

MODERNE KONCIPOVANÉ OCELE POUŽITÉ PRI VÝROBE AUTOMOBILOVEJ KAROSÉRIE

Ing. Attila Herditzky

Ing. Mária Kicková

Ing. Mariana Olexová

Technická univerzita v Košiciach

Strojnícka fakulta

Katedra technológií a materiálov

Mäsiarska 74, 040 01 Košice

attila.herditzky@tuke.sk

maria.kickova@tuke.sk

mariana.olexova@tuke.sk

Abstract

The aim of the article is to provide a brief overview of the modern use of thin steel sheets in the automotive industry, which are mainly used in the construction of car body parts, and to highlight some new trends that move the world of automotive.

Key words: sheet metal, automobile, car body.

Úvod

Vo svete bola venovaná veľká pozornosť rozvoju vysokopevných nízko legovaných ocelí. Tento rozvoj bol poháňaný predovšetkým automobilovým priemyslom a bol stimulovaný potrebou zníženia spotreby pohonných hmôt, úspory materiálu a energie vynaloženej pri výrobe, zvýšením pevnosti a spoľahlivosti súčastí za súčasného zníženia ich celkovej hmotnosti a súčasným zvýšení životnosti automobilu.

Aj tento problém viedol k rozvoju dvojfázových (dual phase steel), feriticko – martenzitických ocelí, ktoré sú určené hlavne pre tvárnenie za studena. Zvýšenou pevnosťou týchto ocelí sa môže dosiahnuť redukcia potenciálnej váhy, v dôsledku tenších priemerov materiálu pri zachovaní tej istej nosnosti a bezpečnosti.

Vývojové trendy pri výrobe karosérií:

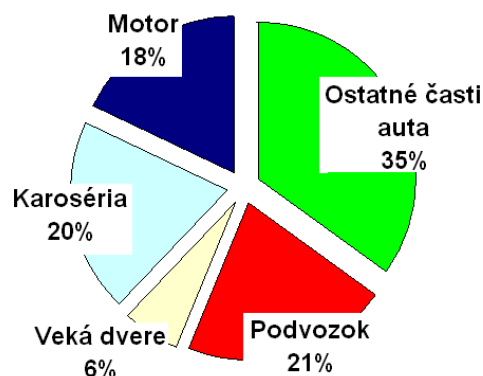
Postupom rokov sa priemerná hmotnosť vozidla výrazne zmenšovala.



Obr.1 Ford Taunus z roku 1962

Kým vozidlo strednej triedy malo v roku 1960 hmotnosť približne 2400kg (obr.1) v roku 2000 to bolo už len 1450 kg čo je redukcia hmotnosti až o 40%.

Z analýzy hmotnosti súčasného automobilu strednej kategórie vyplýva, že karoséria predstavuje 20 %, veká a dvere 6% hmotnosti, kým podvozok 21 % a motor 18 % hmotnosti (obr. 2).



Obr.2 Štruktúrne zložky auta

Automobiloví konštruktéri dnes venujú intenzívnu pozornosť najmä redukcii hmotnosti najviac používaného materiálu - ocele, ktorá tvorí základ konštrukčných častí (karoséria, podvozková skupina, motor, atď.). Z predmetných analýz vyplýva, že 62% z celkovej hmotnosti osobného automobilu dnes pripadá na oceľ, resp. liatinu

Inovácie v oblasti aplikácie plechov sú realizované prostredníctvom spoločných projektov oceliarskeho a automobilového priemyslu. Prvý projekt ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body) bol realizovaný v rokoch 1994-1999 a bol orientovaný na optimalizáciu tzv. surovej karosérie (karoséria bez dverí, krytu motora a kufra). Cieľom bolo navrhnuť pevnejšie a bezpečnejšie auto, dosiahnuť nižšiu hmotnosť udržať rovnakú prípadne nižšiu cenu než auto súčasné.

