

PROGRESÍVNE METÓDY TVÁRNENIA

Technológia tvárnenia – charakteristika

Tvárnenie je technológia spracovania kovových materiálov, pri ktorej sa využíva pretvorenie materiálu **bez porušenia** jeho **celistvosti**.

V tomto procese pôsobíme vonkajšími silami na východiskový materiál, a tým meníme jeho **tvar, rozmery** a **fyzikálno-mechanické vlastnosti** tak, aby spĺňal výkresom predpísané parametre. Tieto zmeny sa realizujú prostredníctvom **mechanizmov plastickej deformácie** bez porušenia súdržnosti materiálu.

Schopnosť materiálu plastickey sa deformovať bez porušenia súdržnosti nazývame **tvárniteľnosť**.

Technológia tvárnenia – progresívne (~~nekonvenčné~~) technológie

Progresívnosť charakterizuje:

- zmena **v interakcii systému**
materiál (M) – nástroj (N) – stroj (S),
- zmena **kvality jednotlivých zložiek systému**
M – N – S.

Technológia tvárnenia – progresívne (~~nekonvenčné~~) technológie

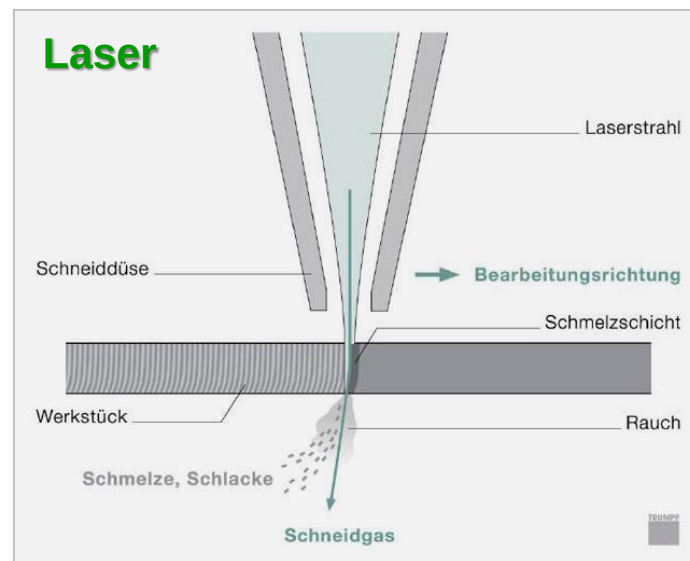
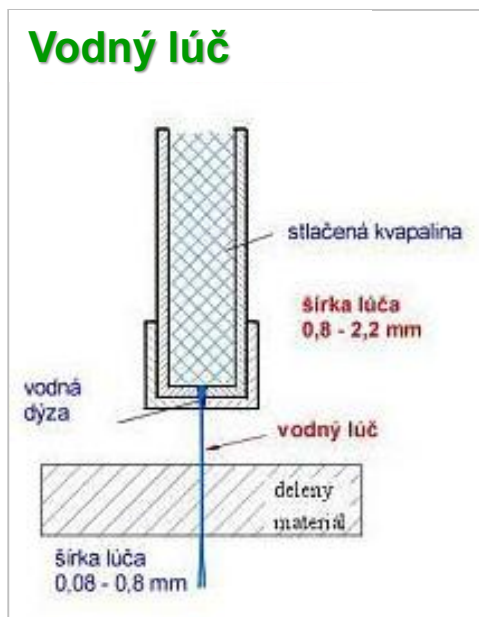
Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

- 1) **Energetické** (S) – zmena **pôsobenia energetického média** na spracovávaný materiál,
– zmena spôsobená **novou konfiguráciou pôsobenia rovnakého energetického média** na materiál.
- 2) **Konštrukčné** (N) – **miera univerzálnosti** konštrukčného riešenia tvárniaceho nástroja.
- 3) **Materiálové** (M) – zmena **vlastností** a **stavu** spracovávaného materiálu.

