

ZÁVITOVKOVÉ SÚKOLESIE

Závitovkové súkolesie tvorí kinematickú a silovú väzbu medzi dvoma mimobežnými hriadeľmi. Uhol osi býva väčšinou 90° . Hnacie kolesa sa nazývajú závitovka a spoluzaberajúce koleso závitovkové koleso.

Podľa tvaru základných plôch sa závitovkové súkolesie delí na:

- súkolesie valcové, kde závitovka i závitovkové koleso majú tvar valca (a),
- súkolesie zmiešané, kde závitovka je valcová, závitovkové koleso globoidné (b),
- súkolesie globoidné, kde závitovka i závitovkové koleso majú tvar globoidu (c).

Valcové závitovkové súkolesie má nevýhodný záber, záberové pomery odpovedajú skrutkovým súkolesiam. V ozubení je bodový dotyk, a preto sa používa len výnimočne.

Najčastejšie sa používa závitovkové súkolesie – **b, c**.

Tieto súkolesia sú vhodné pre výkony až $P=60$ kW, výnimočne do $P=200$ kW. Pre silové prevody sú bežné prevodové pomery $i=10-80$, pre kinematické prevody $i=500-1000$. Ich chod je kludný a tichý. Veľký skĺz v ozubení má však za následok vyššie straty trením a tým nižšiu účinnosť prevodu, hlavne pri veľkých prevodových pomeroch.

ZÁVITOVKA je definovaná:

- počtom zubov (chodov) – $z_1 = 1$ až 5 ,
- priemerom rozstupového valca – d_1 ,
- pracovnou dĺžkou – l_1 ,
- druhom ozubenía,
- parametrami základného profilu – $m, \alpha, h_a^*, c^*, \rho_f^*$, pričom $\alpha = 20^\circ (15^\circ)$, $h_a^* = 1, c_a^* = 0,25$ (tiež $0,2$ a $0,3$), $\rho_f^* = 0,38$, modul m – je podľa normalizovanej rady.

Závitovka má tvar jedno alebo viac chodej skrutky s evolventným profilom závitú, vyrába sa sústružením alebo frézovaním zocele s brúseným povrchom zubu.

Údaje závitovky sa určujú v:

- osovom reze, s označením **x** – osová rovina prechádza osou (po dĺžke osi) rotácie závitovky,
- normálovom reze, s označením **n** – normálová rovina je kolmá na strednú skrutkovú závitú,
- čelnom reze, s označením **t** – čelná rovina je kolmá na os rotácie závitovky.

Druhy ozubenia závitovky:

- Závitovka s ozubením špirálovým (archimedovým):
 - o v čelnom reze: archimedova špirála,
 - o v osovom reze: priamkový lichobežníkový profil zuba,
 - o v normálovom reze: sú boky zuba mierne vypuklé,
 - o normalizované prvky sú v osovom reze: $\mathbf{m}_x, \mathbf{p}_x, \alpha_x$.
- Závitovka s obecným ozubením:
 - o v čelnom reze: obecná evolventa,
 - o v osovom reze: sú boky zuba mierne vypuklé,
 - o v normálovom reze: priamkový lichobežníkový profil zuba,
 - o normalizované sú prvky v rovine normálovej: $\mathbf{m}_n, \mathbf{p}_n, \alpha_n$.
- Závitovka s ozubením evolventným:
 - o v čelnom reze: evolventná krivka,
 - o v osovom a normálovom reze: sú boky zubov vypuklé,
 - o normalizované prvky sú v normálovej rovine: $\mathbf{m}_n, \mathbf{p}_n, \alpha_n$,
 - o dané ozubenie sa u nás takmer nepoužíva – dlhodobá patentová ochrana.

GEOMETRIA SÚKOLESIA

Prezentované tri rezy charakterizujú:

- tri rozstupy: $\mathbf{p}_x, \mathbf{p}_n, \mathbf{p}_t$,
- tri moduly: $\mathbf{m}_x, \mathbf{m}_n, \mathbf{m}_t$,
- tri uhly profilu: $\alpha_x, \alpha_n, \alpha_t$.

Pre jednotlivé parametre v normálovej a čelnej rovine platí:

Priemery rozstupového valca:

- ozubenie špirálové :
- ozubenie obecné:

Pre zmenšenie potrebného počtu skrutkových fréz na výrobu ozubených závitovkových kolies doporučuje výrobca voliť d_1 podľa:

$$d_1 = q \cdot m_i,$$

kde: súčiniteľ – q závisí od veľkosti normalizovaného modulu m_x alebo m_n .