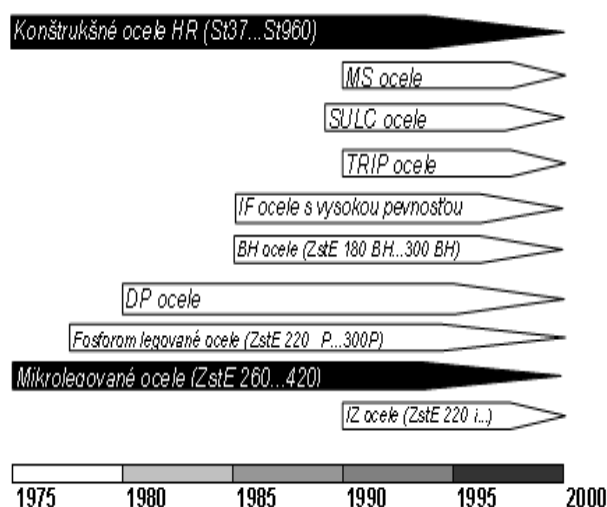
V oblasti materiálov, sa najväčšie zmeny dosiahli v náhrade nízko uhlíkových ocelí s medzou skľu 210 MPa, vysokopevnými s medzou skľu cca 350 MPa. Oba typy boli tak valcované za studena ako aj za tepla s hrúbkou od 0,65-2mm. Tiež sa vyvinuli flexibilné elementy, ktoré sú schopné absorbovať rázy pri plánovanom narastajúcom porušovaní za súčasného mechanického spevňovania.

Koncom deväťdesiatych rokov boli zahájené ďalšie tri projekty na využitie nových ocelí, konštrukčných riešení a technológií výroby pri vývoji automobilov. Prvé dva nové projekty – ULSAC (Ultra Light Steel Auto Closures) a ULSAS (Ultra Light Steel Auto Suspensions) boli zamerané na optimalizáciu parametrov vonkajších, odoberateľných častí karosérie (dvere, kryty motora a kufra – ULSAC) ako aj podvozkov (nápravy – ULSAS).

Tretí projekt – ULSAB – AVC (Ultra Light Steel Auto Body – Advanced Vehicle Concepts) je poslednou globálnou iniciatívou oceliarskeho priemyslu, ktorá ponúka riešenia s cieľom splniť spoločenské požiadavky na bezpečnosť, cenovú prístupnosť, spotrebu paliva a ekológiu automobilov 21. storočia [1].

Charakteristika jednotlivých konštrukčných plechov a ocelí použitých pri stavbe karosérie

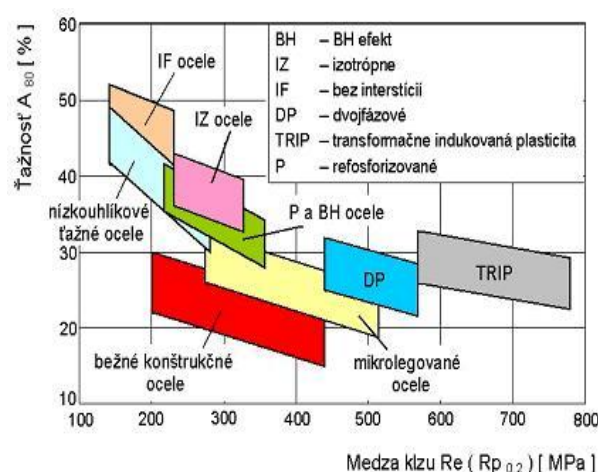
Z konštrukčného hľadiska a úžitkových vlastností finálneho výrobku je cieľom znížiť hrúbky plechov využívaných najmä pri stavbe karosérií áut, čo predpokladá zvýšiť ich pevnosť a dynamickú únosnosť. Obr.3 graficky vyjadruje vývoj konštrukčných ocelí využívaných v automobilovom priemysle.