Progresívne technológie – kritériá

Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

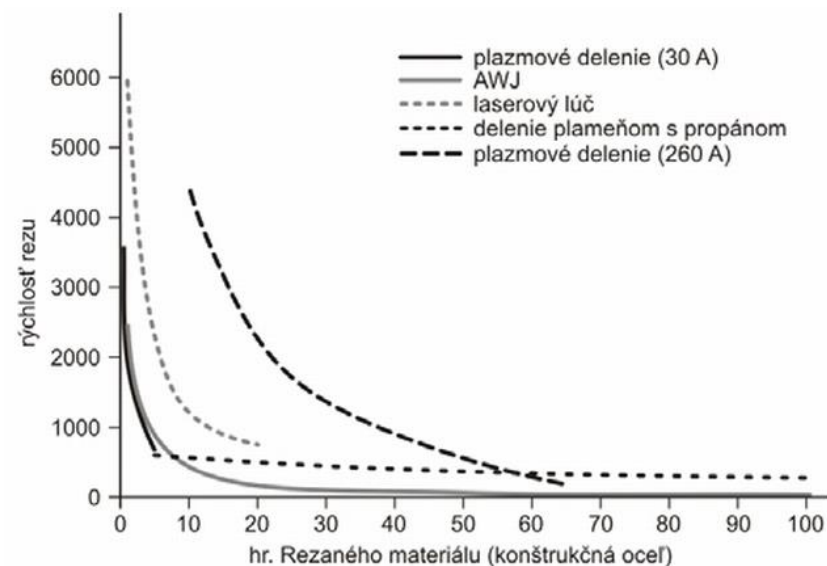
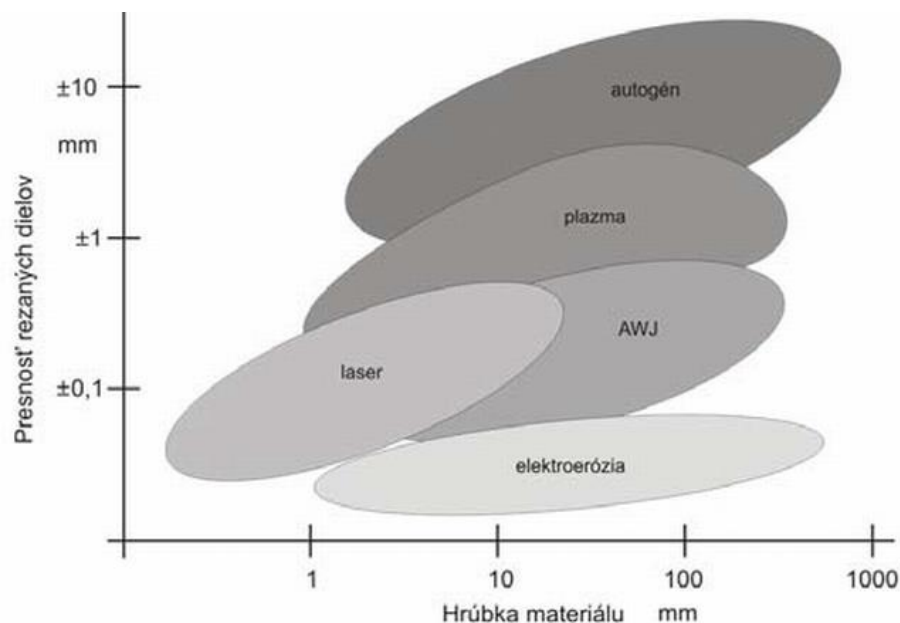
- 1) **Energetické** (S) – zmena pôsobenia energetického média na spracovávaný materiál,
 - zmena spôsobená **novou konfiguráciou pôsobenia rovnakého energetického média** na materiál.



Progresívne technológie – kritériá

Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

- 1) **Energetické (S)** – zmena pôsobenia energetického média na spracovávaný materiál,
 - zmena spôsobená **novou konfiguráciou pôsobenia rovnakého energetického média** na materiál.



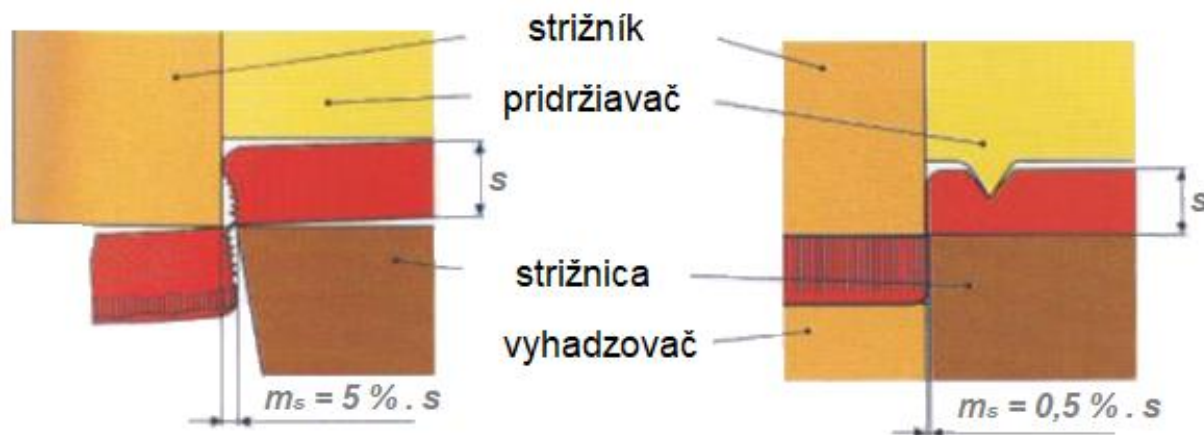
Progresívne technológie – kritériá

Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

- 1) **Energetické** (S) – zmena **pôsobenia energetického média** na spracovávaný materiál,
 - zmena spôsobená novou konfiguráciou pôsobenia rovnakého energetického média na materiál.

Presné strihanie

(strihanie **jednoduché**, alebo **s tlačnou obvodovou hranou**)



