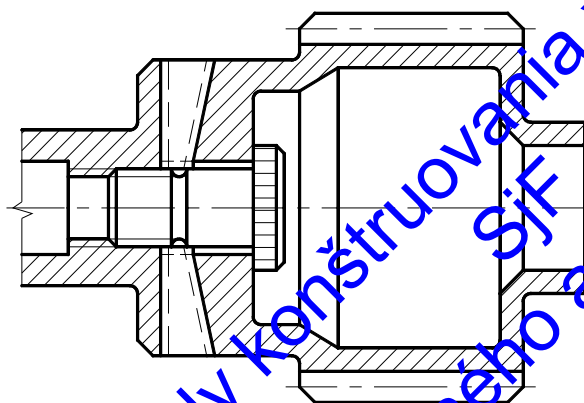
H – teoretická výška zubov, h – skutočná výška zubov, r – polomer zaoblenia na päte zubov, t – rozstup, v – vôľa medzi pätou a hlavou zuba, c – nebezpečný prierez

Zuby sú vytvorené na jednostrannej alebo obojstrannej kužeľovej ploche (obr. 15.9 a, b). Spojka sa montuje tak, že obidve časti spojky sa stiahnu skrutkami a centrujú kužeľovou plochou. Skrutka s predpäťm ja namáhaná len ťahom. Skrutka sa proti uvoľneniu zabezpečuje poistkou (obr. 15.10).



Obr. 15.9. Axiálny rez hriadeľa s Hirthovým ozubením

D – vonkajší priemer dutého hriadeľa alebo ozubení, d – vonkajší priemer dutého hriadeľa alebo ozubení, h – výška zubov na vonkajšom obvode, α – uhol sklonu na v zuba v rovine kolmej na os hriadeľa



Obr. 15.10. Základný spôsob spojenia pri Hirthovej spojke

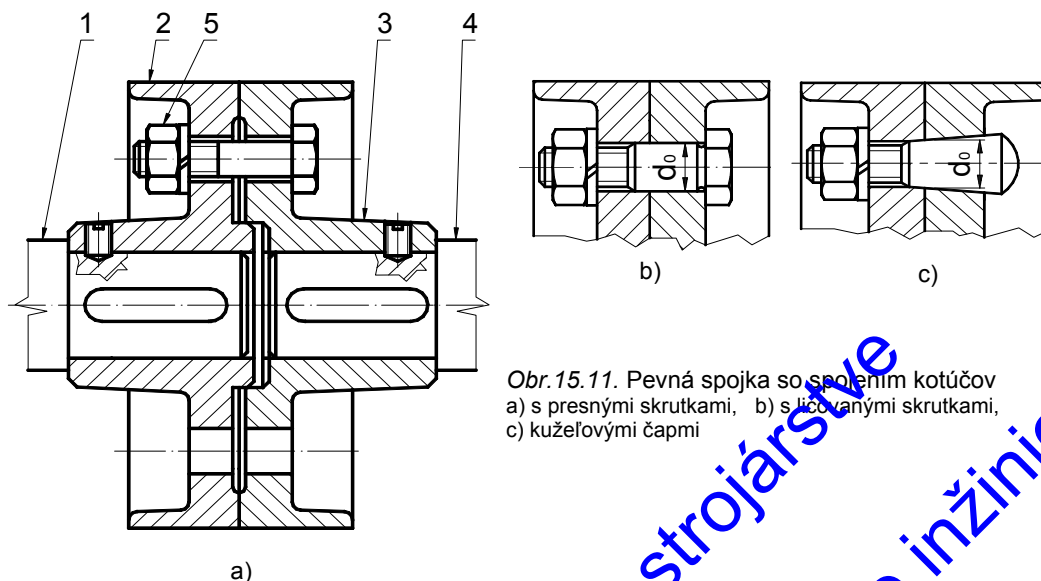
Hirthova spojka umožňuje spojenie ozubených kolies bez pier, tým sa odstraňuje nepriaznivé vrubové účinky vznikajúce pri použití klinov a pier. Opotrebované súčiastky možno ľahko vymieňať. Predpokladom pre využitie výhod danej spojky je presná ich výroba na špeciálnych strojoch s obzvlášť presnými deliacimi prístrojmi. Nevýhodou týchto spojok sú veľké výrobné náklady.

Kotúčová spojka

Medzi hlavných predstaviteľov mechanicky neovládaných spojok patria kotúčové spojky (obr. 15.11), ktorými sa zabezpečí pevné spojenie dvoch hriadeľov. Tie nedovoľujú ani radiálnu, ani axiálnu výchylku spojovaných hriadeľov a vyžadujú ich úplnú súosovosť.

Kotúčová spojka sa skladá z kotúčov (2) a (3) nasadených na spojovaných hriade-

loch (1) a (4) zoskrutkovaných skrutkami (5). Kotúče vyrobené z oceleliatiny, liatiny alebo ocele (výkovky), sú niekedy nalisované alebo za tepla natiahnuté na konce hriadeľov. Inokedy sa na spojenie používajú perá alebo klíny. Obidva diely spojky sa osovo vyrovnávajú strediacim uložením. Pri konštantnom prenášanom krútiacom momente sa kotúče spájajú presnými skrutkami, ktoré sú uložené s príslušnou vôľou.



Obr.15.11. Pevná spojka so spojením kotúčov
a) s presnými skrutkami, b) s líčovanými skrutkami,
c) kužeľovými čapmi

Podľa obr.15.11 a sa záťažový krútiaci moment prenáša trením v stykových plochách na strednom trecíom polomeri R_s , pričom musí platiť podmienka

$$M_v \leq M_T \quad (15.3)$$

$$k \cdot W_v = M_T, \quad (15.4)$$

$$M_v = F_T \cdot R_s = F_N \cdot f \cdot R_s \cdot i \quad (15.5)$$

Dosadením rovnice (15.5) do rovnice (15.4) vypočítame potrebnú normálovú silu pre zabezpečenie trecieho momentu ktorou budú ťahom zatažené skrutky

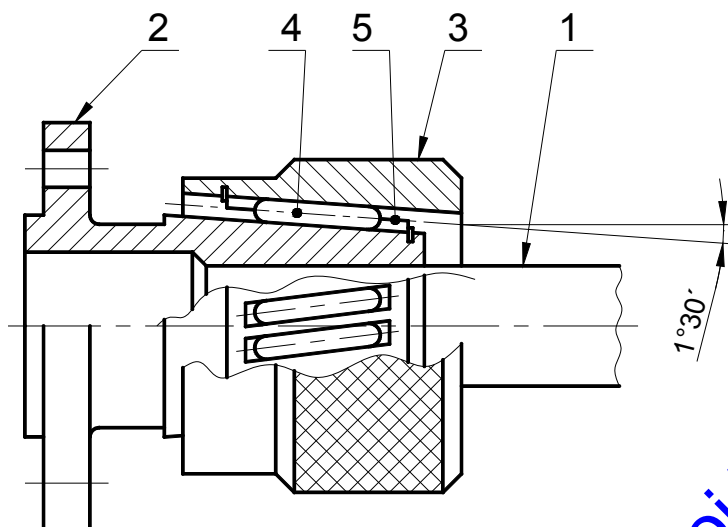
$$F_N = \frac{k \cdot M_v}{f \cdot R_s \cdot i}, \quad (15.6)$$

kde $F_T (N)$ – trecia sila,
 $R_s (m)$ – stredný trecí polomer,
 k – súčiniteľ bezpečnosti prenosu krútiaceho momentu trecím momentom,
 f – trecí súčiniteľ,
 i – počet skrutiek.

Pri nárazovom krútiacom momente sa používajú líčované skrutky (obr.15.11 b) alebo sa kotúče spájajú kužeľovými čapmi (obr.15.11c). Spojovacie súčiastky sú v tomto prípade namáhané na ťah v priereze d_0 .

Valčeková spojka

Valčeková spojka vo väčšine prípadov slúži na prenos krútiaceho momentu z hriadeľa (1) na prírubu (2) podľa konštrukčného riešenia na základe obr.15.12. Prírubu (2)



Obr. 15.12. Valčeková spojka

a vŕtanie zverného krúžku (3) majú kužeľovitý tvar. Medzi nimi sú šikmo uložené valčeky (4) s uhlom zošikmenia $1^{\circ}30'$. Valčeky sú vedené v klietke (5). Ak otáčame zverný krúžok, pohybuje sa axiálne vplyvom zošikmenia valčekov. V dôsledku daného pohybu vznikajú medzi valčekom a prírubou dostatočne veľké tlaky na to, aby prírubu pevne uplať hriadeľ (1). Dané spojenie je samozverné. Spojka sa pri nárazoch a otasoch ne-

dá rozpojiť, nakoľko prítlačná sila sa rozdeľuje rovnomerne po celom upnutom obvode. Výhodou valčekovej spojky je to, že nepotrebuje perá, čím sa predlžuje životnosť spojenia. Valčekové spojky vyhovujú najmä ako upínacie puzdrá a upínacie trne pre frézy, vrátky a pod.

15.2.2 Vyrovnávacie (dilatačné) a výkyvné spojky

Vyrovnávacie a výkyvné spojky sú nepružné spojky, ktoré prenášajú krútiaci moment z jedného hriadeľa na druhý bez tlmenia prípadných nárazov. Vyrovnávacie spojky dovoľujú posun len v smere osi hriadeľa. Montujú sa tam, kde sa mení dĺžka hriadeľa za chodu stroja. Pri strojoch s vysokými prevádzkovými teplotami môžu vznikať veľké pnutia vplyvom nerovnakej rozťažnosti jednotlivých častí strojov. Hriadeľ sa obvykle ukladá tak, aby len jedno ložisko prenášalo radiálne a axiálne sily a ostatné ložiská prenášali len radiálne sily. Ak z konštrukčných dôvodov nemožno dodržať túto podmienku, použije sa vyrovnávacia (dilatačná) spojka.

Výkyvné spojky dovoľujú pri nepružnom prenose krútiaceho momentu uhlové výchylky hriadeľov.

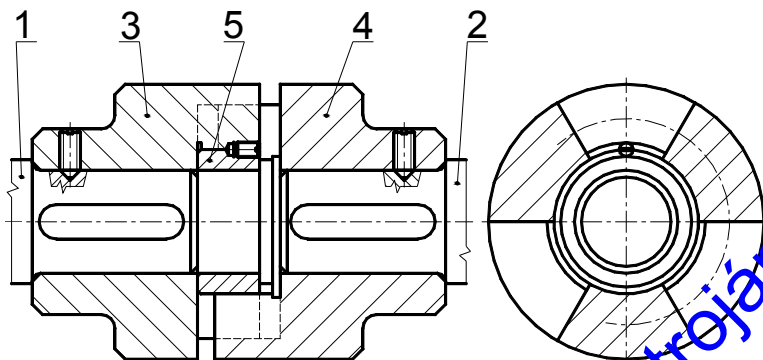
Do skupiny vyrovnávacích a výkyvných spojok patria:

- jednoduchá dilatačná spojka,
- dilatačná zubová spojka,
- dilatačná reťazová spojka,

- dilatačná čapová spojka,
- Oldhamova spojka,
- zubová spojka,
- zubová guľôčková spojka,
- membránová spojka,
- kĺbová spojka.

Dilatačná zubová spojka

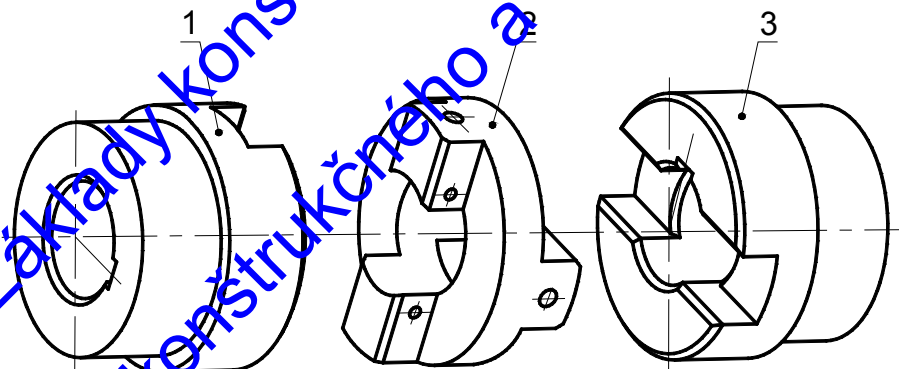
Dané spojky vyhovujú pre prenos väčších krútiacich momentov. Presnejšia konštrukcia spojky má strediacu vložku (obr. 15.13). Na jednej polovici spojky sa vytvoria tri zuby tvaru medzikružových výsekov. Zuby oboch kotúčov zapadajú do seba a môžu sa vzájomne posúvať v smere osí hriadeľa. Z technologicko-výrobných dôvodov sa volí nepárny počet zubov.



Obr. 15.13. Dilatačná zubová spojka so strediacou vložkou

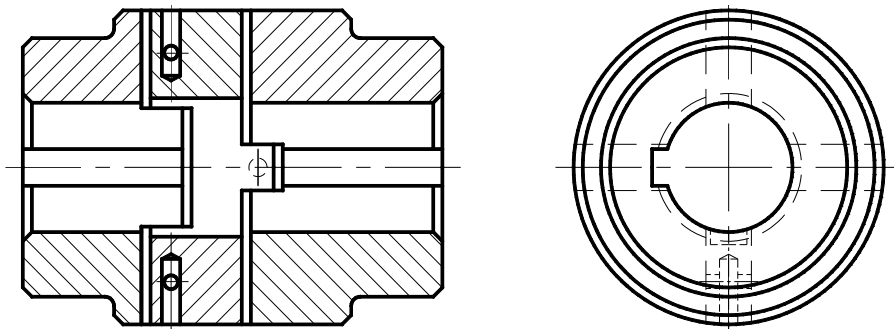
Oldhamova spojka

Oldhamova spojka umožňuje axiálne posuvy a zároveň umožňuje určité výchylky v súosovom smere (obr. 15.14 a obr. 15.15). Podmienkou však je zachovanie rovnobežnosti hriadeľov. Hnaný (1) a poháňaný kotúč (3) má na čelnej ploche v radiálnom smere drážku (obr. 15.14). Kotúče spojky sú pootočené tak, aby boli obidve drážky na seba kolmé.



Obr. 15.14. Axonometrické znázornenie Oldhamovej spojky

Do drážok zapadajú výstupky vloženého kotúča (2), ktorý svojím pohybom vyrovnáva nesúosovosť spojky. Aby sa nadmerne nezvyšovali straty trením, treba klzné plochy starostlivo masťiť. Kotúče (1) a (3) sú oceľové, stredná časť je buď z ocele, bronzu, liatiny alebo z plastu. Spojka sa používa len na prenášanie menších krútiacich momentov pre menšej uhlovej rýchlosti, prevažne v obrábacích strojoch.

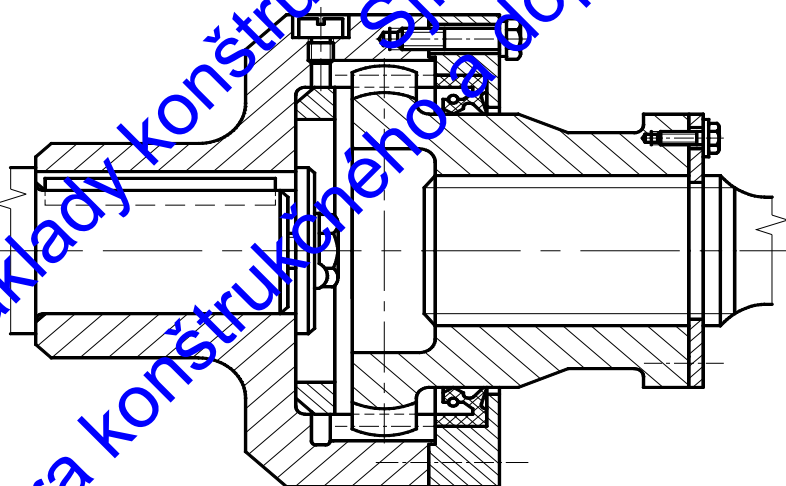


Obr. 15.15. Oldhamva spojka

Zubová spojka

Pri zubových spojkách (obr.15.16) sa krútiaci moment prenáša pomocou ozubenia. Vyžadujú presnú výrobu ozubenia. Profil zubov je lichobežníkový alebo evolventný. Boky zubov v priereze sú zvyčajne súdkovité. Tak sa dosiahne vzájomná pohyblivosť v zuboch. Zubová spojka so zaoblenými zubami umožňuje výkyvy vo všetkých smeroch.

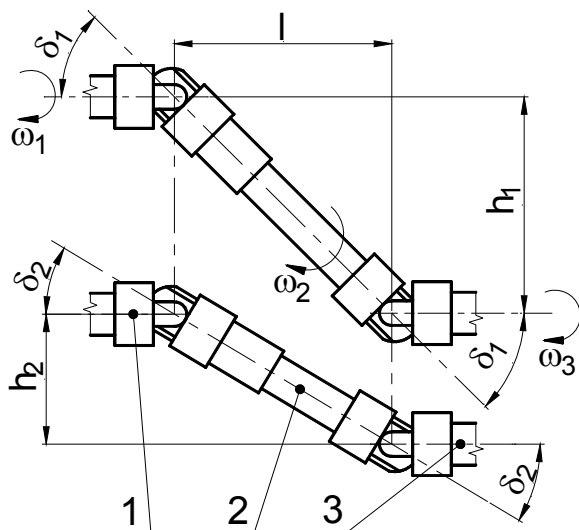
Výhodou zubových spojok sú pomerne malé rozmery (malé moduly). Spojky majú veľkú trvanlivosť, pretože súčasti sú náchylné na opotrebenie pracujú v oleji. Dovoľujú pomerne malé uhlové výchylky ($0 \div 2^\circ 20'$ u jednoduchých spojok, u dvojitých spojok – $0 \div 4^\circ 40'$) a presadenie osí (radiálne výchylky). Umožňujú ľahkú montáž i demontáž. Dajú sa použiť aj v najťažších prevádzkových podmienkach so zmenou zmyslu otáčania.



Obr. 15.16. Jednoduchá zubová spojka

Kĺbové spojky

Kĺbové spojky sa používajú na spájanie rôznobežných hriadeľov. V podstate sa používajú vtedy, ak v danom zariadení dodržanie súosovosti hriadeľov je veľmi problematické. Kĺbové spojky umožňujú len uhlové výchylky pri nepružnom prenose krútiaceho momentu. Často sa kombinujú so spojkou dilatačnou tak, že spojovací hriadeľ (2) na



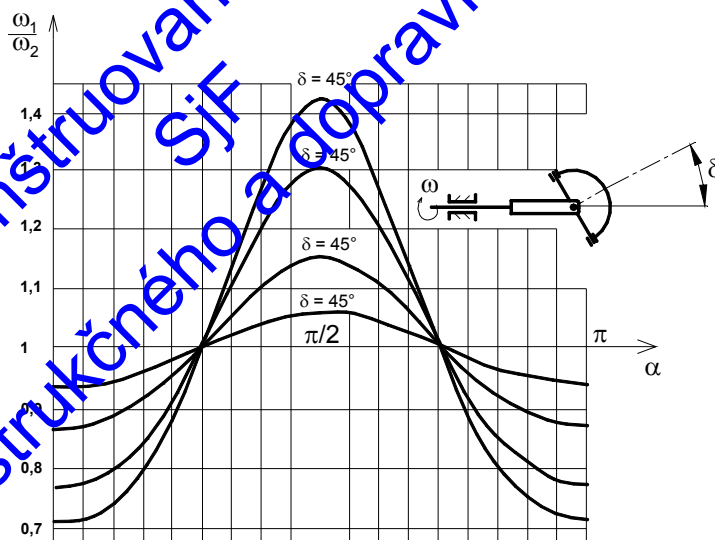
Obr. 15.17. Schematické usporiadanie pohonu s dvoma kĺbovými spojkami

obr. 15.17 je riešený vo forme drážkovaného hriadeľa a náboja, aby sa dodržala konštantná vzdialenosť l pri zmene dĺžky h . Dané spojky sa používajú vo všetkých odboroch strojárkej výroby, najmä pri konštrukcii obrábacích strojov a automobilov, a to od najmenších po najväčšie krútiace momenty.