Obr.3 Vývoj ocelí pre časti automobilov

Klasické vysokopevné ocele so zvýšenou tvárnosťou za studena rady ZStE boli v 80-tych rokoch doplnené o fosforom legované ocele rady ZStE-P a dvojfázové ocele (dual phase steel). V polovici 80-tych rokov boli vyvinuté IF (interstitial free) ocele a BH (bake hardening) ocele. Od 90-tych rokov sú vyvíjané aj CP (complex phase), RA (residual austenite) ocele s TRIP (transformation induced plasticity) efektom, SULC (super ultra low carbon) ocele a MS (martensite) ocele. Ocele CP a TRIP sú tiež nazývané ako multifázové ocele, nakoľko obsahujú minimálne dve rozdielne štruktúrne zložky, napr. relatívne mäkkú fázu, ktorá tvorí maticu (ferit) a umožňuje dosiahnutie nízkej medze klzu a dobrej lisovateľnosti a tvrdú fázu pre dosiahnutie vysokej medze pevnosti.

Na obr. 4 je vyjadrená závislosť medzi predĺžením a pevnosťou v ťahu, rôznych druhov ocelí [2, 3].



Obr.4 Moderné hlbokotiahné ocele, ich ťažnosť a medza klzu

Koncepcie moderných hlbokotiahných ocelí

Zvyšovaním kvality a úžitkových parametrov vyrábaných vozidiel požiadavky na plechy sa stupňujú a často sú protichodné.

Z konštrukčného hľadiska a exploatácie finálneho výrobku – automobilu, je snaha znížiť hrúbky plechov a teda zvýšiť ich pevnosť a dynamickú únosnosť. Pri aplikácii tenkých plechov sa súčasne musí zvýšiť odolnosť voči vtláčaniu, alebo borteniu výliskov. Okrem toho sú požiadavky na vysokú absorpciu energie pri havárii vozidla a dôležitou požiadavkou je odolnosť karosérií voči korózii.

Z technologickej stránky t.j. výroby výliskov a karosérií sa zvyrazňujú požiadavky na veľmi vysokú plasticnosť a rovnomernosť vlastností.

Medzi pevnosťnými a plastickými vlastnosťami je pomerne výrazná závislosť v zmysle so zvyšujúcou sa medzou klzu a medzou pevnosti sa znižujú charakteristiky tvárnosti ako ťažnosť, koeficient normálovej anizotropie - r a exponent deformačného spevnenia - n . Požiadavky na materiálové vlastnosti jednotlivých dielov a súčiastky sú rôzne, postupne sa špecifikujú a nadväzný výskum u hutníckych výrobcov vedie k vývoju špecializovaných výrobkov pre úzky okruh aplikácie.

Kategóriu oceleových plechov valcovaných za studena môžeme rozdeliť do 5 základných skupín:

1. Textúrované hliníkom upokojené ocele,
2. Ocele bez interstícií (IF ocele),
3. Ocele, ktoré sú vytvrditeľné pri vypaľovaní laku (BH ocele),
4. Vysokopevné mikrolegované ocele (HSLA)
5. Dvojfázové ocele (DP ocele).

Prvé dve resp. tri skupiny sú označované ako EDDQ (extra – deep drawing quality). Sú určené pre karosárske výlisky s vysokým stupňom pretvorenia. Tretia až piata skupina ocelí je určená najmä na nosné, resp. namáhané diely menej náročné na stupeň pretvorenia [4].

Charakteristika jednotlivých skupín:

1. Textúrované hliníkom upokožené ocele sú určené pre hlboké a extra hlboké ťahanie. Ich chemické zloženie je limitované nízkymi koncentraciami C, Mn, Si, Al, P a nízkym obsahom sprievodných prvkov. Oceľové plechy musia mať vysokú mikročistotu. Mikroštruktúra má byť rovnomerná s predĺženým feritickým zrnom. Plechy musia mať dobre vyvinutú kryštalografickú textúru.