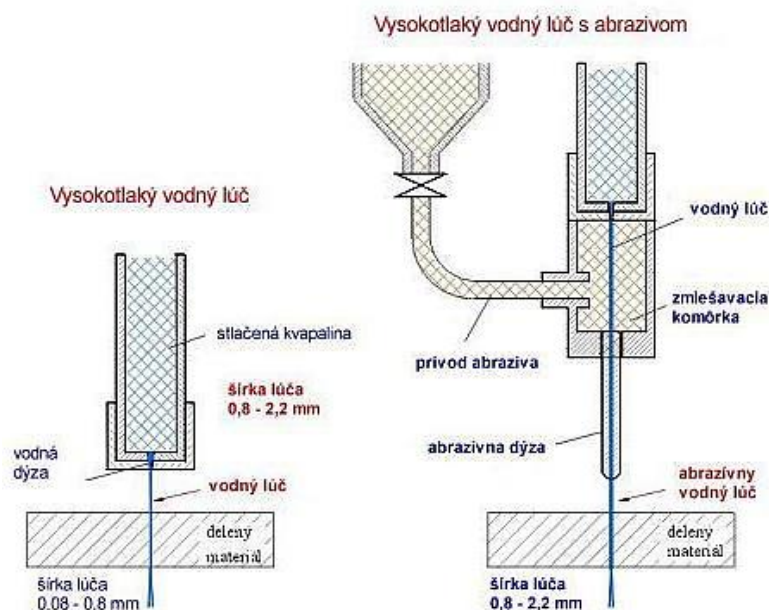
Progresívne technológie – kritériá

Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

- 1) **Energetické** (S) – zmena **pôsobenia energetického média** na spracovávaný materiál,
 - zmena spôsobená **novou konfiguráciou pôsobenia rovnakého energetického média** na materiál.

Vodný lúč

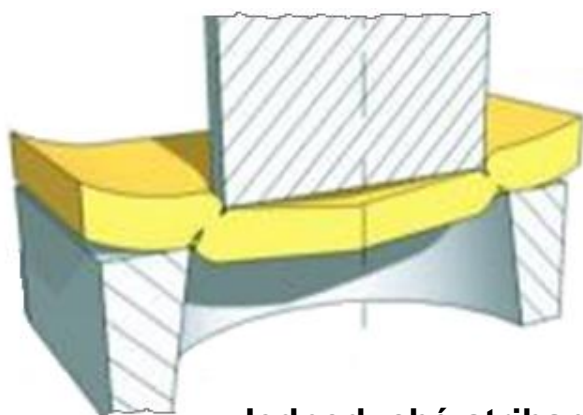
(**bez** a **s** pridaním abrazíva)



Progresívne technológie – kritériá

Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

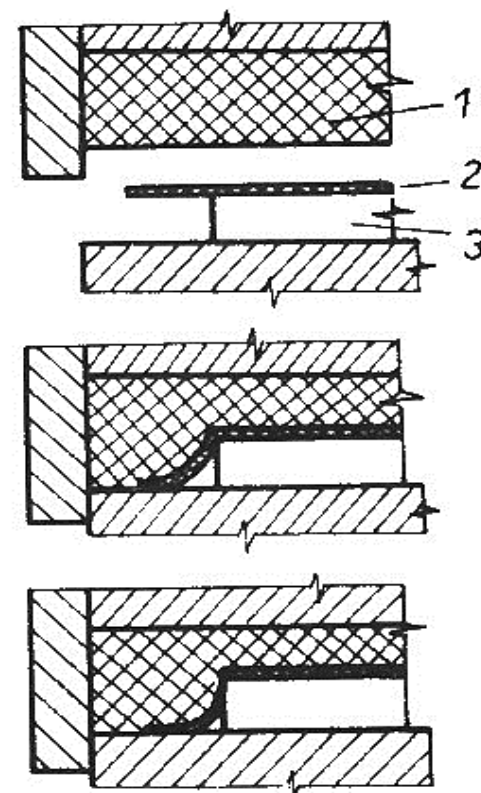
- 2) **Konštrukčné** (N) – **miera univerzálnosti** konštrukčného riešenia tvárniaceho nástroja.



Jednoduché strihanie
(v pevnom nástroji)

Strihanie nepevným prostredím
(technickou gumou)

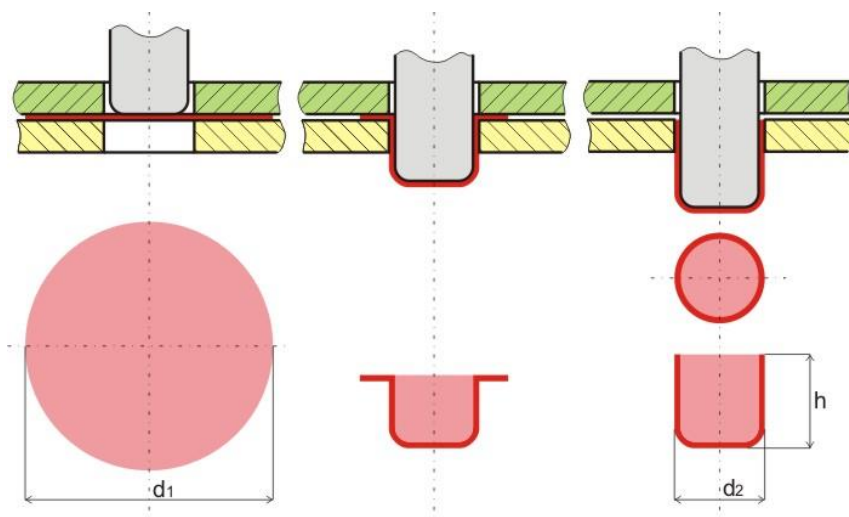
1 – elastická výplň, 2 – polotovar,
3 – strižník



Progresívne technológie – kritériá

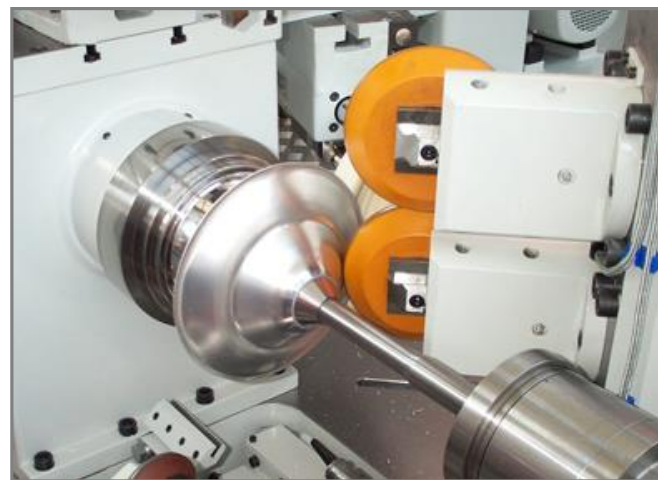
Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

- 2) **Konštrukčné** (N) – **mera univerzálnosti** konštrukčného riešenia tvárniaceho nástroja.