Doporučené hodnoty súčiniteľa priemeru závitovky q sú nasledovné:

Uhol stúpania:

- ozubenie špirálové:
- ozubenie obecné:

Priemer hlavového valca:

Priemer pätného valca:

Hrúbka zuba a šírka zubnej medzery:

- v osovom reze:
- v normálovom reze:

Pracovná dĺžka závitovky: $l_1 \approx (11 + 0,06 \cdot z_2) \cdot m$ pre $z_1 = 1 - 3$

$$l_1 \approx (12,5 + 0,09 \cdot z_2) \cdot m \quad \text{pre } z_1 \geq 4$$

ZÁVITOVKOVÉ KOLESO je definované:

- počtom zubov – z_2 ,
- súčiniteľom posunutia – $x_2 = x$,
- druhom ozubení,
- geometrickými prvkami,
- šírkou venca ozubení – b_2 ,
- hlavovým prevýšením – $v = v^* \cdot m$.

Ozubený veniec závitovkového kolesa sa vyrába frézovaním z materiálov, ktoré sú odolné oteru a vykazujú nízky súčiniteľ trenia voči oceli. U súkolesí pracujúcich v náročných podmienkach sa používa napr.: fosforovo hliníkové alebo cínové bronz, v menej náročných podmienkach sa používa mosadz alebo sivá liatina.

Určujúce veličiny vystupujú v osovom reze:

- priemer rozstupovej kružnice:

$$d_2 = m_x \cdot z_2 = \frac{m_n}{\cos \gamma} \cdot z_2.$$

- priemer hlavovej kružnice:

$$d_{a2} = d_2 + 2h_{a2} = d_2 + 2m(h_a^* + x).$$

- priemer pätnovej kružnice:

$$d_{f2} = d_2 - 2h_{f2} = d_2 - 2m(h_a^* + c_a^* - x).$$

- priemer hlavového valca:

$$d_{aH2} = d_{a2} + 2 \cdot v^* \cdot m,$$

Obr.

pričom pomerné hlavové prevýšenie v^* , volíme:

Hrúbka zuba a šírka zubovej medzery:

- v osovom reze: – ozubenie špirálové,
-

$$s_x = \frac{s_n}{\cos \gamma}, \quad e_x = \frac{e_n}{\cos \gamma}. \quad - \text{obecné ozubenie.}$$

- v normálovom reze: $s_n = s_x \cdot \cos \gamma$, $e_n = e_x \cdot \cos \gamma$. – ozubenie špirálové

– ozubenie obecné

Šírka ozubeného venca: $b_2 = \psi_d \cdot d_1$,

kde: $\psi_d = 0,75 \left(1 + \frac{2}{\zeta} \right) \dots z_1 = 1, 2, 3$

$$\psi_d = 0,67 \left(1 + \frac{2}{\zeta} \right) \dots z_1 \geq 4$$

Osová vzdialenosť závitovkového súkolesia:

- pre ozubenie špirálové:

- pre ozubenie obecné:

RÝCHLOSTNÉ POMERY

Obr.

Obvodové rýchlosti: $\mathbf{V}_{O1} = \omega_1 \cdot \mathbf{r}_1$, $\mathbf{V}_{O2} = \omega_2 \cdot \mathbf{r}_2$.

Rozklad obvodových rýchlosti na dve zložky: $\mathbf{V}_t$ a $\mathbf{V}_n$.

kde: $\mathbf{V}_{n1} = \mathbf{V}_{O1} \cdot \sin \gamma$, $\mathbf{V}_{n2} = \mathbf{V}_{O2} \cdot \cos \gamma$.

Z podmienky správneho záberu, a teda dotyku zubov v smere normály vyplýva, že normálové rýchlosti musia byť rovnaké: $\mathbf{V}_{n1} = \mathbf{V}_{n2}$.

Dosadením a úpravou dostávame:

Pre kĺznu rýchlosť platí:

VYŠETRENIE RÝCHLOSTNÝCH POMEROV PRE RÔZNE PRÍPADY**Obr.**

SILOVÉ POMERY

Obr.

Postup pri riešení silových pomerov:

- 1) určiť smer ω_1 ,
- 2) stanoviť rýchlosti: v_{O1}, v_{t1}, v_{n1} ,
- 3) stanoviť smer ω_2 , pomocou v_{O2} z predchádzajúceho priestorového obrázka,
- 4) smery síl: F_{O1} – proti ω_1
 F_{O2} – proti ω_2 (v rovinnom obr.)
 – v zmysle (v priestorovom obr.),
- 5) smery momentov: M_{K1} – proti F_{O1}
 M_{K2} – proti F_{O2}

Podmienka rovnováhy:

Z priestorového obrázka vyplýva: $F_{O1} = F_{A2}$, $F_{O2} = F_{A2}$, $F_{R1} = F_{R2} = F_R$.