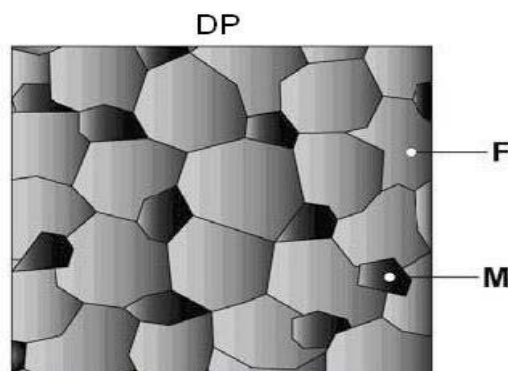
2. Ocele bez intersticií - IF ocele sú určené hlavne pre extrémne hlboké ťahanie. Nárast plasticity je dosiahnutý znížením koncentrácie uhlíka na hodnotu $C < 0.005\%$ a mikrolegovaním Ti, Nb, resp. kombináciou Ti + Nb, ktoré úplne vyviažu interstitické prvky C, N na stabilné precipitáty. Štruktúra ocele je tvorená čistým feritom a vlastnosti ocele sú riadené veľkosťou feritického zrna. V dôsledku neprítomnosti intersticií majú IF ocele nízku medzu klzu, vysokú ťažnosť, vysoký koeficient normálovej anizotropie a vysoký exponent deformačného spevnenia. Ocele sú odolné voči starnutiu a sú vhodné na veľké tvarovo zložité karosárske výlisky.

3. BH ocele. Tieto ocele majú pred lisovaním nízku medzu klzu a vysoké parametre plasticity. Počas vypaľovania laku dochádza k deformačno - tepelnému starnutiu a nárastu pevnostných vlastností o 30-70 MPa. Diely karosérie vyrobené z BH ocelí majú potom dovolené vyššie maximálne zaťaženie a vyššiu odolnosť voči vtláčaniu.

4. Vysokopevné mikrolegované ocele (HSLA) sa používajú na dynamicky namáhané diely podvozku a nosné časti karosérie. Sú vhodné na náročné výlisky s väčšou odolnosťou voči vtláčaniu. U týchto ocelí je požadovaná najmä jemnozrnná mikroštruktúra, dobrá mikročistota a presne regulovaná hladina precipitačného spevnenia s obsahom C menším, alebo rovným 0,09%. Ocele majú dobrú hlbokofažnosť a malý koeficient normálovej anizotropie.

5. Dvojfázové ocele majú feriticko - martenzitickú mikroštruktúru, plynulú medzu klzu, vyššiu medzu pevnosti, väčší exponent deformačného spevnenia, vyššiu plasticitu a tvárnosť. Charakteristickým rysom dvojfázových ocelí je štruktúra, ktorá pozostáva z 70 až 90% feritu a 10 až 30% martenzitu obr. 5.

Výskum týchto ocelí bol zameraný na štúdium vplyvu chemického zloženia na mikroštruktúru, na pevnostné a plastické vlastnosti a na kinetiku austenitizácie [4].



Obr. 5 Štruktúra materiálu DP

Po tepelnom spracovaní tvorí základnú maticu ferit, v ktorom sú pravidelne rozložené drobné ostrovčeky martenzitu. Dvojfázovú štruktúru možno získať interkritickým žihaním z teplôt medzi A_{C1} a A_{C3} alebo riadeným valcovaním. V prvom prípade sa pri austenitizácii vytvoria vo feritickej matici malé zrná austenitu, ktorý sa pri nasledujúcom ochladzovaní transformuje na martenzit. Rast objemového podielu martenzitu spôsobil zvýšenie medze klzu a medze pevnosti a rast vrubovej húževnatosti dvojfázových ocelí. Tento efekt bol pozorovaný len pre objemový podiel martenzitu do $f_m = 55\%$. Pri vyšších hodnotách bol pozorovaný pokles pevnostných vlastností, ktorý bol vysvetlený znížením koncentrácie uhlíka v martenzite.