Ťahanie (hlboké ťahanie)

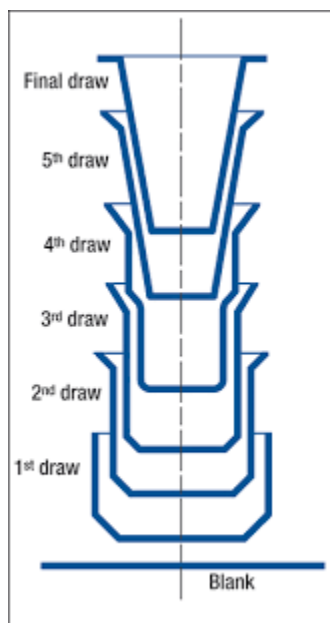
Tlačenie (kovotlačenie)



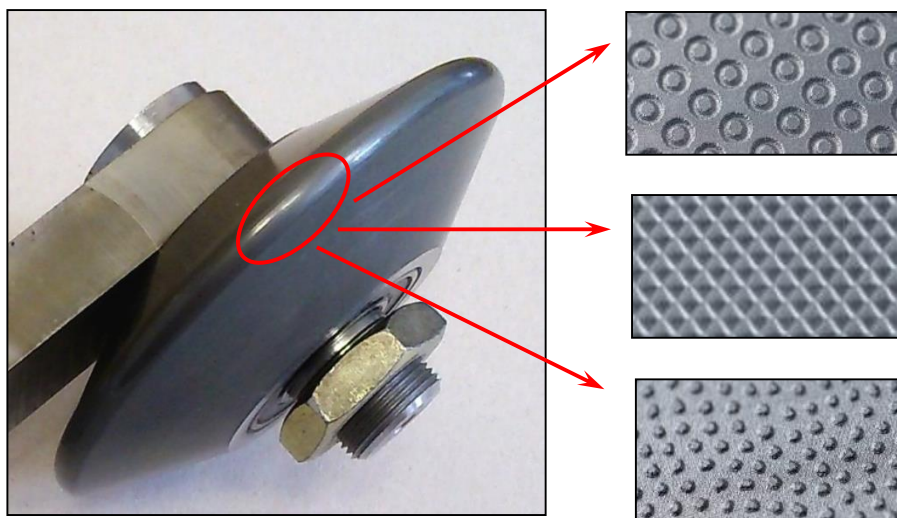
Progresívne technológie – kritériá

Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

- 2) **Konštrukčné** (N) – **miera univerzálnosti** konštrukčného riešenia tvárniaceho nástroja.



Hlboké ťahanie
(6 ťažných operácií)



Textúrovaný nástroj pre proces ťačenia
(tvárnenie na jedno upnutie polotovaru)

Progresívne technológie – kritériá

Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

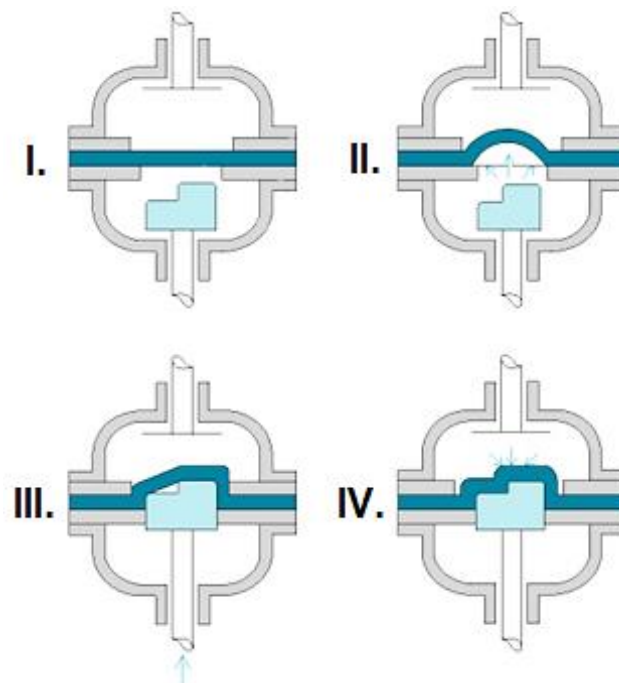
3) **Materiálové** (M) – zmena vlastností a **stavu** spracovávaného materiálu.

Superplasticita

Superplastické materiály sú kryštalické materiály vykazujúce za určitých, technicky využiteľných podmienok superplasticitu, t. j. schopnosť mimoriadne výraznej plastickej deformácie, ktorá umožňuje aplikovať nové, progresívne metódy tvárnenia.

Superplasticita sa dosahuje:

- veľmi **jemným zrnom** (menším ako **10 μm** , ale často aj pod 1 μm),
- pri **zvýšených teplotách** (zvyčajne **nad 0,4 $\cdot T_{\text{TAV}}$**),
- deformáciou **nízkymi rýchlosťami deformácie** ($\dot{\epsilon} = \mathbf{10^{-4} až 10^{-2} s^{-1}}$).