Nevýhodou všetkých kĺbových spojok je nerovnomerný chod poháňaného hriadeľa pri stálej (konštantnej) uhlovej rýchlosti hnacieho hriadeľa. Nerovnomernosť chodu sa prejavuje kolísaním uhlovej rýchlosti ω_2 a závisí na uhlovej výchylke δ (obr. 15.18). Čím väčší bude uhol δ tým väčšie budú zmeny uhlovej rýchlosti poháňaného hriadeľa behom jednej otáčky.

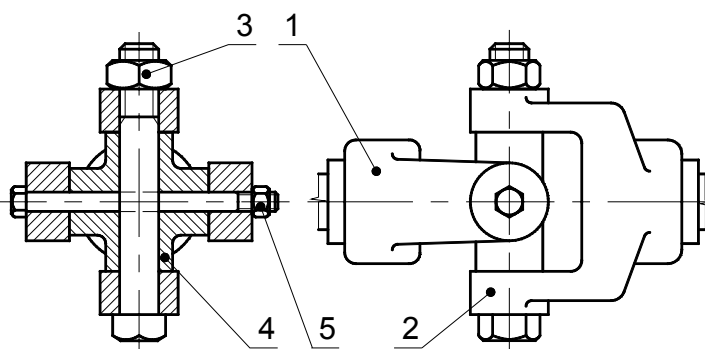
Pri konštantnej uhlovej rýchlosti ω_1 je potom uhlová rýchlosť ω_2 periodickou funkciou uhla pootočenia hriadeľa α (obr. 15.18).

Nerovnomernosť otáčok poháňaného hriadeľa možno odstrániť použitím dvoch kĺbových spojok podľa obr. 15.17. Poháňaný a hnací hriadeľ sú v tomto prípade rovnobežné. Nerovnomernosť chodu sa v tomto prípade prejaví len pri spojovacom hriadeľi. Spojovací hriadeľ musí byť pri použití pre vysoké otáčkové



Obr. 15.18. Diagram kolísania uhlovej rýchlosti poháňaného hriadeľa ω_2 v závislosti od uhla jeho vychýlenia δ

(hmotný moment spojovacieho hriadeľa čo najmenší), aby sa čo najmenej prejavoval účinok zotrvačných síl.

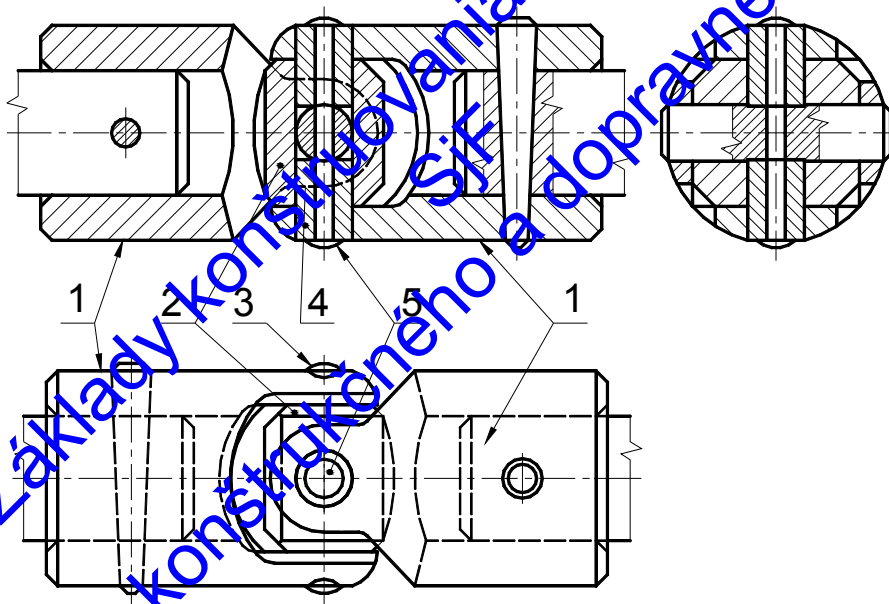


Jednoduché prevedenie kĺbovej krížovej spojky predstavuje obr. 15.19. Na spájaných hriadeľoch sú pripevnené vidlice (1) a (2), navzájom otočené o 90° . Pomocou skrutiek (3) a (5) sú otočne spojené s pevným krížom (4). Táto konštrukcia umožňuje vzájomné pootáčanie hriadeľov.

Obr. 15.19. Jednoduchá kĺbová krížová spojka

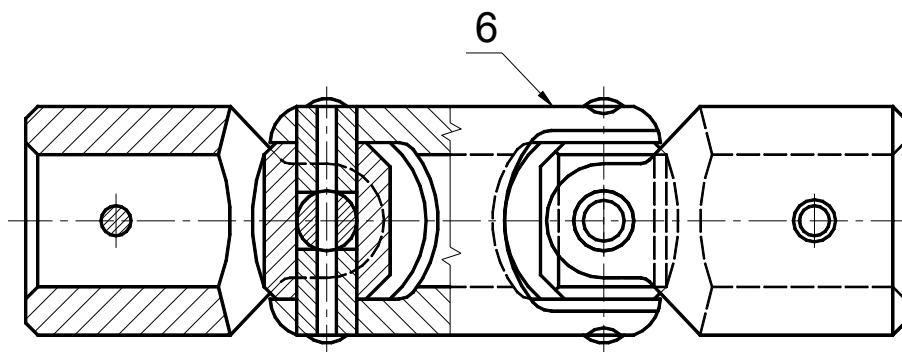
Veľmi často v stavbe ťažacích strojov sa používa kĺbová krížová spojka podľa obr. 15.20 a obr. 15.21. Táto kĺbová spojka, ktorá nachádza aplikáciu v zariadeniach s malými krútiacimi momentami a s možnosťou uhlového vychýlenia max. do 45° .

Jednoduchá kĺbová spojka (obr. 15.20) sa skladá z krížovej súčiastky (2), ktorá je spojená s dvoma rovnakými objímkami (1) čapom (3) a dvoma dutými čapmi (4). Čap (3) má v strednej časti dieru a dva výrezy, do ktorých zapadajú duté čapy (4). Duté čapy (4) sú navzájom spojené nitom (5), ktorý prechádza dierou v čape (3).



Obr. 15.20. Jednoduchá kĺbová krížová spojka

V dvojitej kĺbovej spojke (obr. 15.21) sú obidva kĺby prepojené navzájom objímkou (6).

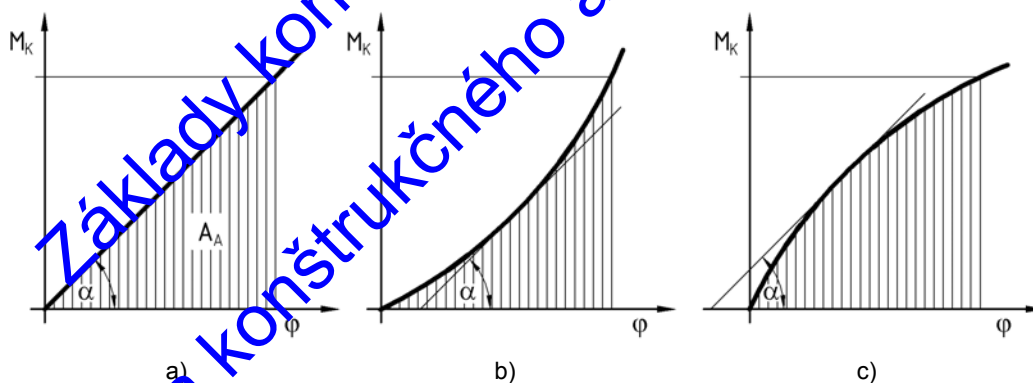


Obr. 15.21. Dvojité kĺbová krížová spojka

15.3 Pružné spojky

Pružné spojky patria k najpoužívanejším hriadeľovým spojkám. Krútiaci moment sa prenáša pružnými členmi danej spojky. Pružné členy môžu byť kovové alebo nekovové. Najčastejšie sa používajú nekovové pružné členy vyrobené z gumovo-kordového materiálu. V súčasnej dobe sa venuje pozornosť vývoju a výskumu pneumatických pružných členov, ktoré sú tvorené z gumovo-kordového obalu naplneného plynným médium.

Vychádzajúc zo všeobecnej charakteristiky pružných hriadeľových spojok platí, že okrem vyrovnávania osových, radiálnych i uhlových nesúosovostí hriadeľov slúžia ako veľmi účinný prostriedok na obmedzenie vzniku rezonancií v rozsahu pracovných otáčok mechanických sústav. To znamená, že vhodne zvolená pružná hriadeľová spojka, slúži ako jednoduchý a pomerne lacný prostriedok k obmedzeniu vzniku rezonancií v prevádzkovej oblasti frekvencie otáčania a k obmedzeniu prídavného dynamického namáhania v krútení všetkých členov sústavy. Pružné hriadeľové spojky svojimi dynamickými vlastnosťami, torznou tuhosťou a schopnosťou tlmiť veľmi podstatne ovplyvňujú dynamické torzné kmitanie sústavy a chránia jednotlivé stroje pred účinkami nebezpečného torzného kmitania.



Obr. 15.22. Priebehy charakteristík pružných spojok

Všetky dodnes používané pružné hriadeľové spojky sú charakterizované priamkovou alebo krivkovou charakteristikou (obr. 15.22). Podľa tvaru charakteristiky ich delíme na lineárne (obr. 15.22a) a nelineárne (obr. 15.22b – progresívne, obr. 15.22c – regresívne). Čím väčší je uhol dotýčnice α k charakteristike spojky, tým je pružná spojka tvrdšia.

Z priebehov charakteristík pružných spojok (obr. 15.22a,b,c), ktoré sú vyjadrené funkciou $M_K = f(\varphi)$ ako závislosť krútiaceho momentu M_K od uhla skrútenia spojky φ , vyplývajú jej charakteristické vlastností, a to zvlášť hodnota jej torznej tuhosti.

Hodnota torznej tuhosti lineárnej pružnej spojky je v každom bode rovnaká.

$$k = \frac{M_K}{\varphi} = \operatorname{tg} \alpha = \text{konšt.} \quad (15.7)$$

Tuhosť spojok s nelineárnou charakteristikou je daná vzťahom (15.8) a zároveň platí,

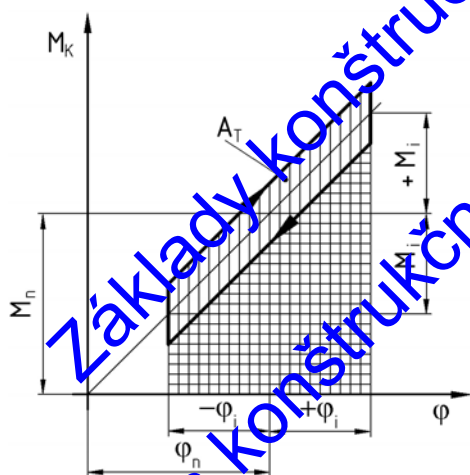
$$k = \frac{dM_K}{d\varphi} \quad (15.8)$$

že torzná tuhosť u nelineárnej spojky progresívnej so zväčšujúcim sa zaťažením rastie, kým u nelineárnej regresívnej klesá.

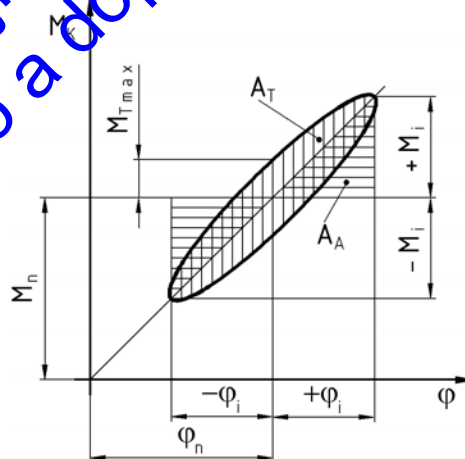
Ak pružnú spojku s tlmiacimi schopnosťami zaťažujeme momentom $M_K = M_n + M_d$, pričom M_n predstavuje konštantný menovitý moment a $M_d = M_n \sin \omega t$ periodicky premenlivý moment, dostávame charakteristiku spojky, podľa obr. 15.23. Túto krivku nazývame hysteréznou slučkou (slučkou tlmenia). Plocha pod stúpajúcou časťou charakteristiky predstavuje akumulovanú potenciálnu energiu A_A , ktorá je prezentovaná vzťahom (15.9) na základe plochy trojuholníka (obr. 15.22a) a plocha pod klesajúcou časťou (obr. 15.22)

$$A_A = \frac{1}{2} \cdot \varphi_i \cdot M_K = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_K^2}{k} = \frac{1}{2} \cdot \varphi_i^2 \cdot k \quad (15.9)$$

predstavuje vrátenú energiu. Ich rozdiel vyjadra stratovú prácu A_T premenenú v pružnom elemente danej spojky na teplo, následkom čoho dochádza k zohrievaniu daných elementov.



Obr. 15.23. Charakteristika pružnej spojky s tlmiacimi schopnosťami



Obr. 15.24. Hysterézná slučka energetických strát úmerných tlmeniu

Pre zjednodušenie výpočtov plochu A_T na obr. 15.23 často nahrádzame elipsou s rovnakou plochou (obr. 15.24), potom

$$A_T = M_T \cdot \pi \cdot \varphi_i \quad (15.10)$$

Zaťažujúci moment $M_d = M_i \cdot \sin i\omega t$ spôsobuje periodicky premenlivé natočenie spojkových kotúčov, ktoré má amplitúdu φ_i a frekvenciu $i\omega$.

Tlmiaci moment M_T má najväčšiu hodnotu pri prechode strednou polohou (obr. 15.23), danú vzťahom

$$(M_T)_{\max} = b \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)_{\max} = b \cdot \varphi_i \cdot i \cdot \omega, \quad (15.11)$$

kde: b (N.m.s) – je koeficient tlmenia.

Ďalšou úpravou pre plochu predstavujúcu straty, podľa rovnice (15.10) platí

$$A_T = \pi \cdot b \cdot \varphi_i^2 \cdot i \cdot \omega. \quad (15.12)$$

Pre číselné stanovenie tlmiacich schopností pružných spojok veľmi často používame, tzv. *pomerne (relatívne) tlmenie* ψ , ktoré je pomerom medzi energetickými stratami A_T a akumulovanou potenciálnou energiou pružnou spojkou A_A :

$$\psi = \frac{A_T}{A_A} = \frac{\pi \cdot b \cdot \varphi_i^2 \cdot i \cdot \omega}{\frac{1}{2} \varphi^2 \cdot k} = \frac{2\pi \cdot b \cdot i \cdot \omega}{k} \quad (15.13)$$

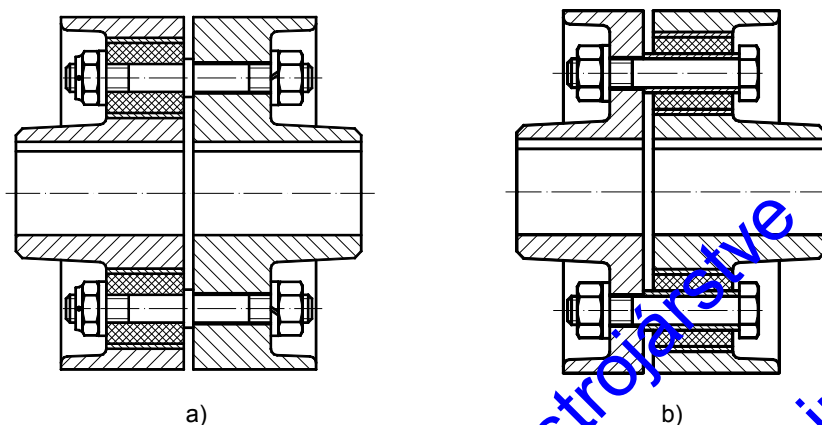
Čo sa týka ich základných charakteristických vlastností, t.j. torznej tuhosti a súčiniteľa tlmenia, je potrebné zdôrazniť, že sú ovplyvňované materiálom (kov, guma, plasty), tvarom, počtom, rozmermi a konštrukčnými úpravami ich pružných členov (elementov). Teda sú závislé od rôznych faktorov, z ktorých každý svojím spôsobom vplyva na základné charakteristické vlastnosti pružných spojok. Na základe ich vplyvu je možné uvedené faktory rozdeliť na dve skupiny: stabilné a nestabilné faktory. Tvar, počet, rozmery a rôzne konštrukčné úpravy pružných členov môžeme zaradiť do skupiny stabilných faktorov, kým materiál pružných členov do skupiny nestabilných faktorov, nakoľko v dôsledku únavy a starnutia menia svoje pôvodné vlastnosti.

Voľba materiálu pružného člena spojky závisí od prevádzkových podmienok prostredia, ich dovolených pracovných teplôt, dovolených prenášaných momentov a dovolených deformácií. Tak napríklad dovolená pracovná teplota gumy (najčastejší materiál pružných členov) je 70°C. Pri prekročení tejto teploty dochádza k štrukturálnym zmenám, ktoré výrazne znehodnocujú dynamické vlastnosti gumy, a tým aj vlastnosti samotnej pružnej spojky.

Z uvedených vplyvov pôsobiacich na základné charakteristické vlastnosti pružných hriadeľových spojok vyplýva, že každý pružný člen spojky, či je z kovového alebo nekovového materiálu, je v prípade pôsobenia vonkajších síl vystavený únave alebo starnutiu. V dôsledku toho dochádza k zmene charakteristiky spojky $M_k = f(\varphi)$ (vzhľadom na počiatočnú charakteristiku), a teda k zmene jej základných charakteristických vlastností.