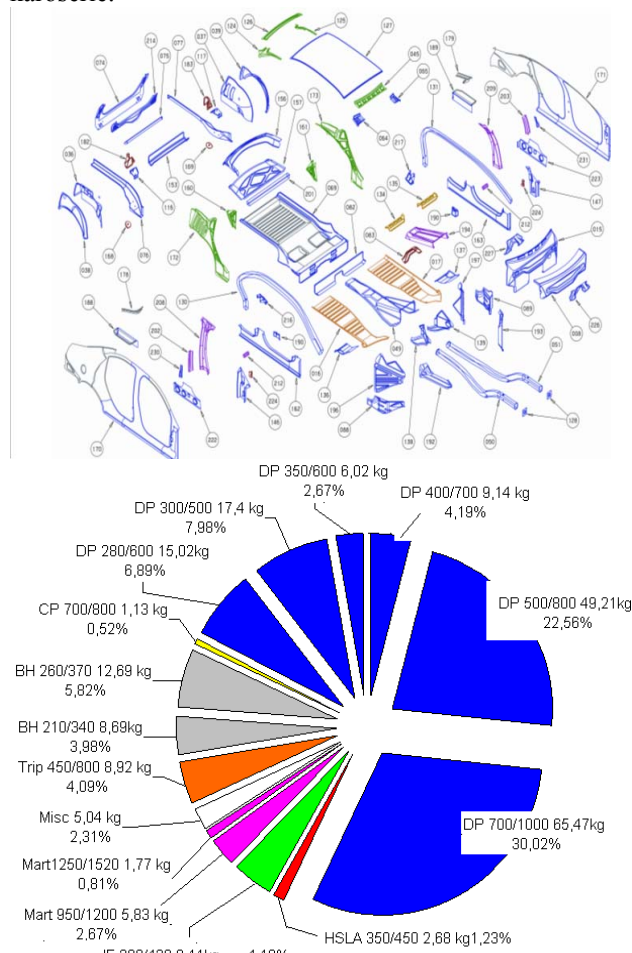
Všetky dvojfázové ocele majú nízky obsah uhlíka pod 0,15%. Je to odvodené najmä širokým pásom γ - α , v ktorom môže žihanie prebiehať. Za týchto podmienok je možné presnejšie dodržať percentuálny obsah martenzitu v štruktúre a tým i mechanické vlastnosti. Zo zvyšujúcim sa obsahom uhlíka sa pásmo γ - α zužuje a nie je možné zaručiť rovnomerné vlastnosti pásu. Znížený obsah uhlíka zaručuje aj dobrú zvariteľnosť. Ocele na báze Mo a V majú zvýšený obsah mangánu až do 1,5%, pričom obsah kremíka dosahuje až 1,6%. Ocele na báze chrómu majú však zvýšený obsah mangánu a kremíku tak, aby pomer Mn a Si bol zhruba 1:1, ale obsah kremíka nepresahuje obsah mangánu. Kremík, ako substitučne legujúci prvok výrazne zlepšuje pevnosť pri minimálnom zhoršení húževnatosti a ťažnosti.

Minimálna koncentrácia 0,02% Al sa musí dodržať, aby sa zaistila dostatočná dezoxidácia ocelí a aby sa zabránilo tvorbe oxidačných inklúzií, ktoré majú nepriaznivý vplyv na mechanické vlastnosti. Legovanie dvojfázových ocelí vanádom, chrómom a molybdénom má predovšetkým za cieľ potlačiť feritickú a perlitickú transformáciu. Dôsledkom toho je zmenšenie ochladzovacej rýchlosti pre nutnú transformáciu austenitu na martenzit. Množstvo pridávané do ocelí je však obmedzené na 0,5%, 0,5% a 0,1%. Väčší obsah legujúcich prvkov má za následok silné

precipitačné spevnenie, čo spôsobuje neúmerný nárast medze klzu a zníženie ťažnosti [5].