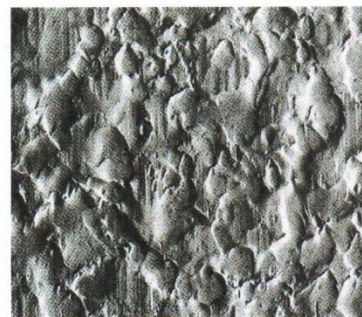
Progresívne technológie – kritériá

Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

3) **Materiálové** (M) – zmena **vlastností** a **stavu** spracovávaného materiálu.

Modifikácia morfológie povrchu materiálu:

- a) metódou **SBT** (*Shot Blast Texturing*) – matovanie mechanickým otryskávaním,
- b) metódou **EDT** (*Elektric Discharge Texturing*) – matovanie elektroiskrovým výbojom,
- c) metódou **LT** (*Laser Texturing*) – matovanie laserovým lúčom,
- d) metódou **EBT** (*Electron Beam Texturing*) – matovanie elektrónovým lúčom ,
- e) metódou **PRETEX** (*Preussag Texturing*) – matovanie chrómovanými valcami.



stochastická morfológia



deterministická morfológia



multideterministická
morfológia



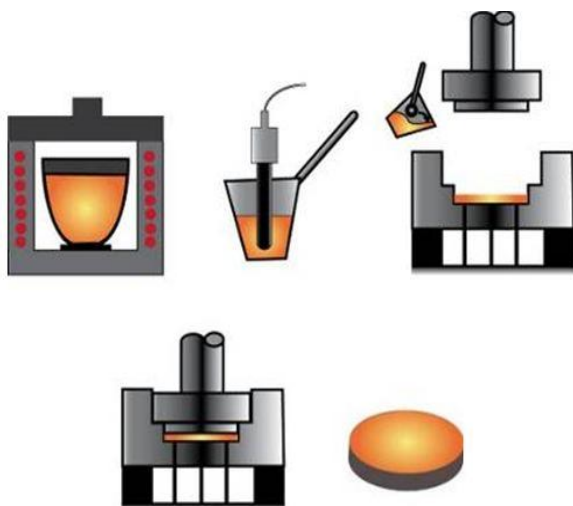
deterministicko-stochastická
morfológia

Progresívne technológie – kritériá

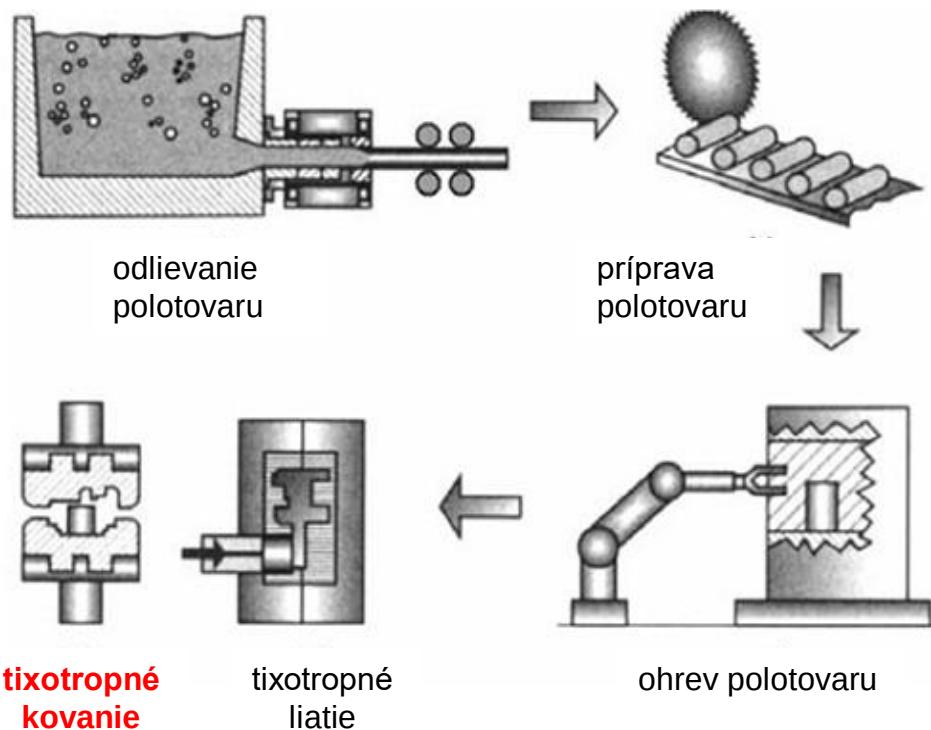
Kritériá hodnotenia progresívnosti sú:

3) **Materiálové** (M) – zmena **vlastností** a **stavu** spracovávaného materiálu.