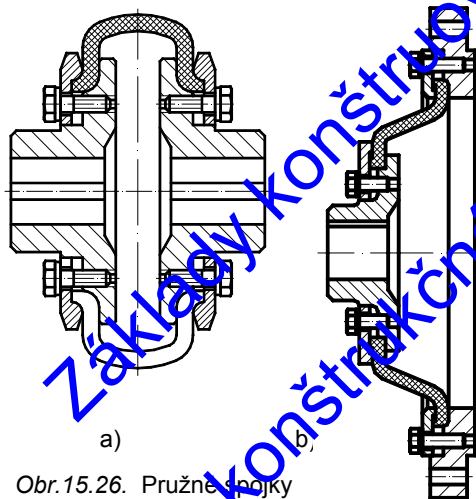
15.3.1 Niektoré typy pružných spojok

Medzi základné typy pružných spojok patria pružné spojky čapové, u ktorých sa záťažový krútiaci moment prenáša pružnými vložkami uloženými na kovových čapoch (obr. 15.25a) alebo navulkanizovanými pružnými vložkami do rúrok (obr. 15.25b). Pri prenose krútiaceho momentu sú pružné vložky namáhané tlakom. Dané spojky sú väčšinou nelineárne, jednoduché, ľahko demontovateľné, nehučné a používajú sa pre malé a stredné záťažové krútiace momenty.



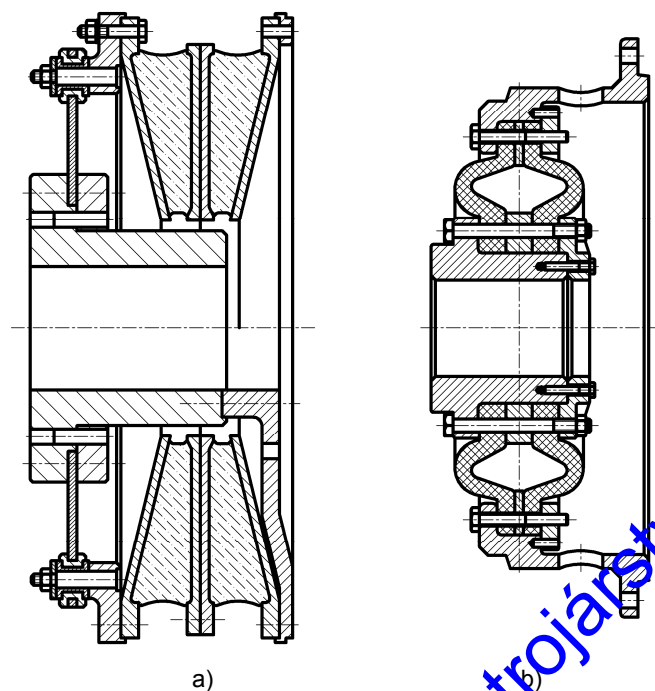
Obr. 15.25. Pružné spojky čapové

Veľmi osvedčenými pružnými spojkami sú spojky typu Periflex (obr. 15.26 a – obručová, b – prírubová). Záťažový krútiaci moment sa v oboch prípadoch prenáša z hnacej časti na poháňanú časť spojky gumovým pružným elementom (obručou, prírubou), ktoré sú pri prevádzke zaťažené šmykom od krútiaceho momentu, ťahom od odstredivej sily a tlakom v mieste pripevnenia skrutkami. Spojky sú nelineárne, jednoduché, ľahko demontovateľné, nehučné a používajú sa pre rôzne rozsahy záťažových krútiacich momentov.



Obr. 15.26. Pružné spojky Periflex

V poslednej dobe nachádzajú v mechanických sústavách s piestovými strojmi stále širšie uplatnenie vysokopružné hriadeľové spojky, teda pružné hriadeľové spojky s nízkou torznou tuhosťou (obr. 15.27). Lineárna spojka Rato (obr. 15.27a) alebo nelineárna spojka EZR (obr. 15.27b) podstatnou mierou znižujú torzné dynamické namáhanie v mechanických sústavách so zvlášť vysokým záťažovým krútiacim momentom v pohonoch lokomotív, lodí a pod.



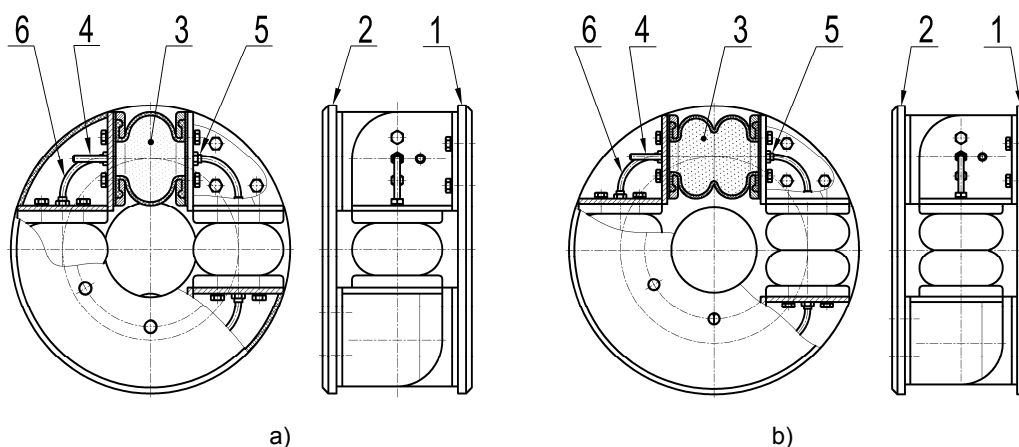
Obr.15.27. Pružná spojka typu Kato a EZR

V súčasnej dobe sa veľká pozornosť venuje vývoju a výskumu nových typov pružných hriadeľových spojok – pneumatických pružných hriadeľových spojok [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28]. Sú zapojené na princípe prenosu záťažového krútiaceho momentu kompresným priestorom danej spojky, naplneným plynným médiom. Medzi základné typy týchto spojok patria pneumatické pružné spojky tangenciálne (obr.15.28), diferenčné (obr.15.29) a axiálne (obr.15.30).

Pneumatická pružná hriadeľová spojka tangenciálna

Pneumatická spojka tangenciálna (obr.15.28) pozostáva z hnacej časti (1) a poháňanej časti (2), medzi ktorými sa nachádza kompresný priestor. Kompresný priestor je tvorený dvomi stlačovanými a súčasne dvomi ťahanými pneumaticko-pružnými elementmi (3). Prostredníctvom ventilu (4) sa realizuje plnenie kompresného priestoru pneumatickej spojky. Konštrukčné riešenie umožňuje vzájomné prepojenie jednotlivých pneumaticko-pružných elementov prostredníctvom škrtiacej dýzy (5) a hadice(6), čím sa vytvárajú tri základné alternatívne prepojenia danej spojky:

- pneumatická spojka bez vzájomného prepojenia pneumaticko-pružných elementov,
- pneumatická spojka so vzájomným prepojením stlačovaného a ťahaného pneumaticko-pružného elementu,
- pneumatická spojka s úplným prepojením pneumaticko-pružných elementov navzájom (obr.15.28a).

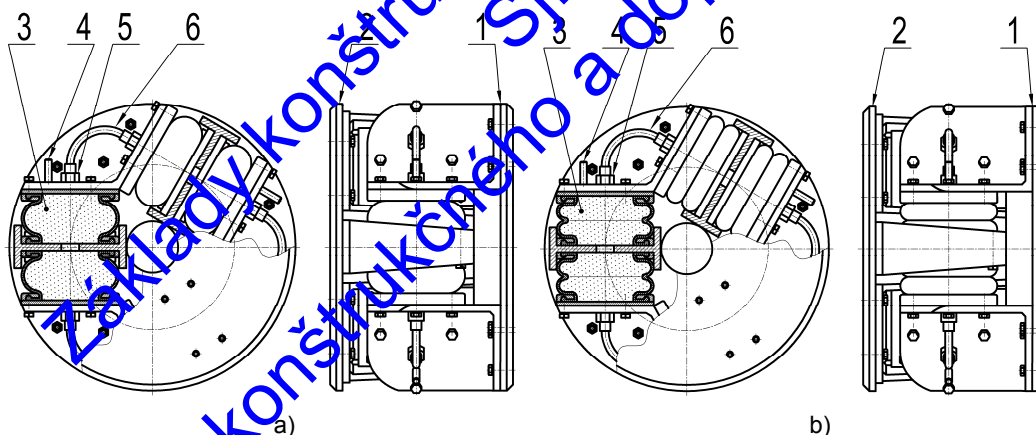


Obr. 15.28. Pneumatická pružná hriadeľová spojka tangenciálna
a) s úplným prepojením jednovlnkových pneumaticko-pružných elementov navzájom,
b) s úplným prepojením dvojlínových pneumaticko-pružných elementov navzájom

Pneumatická pružná hriadeľová spojka diferenčná

Kompresný priestor pneumatickej spojky diferenčnej (obr. 15.29a,b) je tvorený tromi po obvodu rozmiestnenými a vzájomne prepojenými diferenčnými členmi (3). Každý diferenčný člen pozostáva zo stlačovaného a ťahaného pneumaticko-pružného elementu. Vzájomné prepojenie diferenčných členov je zabezpečené škrtiacim ventilom (5) a prepojovacou hadicou (6). Prostredníctvom ventilu (4) sa realizuje plnenie kompresného priestoru spojky.

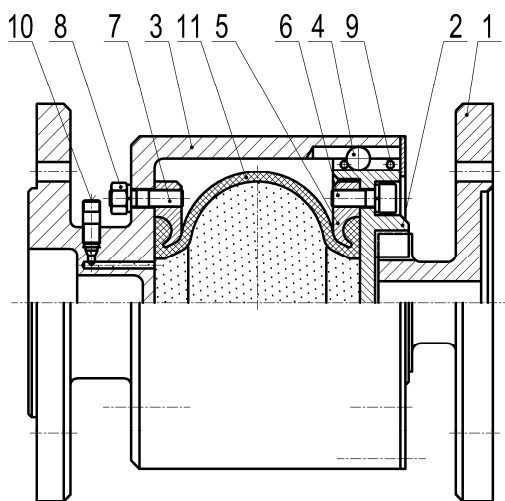
Pri prenose záťažového krútiaceho momentu vyrovňavanie osových, radiálnych i uhlových nesúosovosti hriadeľov a zároveň aj uhlové skrútenie hnacej voči poháňanej časti pneumatickej spojky je zabezpečené jeho pružným kompresným priestorom. Pretlak plynného média v kompresnom priestore spojky je možné meniť (zvýšiť alebo znížiť) mimo prevádzky mechanickej sústavy alebo počas nej, teda za chodu mechanickej sústavy.



Obr. 15.29. Pneumatická pružná hriadeľová spojka diferenčná
a) s úplným prepojením jednovlnkových pneumaticko-pružných elementov navzájom,
b) s úplným prepojením dvojlínových pneumaticko-pružných elementov navzájom

Pneumatická pružná hriadeľová spojka axiálna

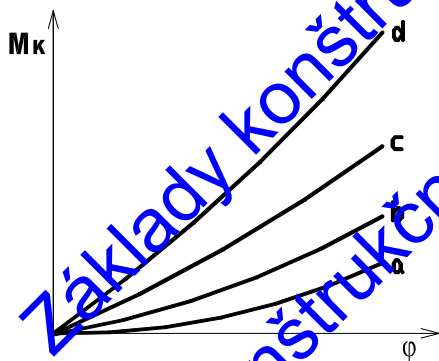
Medzi ďalšie typy pneumatických spojok patrí pneumatická pružná hriadeľová spojka axiálna (obr. 15.30).



Obr. 15.30. Pneumatická pružná hriadeľová spojka axiálna

sledku toho sa zabezpečí stály pružný prenos momentu krútiaceho v sústave hnacieho a poháňaného stroja. Stály pružný prenos momentu krútiaceho je zabezpečený práve tým, že použitým pružným materiálom v tejto spojke je plynné médium, ktoré počas celej svojej činnosti nepodlieha starnutiu ani únave.

Pneumatická spojka axiálna sa pripája k hnaciu hriadeľu prírubou (1), ktorá so skrutkovite usporiadanými zubmi zapadá do zubov plávajúceho telesa (2). Všetky spomínané výchylky sa zabezpečujú guľčikovou spojkou (4) a zároveň pomocou nej je prenášaný záťažový krútiaci moment z hnacej príruby (1) na poháňané teleso (3). Axiálne vychylenie plávajúceho telesa (2) je ohraničené krúžkami (9). Pružné duté teleso (11) vložené do prírub (5) vytvára kompresný priestor spojky. Ventilom (10) zabezpečujeme plnenie kompresného priestoru spojky plynným médium.



Obr. 15.31. Priebeh statických charakteristík pneumatickej spojky v rozsahu pretlakov plynného média $p = 100 \div 700 \text{ kPa}$

Podstatou konštrukcie danej spojky je tá skutočnosť, že medzi hnacou prírubou (1) a poháňaným telesom spojky (3) sa nachádza plávajúce teleso (2) pevne spojené práve s kompresným priestorom spojky vytvoreným pružným dutým telesom (11) a plneným plynným médium.

Dôležité je, že vloženie plávajúceho telesa medzi hnaciu prírubu a poháňané teleso pneumatickej spojky zabezpečíme jej axiálne, radiálne a uhlové výchylky, ktorými sú práve všetky pružné hriadeľové spojky charakteristické. Vzhľadom na to, že plávajúce teleso je nútené v prevádzke vykonávať axiálne, radiálne a uhlové výchylky a je pevne spojené s kompresným priestorom spojky plneným plynným médium, dosiahneme pri prenose momentu krútiaceho spojkom kompresiu tohto média úmernú zaťaženiu. V dô-

Pre ilustráciu a informáciu základných charakteristických vlastností pneumatických spojok uvádzame len výsledky priebehov statických charakteristík. Zo získaných výsledkov realizovaných meraní vyplynulo, že zmenou tlaku plynného média je pneumatická spojka schopná pracovať so stále inou charakteristikou (obr. 15.31), teda je schopná pracovať so stále inými

charakteristickými vlastnosťami (torznou tuhosťou a súčiniteľom tlmenia).

Vychádzajúc z obr.15.31 je možné prehlásiť, že statické charakteristiky pneumatických spojok sú mierne nelineárne. Ich priebehy sú najčastejšie vyjadrené rovnicou (15.14).

$$M_{Sst} = a_0 \cdot \varphi + a_3 \cdot \varphi^3, \quad (15.14)$$

Zmenou pretlaku plynného média meníme základné vlastnosti pneumatickej spojky, a to zvlášť jej torznej tuhosti, ktorá má bezprostredný vplyv na vlastnú frekvenciu sústavy Ω_0 , pričom

$$\Omega_0 = \sqrt{\frac{k}{I}} \quad (\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}), \quad (15.15)$$

kde: I ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) – je hmotný moment zotrvačnosti sústavy.

Na základe uvedeného je možné konštatovať, že zmenou pretlaku plynného média meníme torznú tuhosť pneumatickej spojky a zároveň meníme (ladíme) vlastnú frekvenciu sústavy tak, aby v rozsahu jej pracovného režimu nedošlo k rezonancii alebo k blízko rezonančnému stavu, teda aby platila podmienka $\Omega_0 \neq \omega$.

15.3.2 Podmienky kladené na pneumatické spojky pri ich aplikácii v torzne kmitajúcich mechanických sústavách

Pneumatické spojky musia v ľubovoľných torzne kmitajúcich mechanických sústavách spĺňať nasledovné podmienky:

- ❖ Vyrovnávanie osových, radiálnych a uhlových nesúosovostí hriadeľov spôsobených výrobnými nepresnosťami.
 - Pri prenose záťažového krútiaceho momentu je vyrovnávanie osových, radiálnych i uhlových nesúosovostí hriadeľov, a zároveň aj uhlové skrútenie hnacej voči poháňanej časti pneumatickej spojky, zabezpečené jej pružným kompresným priestorom.
- ❖ Zabezpečenie stálych dynamických vlastností a stáleho pružného prenosu záťažového krútiaceho momentu počas životnosti mechanickej sústavy.
 - Uhlovým skrútením pneumatickej spojky dosiahneme kompresiu plynného média v jej kompresnom priestore úmernú záťaženiu, čím sa realizuje pružný prenos záťažového krútiaceho momentu v torzne kmitajúcich mechanických sústavách. Stály pružný prenos sa zabezpečí tým, že použitým pružným materiálom v spojke je plynné médium (v našom prípade vzduch), ktoré má dominantný vplyv na základné charakteristické vlastnosti pneumatickej spojky a ktoré počas celej svojej činnosti nepodlieha starnutiu ani únave [52], [110]. V dôsledku toho pneumatická spojka nestráca svoje pôvodné charakteristické vlastnosti, z čoho vyplýva jej stálosť počas celej životnosti TKMS.
- ❖ Schopnosť vhodného ladenia torzne kmitajúcich mechanických sústav, teda schopnosť prispôsobenia svojich dynamických vlastností

dynamike sústavy.

- Na základe zmeny tlaku plynného média p_s v kompresnom priestore pneumatickej spojky meníme, t. j. ladíme jej dynamickú torznú tuhosť k_{ed} , ktorá má rozhodujúci vplyv na vlastnú frekvenciu sústavy Ω_0 , pričom I_{red} je redukovaný hmotný moment zotrvačnosti sústavy.

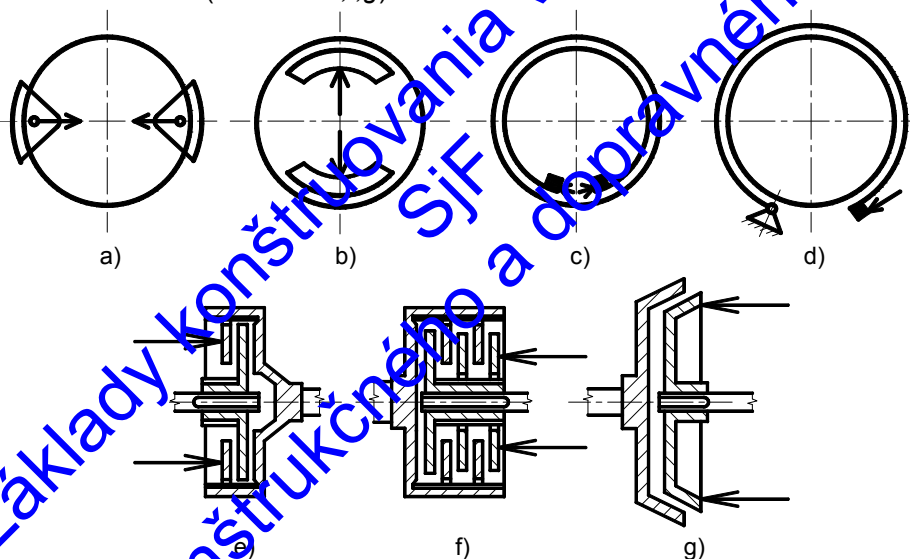
$$\Omega_0 = \sqrt{k_{ed} / I_{red}}. \quad (15.16)$$

- Z uvedeného teda vyplýva princíp vhodného ladenia TKMS pneumatickými spojkami, ktorého základnou podstatou je prispôbenie vlastnej uhlovej frekvencie sústavy Ω_0 k budiacej uhlovej frekvencii ω tak, aby v rozsahu pracovného režimu sústavy nedošlo k rezonančnému stavu ($\Omega_0 \neq \omega$) a následne k jej nebezpečnému torznému kmitaniu.

15.4 Trecie spojky

Trecími spojkami sa dosahuje plynulý rozbeh a spojenie (rozpojenie) hnanej časti s poháňanou časťou mechanizmu. Niekedy však spojenie nie je spoľahlivé, nakoľko pri preťažení zariadenia môžu trecie plochy preklzávať. Zapnutie a vypnutie trecích spojok zabezpečuje ovládacie zariadenie pomocou prítlačnej sily. Toto zariadenie môže byť mechanické, hydraulické, pneumatické, elektrohydraulické a elektromagnetické. Výhodou týchto spojok je ľahká regulácia prítlačnej sily, nevýhodou je, že vyžadujú pomerne presnú súosovosť hriadeľov.