Využitie oceľových plechov pri stavbe automobilovej karosérie

Karoséria je časť motorového vozidla, v ktorej je vytvorený priestor pre obsluhu, cestujúcich, pohonný mechanizmus a náklad. Na obr. 6 je znázornené použitie jednotlivých druhov ocelí pri stavbe nosnej časti karosérie.

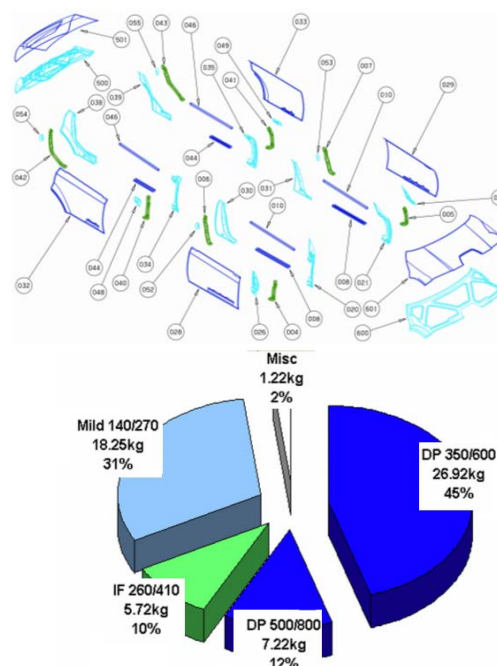


Obr. 6 Ocelové plechy použité pri stavbe nosnej časti automobilovej karosérie

Karoséria je zložitý výrobok, preto musí pre správnu funkciu spĺňať rad požiadaviek:

- pevnosť a tuhosť konštrukcie,
- minimálna hmotnosť – úspora materiálu, PHM,
- min. odpor vzduchu – ovplyvňuje spotrebu PHM,
- dobrý výhľad vodiča,
- dobré otváranie a uzatváranie dverí a kapôt,
- max. pohodlie cestujúcich, účinné vykurovanie a vetranie - dobrá zvuková a tepelná izolácia a
- ľahká a rýchla montáž a demontáž prvkov.

Na obr.7 sú oceľové plechy použité pri stavbe povrchových častí automobilovej karosérie[6].



Obr. 7 Ocelové plechy použité pri stavbe povrchových častí karosérie

Záver

V perspektíve rozvoja automobilu strednej triedy, ekonomické štúdie vytýčili trend, dosiahnuť v roku 2020 pokles hmotnosti automobilu na 870 kg čo činí v porovnaní s rokom 2000 redukciu hmotnosti o 40% pri spotrebe paliva 2,6 litrov na 100 km. Táto vízia nie tak ďalekej budúcnosti sa dá dosiahnuť výrobou automobilov z moderne koncipovaných ocelí a použitím ďalších progresívnych materiálov ktoré sú potrebné pri stavbe auta.

Literatúra

- [1] ULSAB, European technical tour 2004
- [2] SPIŠÁK, E.-GREŠKOVIČ, F.-SLOTA, J.: Špeciálne technológie v automobilovej výrobe, TU Košice, Strojnícka fakulta, Edícia EQUAL, ISBN 80-8073-753-3
- [3] KVAČKAJ, T.: Vývoj ocelí pre automobilový priemysel. In: Mat/Tech automobilového priemyslu: Zborník prác. Košice, 2005.
- [4] ŠTEFAN, B. – ŠLESÁR, M.: Fyzikálne – metalurgické koncepcie moderných hlbokoťažných ocelí valcovaných za studena, In: Oceľové plechy: Zborník prác. Košice, s.
- [5] DŽUPON, M.: Mechanické vlastnosti multifázových nízkolegovaných ocelí: Písomná práca k dizertačnej skúške. Košice: UMV SAV, 2004.
- [6] ŠIMČÁK, F., ŠTEFAN, B.: Trendy pri znižovaní hmotnosti karosérií automobilov. Acta Mechanica Slovaca, 3, 1999,

Príspevok bol vypracovaný v rámci grantového projektu VEGA 1/0725/08