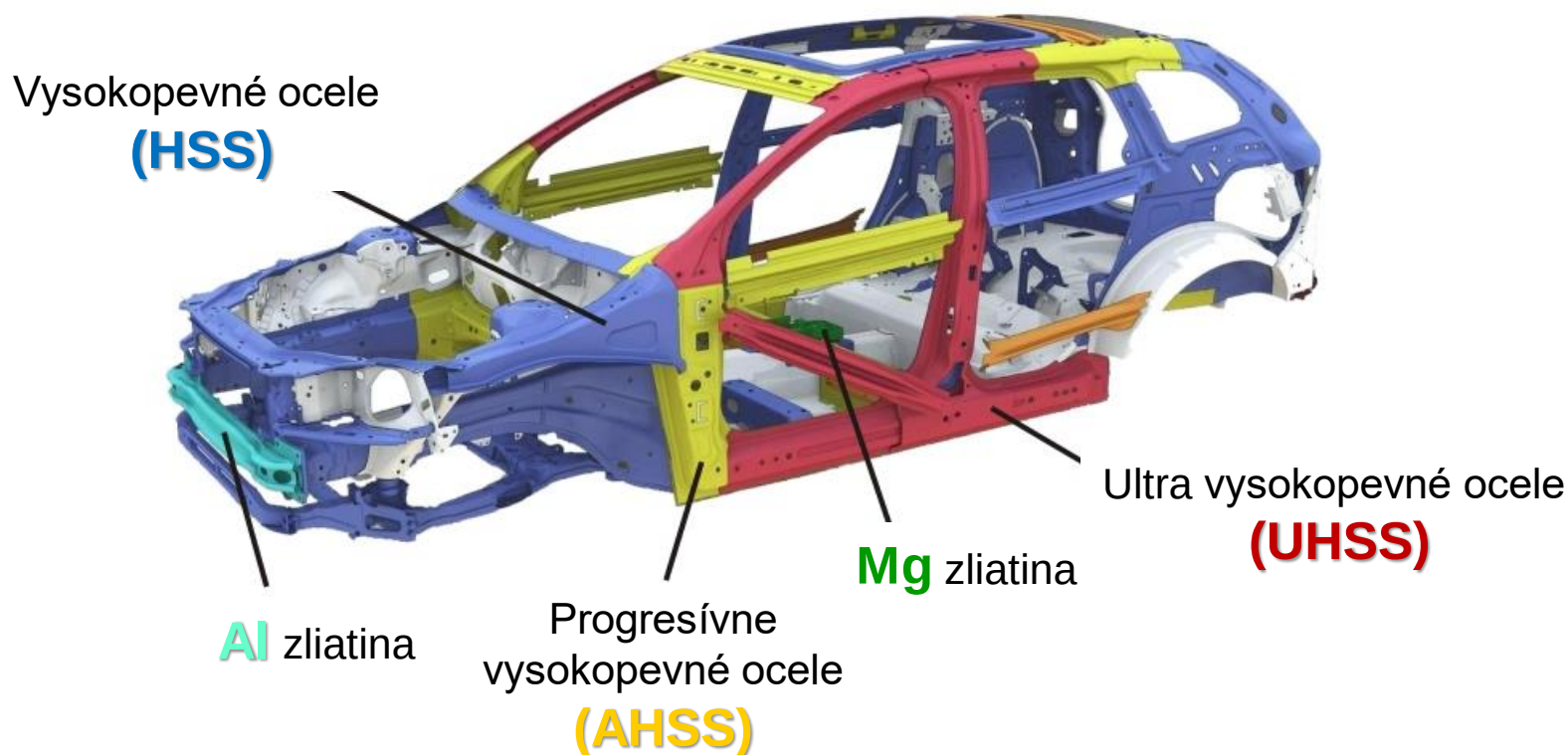
Tixotropné tvárnenie
(semi-solid forming,
tixoforming)



tixotropné lisovanie



Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)



Volvo XC60 z roku 2008

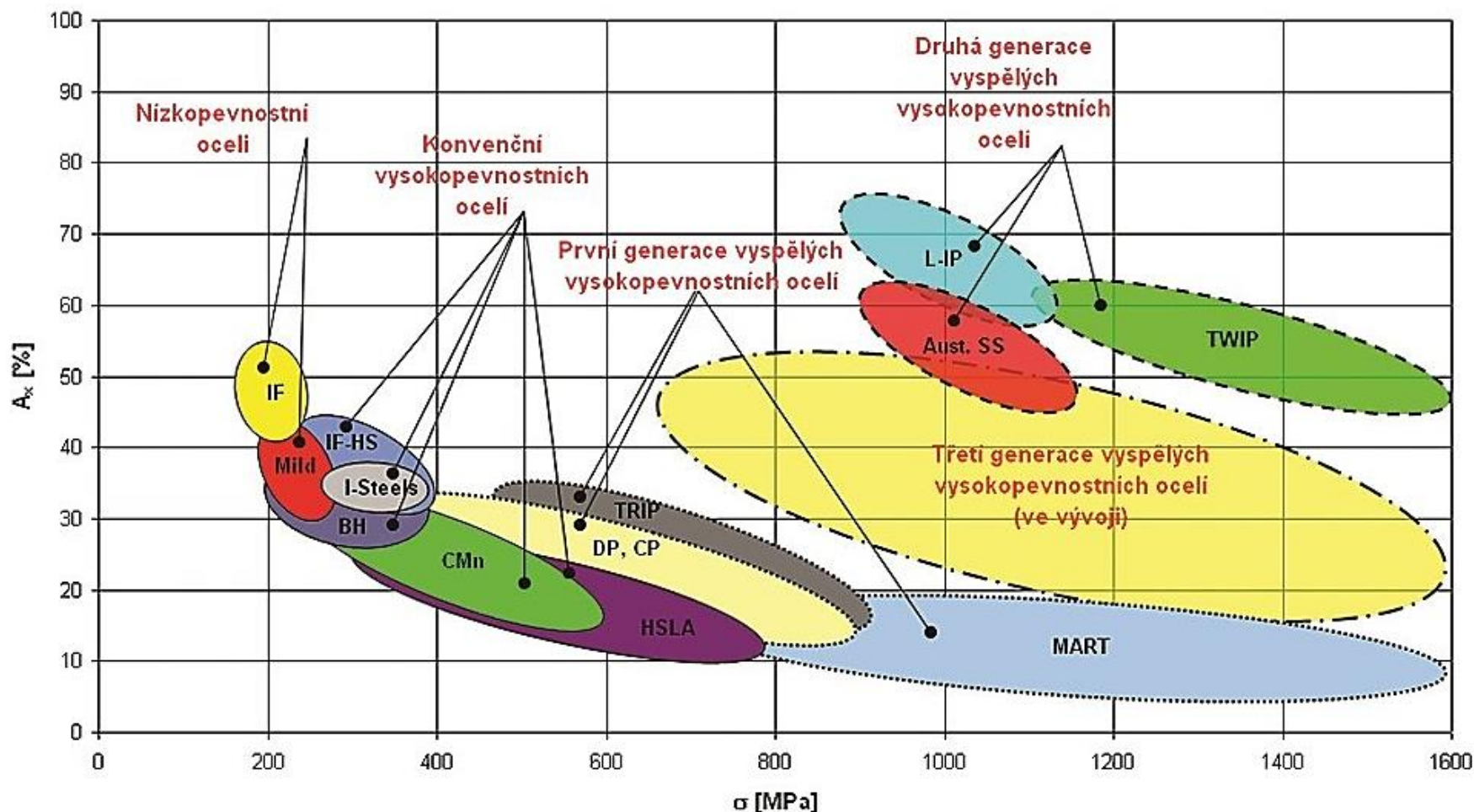
Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