Prítlačná sila k vyvodeniu trenia môže pôsobiť kolmo na os hriadeľa (obr. 15.32a,b,c,d) alebo rovnobežne s ním (obr. 15.32e,f,g).



Obr. 15.32. Spôsoby vyvodenia prítlačnej sily pri trecích spojkách

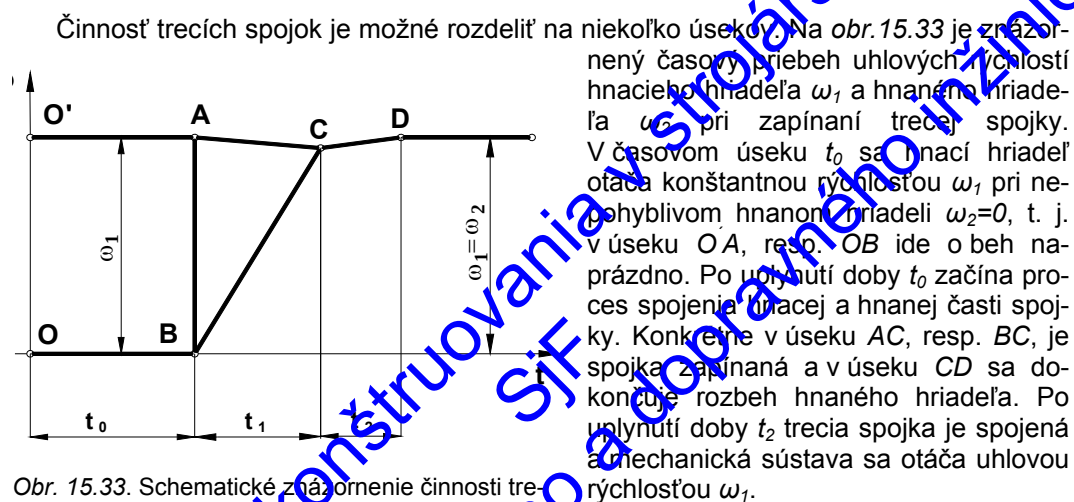
Na obr. 15.32a je trecí segment pritlačovaný k vonkajšej strane bubna, na obr. 15.32b k vnútornej strane bubna. Trecí segment môže byť umiestnený po celom obvode bubna (obr. 15.32c) alebo je na vonkajšom obvode vyriešené pritlačovanie jedného alebo viacerých závitov pásu k bubnu (obr. 15.32d). Ak pôsobí prítlačná sila v axiálnom smere, je možné k vyvodeniu trenia použiť rovné doskové stykové plochy, a to s jednou alebo dvoma trecími plochami (obr. 15.32e), resp. s viacerými trecími plochami – spojka lamelová (obr. 15.32f); menej sa používajú kuželové trecie plochy (obr. 15.32g).

Veľkosť prítlačnej sily s viacerými trecími plochami stanovíme zo vzťahu:

$$F_N = \frac{k \cdot M_K}{i \cdot f \cdot R_S}, \quad (15.17)$$

kde: M_K (N.m) – je záťažový krútiaci moment prenášaný spojkou,

- k (1) – súčiniteľ bezpečnosti prenosu záťažového krútiaceho momentu,
- i (1) – počet trecích plôch (lamiel),
- f (1) – súčiniteľ trenia trecích plôch,
- R_S (m) – stredný trecí polomer.

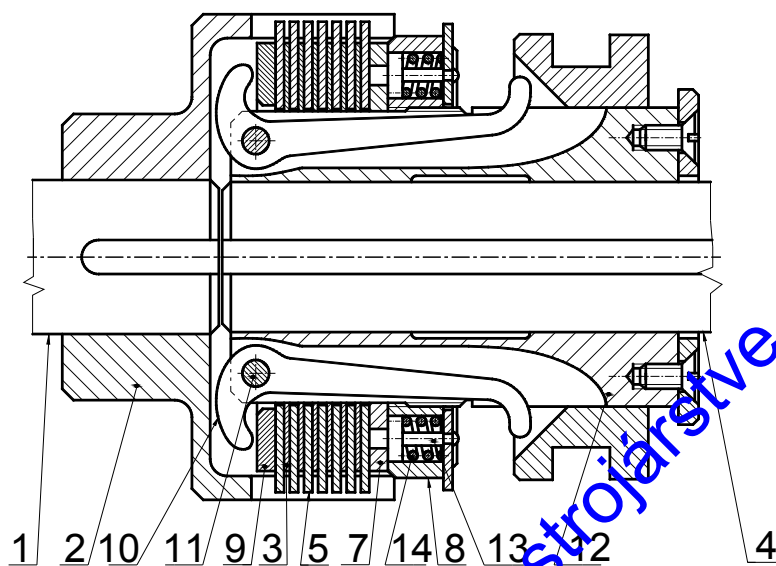


Obr. 15.33. Schematické znázornenie činnosti trecej spojky

Lamelové trecie spojky

Kotúč (2) s hnacím hriadeľom (4) tvorí hnaciu časť viaclamelovej trecej spojky (obr. 15.34). Na vonkajšom obvode kotúča (2) je opatrený tromi drážkami pre zabezpečenie axiálneho vedenia a zároveň rotačného pohybu vonkajších oceľových lamiel (3). Krútiaci moment sa prenáša z hnacieho hriadeľa (4) na poháňaný hriadeľ (4) prostredníctvom trecieho záberu vonkajších lamiel (3) a vnútorných lamiel (5). Vonkajšie a vnútorné lamely sú vzájomne pritláčané tromi dvojramennými pákami (10) ovládacieho pákového systému. Páky sú otočne uložené na čapoch (11) upevnených v telese (6). Posúvaním objímky (12) vľavo pôsobíme na dlhšie rameno páky (10) v dôsledku čoho jej kratším ramenom

uvádzame cez dosku (9) lamely do záberu. Vôľa vznikajúca opotrebením lamiel sa vymedzuje zaskrutkovaním nastavovacej matice (8) doľava. Jej poloha je zabezpečená čapmi (13), ktoré sú zatlačované pružinami (14) do dier v telese (7). Lamely sú oceľové a kalené s hrúbkou v rozsahu $1,5 \div 2,5 \text{ mm}$. Sú mazané olejovou hmlou alebo olejom. Počet všetkých lamiel nebýva väčší ako desať.



Obr. 15.34. Lamelová trecia spojka

Lamelová trecia spojka ovládaná elektromagneticky

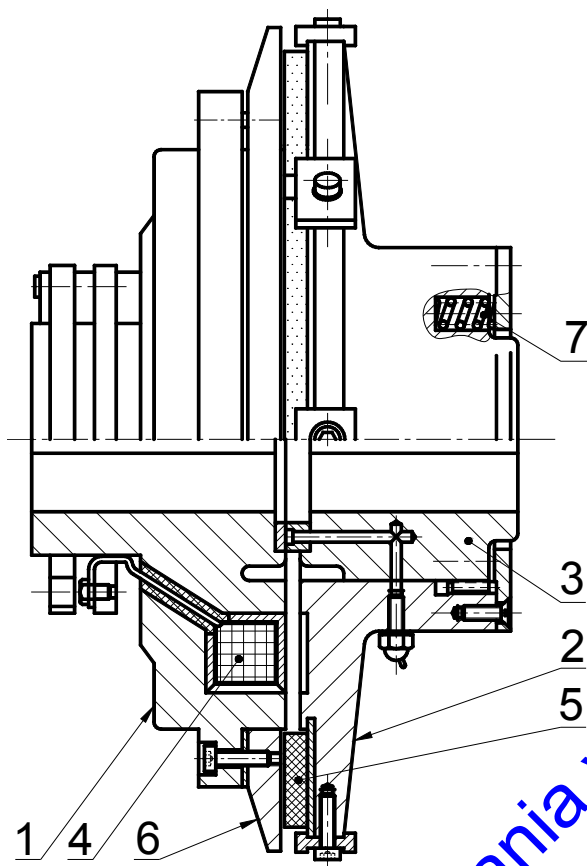
Elektromagneticky ovládané lamelové spojky svojou konštrukciou a funkciou spĺňajú požiadavky kladené na moderné stroje. Majú malé rozmery, veľmi malý moment za chodu na prázdno a rýchle zapínanie. Hlavnou prednosťou daných spojok je možnosť ich diaľkového ovládania, prípadne ovládania z viacerých miest. Preto sa ich používanie veľmi rozšírilo vo všetkých priemyselných odvetviach, najmä pri výrobe obrábacích strojov.

Elektromagneticky ovládané spojky môžeme rozdeliť na dve skupiny:

- spojky so zväzkom lamiel, ktorými preteká magnetický tok a
- spojky so zväzkom lamiel, ktorými nepreteká magnetický tok.

Spojky s magnetickým tokom sú viazané na lamelové dvojice oceľ na oceľ a môžu sa používať len ako mokré spojky v prevodovkách s olejovým kúpeľom. Spojky so zväzkom lamiel, cez ktoré nepreteká magnetický tok, umožňujú použiť akékoľvek lamelové dvojice a môžu sa použiť ako spojky mokré, ale aj suché.

Obr. 15.34 predstavuje lamelovú treciu spojku ovládanú elektromagneticky. Pozostáva z hnacieho kotúča (1) s cievkou (4) a poháňaného kotúča (2), ktorý je vnútorným ozubením prepojený s poháňaným puzdrom (3). Ak sa do cievky privádza prúd, vznikne magnetické pole, ktoré pritiahne kotúč (2) s lamelou (5) do styku s trecím kotúčom (6).



Obr. 15.35. Lamelová trecia spojka ovládaná elektromagneticky

V dôsledku toho dochádza k prenosu krútiaceho momentu z hnacieho kotúča (1) na poháňaný kotúč (2). Po prerušení prívodu elektrického prúdu, pôsobením pružín (7) dôjde k prerušeniu trecieho styku medzi lamelou (5) a trecím kotúčom (6). Lamely sa vyrábajú z rôznych trecích materiálov a môžu pracovať za sucha alebo v oleji.

15.5 Poistné spojky

Pri práci niektorých strojov veľmi často dochádza k preťaženiu samotného stroja. V dôsledku toho vzniká trvalá deformácia, až do konca porušenie niektorých častí zariadenia. Aby sa zabránilo tomuto javu, používajú sa tzv. poistné spojky, ktoré nie sú schopné preniesť zväčšený krútiaci moment pri zaťažení.

Poistné spojky sa môžu použiť ako:

- a) ochrana hnacieho motora pri náhlom zablokovaní poháňaného stroja,
- b) ochrana prevodovej skrine proti nárazovému preťaženiu
- c) ochrana proti poruche stroja pri preťažení,
- d) ochrana opracúvaného dielca proti poškodeniu pri náhlom zrýchlení zapríčinenom zapnutím stroja.

Od poistných spojok vyžadujeme nasledovné vlastností:

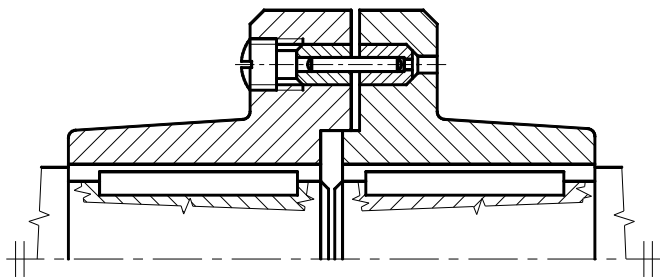
1. Musia byť s dostatočnou presnosťou nastaviteľné na určitý krútiaci moment.
2. Regulácia krútiaceho momentu musí byť jednoduchá a ľahká.
3. Musí byť regulovateľná aj po vmontovaní do zariadenia.
4. Musí bez poruchy vydržať dlhší sklz.
5. Musí byť odolná proti opotrebeniu.
6. Teplo, ktoré vzniká pri preklzovaní spojky musí sa podľa možnosti rýchlo a účinne odvádzať.

Poistné spojky sa rozdeľujú na dve skupiny, a to na:

- ❖ jednoduché poistné spojky, pri ktorej sa poistný element poruší, takže stroj sa dočasne vyradí z prevádzky,
- ❖ poistné spojky bez prerušenia prevádzky, ktoré sa ďalej rozdeľujú na spojky:
 - trecie,
 - zubové,
 - guľkové.

Poistná spojka so strižným kolíkom

Medzi často používané poistné spojky patrí poistná spojka so strižným kolíkom



Obr. 15.36. Poistná spojka so strižným kolíkom

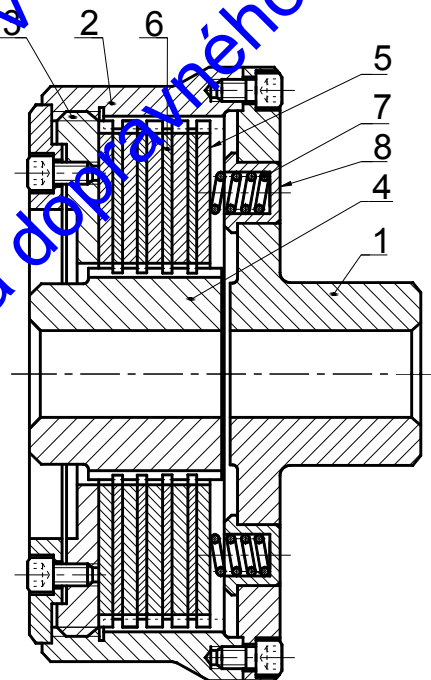
(obr. 15.36). Spojka s axiálne strižným kolíkom prenáša krútiaci moment s vhodne nadimenzovaným kolíkom. Pri preťažení sa kolík prestrihne a musí byť nahradený novým. Výhodou daných spojok je jednoduchá konštrukcia. Zmena veľkosti prenášaného krútiaceho momentu sa dosiahne voľbou rôzneho priemeru a počtu kolíkov a ich umiestnenie.

Poistná trecia spojka

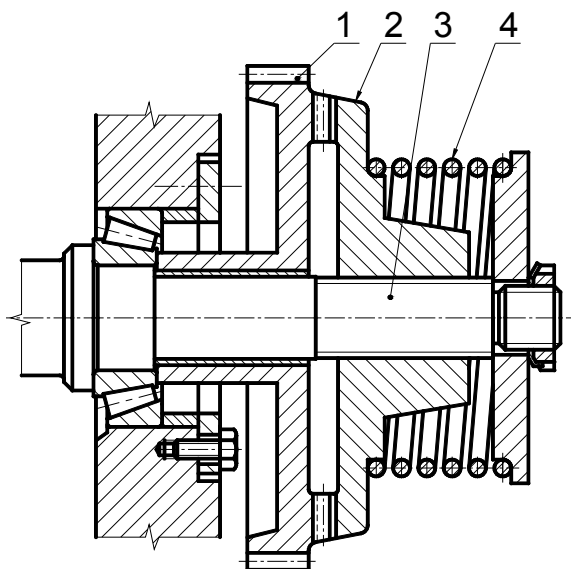
Poistná trecia spojka sa zapína v pokoji. Prítlačná sila je zabezpečená pružinami, ktorých predpätie je možné regulovať, a tak nastaviť požadovaný krútiaci moment. Poistná lamelová trecia spojka je znázornená na obr. 15.37. Na poháňanom hriadeľ (4) sú drážky pre vnútorné lamely (6). Lamely (6) sa dotýkajú vonkajších lamiel (5), ktoré sú vedené v drážkach telesa (2) priskrutkovaného ku kotúču (1) na hnacou hriadeli. Z ľavej strany sa lamely dotýkajú dosky (3) priskrutkovanej k telesu (2). Z pravej strany sú vonkajšie lamely pritláčané pružinami (7) uloženými v puzdrách (8) telesa (1). Pri prekročení dovoleného krútiaceho momentu lamely preklzáva a krútiaci moment sa neprenáša.

Poistná zubová spojka

Poistná zubová spojka (obr. 15.38) sa skladá z hnacej časti (1) a z poháňanej časti



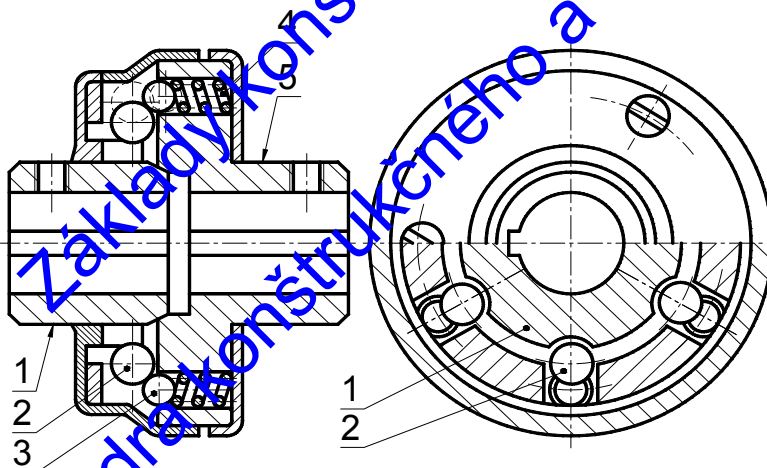
Obr. 15.37. Poistná lamelová trecia spojka



Obr. 15.38. Poistná zubová spojka

Pri preťažení prekoná osová sila guľky odpor pružiny a dôjde k vzájomnému pretáčaniu sa hnacej a poháňanej časti spojky.

Na obr. 15.40 je znázornená poistná guľková spojka s axiálne uloženou pružinou (4) v poháňanom telese (5). Na hnacom kotúči (1) je pevný kryt s nosnou doskou v ktorej sa nachádzajú guľky (2). Guľky (3) sú tlačené pružinou (4) do styku s guľkami (2). Pri prekročení maximálneho krútiaceho momentu sa vyšmyknú guľky (2) zo sedla v telese (1) a cez guľky (3) dôjde k prekonaniu sily pružín (4).

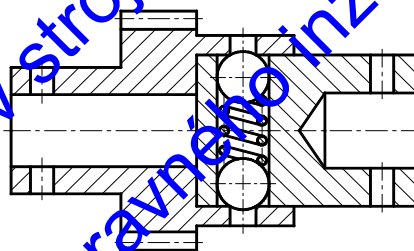


Obr. 15.40.
Poistná guľková
spojka s axiálnymi
pružinami

(2) uloženej posuvne na poháňanom drážkovanom hriadeľi (3) a tlačenej do záberu ozubení pružinou (4). Na hnanej a poháňanej časti zubovej spojky je čelné ozubenie s vrcholovým uhlom $\alpha = 90^\circ$. Obidve časti spojky sú z ocele, najčastejšie 14 alebo 16 triedy, cementované a kalené na $HRC = 52 \pm 56$, zuby brúsené. Pri prekročení dovoleného krútiaceho momentu prekoná axiálna sila v zuboch silu pružiny a spojenie sa vyšmykne zo záberu.

Poistná guľková spojka

Poistná guľková spojka s radiálnym usporiadaním nosných guľiek (obr. 15.39) sa používa na prenos malých krútiacich momentov.