Poznámka: sily $F_N, F_n, F_A, F_T, F_R, F_V$ určujem v závislosti na sile F_O .

Vzájomné silové pôsobenie závitovky a závitovkového kolesa je určené trojicou kolmých síl závitovky – $\mathbf{F}_{O1}, \mathbf{F}_{A1}, \mathbf{F}_{R1}$ a závitovkového kolesa – $\mathbf{F}_{O2}, \mathbf{F}_{A2}, \mathbf{F}_{R2}$.

Obr. Závitovka

Po stanovení záťažových krútiacich momentov $\mathbf{M}_{K1}$ a $\mathbf{M}_{K2}$ sa vypočítajú obvodové sily:

Axiálne zložky výslednej sily F_v vypočítame na základe nasledovných vzťahov:

Obr. Závitovkové koleso

Zložky radiálnych síl vznikajú úpravou vzťahov:

Trecia sila F_T leží v smere dotyčnice $\mathbf{t}$ a je orientovaná proti smeru rýchlosti $\mathbf{v}_t$:

Vychádzajúc z normálového rezu vyplýva, že: $F_n = F_N \cdot \cos \alpha_n$.

Pri stanovení normálovej sily F_N vychádzame zo vzťahu:

alebo

ENERGETICKÉ POMERY A ÚČINNOSŤ ZÁVITOVKOVÉHO SÚKOLESIA

Obr.

1. P_1' – vstupný výkon na hriadeľ závitovky,
2. účinnosťou ložísk L_1 – P_1' stráca svoju hodnotu na P_1 – výkon na hriadeli závitovky.

Vstupný výkon na hriadeli závitovky:

3. V ozubení výkon P_1 stráca svoju hodnotu účinnosťou ozubení na P_2 – výkon na hriadeli závitovkového kolesa:

pričom:

4. Účinnosťou ložísk L_2 stráca výkon P_2 svoju hodnotu na P'_2 – výstupný výkon na hriadeli závitovkového kolesa:

kde:

Potom celková účinnosť závitovkového prevodu – η_c bude:

Poznámka:

na η_c má svoj vplyv aj odpor brodenia súkolesia v oleji, pri malých obvodových rýchlostiach odpor brodenia je zanedbateľný voči odporu v ozubení η_z .

Teda najväčší vplyv na η_c má účinnosť v ozubení η_z .

úpravou:

pričom uhol stúpania:

potom:

Hodnota trecieho uhla φ' je závislá na dvojici spoluzaberajúcich materiálov, na akosti povrchu (drsnosti), na použítom mazive a na klznej rýchlosti v_K .

Pre dobre opracované boky zubov z materiálov:

ocel – cinovofosforový bronz hodnotu uhla φ' stanovíme podľa: $\operatorname{tg} \varphi' = f' = 0,02 + \frac{0,03}{v_K}$,

pričom klznú rýchlosť vypočítame podľa vzťahu: $v_K \doteq 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot n_1 \sqrt[3]{M_{K2}}$,

kde: $n_1 [\text{min}^{-1}]$ – otáčky závitovky,

$M_{K2} [\text{N.m}]$ – záťažový krútiaci moment na závitovkovom kolese,

$v_K [\text{m.s}^{-1}]$ – klzná rýchlosť.

Prakticky používané uhly stúpania:

- špirálové ozubenie ... $\gamma = 8 \div 10^\circ$,
- obecné ozubenie ... $\gamma = 20 \div 25^\circ$.

Požiadavka väčšej účinnosti závitovkového prevodu sa zabezpečuje použitím viacchodých závitoviek:

Je potrebné počítať s tým, že pri $\gamma > \varphi'$ sú závitovkové prevody spätne nesamosvorné.

Samosvornosť závitovkového prevodu má význam napr. pri použití u zdvíhacích zariadení.

PLANÉTOVÉ PREVODY

Planétové súkolesie sa vyznačuje tým, že aspoň jedno z jeho ozubených kolies vykonáva dve súčasné rotácie. Nazýva sa satelit a otáča sa jednak okolo vlastnej osi a jednak okolo osi rotácie – tzv. unášača, na čape ktorého je uložený.

Planétové súkolesie môže byť tvorené čelnými ozubenými kolesami alebo ozubenými kolesami kuželovými.

Výhody planétových prevodov:

- možnosť dosiahnutia väčších prevodových pomerov v porovnaní s klasickými prevodmi,
- výkon z hnacieho člena na člen poháňaný sa prenáša viacerými satelitmi, v dôsledku toho sa znižuje namáhanie ozubenia a rozmery prevodu sa zmenšujú,