Triedenie ocelí podľa pevnostných charakteristík

Pevnostná trieda	Medza sklzu (MPa)	Pevnosť v ťahu (MPa)
Ocele s nízkou pevnosťou	< 210	< 340
Vysokopevné ocele (HSS)	210 až 550	270 až 700
Progresívne vysokopevné ocele (AHSS)	> 550	590 až 980
Ultra vysokopevné ocele (UHSS)	> 550	> 980

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

Triedenie ocelí podľa pevnostných charakteristík



Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

IF oceľ (*Interstitial Free Steels*) – oceľ bez, resp. s minimálnym množstvom interstícií (v polovici 80-tych rokov 20. storočia). Sú určené hlavne **pre hlboké ťahanie**. Nárast plasticity je dosiahnutý znížením koncentrácie uhlíka obyčajne na hodnotu **$C < 0,005\%$** a **mikrolegovaním Ti, Nb, resp. kombináciou Ti + Nb**, ktoré úplne vyviažu interstitické prvky C, N na stabilné precipitáty TiCN a NbCN.

Modernejšie IF oceľ majú obsah uhlíka až do 0,012 %. Ostatné prvky sú v obsahoch $N \leq 0,0066$, $Ti \leq 0,3$, $Nb \leq 0,035$, $Mn \leq 1,6$, $Si \leq 0,3$, $Al \leq 0,02$, $P \leq 0,1$, $S \leq 0,025$ (hm.%). Štruktúra ocele je tvorená **čistým feritom** a vlastnosti ocele sú riadené veľkosťou feritického zrna. V dôsledku neprítomností interstícií majú nízkú medzu sklzu a vysokú ťažnosť.

Sú odolné voči starnutiu a vhodné na veľké tvarovo zložené karosárske výlisky ako napr. blatníky, dvere a pod. Významnou vlastnosťou týchto ocelí je aj vysoký koeficient normálovej anizotropie a exponent deformačného spevnenia.

Medza sklzu sa pohybuje v rozsahu **100 až 310 MPa**, pevnosť v ťahu **140 až 450 MPa**, **ťažnosť 30 až 55 %**.

Hodnoty medze sklzu je možné u IF ocelí zvýšiť o niekoľko desiatok MPa **BH efektom** (*Bake Hardening Efekt*) pri vypaľovaní laku na teplotách do 200 °C. **IF-BH oceľ** sú vhodné na extrémne hlboké ťahanie. Vďaka svojim vynikajúcim mechanickým vlastnostiam sa tieto oceľ uplatňujú najmä na výrobu najviac exponovaných častí karosérie ako sú nárazníky, dvere, kapota, veko kufra, strecha.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

DQ oceľ (*Drawing Quality Steels*) – nízkouhlíkové oceľe s dobrou ťažnosťou. Obsahujú $0,02 \leq C \leq 0,08$, $Mn \leq 0,5$, $P \leq 0,02$, $S \leq 0,03$ (hm.%). Vďaka nízkemu obsahu uhlíka sú dobre zvariteľné. Medza sklzu je v intervale **140 až 360 MPa**, medza pevnosti **290 až 440 MPa**, a ťažnosť **34 až 44 %**. V automobilovom priemysle sú určené na lisované výrobky. Typickými aplikáciami sú bočné dvere, strechy, podbehy, veká batožinového priestoru alebo kapoty.