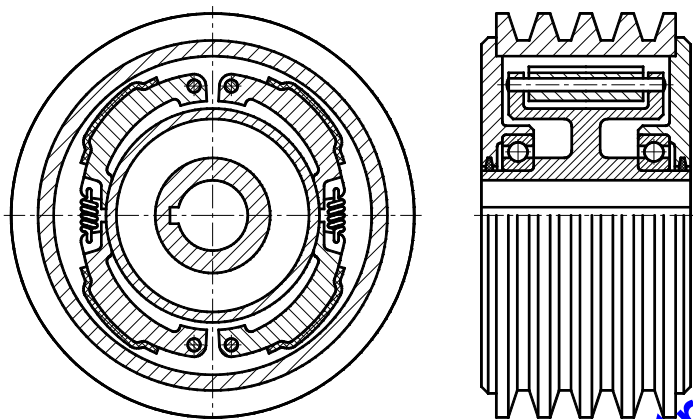


Obr. 15.39. Poistná guľková spojka

15.6 Rozbehové spojky

Rýchlobežné hnacie stroje, ktoré sa dnes používajú (elektromotory na striedavý prúd, a najmä spaľovacie motory), majú tú nevýhodu, že sa ťažko rozbiehajú, keď sú zaťažené. Tieto nepriaznivé vplyvy pri zvyšovaní otáčok hnacích strojov a nepriaznivé dynamické pomery pri rozbiehaní si vyžadovali konštrukciu rozbehových spojok, pri ktorých sa stroj rozbieha bez zaťaženia.

Rozbehové spojky sú spojky s automatickým zapínaním. Pracujú na princípe odstredivej sily. Umožňujú rozbeh bez zaťaženia, pri dosiahnutí určitého počtu otáčok dôjde k spojeniu spojky, a tým aj k pohonu celého mechanizmu. K týmto spojkám patrí rozbehová spojka s výkyvnými čelustami (obr. 15.41), kde výkyvné pružiny sú navzájom spojené pružinami. Pri dostatočne vysokých otáčkach premôže odstredivá sila čelustí silu pružín a čeluste sa pritlačia k poháňanej časti spojky, ktorú postupne unášajú.

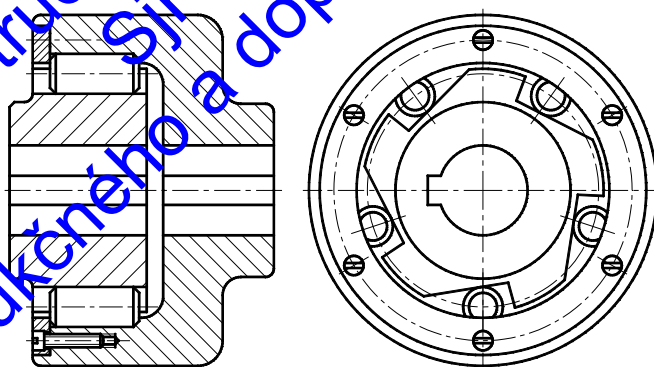


Obr. 15.41. Rozbehová spojka s výkyvnými čelustami

15.7 Voľnobežné spojky

Voľnobežné spojky umožňujú spojenie hnacej a poháňanej časti pri otáčaní v jednom smere (obr. 15.42). V naznačenom smere otáčania sa obidve polovice spojky pevne spoja.

V opačnom smere otáčania spojka pracuje ako voľnobeh. Na obr. 15.42 je znázornená voľnobežná spojka valčeková, kde krútiaci moment v naznačenom smere otáčania sa prenáša z hnacej na poháňanú časť spojky valčekmi. Valčeky sa zaklinujú medzi plošky vo vybraní hnacej časti spojky a valcový povrch poháňanej polovice spojky. Uvedená konštrukcia spojky nezaručí spoločný záber všetkých valčekov, čo sa prejaví znížením prenášaného krútiaceho momentu. Danú nevýhodu je možné odstrániť voľnobežnou spojkou s odpruženými valčekmi.



Obr. 15.42. Voľnobežná spojka valčeková

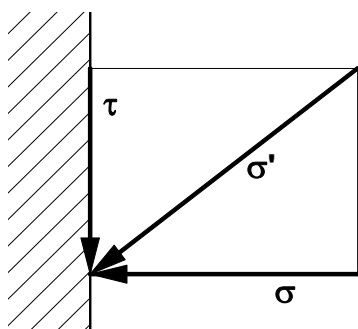
16. NAMÁHANIE STROJOVÝCH SÚČIASTOK

Pri konštruovaní strojov a zariadení musí konštruktér uvažovať aj s príslušným zaťažením, nakoľko jednotlivé súčiastky daných mechanizmov zachytávajú a prenášajú pri svojej činnosti (funkcii) rôzne vonkajšie sily.

Podľa priestorového pôsobenia síl rozdeľujeme zaťaženie na zaťaženie osamelou silou (pri výpočtoch sa uvažuje so zaťažením v bode) a na spojité zaťaženie (pri výpočtoch sa uvažuje s čiarovým alebo plošným zaťažením).

Na základe časového priebehu delíme zaťaženie na monotónne, ktoré vzrastie na určitú medznú hodnotu a potom sa už nemení s časom a na premenlivé (kmitavé) zaťaženie, ktoré sa s časom mení.

Pri účinku vonkajších síl často dochádza aj k zmene tvaru telesa, teda hovoríme, že

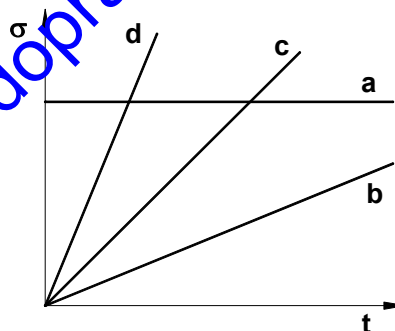


Obr.16.1. Priebeh normálového a šmykového napätia

dochádza k jeho *deformácii*. Zároveň účinkom vonkajších síl vznikajú v telese *vnútorné sily*, ktoré bránia deformácii a snažia sa časti telesa vrátiť do polohy, ktorú mali pred deformáciou. Veľkosť vnútorných síl sa vyjadruje *napätím*, t. j. silou, ktorá pôsobí na jednotku plochy uvažovaného prierezu. Napätie sa udáva v MPa alebo N.mm^{-2} . Napätie σ pôsobiace vo všeobecnej polohe k rovine prierezu sa rozkladá na *normálové napätie* σ , ktoré pôsobí kolmo na prierez, a na *šmykové - tangenciálne napätie* τ , ktoré pôsobí v rovine prierezu alebo rovnobežne s ňou (obr.16.1).

Veľkosť a charakter deformácií telesa nezávisí len od pôsobiacich vonkajších síl, ale závisí aj od štruktúry použitých materiálov. Deformácia, ktorá po odľahčení súčiastky mizne, teda sa vráti do pôvodného stavu, sa nazýva deformácia *pružná (elastická)*. *Trvalé (plastické)* deformácie sú také, ktoré po odľahčení súčiastky zostávajú, t. j. súčiastka ostane deformovaná.

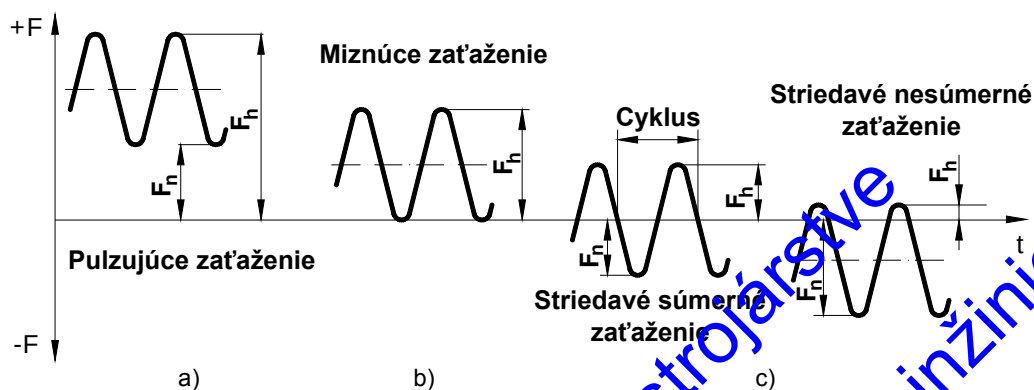
Vzhľadom na zmenu napätia σ v závislosti od času t pri pôsobení určitou medznou hodnotou zaťažujúcej sily, prípadne pri dosahovaní tejto určitej medznej hodnoty, monotónne zaťaženie je možné rozdeliť na statické a dynamické. Ak zaťažujeme súčiastku určitou silou a pri tom nedochádza k zmene napätia v súčiastke, teda $\sigma = \text{konšt.}$, hovoríme o statickom stálom zaťažení (obr.16.2 - priebeh a), kým o statickom pokojnom zaťažení (obr.16.2 - priebeh b) je možné hovoriť v tom prípade, keď dosiahnutím určitej medznej hodnoty zaťažujúcej sily vyvodíme v súčiastke zmenu napätia definovanú: $d\sigma/dt \leq 10^2 \text{MPa.s}^{-1}$. V prípade vyvodenia v súčiastke zmenu napätia definovanú: $d\sigma/dt \geq 10^2 \text{MPa.s}^{-1}$, hovoríme o dynamickom rýchlom zaťažení (obr.16.2 - priebeh c) a ak zmena napätia bude definovaná: $d\sigma/dt \geq 10^4 \text{MPa.s}^{-1}$, potom hovoríme o dynamickom rázovom zaťažení (obr.16.2 - priebeh d).



Obr.16.2. Priebehy zmeny napätia σ v závislosti od času t pri monotónnom zaťažení

Premenlivé zaťaženie najčastejšie vzniká pôsobením síl, ktoré sa periodicky menia v priebehu zaťažovacieho cyklu. Na základe zmeny veľkosti a zmyslu sily rozlišujeme nasledovné druhy kmitavého zaťaženia (obr. 16.3):

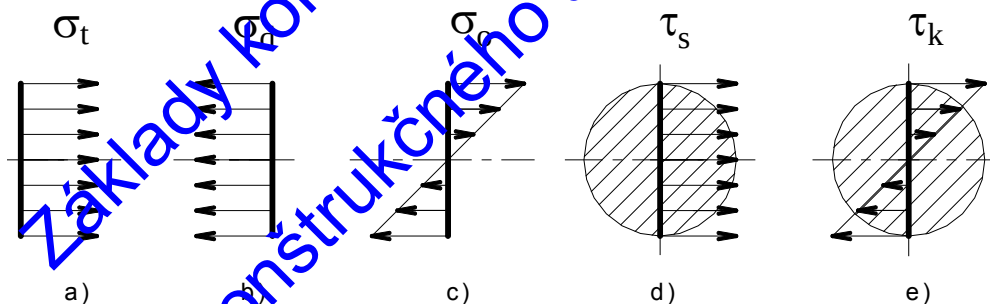
- pulzujúce*, pri ktorom sa mení iba veľkosť sily medzi hornou F_h a dolnou hodnotou kmitu sily F_n ,
- miznúce*, pri ktorom sa súčiastka po zaťažení na hornú hodnotu kmitu sily F_h odľahčí, čiže hodnota $F_n = 0$,
- striedavé*, pri ktorom sa mení nielen veľkosť, ale aj zmysel sily, napríklad striedavo ťah a tlak; pri *súmernom* kmitavom zaťažení je $F_h = F_n$, pri *nesúmernom* kmitavom zaťažení má každá sily svoju osobitnú veľkosť.



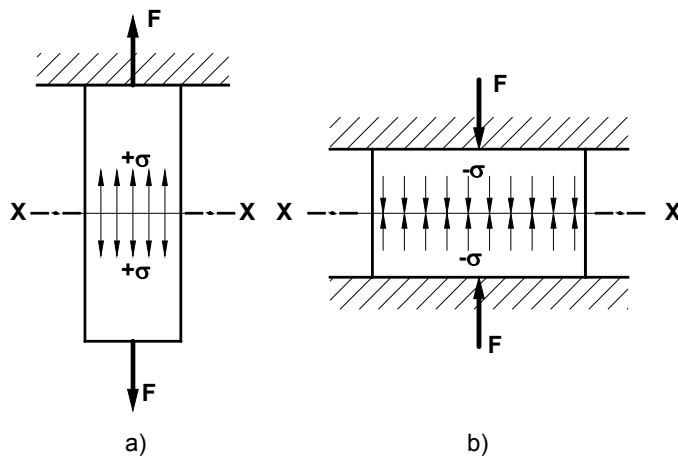
Obr. 16.3. Druhy kmitavého zaťaženia

16.1 Základné druhy mechanických namáhání

Veľkosť napätia závisí od namáhania súčiastky a je v každom mieste (reze) telesa mierou vnútorných síl. Priebeh napätí v nosnom priereze namáhaného telesa (obr. 16.4) je závislý hlavne od jednotlivých druhov namáhania: ťah (a), tlak (b), ohyb (c), šmyk (d) a krútenie (e).



Obr. 16.4. Priebeh napätí v nosnom priereze namáhaného telesa pri jednotlivých druhoch namáhania

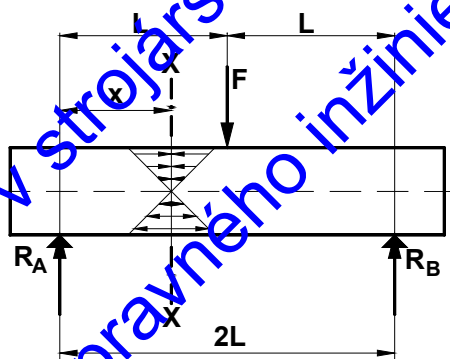


Obr. 16.5. Namáhanie ťahom (a), tlakom (b)

Namáhanie ťahom alebo tlakom vyvoláva sila F kolmá na rovinu prierezu a pôsobiaca v jeho ťažisku, pričom napätie má pri ťahu kladnú $+\sigma$ a pri tlaku zápornú $-\sigma$ hodnotu (obr.16.4, obr.16.5 a, b). Pre pôsobiacu silu F (N), prierez S (m^2) a dovolené namáhanie v ťahu σ_{Dt} , σ_{Dd} (MPa) bude pri rovnomernom rozložení napätia (obr.16.4 a, b) platiť napäťovo-deformačné rovnice

$$\sigma_t = \frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt}, \quad \sigma_d = \frac{F}{S} \leq \sigma_{Dd}. \quad (16.1)$$

Namáhanie ohybom spôsobujú vonkajšie sily, ktoré dávajú výsledný ohybový moment M_o v rovine prechádzajúcej osou kolmou na prierez súčiastky (obr.16.6). Normálové napätia σ_o sú rozložené v priereze nerovnomerne (obr.16.4c, obr.16.6) a rastú úmerne so vzdialenosťou od neutrálnej osi, pričom vlákna prechádzajúce neutrálnou osou sa nedeformujú, vlákna nad osou sú namáhané na tlak, a preto predstavujú záporné napätie: $-\sigma$ a vlákna pod ňou na ťah, predstavujú kladné napätie: $+\sigma$. Napätie v krajných vláknach prierezu X-X je charakterizované napäťovo-deformačnou rovnicou

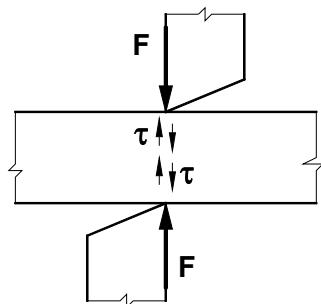


Obr. 16.6. Namáhanie ohybom

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{Do}, \quad (16.2)$$

kde: $M_o = R_A \cdot x$ (N.m) – je výsledný ohybový moment v priereze X-X,
 R_A, R_B (N) sú reakcie spôsobené zaťažujúcou silou F ,
 W_o (m^3) modúl prierezu v ohybe (výpočet hodnôt pre jednotlivé geometrické prierezy, podľa strojných tabuliek).

Maximálne napätie je v mieste najväčšieho ohybového momentu, napr. na obr.16.6 v prostriedku nosníka pod zaťažujúcou silou F .

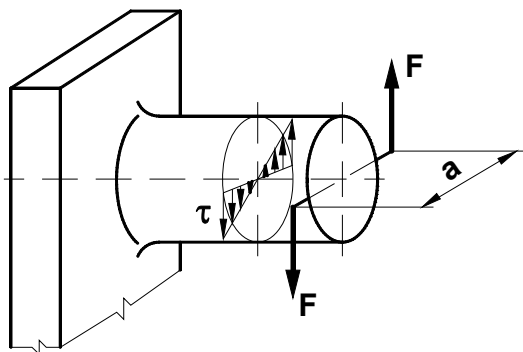


Obr. 16.7. Namáhanie šmykom

Namáhanie šmykom spôsobuje posúvajúca sila F ležiaca v rovine uvažovaného prierezu (obr.16.7). Veľkosť šmykového napätia τ popisuje napäťovo - deformačná rovnica

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds} \quad (16.3)$$

Namáhanie krutom vyvolávajú vonkajšie sily F , ktoré ležia v rovine kolmej na os súčiastky (obr.16.8). Šmykové napätia v priereze majú najväčšiu veľkosť na obvode prierezu



Obr. 16.8. Namáhanie krutom

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dk} \quad (16.4)$$

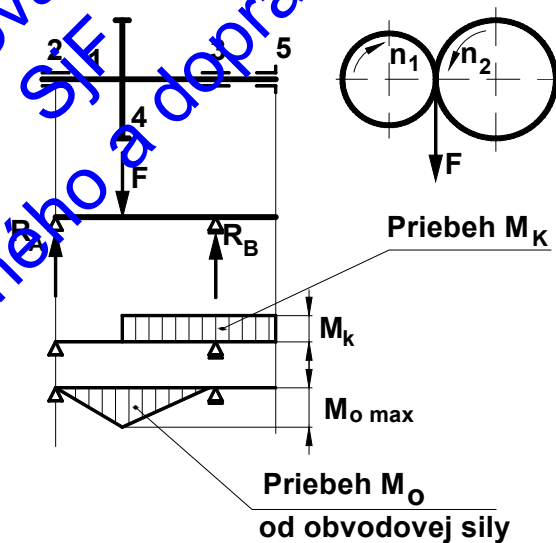
kde:

M_k (N.m) – je krútiaci moment prenášaný hriadeľom; v praxi sa hodnota krútiaceho momentu vypočítava z výkonu $P = M_k \cdot \omega$ prenášaného daným hriadeľom pri uhlovej rýchlosti ω (s^{-1}).

W_k (m^3) – je modul prierezu v krútení (výpočet hodnôt pre jednotlivé geometrické prierezy, podľa strojných tabuliek).

V technickej praxi sa mnohé súčiastky spravidla zaťažujú kombinovaným namáhaním skladajúcim sa z niektorých základných druhov namáhania. Hriadele sú väčšinou zaťažené kombináciou krútenia a ohybu, teda krútiacim momentom M_k a ohybovým momentom M_o . Názorné zobrazenie hriadeľa (1) s kolesom (4) vyvolávajúci ohyb a krútenie je na obr.16.9, pričom hriadeľ je uložený v dvoch ložiskách (2, 3) a spojkom (5) je pripojený k ďalšiemu zariadeniu.

Pre jednotlivé druhy namáhania sa uvedené napäťovo-deformačné rovnice používajú jednak na stanovenie maximálneho napätia v



Obr.16.9. Kombinované namáhanie hriadeľa

nebezpečnom priereze súčiastky (nebezpečný prierez je prierez, v ktorom je najväčšie napätie, a vtedy i najväčšia pravdepodobnosť jej porušenia) – výpočet únosnosti súčiastky, alebo na dimenzovanie danej súčiastky – výpočet rozmerov súčiastky. V prípade kontroly únosnosti súčiastky je nutné dodržať podmienku, aby napätie v nebezpečných prierezoch neprekročilo príslušné dovolené napätie (σ_{Dt} , σ_{Do} , τ_{Ds} , τ_{Dk}). Pri dimenzovaní súčiastky na základe známeho zaťaženia (F , M_o , M_k) a dovoleného napätia zisťujeme potrebnú veľkosť prierezu (S , W_o , W_k) a z neho konkrétny rozmer danej súčiastky. Dovolené napätie závisí od použitého materiálu a volí sa tak, aby súčiastka mala určitú bezpečnosť proti trvalej deformácii alebo porušeniu. Na stanovenie dovoleného napätia podľa rovníc (16.5) je potrebné poznať mechanické vlastnosti použitého materiálu, a to: medzu skľuzu R_e alebo medzu pevnosti R_m (obr.16.11) alebo medzu únavy σ_C (obr.16.13). U súčiastok zaťažených statickou silou a vyrobených z húževnatých materiálov sa dovolené napätie vypočítava z medze skľuzu, kým u súčiastok vyrobených z krehkých materiálov z medze pevnosti

$$\sigma_D = \frac{R_e}{n}; \quad \sigma_D = \frac{R_m}{n}; \quad (16.5)$$

kde: n – je miera bezpečnosti, ktorá udáva koľko krát je dovolené napätie menšie než medza skľu, prípadne medza pevnosti daného materiálu.

16.2 Technické materiály

Pre výrobu súčiastok strojov, ako aj kompletných strojových zariadení máme k dispozícii veľký rozsah konštrukčných materiálov. Z toho dôvodu pri voľbe konkrétneho materiálu pre výrobu súčiastky je potrebné brať ohľad na:

- funkciu súčiastky v konštrukčnom zariadení,
- zaťaženie a namáhanie danej súčiastky v konštrukčnom zariadení,
- prevádzkové podmienky a pracovné prostredie, v ktorom bude súčiastka použitá,
- spôsob výroby súčiastky.

16.2.1 Delenie technických materiálov a ich charakteristika

Na základe mechanických a fyzikálnych vlastností, spôsobu výroby a vhodnosti ich konkrétneho použitia v strojárskych praxi, technické materiály delíme nasledovne:

❖ Kovové materiály

Tieto sa používajú na výrobu funkčne dôležitých a spravidla značne namáhaných súčiastok. Musia mať tomu zodpovedajúce fyzikálne a mechanické vlastnosti. Do tejto skupiny patria:

- Železné kovy:
 - o ocele na tvárnenie (spravidla obsah $C < 1,7 \%$),
 - o ocele na odliatky - zliatiny železa na odliatky (obsah $1,7 \% < C < 2,17 \%$),
 - o liatiny sivé – tvarovateľné (väčšina uhlíka je vo forme lupienkového grafitu),
 - o liatiny biele – temperované (po vychladnutí je uhlík vo forme karbidu železa).

- Neželezné kovy
 - o ťažké neželezné kovy (farebné kovy – *Cu, Zn, Pb, Sn, Ni, Co*)
 - o ľahké neželezné kovy (*Mg, Al, Ti, elektrón*).

❖ Nekovové materiály

Tieto materiály sa používajú na výrobu takých konštrukčných prvkov strojov a zariadení, ktoré sú vystavené len menšiemu zaťaženiu, resp. namáhaniu. O použití rozhodujú ich zvláštne fyzikálne vlastnosti (izolácia, tepelná vodivosť a pod.). Do tejto skupiny patria :

- Anorganické materiály
 - o prírodné materiály, ako napr. grafit, korund, diamant, azbest, čadič, slúda
 - o materiály umelo vyrobené z minerálov, ako napr. sklo, kamenina, porcelán, keramické materiály a pod.
- Organické materiály
 - o prírodné materiály, ako napr. drevo, korok, koža, textilné vlákna
 - o umelo vyrobené z prírodných surovín, ako napr. papier, vulkanizovaná kaučuková zmes (guma)
 - o syntetické materiály vyrobené chemickou syntézou – plasty (najdôležitejšie z nekovových materiálov)

Najdôležitejšie charakteristické vlastnosti technických materiálov sú uvádzané v normách, nazývaných materiálové listy. Z materiálových listov je možné zistiť podstatné vlastnosti materiálu, v ktorých sa predovšetkým uvádza:

1. Chemické zloženie – určuje fyzikálne vlastnosti, správanie sa materiálu pri rôznych teplotách, odolnosť proti korózii (korozivzdornosť), odolnosť voči žiaru (žiaruvzdornosť), možnosti použitia povrchovej ochrany a pod.
2. Fyzikálne vlastnosti – stanovujúmernú hmotnosť, tepelnú alebo elektrickú vodivosť, tepelnú rozťažnosť, objemovú stlačiteľnosť, magnetické alebo optické vlastnosti.
3. Mechanické vlastnosti – stanovujú napr. ťažnosť, pevnosť (v tlaku, ťahu, šmyku), medzu únavy, vrubovú húževnatosť, tvrdosť.
4. Technologické vlastnosti – charakterizujú obrábiteľnosť, zvariteľnosť, vhodnosť ich ďalšieho spracovania, vhodnosť na určitý druh tepelného spracovania.
5. Možnosť a vhodnosť použitia pre určité druhy rôzne namáhaných strojníckych súčiastok, resp. konštrukčných prvkov.

16.2.1.1 Ocele na tvarovanie

Ocele určené na tvarovanie sú ocelové materiály, u ktorých je hmotnostný podiel železa väčší ako podiel ktoréhokoľvek iného prvku, a ktoré všeobecne obsahujú menej než 2% C s obsahom aj iných prvkov. Odlievajú sa do kokíl v ktorých tuhnú. Následne sú určené k ďalšiemu spracovaniu tvárnením vo valcovniach na výrobu tzv. polotovarov (plechy a tyče rôznych profilov) alebo v kováčňach na výrobu výkovkov.

Základná značka ocelí na tvárnenie – 11 523.01 má päť čísiel oddelených bodkou od doplnkového čísla, ktoré je dvojmiestne.

Prvé číslo – 1 znamená, že ide o ocel' na tvarovanie.

Druhé číslo – 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 a 9 v spojení s prvým číslom označuje triedu ocele – 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 a 19.

Jednotlivé triedy ocele na tvárnenie podľa chemického zloženia (stupňa legovania) a podľa účelu použitia sú charakterizované nasledovne:

- trieda ocele 10
ocel' konštrukčná, uhlíková, nelegovaná¹, obvyklej (bežnej) akosti, s predpísanými hodnotami mechanických vlastností a s nezaručeným chemickým zložením;
konštrukčné súčiastky druhoradého významu, konštrukcie bez nosných zvarov, výstuž betónových konštrukcií, banské a poľné koľajnice;
- trieda ocele 11
ocel' konštrukčná, uhlíková, nelegovaná, obvyklej akosti, s predpísanými hodnotami mechanických vlastností a s predpísaným obsahom C, P, S, ako aj ďalších prvkov;
ocel' mimoriadne vhodná na obrábanie, na skrutky a matice; strojové súčiastky namáhané staticky a dynamicky, vystavené veľkému špecifickému (mernému) tlaku;
- trieda ocele 12
ocel' konštrukčná, uhlíková, nelegovaná, zušľachtená (zdokonalená na niečo), vhodná na cementovanie, s predpísanými hodnotami mechanických vlastností a s predpísaným obsahom C, P, S, ako aj ďalších prvkov;
súčiastky cestných motorových vozidiel, ozubené kolesá, kľukové hriadele, piestnice, ojnice, páky, zalomené hriadele spaľovacích a parných motorov, valce motorov;
- trieda ocele 13
ocel' konštrukčná, zušľachtená, legovaná² (zliatinová) spravidla prvkami Mn, Si, Mn – Si, Mn – V;
veľmi namáhané ploché pružiny, pružiny a perá motorových vozidiel a rozličných strojových zariadení; väčšie ozubené kolesá;
- trieda ocele 14
ocel' konštrukčná, zušľachtená, spravidla prvkami Cr, Cr – Al, Cr – Mn, Cr – Si, Cr – Mn – Si;
stredne namáhané súčiastky strednej pevnosti po zušľachtení, napr. zalomené hriadele, hriadele reťazových kolies, ojnice, čapy, nápravy;

¹ Nelegované ocele – sú to ocele, ktorých určujúce obsahy jednotlivých legovacích prvkov nedosahujú medzné obsahy uvádzané v tab. 16.1 uvedenej v norme STN EN 10020.

² Legované ocele – sú ocele, ktorých obsahy jednotlivých legovacích prvkov minimálne v jednom prípade dosahujú alebo prekračujú medzné obsahy uvedené v tab. 16.1. Zároveň sa delia na: nízko legované ocele – obsah legujúcich prvkov je menší ako 5%; stredne legované ocele – obsah legujúcich prvkov sa pohybuje od 5 do 10 %; vysoko legované ocele – obsah legujúcich prvkov je väčší ako 10 %.

- trieda ocele 15
ocel' konštrukčná, zušľachtená, legovaná spravidla prvkami Mo, Mn – Mo, Cr – Mo, Cr – V, Cr – W, Cr – Mo – V, Mn – Cr – V, Cr – Si – Mo – V, Cr – Mo – V – W;
veľmi namáhané strojové súčiastky a súčiastky cestných motorových vozidiel s veľkou pevnosťou, napr. zalomené hriadele, spojovacie hriadele, čapy;
- trieda ocele 16
ocel' konštrukčná, zušľachtená, legovaná spravidla prvkami Ni, Cr – Ni, Ni – V, Cr – Ni – Mn, Cr – Ni – V, Cr – Ni – W, Cr – Ni – Mo, Ni – V – W, Cr – Ni – V – W;
veľmi namáhané strojové určené na cementovanie s veľkou pevnosťou a húževnatosťou v jadre po kalení, na ktorých sa po kalení musia dodatočne vyrezať drážky pre klíny, otvory pre skrutky, závitý a pod., napr. ozubené kolesa prevodoviek, kľukové hriadele;
- trieda ocele 17
ocel' konštrukčná, zušľachtená, koróziivzdorná, žiaruvzdorná, žiarupevné, špeciálne, legovaná spravidla prvkami Cr, Ni, Cr – Ni, Cr – Mo, Cr – V, Cr – Al, Ni – V, Cr – Ni – Mo, Cr – Ni – Ti, Cr – Mo – V, Mn – Cr – Ni, Mn – Cr – Ti, Mn – Cr – V, Cr – Ni – Mo – V, Cr – Ni – Mo – W, ... , Cr – Ni – Mo – V – W – Ti;
nehrdzavejúce nože, chirurgické nástroje, meradlá, kalibre, ložiskové krúžky a guľky, žiaruvzdorná ocel' na použitie do teploty 1100°C, napr. na žiaruvzdorné zariadenie pre keramický a sklársky priemysel;
- trieda ocele 19
ocel' konštrukčná, zušľachtená, nástrojová – nelegovaná s predpísaným obsahom C, Mn, Si, P, S;
nástrojová – legovaná spravidla prvkami Cr, V, Cr – Ni, Cr – Mo, Cr – Si, Cr – V, Cr – Al, Cr – W, Cr – Ni – W, Cr – Ni – Mo – W, Cr – Ni – Mo – V, Cr – Ni – V – W, ... , Cr – Mo – V – W – Co;
nástroje na kamene, hlkoboľazné nástroje, ručné sekače a dlata, značkovacie razidlá, vrtáky, výstružníky, závitníky, závitnice, meradlá, matrice a tŕne na ťahanie rúr za studenú, preťahovacie tŕne, frézy, závitové frézy, nástroje na prácu za tepla, lisovacie tŕne, tvárnice na lisovanie tvarových súčiastok z neželezných kovov, bežné druhy nástrojov, nástroje na ťažko obrobiteľné materiály pri vyšších výkonoch.

Tab. 16.1. Medzný obsah legovacích prvkov

Prvok	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	W	Co	Mo	V	Ti	Al	Nb	Zr
[%]	0,90 ¹	0,50 ¹	0,30 ²	0,50	0,30 ²	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

1– Pokiaľ príslušný materiálový list nestanoví inak.

2– Neplatí pre ocel' triedy 11, pokiaľ príslušný materiálový list nestanoví inak.

Tretie a štvrté číslo udáva informáciu závislú od triedy ocele, napríklad:

- ocele triedy 10
 - o dvojčíslic 00 (tretie a štvrté číslica) označuje základnú akosť triedy 10 (obvyklých akostí),
 - o iné dvojčíslic ako 00 približne charakterizuje pevnosť v ťahu v 10MPa.
- ocele triedy 11

- o tretia číslica 1 označuje, že ocel' je mimoriadne vhodná na obrábanie (automatová ocel'),
- o štvrtá číslica u automatových ocelí charakterizuje stredný obsah uhlíka v desatinách percenta,
- o dvojčíslicie (u iných ocelí než automatových) dané treťou a štvrtou číslicou charakterizuje približne pevnosť v ťahu v 10MPa.
- ocele triedy 12 ÷ 16
 - o tretia číslica charakterizuje súčet stredného obsahu legovacích prvkov vyjadrených v percentách, zaokrúhlených na celé číslo,
 - o štvrtá číslica charakterizuje stredný obsah uhlíka v desatinách percenta.
- ocele triedy 17
 - o tretia číslica charakterizuje typ legovania ocele jednotlivými legovacími prvkami stanovených normou, (napr. 0 – ocele legované Cr, 1 – ocele legované Cr a ďalšími prvkami, 2 – ocele legované Cr–Ni a pod. pri použití čísiel 3, 4, 5, 6, 7, 8 a 9),
 - o štvrtá číslica charakterizuje obsah hlavných legovacích prvkov Cr, Mn, Ni podľa typu legovania.
- ocele triedy 19
 - o tretia číslica charakterizuje jednak nelegované ocele – 0, 1, 2 jednak typ legovania ocele jednotlivými legovacími prvkami stanovených normou – 3, 4, 5, 6, 7, 8 a 9,
 - o štvrtá číslica u nelegovaných ocelí vytvára s treťou číslicou dvojčíslicie charakterizujúce stredný obsah uhlíka v oceli nasledovne: 00 – 0,05 %C, ..., 09 – 0,50 %C; 10 – 0,55 %C, ..., 19 – 1,00 %C, 20 – 1,05 %C, ..., 29 ≥ 1,50 %C.

Prvé číslo – 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 a 9 v doplnkovej značke znamená stav ocele v závislosti od tepelného spracovania (tab.16.2). Druhé číslo – 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 a 9 udáva stupeň tvárnenia valcovaním za tepla a studena.

Tab.16.2. Význam prvej číslice doplnkového čísla

Prvá číslica doplnkového čísla	Stav ocele daný tepelným spracovaním
0	Tepelne nespracovaný
1	Normalizačne žihany
2	Žihany (s uvedením spôsobu žihania)
3	Žihany na mätko
4	Kalený alebo kalený a popustený pri nízkych teplotách
5	Normalizačne žihany a popustený
6	Zušľachtený na dolnú pevnosť*
7	Zušľachtený na strednú pevnosť*
8	Zušľachtený na hornú pevnosť*
9	Stavy, ktoré nemožno označiť číslom 1 až 8

Poznámka: *pevnosť obvyklá u príslušnej ocele

16.2.1.2 Ocele na odliatky

Sú to ocele určené na výrobu súčiastok odlievaním do žiaruvzdorných foriem. Ich vlastnosti sú podobné vlastnostiam ocelí na tvarovanie. Ide o zliatiny železa s C, Si, Mn a ďalšími prvkami, pričom obsah C nepresahuje 2,14 % hmotnostného podielu. Zliatiny so zvýšeným množstvom legujúcich prvkov predstavujú prechod medzi oceľami a liatinami, pričom tieto zliatiny sa obyčajne ešte spracovávajú tepelne. Ako legujúce prvky sa najčastejšie používajú: Al, Ni, Co, Cr, Cu, Ti, a Nb.

Zliatiny železa určené na odliatky sa delia nasledovne:

- a) nelegované zliatiny – obsahujú len sprievodné prvky a nevyhnutné množstvo prísad, ktoré sú dané spôsobom ich výroby,
- b) legované zliatiny, ktoré podobne ako ocele môžu byť nízkolegované, stredne legované a vysokolegované.

Ocele na odliatky sa označujú základným šesťmiestnym číslom, napr. 42 2631, kde:

- prvé dvojčísle 42 pojednáva o triede normy – hutníctvo,
- druhé dvojčísle 26 naznačuje, že ide o uhlíkovú oceľ na odliatky, alebo 27, 28 a 29 naznačuje, že ide o legovanú oceľ na odliatky,
- tretie dvojčísle rozlišuje jednotlivé materiály a charakterizuje u nelegovaných ocelí na odliatky pevnosť materiálu v ťahu a u legovaných ocelí na odliatky udáva skupinu legovacích prvkov stanovených podľa normy.

Najčastejšie použitie uhlíkových ocelí na odliatky – strojové súčiastky, odliatky na mostové konštrukcie, veľmi namáhané strojové súčiastky, súčiastky pre letecký priemysel, armatúry pre pracovné teploty do $+400^{\circ}\text{C}$, súčiastky elektrických strojov.

Najčastejšie použitie zliatinových ocelí na odliatky – ozubené kolesá a pastorky, súčiastky parných turbín, súčiastky drvičov (čeluste, drviace kužele), odliatky pre vysoký tlak (tlakové nádoby), na parné centrály, kotly a armatúry pre vysoké tlaky a teploty do 525°C , strojové súčiastky vystavené opotrebeniu a kavitácii (porušovanie povrchu rýchlo prúdiacou kvapalinou) v korozívnom prostredí (voda, vodná para), odliatky odolné proti žiaru (súčiastky častí pecí a pecí), ktoré nie sú pevnostne namáhané, náradie pre chemický, potravinársky, ťažársky priemysel a pod.

16.2.1.3 Liatiny

Pretavením surového železa, kovového odpadu a prísad v zlievárenských peciach sa získavajú liatiny, u ktorých hmotnostný podiel obsahu C presahuje 2,14 %. Vlastnosti liatiny udáva spôsob vylúštenia grafitu. Z toho pohľadu sa delia na:

- a) sivé liatiny – zliatiny železa s C, Si, Mn a ďalšími prvkami, pričom väčšina uhlíka je vylúštená ako lupienkový grafít. Vykazujú sivý lom, čím je daný aj ich názov,
- b) sivé liatiny očkované – vzniknú zo sivej liatiny špeciálnym očkovaním najmä prísadou Mg. Takto vznikne húževnatá tvarovateľná liatina s vyššou pevnosťou, odtiaľ jej názov aj tvárna liatina,
- c) biele liatiny – sú zliatiny železa s C, Si, Mn a ďalšími prvkami, ktoré po rýchlom chladnutí obsahujú C v podobe karbidu železa. Preto sú veľmi tvrdé a značne

odolné proti opotrebovaniu, avšak sú zle obrábatel'né. Vykazujú biely lom, od čoho je odvodený aj ich názov,

- d) temperovaná liatina – vznikne z bielej liatiny primeraným tepelným spracovaním. Takto upravená biela liatina je dobre obrábatel'ná.

Sivé a tvárne liatiny sa označujú základným šesťmiestnym číslom, napr. 42 2410, kde:

- prvé dvojčíslenie 42 pojednáva o triede normy – hutníctvo,
- druhé dvojčíslenie 23 naznačuje, že ide o tvárnu liatinu, kým 24 naznačuje, že ide o sivú liatinu,
- tretie dvojčíslenie u tvárnych liatin rozdeľuje liatiny na nelegované (dvojčíslenie 00 až 39) a legované (40 až 99),
- tretie dvojčíslenie u sivých liatin rozdeľuje liatiny na nelegované (dvojčíslenie 00 až 59) a legované (60 až 99).

Najčastejšie použitie sivých a tvárnych liatin – tenkostenné odliatky od 4 do 15mm, súčiastky hospodárskych strojov, veká, ložiská, remenice, odliatky hrúbky od 5 do 100mm, valce motorov, veľmi namáhané súčiastky, ozubené kolesá, telesá čerpadiel, súčiastky poľnohospodárskych strojov, skrine prevodoviek, ložiskové telesá, súčiastky namáhané staticky a dynamicky, súčiastky odolné proti oteru, náčkové hriadele, súčiastky vystavené vysokým teplotám.

Temperované liatiny sa označujú základným šesťmiestnym číslom, napr. 42 2531, kde:

- prvé dvojčíslenie 42 pojednáva o triede normy – hutníctvo,
- druhé dvojčíslenie 25 naznačuje, že ide o temperovanú liatinu,
- tretie dvojčíslenie u tvárnych liatin rozdeľuje liatiny na nelegované (dvojčíslenie 00 až 39) a legované (40 až 99)
- tretie dvojčíslenie vyjadruje najmenšiu pevnosť v ťahu v desiatkach MPa.

Najčastejšie použitie temperovaných liatin – stavebné kovanie, kľúče na kohúty, skrutkové kľúče, menšie namáhané strojové súčiastky, odliatky pre textilné, poľnohospodárske a obrábacie stroje, odliatky pre železničné vozne a traktory, dieselové stroje, šijacie stroje, kompresory, staticky veľmi namáhané odliatky na špeciálne účely, odliatky s hrúbkou 3 až 30mm.

16.2.1.4 Normalizácia kovových materiálov – systémy označovania ocelí

Nakoľko na výrobu súčiastok a zariadení sa používajú predovšetkým kovové materiály a to hlavne ocele a liatiny, ťažké a ľahké kovy, zaviedlo sa ich normalizované označovanie. Už zo samotnej značky (označenia) materiálu je spravidla možné zistiť :

- druh materiálu – oceľ, liatina, hliník, meď a pod.,
- kvalitu a niektoré vlastnosti – pevnosť, resp. medza klzu, chemické zloženie, vhodnosť na zváranie a pod.,

- príslušný stav materiálu – normálny, žíhaný, zušľachtený, kalený a pod.,
- doplňujúci údaj vzťahujúci sa na rozmery polotovarov vyrobených z daného materiálu

V súčasnosti sa ešte, predovšetkým v rôznych tabuľkách a staršej literatúre, stretávame s tzv. pôvodným označovaním materiálov, ktoré je dané číselným značením určeným systémom bývalých československých noriem ČSN (neskoršie prevzatých do systému noriem STN). „Nové“ označovanie materiálov vychádza zo systému určeného európskymi normami EN, ktoré už bolo, resp. sa postupne preberá do systému noriem STN.

Označovanie ocelí podľa pôvodnej ČSN, resp. STN.

Označovanie ocelí podľa STN EN 10027-1 (Značky ocelí, základné symboly)

Pôjde o označovanie ocelí tzv. skráteným názvom, resp. skráteným označením s prídavnými symbolmi, alebo číslom ocele, ktoré prideluje Európsky registračný úrad.

- I. Skrátený názov – pozostáva z charakteristických písmen a číslíc. Písmená a číslice sú zvolené tak, aby vyjadrovali základné charakteristické znaky, napr. hlavné oblasti použitia, určité mechanické a fyzikálne vlastnosti alebo chemické zloženie materiálu. Používa sa nasledovná skladba značiek ocelí:

- A. označovanie ocelí podľa ich použitia a ich mechanických vlastností

Značka pozostáva: základný symbol (S, P, L, E, B, Y, R, H) + prídavné číslo

PČ1 – číslo zodpovedajúce minimálnej medzi klzu R_e [MPa];

PČ2 – číslo zodpovedajúce hodnote medzi klzu R_e [MPa];

PČ3 – číslo zodpovedajúce min. pevnosti v ťahu R_m [MPa];

S – konštrukčné ocele na oceľové konštrukcie + PČ1,

P – ocele na tlakové zariadenia + PČ1,

L – ocele na potrubia + PČ1,

E – ocele na strojové súčiastky + PČ1,

B – ocele na výstuž do betónu + PČ2,

Y – ocele na predpätú výstuž do betónu + PČ3,

R – ocele na koľajnice alebo vývalky + PČ3,

H – ploché výrobky valcované za studena + PČ3.

Príklad označenia konštrukčnej ocele určenej na oceľovú konštrukciu pre rôzne hodnoty medze klzu ocele: S235, S275, S355.

- B. označenie ocelí na základe ich chemického zloženia

- nelegované ocele so stredným obsahom Mn < 1 %

značka pozostáva: C + číslo = 100 x stredný obsah C v %; napr. C120

- nelegované ocele so str. obsahom Mn $\geq$ 1 %

značka pozostáva: číslo = 100 x stredný obsah C v % + chemická značka legujúcich prvkov + číslo udávajúce obsah legujúcich prvkov v %; napr. 14MoV6 3

- legované ocele s hmotnostným obsahom minimálne jedného legujúceho prvku > 5 %;
značka pozostáva: X + číslo = 100 x str. obsah C v % + chemické značky + čísla udávajúce obsah legúr v % vynásobený koeficientom podľa tabuľky v norme a zaokrúhlený na najbližšie celé číslo; napr. X20 Cr Mo V12 1;
- rýchlorezné ocele:
značka pozostáva: HS + číslo s percentuálnym obsahom legujúcich prvkov W, Mo, V, Co: HS %W-%Mo-%V-%Co; napr. HS 12-1-5-5;

C. označenie ocelí na odliatky

pre ocele určené na odlievanie sa pred značku ocele dopĺňa písmeno G, napr. GS235.

II. Číselný systém –označovania ocelí používa čísla ocelí, ktoré prideliuje Európsky registračný úrad, pričom každé číslo musí zodpovedať len jednému druhu, resp. typu ocele.

Štruktúra číselného označenia ocelí je nasledovná: 1. XX XX (XX)

pričom: prvé číslo charakterizuje číslo skupiny materiálu, kde 1 – oceľ (2 až 9 – iný materiál),

prvé dvojčíslenie charakterizuje číslo skupiny ocelí (podľa tabuľky),

druhé dvojčíslenie charakterizuje poradové číslo čísla v zátvorke sú pre budúce použitie.

Napríklad: konštrukčnej oceli S235 zodpovedá číselné označenie 1.0254 a oceli S355 zodpovedá číselné označenie 1.0421.

III. Skrátené označovanie s prídavnými symbolmi podľa STN EC/SS IC 10

Dané označenie vychádza zo základných symbolov podľa EN 10027-1 a pridáva prídavné symboly podľa IC 10.

Príklad : Označenie konštrukčných ocelí určených pre oceľové konštrukcie je S235JRG1, S235J2G3, S275JR, S275J2G3, S355K2G3.

Tak napríklad označenie ocele S275JR znamená, že ide o oceľ určenú pre oceľové konštrukcie (S), ktorá má minimálnu medzu klzu 275 MPa (275) a vrubovú húževnatosť 27 pri teplote +20 °C (JR).

16.3 Vlastnosti technických materiálov

Pri voľbe materiálu pre ľubovoľnú strojnícku súčiastku vychádzame z vlastností mechanických (medza pevnosti, medza pružnosti, medza únavy, tvrdosť, húževnatosť, ťažnosť a pod.), technologických (obrobiteľnosť, zvariteľnosť a pod.), fyzikálnych (bod tavenia, tepelná rozťažnosť, tepelná a elektrická vodivosť a pod.) a chemických (chemické zloženie, schopnosť chemických reakcií s inými materiálmi a pod.).

Požadované vlastností u každého materiálu sa zisťujú a overujú skúškami. Mimoriadne dôležité pre konštruktérov sú mechanické skúšky materiálov.

16.3.1 Mechanické skúšky technických materiálov

Podľa rýchlosti pôsobenia zaťažujúcich síl mechanické skúšky delíme na:

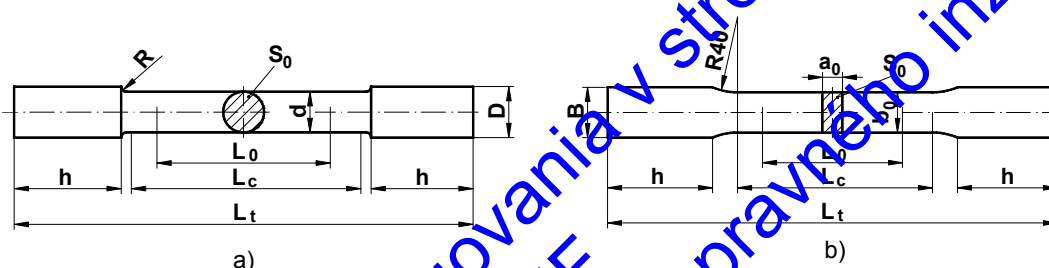
- statické – zaťažujúca sila je konštantná alebo pokojne vzrastajúca,
- dynamické – zaťažujúca sila rastie skokom, čiže ide o dynamické nárazové namáhanie, alebo zaťažujúca sila je v čase periodicky premenná, čiže ide o únavové namáhanie.

Pri statických skúškach zaťažujúca sila spôsobuje postupnú deformáciu skúšobnej tyče, až kým sa skúšobná tyč poruší. Skúšky sa uskutočňujú na ťah, tlak, ohyb, krútenie a strih. Najčastejšia z mechanických skúšok je skúška na ťah, pri ktorej sa určujú nasledujúce charakteristiky mechanických vlastností materiálu: medza sklzu – R_e , medza pevnosti – R_m , pomerné predĺženie – ε , ťažnosť – A a kontrakcia – Z .

Skúšobné tyče môžu byť valcové (obr. 16.10 a) s prierezom S_0 , priemerom d a začiatočnou dĺžkou L_0 alebo ploché (obr. 16.10 b) o rozmeroch S_0 , b_0 , a_0 a L_0 . S rastúcou silou F dochádza k predĺženiu tyče a zároveň aj k zmenšeniu prierezu v nebezpečnom priereze. Zaťažujúca sila vyvolá v skúšobnej tyči ťahové napätie σ_t (MPa), ktoré sa vzťahuje k jej počiatočnému prierezu S_0 , pričom

$$\sigma_t = \frac{F}{S_0}, \quad (16.6)$$

kde: F (N) je zaťažujúca sila; S_0 (mm²) – pôvodný prierez skúšobnej tyče.



Obr. 16.10. Skúšobné tyče pre skúšky ťahom

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}, \quad (16.7)$$

kde: L (mm) je okamžitá dĺžka skúšobnej tyče,

L_0 (mm) – pôvodná dĺžka skúšobnej tyče.

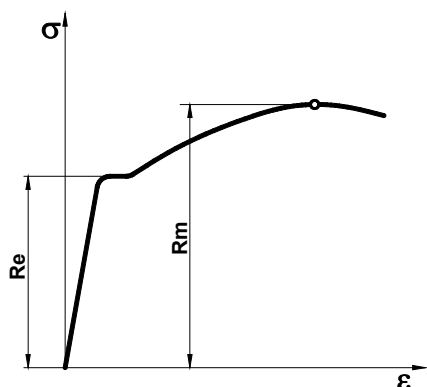
Vynesením závislosti napätia na pomernom predĺžení vznikne tzv. pracovný diagram ťahovej skúšky. Na obr. 16.11 je znázornený pracovný diagram ťahovej skúšky húževnatej konštrukčnej uhlíkovej ocele.

Z diagramu ťahovej skúšky sa určuje:

- medza pevnosti R_m (MPa) – napätie zodpovedajúce najväčšiemu zaťaženiu

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}, \quad (16.8)$$

kde: F_m (N) je najväčšia zaťažujúca sila, pri ktorej ešte nedôjde k porušeniu skúšobnej tyče,



Obr. 16.11. Pracovný diagram ťahovej skúšky

- medza klzu R_e (MPa) – predstavuje napätie, pri ktorom sa skúšobná tyč deformuje bez zväčšovania ťahového zaťaženia, začiatok makroplastickej deformácie,
- ťažnosť A – je charakterizovaná pomerným predĺžením po pretrhnutí tyče v percentách

$$A = \frac{L_U - L_0}{L_0} \cdot 100 (\%), \quad (16.9)$$

kde: L_U (mm) je dĺžka skúšobnej tyče po pretrhnutí,

- kontrakcia Z – predstavuje pomer rozdielu počiatočnej a najmenej plochy prierezu po pretrhnutí k počiatočnej ploche prierezu

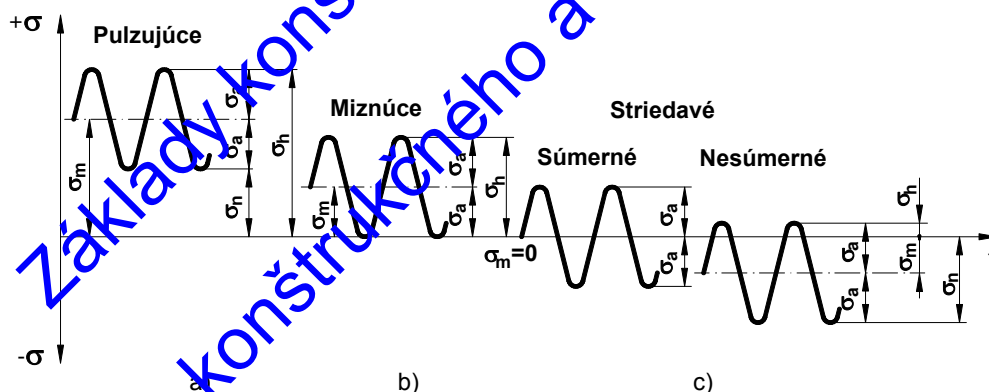
$$Z = \frac{S_0 - S_U}{S_0} \cdot 100 (\%), \quad (16.10)$$

kde S_U (mm²) je najmenšia plocha prierezu po pretrhnutí tyče.

Pri dynamických skúškach sa zisťujú ďalšie mechanické vlastnosti materiálov, a to: húževnatosť a medza únavy.

U strojových súčiastok sa veľmi často vyskytujú náhle zmeny tvaru, ktoré spôsobujú koncentráciu napätia. Tieto zmeny tvaru sa nazývajú *vruby* a výrazne ovplyvňujú medzu únavy materiálu. K vrubom patria drážky, zápichy, osadenia, závitý a pod.

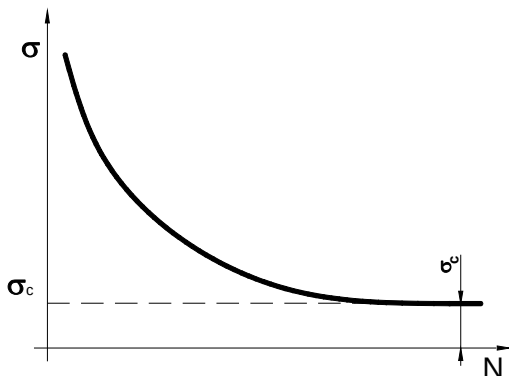
Vrubová húževnatosť materiálu sa zabezpečuje nárazovou skúškou v ohybe, pri ktorej sa skúšobná tyč predpísaného tvaru a rozmeru preráža kyvadlovým kladivom jedným nárazom. Práca spotrebovaná na prerazenie vzorky predstavuje vrubovú húževnatosť materiálu.



Obr. 16.12. Priebehy napätia pri únavovom namáhaní

Dlhodobé dynamické skúšky, ktoré do značnej miery napodobňujú prevádzkové podmienky, voláme únavové skúšky materiálov. Pri únavových skúškach je zaťažujúca sila v čase periodicky premenná. Dlhodobé únavové namáhanie, charakterizované kmitaním amplitúdy napätia $\pm\sigma_a$ okolo určitého stredného napätia σ_m , môže prebiehať v rôznych napäťových oblastiach (obr. 16.12). Skúšky ukázali, že v prípade dlhodobého premenlivého zaťaženia materiálu dochádza k jeho porušeniu pri menšom napätí než je jeho statická pevnosť. Daná skutočnosť je charakterizovaná tzv. únavou materiálu.

Väčšina súčiastok je v prevádzke namáhaná premenlivým zaťažením a následkom únavy materiálu dochádza k únavovému lomu daných súčiastok.



Obr. 16.13. Priebeh Wöhlerovej krivky

Únavová skúška slúži k stanoveniu Wöhlerovej krivky (únavovej krivky) a následne medze únavy σ_c pre striedavý súmerný cyklus zaťaženia (obr. 16.13). Medza únavy predstavuje najväčšie kmitavé napätie $\sigma_m \pm \sigma_a$, pri ktorom skúšobná tyč ešte vydrží predpísaný počet cyklov N . Pre ocele je stanovený počet cyklov $N=10^7$.

Tvrdosť materiálu predstavuje jeho ďalšiu mechanickú vlastnosť. Skúškou tvrdosti sa hodnotí odpor skúšaného materiálu proti vnikaniu určitého telieska (oceľovej kalenej guľôčky, diamantového kužela, diamantového štvorbokého ihlana), pričom sa meria deformácia povrchu pri určitých normalizovaných podmienkach.

Používajú sa tri typy skúšok tvrdosti:

- Skúška tvrdosti podľa Brinella – pri danej skúške sa do materiálu vtlačá oceľová kalená guľôčka priemeru D do skúšaného povrchu predpísanou silou F a zmeria sa priemer vytlačenej jamky d po odľahčení. Označenie je napr. 120 HB.
- Skúška tvrdosti podľa Rockwella – pri danej skúške sa do materiálu vtlačá oceľová kalená guľôčka priemeru 1,50 mm, resp. diamantový kužel s vrcholovým uhlom 120° . Meradlom tvrdosti je hĺbka trvalého vtlačenia e v jednotkách Rockwella. V praxi sa používa metóda HRB (pre mäkké materiály), HRA a HRC (pre tvrdé materiály). Spôsob označenia je napr. HRC 60.
- Skúška tvrdosti podľa Vickersa – pri danej skúške sa do materiálu vtlačá štvorboký ihlan s uhlom stien $136^\circ \pm 0,5^\circ$ s predpísaným zaťažením F a zmeraním diagonál vtlačenia d_1 a d_2 . Spôsob označenia je napr. HV 185.

16.4 Stanovenie napätia v nosnom priereze strojových súčiastok pri rôznych druhoch spojenia

16.4.1 Napätie v skrutkovom priereze pri rozoberateľnom spojení

Pri montáži rozoberateľných skrutkových spojení najčastejšie je priebežná skrutka namáhaná ťahom, teda silou pôsobiacou v smere osi skrutky. V niektorých prípadoch sa

stáva, že skrutka je okrem ťahového³ zaťaženia namáhaná prídavným ohybom⁴, prípadne prídavným krútením⁵.

V prípade namáhania skrutky ťahom, ohybom a zároveň aj krútením pre výsledné napätie platí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_o)^2 + 3 \cdot \tau_k^2} \leq \sigma_{Dt}, \quad (16.11)$$

pričom:

σ_t (MPa) – je ťahové napätie,

σ_o (MPa) – ohybové napätie,

τ_k (MPa) – napätie v krútení,

σ_{Dt} (MPa) – dovolené napätie; pre dovolené napätie v uvedených prípadoch platí:

$$\sigma_{Dt} = R_e / k, \text{ kde: } k = 1,5 \div 2,5.$$

V prípade namáhania skrutky silou kolmou na jej os sa musí aplikovať lícovaná skrutka. Pri aplikácii lícovanej skrutky jej driek je zaťažený strihom a otláčením (tlakom):

$$\tau_s = \frac{F}{S_{dr}}, \quad \sigma_d = \frac{F}{S_{dr}^*}, \quad (16.12)$$

pričom:

F (N) – je zaťažujúca sila,

S_{dr} (m²) – prierez drieku pre strihové napätie ($S_{dr} = \pi \cdot d_{dr}^2 / 4$),

S_{dr}^* (m²) – plocha drieku pre tlakové napätie ($S_{dr}^* = l^* \cdot d_{dr}$, kde l^* – je dĺžka drieku skrutky len jednej časti spojenia, teda hrúbka jedného plechu).

16.4.2 Napätie v priereze spojovacích čapov pri rozoberateľnom spojení

Klasickým príkladom spoja so spojovacím čapom je spojenie vonkajšej vidlice s vnútornou tyčou. Pri prenose vonkajšieho zaťaženia sú namáhané ohybom, strihom a otláčením, z čoho pre uvedené napätia platí:

$$\sigma_o = \frac{M_{o max}}{W_o}; \quad \tau_s = \frac{F}{2 \cdot S}; \quad \sigma_{d1} = \frac{F}{d \cdot l_1}; \quad \sigma_{d2} = \frac{F}{2 \cdot d \cdot l_2}; \quad (16.13)$$

pričom:

$M_{o max}$ (N.m) – je maximálny ohybový moment, ktorým ja zaťažený čap,

W_o (m³) – prierezový modul čapu v ohybe,

F (N) – zaťažujúca sila,

S (m²) – prierez čapu,

d (m) – priemer čapu, l_1 (m) – hrúbka vnútornej tyče, l_2 (m) – hrúbka vidlice.

³ Prieběžná skrutka nesmie byť zaťažená strihom.

⁴ Prídavným ohybom je skrutka namáhaná v dôsledku nerovnobežných dosadacích – stykových plôch matice alebo hlav skrutky a spojovaných súčiastok.

⁵ Príkladom takéhoto spoja je napr. aplikácia napínacej skrutky alebo napínacej matice. Skrutka je v danom prípade zaťažená stálou osovou silou F_Q a pri doťahovaní skrutky, prípadne matice dôjde k prídavnému namáhaniu skrutky na krútenie.

16.4.3 Napätie v priereze spojovacích kolíkov, klinov a pier pri rozoberateľnom spojení

Spojovacie kolíky slúžia predovšetkým k zabezpečeniu vzájomnej polohy súčiastok bez vonkajšieho zaťaženia.

V niektorých prípadoch, a to pri nižších zaťaženiach, plnia kolíky aj funkciu spojovacie. V dôsledku danej skutočnosti pri prenose silového – F , prípadne momentového – M_k účinku z jednej súčiastky na druhú, prierez spojovacieho kolíka je zaťažený napätím v strihu τ_s a otláčením σ_d .

$$\tau_s = \frac{F}{S_s}; \quad \sigma_d = \frac{F}{S_t}; \quad (16.14)$$

pričom:

$F (N)$ – je zaťažujúca sila,

$S_s (m^2)$ – prierez kolíka v strihu, $S_t (m^2)$ – prierez kolíka v otláčení.

Pozdĺžne spojovacie klíny sa používajú k rozoberateľnému spojeniu strojových súčiastok. Slúžia na prenos záťažového krútiaceho momentu pri spojení hriadeľa s nábojom. Zaťaženie spoja sa prenáša súčasne tvarovou väzbou a v prevažnej miere trecími silovými účinkami. Trenie, ktoré vzniká súčasne v stykových plochách hriadeľa a náboja, zabezpečuje polohu spojovanej súčiastky na hriadeli. Hlavne prenáša krútiaci moment z hriadeľa na súčiastku alebo tiež opačne.

Pozdĺžny klin je prevažne namáhaný len na otláčenie v hornej a dolnej ploche, ktorými sa dotýka s nábojom a hriadelom. Pri správne narázenom klíne nie sú boky klína namáhané (alebo len veľmi málo) na otláčenie. Veľkosť tlaku p sa nedá presne zistiť, nakoľko je závislá od sily F_z , ktorou bol klin narázený.

Spoje s pozdĺžnym klinom nie sú vhodné pre hriadele uložené vo valivých ložiskách a pre prenášanie striedavého krútiaceho momentu.

$$p = \frac{F_z}{(\tan \gamma + 2f) \cdot l \cdot b}, \quad (16.15)$$

pričom:

$F_z (N)$ – je narážacia sila,

$l (m)$ – dotyková dĺžka súčiastky s klinom,

$b (m)$ – šírka klína,

$f (-)$ – súčiniteľ trenia,

$\gamma (^{\circ})$ – uhol zhlbkmenia klína (pre normalizovaný úkos 1:100 je $\gamma = 0,573^{\circ}$).

Perá umožňujú prenášať len záťažový krútiaci moment M_k z hriadeľa na náboj. V praxi sa najčastejšie používajú hlavne perá tesné.

Napätie v otláčení σ_d (tlak) v dotykových plochách pera a hriadeľa, resp. náboja, ako aj strihové napätie τ_s , pri prenose záťažového krútiaceho momentu M_k vyjadríme vzťahom (16.16):

$$\sigma_d = \frac{4M_k}{h \cdot l_p \cdot d}; \quad \tau_s = \frac{2M_k}{b \cdot l_p \cdot d}; \quad (16.16)$$

pričom:

$M_k (N.m)$ – je záťažový krútiaci moment sila,

$h (m)$	–	hrúbka pera,
$b (m)$	–	šírka pera,
$l_p (m)$	–	dĺžka pera,
$d (m)$	–	priemer hriadeľa.

16.4.4 Napätie v prierezoch zvarov pri nerozoberateľnom spojení

Zvarové spoje sú nerozoberateľné, a takto spojené súčiastky tvoria tuhý celok. Podľa tvaru a polohy styčných plôch spojovaných súčiastok poznáme zvary tupé, kútové, dierové, bodové a lemové.

V prípade, keď pôsobí súčasne v nosnom priereze tupého zvaru viac druhov napätí, hodnotí sa zaťaženie pomocou zrovnávacieho (výsledného) napätia σ_{zr} , ktoré sa vypočíta zo vzťahu:

$$\sigma_{zr} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\perp}}{\alpha_{\perp}}\right)^2 + \sigma_{\parallel}^2 - \frac{\sigma_{\perp} \cdot \sigma_{\parallel}}{\alpha_{\perp}} + 3 \cdot \left(\frac{\tau}{\alpha_{\tau}}\right)^2}, \quad (16.17)$$

pričom:

- $\sigma_{\perp} (MPa)$ – je normálové napätie od zaťaženia ťahovou silou kolmo na smer zvaru,
- $\tau (MPa)$ – šmykové napätie vyvolané silou pôsobiacou v smere dĺžky zvaru,
- $\sigma_{\parallel} (MPa)$ – normálové napätie vyvolané silou pôsobiacou v smere dĺžky šikmého zvaru,
- $\alpha (-)$ – prevodový súčiniteľ tupého zvaru pre príslušný druh napätia.

Pokiaľ je zvarový spoj namáhaný krútiacim momentom M_K , potom je z konštrukčného hľadiska výhodnejšie, aby nosný prierez mal tvar medzikružia. Únosnosť spoja sa tým výrazne zvýši. Krútiace napätie τ_K pre tupý zvar bude vyjadrené vzťahom:

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K}, \quad (16.17)$$

pričom:

- $M_K (N.m)$ – je záťažový krútiaci moment síla,
- $W_K (m^3)$ – prierezový modul v krútení zvarovaných súčiastok.

Pevnostné hodnotenie kútových zvarov je veľmi komplikovaná záležitosť. Podstata problému spočíva v obecnej polohe nosného prierezu zvaru vzhľadom k zaťaženiu. Nosný prierez kútového zvaru je sklonený pod 45° vzhľadom na smer pôsobenia zaťažujúcej sily. V nosnom priereze vzniká maximálne šmykové napätie, ktoré má rozhodujúci vplyv na pevnosť kútových zvarov.

V prípade, keď pôsobí v nosnom priereze viac druhov napätí, potom zrovnávacie napätie σ_{zr} je charakterizované vzťahom:

$$\sigma_{zr} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{\alpha_{\tau\perp}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel}}{\alpha_{\tau\parallel}}\right)^2}, \quad (16.18)$$

pričom:

$\tau_{\perp} (MPa)$ – je šmykové napätie od zaťaženia ťahovou silou kolmou na smer zvaru,

$\tau_{\parallel} (MPa)$ – šmykové napätie vyvolané silou pôsobiace v smere dĺžky zvaru,

$\alpha_T (-)$ – prevodový súčiniteľ kútového zvaru pre príslušný druh napätia.

V prípade zaťaženia kútového zvaru ohybovým M_O , prípadne krútiacim M_K momentom, pre príslušné napätia platí:

$$\tau_{o\perp} = \frac{M_O}{W_O}; \quad \tau_{k\parallel} = \frac{M_K}{W_K}; \quad (16.19)$$

pričom:

$\tau_{o\perp} (MPa)$ – je šmykové napätie vyvolané ohybovým momentom,

$\tau_{k\parallel} (MPa)$ – šmykové napätie vyvolané krútiacim momentom,

$W_O (m^3)$ – prierezový modul v ohybe zváraných súčiastok,

$W_K (m^3)$ – prierezový modul v krútení zváraných súčiastok.

16.4.5 Napätie v priereze nitov pri nerozoberateľnom spojení

Nitové spoje vytvárajú nerozoberateľné spojenie pomerne tenkých plechov, pásov, valcovaných tyčí a pod. Podstatou nitového spojenia je zovretie spojovaných súčiastok medzi dve hlavy nitu. V bežnej technickej praxi je nitové spojenie vytláčane zvarovým spojením. Majú ale veľký význam v špecifických konštrukciách dlhodobo namáhaných premenlivým zaťažením s veľkým počtom kmitov⁶.

V dôsledku pôsobenia zaťaženia nity sú namáhané na strih a otláčenie. Z toho pre strihové napätie τ_s a napätie v otláčení σ_{otl} platí:

$$\tau_s = \frac{F}{S \cdot i \cdot n}; \quad \sigma_{otl} = \frac{F}{i \cdot d \cdot t_{min}}; \quad (16.20)$$

pričom:

$F (N)$ – je sila zaťažujúca skupinu nitov,

$S (m^2)$ – strižný prierez nitu,

$i (-)$ – počet nitov,

$n (-)$ – počet strižných plôch jedného nitu,

$d (m)$ – priemer nitu,

$t_{min} (m)$ – hrúbka najtenšej spojovanej súčiastky.

⁶ Tak napr. u zváraných konštrukcií zaťažených premenlivým zaťažením s veľkým počtom kmitov môže dôjsť v pomerne krátkej dobe k dosiahnutiu medze únavy a v dôsledku toho k porušeniu spoja.

LITERATÚRA

1. BOHÁČEK, F. a kol.: Základy strojnictví. SNTL, Praha 1989.
2. BOLEK, A.– KOCHMAN, J. a kol.: Části strojů, 1. svazek. SNTL, Praha 1989.
3. ČERNOCH, S.: Strojně technická příručka I., II. SNTL, Praha 1968.
4. ČILLÍK, L. a kol.: Úvod do konštruovania. Základné normy na tvorbu technickej dokumentácie. Zobrazovanie a kótovanie. Skriptá VŠDS. ES VŠDS, Žilina 1996.
5. DRASTÍK, F.: Přesnost strojních součástí podle mezinárodních norem. Tolerování rozměrů a geometrických vlastností. Montanex, Ostrava 1996.
6. DRASTÍK, F.: Technické kreslení podle mezinárodních norem I. Pravidlá tvorby výkresu ve strojírenství. Montanex, Ostrava 1996.
7. FIALA, J.– BERB. A.–MATOŠKA. Z.: Stojnické tabulky 1, 2, 3. SNTL, Praha 1987-89.
8. GLÉZL, Š.–PAŽÁK, A.–SRNÁNEK, M.–LACKO, P.: Základy strojnictva. Alfa, Bratislava 1986.
9. HALKO, J – PAVLENKO, S.: Návrh reduktorov, remeňových a reťazových prevodov : Učebné texty pre denné a externé štúdium. 1. vyd. Prešov : FVT TU, 2007. 214 s. ISBN 978-80-8073-956-0.
10. HALKO, J.–PAVLENKO, S.: Navrhovanie pohonov s ozubenými, remeňovými a reťazovými prevodmi. 1. vyd. Prešov : FVT TU, 2007. 216 s. Internet: <www://tuke.sk> ISBN 978-80-8073-976-8.
10. HOMIŠIN, J.: Základy strojného inžinierstva. Skriptá, Olympia, Košice 1993.
11. HOMIŠIN, J.: Základy strojného inžinierstva. Skriptá, Elfa s.r.o., Košice 1996.
12. HOMIŠIN, J. a kolektív: Základy strojného inžinierstva. Vienaľa, Košice 2001. ISBN 80-7165-359-4.
13. HOMIŠIN, J. a kolektív: Základy strojného inžinierstva. Vienaľa, Košice 2003, Druhé vydanie. ISBN 80-7165-359-4.
14. Katalóg: Valivé a kľzné ložiská. ZVL-ZKL a.s. Žilina, 1992.
15. KŘÍŽ, R.– VÁVRA, P.: Strojírenská příručka. 5. svazek. Scienia, s.r.o., Praha 1994.
16. KRÁL, Š. a kol.: Časti a mechanizmy strojov I. STU v Bratislave 1998.
17. KRÁL, Š. a kol.: Základy konštruovania a technická dokumentácia. STU Bratislava 2007. ISBN 978-80-227-2644-3.
18. LEINVEBER, J.–ŘASA, J.–VÁVRA, P.: Strojnické tabulky. Scientia s.r.o., Praha 1999.
19. MEDVECKÝ, Š.–ČILLÍK, L.–BARYSZ, I.–ŽARNAY, M.–HRČEKOVÁ, A.–ROMČEK, J.–KUČERA, L.: Základy konštruovania. Edis- vydavateľstvo ŽU, 1999.

20. Medzinárodné normy ISO, EN a národné normy STN citované v jednotlivých kapitolách publikácie.
21. PAVLENKO, S.–HALKO, J.: Navrhovanie súčastí strojov a zariadení. 1. vyd. Prešov : FVT TU v Prešove, 2007. 307 s. ISBN 978-80-8073-975-1.
22. TARBAJOVSKÝ, J. a kol.: Základy strojnictva. Skriptá - zbierka úloh a zadaní programov. Alfa, Bratislava 1990.
23. TARBAJOVSKÝ, J.: Technické výkresy I. Pre strojárstvo a príbuzné odbory. Všeobecná časť. Alfa-press, s.r.o., Bratislava 1997.
24. TREBUŇA, F–ŠIMČÁK, F–JURICA, V.: Pružnosť a pevnosť I. Vienaľa, Košice 2000.
25. VESELOVSKÝ, J.: Základy zobrazovania súčiastok v technickom kreslení. Alfa, Bratislava 1985.
26. Zbor.ník: Technická normalizácia pre oblasť tolerovania rozmerov a geometrické tolerovanie SÚTN, Žilina 1997.

Základy konštruovania v strojárstve
SjF
Katedra konštrukčného a dopravného inžinierstva



Výrobca návesov, prívesov
a výmenných nadstavieb



výmenné nadstavby



nadstavby pre automobilový priemysel



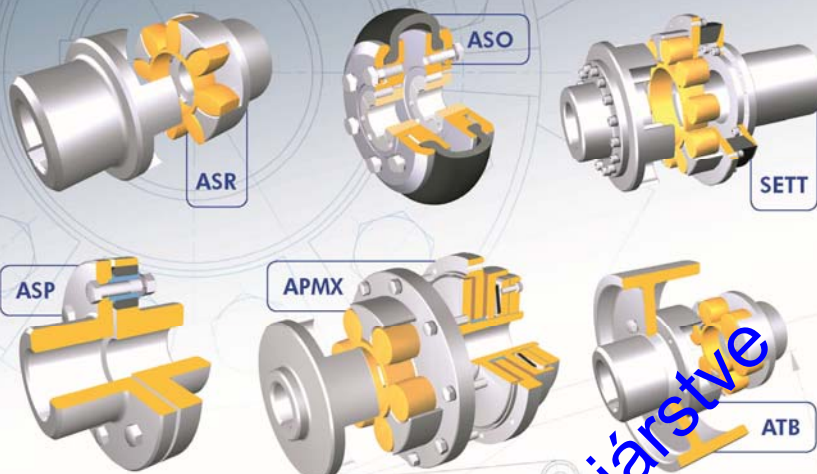
špeciálne prívesy a návesy

Kerex s.r.o., Stavbárov 5845, 071 01 Michalovce, tel.056/6425554, e-mail:kerex@kerex.sk, www.kerex.sk

Základy konštruovania v strojárstve
SJF
Katedra konštrukčného a dopravného inžinierstva

SPRZĘGŁA

podatne, wysokopodatne, membranowe, sztywne, przeciążeniowe



HAMULCE

bębnowe, tarczowe



KORPUSY

zielone, niedzielone, kołnierzowe



Fabryka Elementów Napędowych
„FENA” Sp. z o.o.
40-525 Katowice, ul. Kościuszki 191
tel./fax 032 251 27 88, 245 17 15
www.fena.pl

prof. Ing. Jaroslav HOMIŠIN, CSc. a kolektív

ZÁKLADY KONŠTRUOVANIA V STROJARSTVE

Náklad: 250 kusov

Vydanie: druhé

Vydavateľ: Strojnícka fakulta JU v Košiciach

Tlač: PaEC SIF TUKE

© Jaroslav HOMIŠIN 2014

Publikácia je určená pre študentov technických univerzít, ako aj pre širokú technickú verejnosť zaoberajúcou sa konštruovaním a tvorbou technickej dokumentácie.

ISBN: 978-80-563-1593-5