DDQ oceľ (*Deep Drawing Quality Steels*) – **hlbokotážné oceľe** s $C \leq 0,12$, $Mn \leq 0,6$, $P \leq 0,045$, $S \leq 0,045$, $Ti+Nb \leq 0,3$ (hm.%). Sú odolné voči starnutiu, majú dobrú tvárnosť za studena, dostatočnú zvariteľnosť a spĺňajú požiadavku na nízku medzu sklzu, ktorá je **od 100 do 340 MPa**. Pevnosť v ťahu je na úrovni **250 až 500 MPa** a ťažnosť **23 až 32 %**. Mikroštruktúra je obvyčajne **čisto feritická**, ale vo veľmi malom množstve sa môžu objaviť karbidy v objeme zŕn.

Majú pomerne **horšie únavové vlastnosti** a výrazne neprispievajú svojimi vlastnosťami k bezpečnosti v prípade havárie. To ich predurčuje iba na také komponenty konštrukcie ako sú vnútorné časti dverí, komplikované výlisky podláh, vnútorné podbehy a blatníky alebo strechy.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

Mild steel (tiež *Low-Carbon Steels*) – nízkouhlíkové a nízkolegované ocele s minimálnym množstvom legujúcich prvkov a bez výnimočných vlastností. Kedysi boli jednoznačnou voľbou pre karosárske plechy. Majú dobrú hlbokotažnosť, zvariteľnosť a rovnako aj obrábateľnosť, bez strát na pevnosti. Ich veľkým negatívom, pre ktorý sa dnes takmer vôbec nepoužívajú je ich **vysoká hmotnosť**.

CMn ocele (*Carbon-Manganese Steels*) – medza sklzu je **170 až 460 MPa** a pevnosť v ťahu **230 až 610 MPa**, pri ťažnosti **15 až 35 %**. Majú **zvýšenú medzu únavy**.

Chemické zloženie CMn ocelí sa pohybuje v týchto intervaloch: $0,14 \leq C \leq 0,5$, $0,7 \leq Mn \leq 1,9$, $0,15 \leq Si \leq 0,5$, $0,2 \leq Cu \leq 0,35$, $0,035 \leq P \leq 0,04$, $0,04 \leq S \leq 0,05$ (hm.%). Mikroštruktúra je obvyčajne **feriticko-perlitická**, ale po normalizačnom žíhaní, kalení a popúšťaní je v štruktúre prítomný **bainit** alebo **martenzit**.

Na zjemnenie zrna sa zvykne pridať malé množstvo Al (hliník). Ocele s dolegovaním B (bórom) sa používajú najčastejšie na výstuže predných nárazníkových zón.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

BH oceľ (*Bake Hardening Steels*) – nízkouhlíkové oceľ sú s mikroštruktúrou **feritickou**. Príspevok k spevneniu pochádza zo spevnenia mangánom (Mn), fosforom (P) a kremíkom (Si).

Deformačným spevnením (napr. lisovaním) môžu BH oceľ získať ďalších 35 až 40 MPa na medzi sklzu. Svoju výslednú pevnosť získavajú **pri procese vypaľovania laku**, kedy sa spustí **precipitácia karbidov**. BH oceľ sú častejšie používané na strechy, dvere a kapotu motora, veko kufra, nárazníkové výlisky a iné.

Pri lisovaní sú BH oceľ vynikajúco tvárniteľné a majú nízku medzu sklzu, ktorá sa pohybuje od 180 do 360 MPa, pričom sa zároveň zvyšuje pevnosť v ťahu na úroveň 290 až 480 MPa. Majú tiež dobré únavové vlastnosti, výraznú **schopnosť absorpcie mechanickej energie** a vyššiu odolnosť voči vtlačeniu.

Typické chemické zloženie BH ocelí je $C \leq 0,11$, $Si \leq 0,5$, $Mn \leq 0,8$, $P \leq 0,12$, $S \leq 0,025$, $Al \geq 0,015$ (hm.%).

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

IS oceľ (*Isotropic Steels*) – oceľ majú **feritickú** mikroštruktúru a vyznačujú sa izotropiou mechanických vlastností, dobrým pomerom tvárniteľnosti a pevnosti rázom v ohybe, zvýšenou odolnosťou voči starnutiu a vhodnosťou na povlakovanie.

Medza sklzu je **180 až 310 MPa** a pevnosť v ťahu **270 až 390 MPa** a ťažnosť **30 až 40 %**.
Typické chemické zloženie IS ocelí je $0,03 \leq C \leq 0,06$, $0,5 \leq Mn \leq 1,1$, $0,08 \leq Si \leq 0,2$, $0,015 \leq Al \leq 0,07$, $N \leq 0,007$, $Ni \leq 0,04$, $Cu \leq 0,04$, $P \leq 0,035$, $S \leq 0,015$, $Mo \leq 0,008$, $Ti \leq 0,005$ a $0,65 \leq B/N \leq 1,6$ (hm.%).

Používajú na výrobu niektorých karosárskych výtvarkov, najčastejšie striech.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

HSLA oceľ (*High-Strength Low-Alloy Steels*) – vysokopevné nízkolegované oceľe. Pôvodne boli vyvíjané ako oceľe na výrobu plynovodov a ropovodov, odolávajúce atmosférickej korózii so zvýšenými hodnotami mechanických vlastností.

Chemické zloženie HSLA ocelí sa pohybuje v nasledujúcich intervaloch: $0,05 \leq C \leq 0,26$, $0,5 \leq Mn \leq 1,65$, $0,025 \leq P \leq 0,15$, $0,01 \leq S \leq 0,05$, $0,15 \leq Si \leq 0,9$, $0,25 \leq Cr \leq 0,9$, $0,25 \leq Ni \leq 1,25$, $0,2 \leq Cu \leq 1$, $0,005 \leq V \leq 0,11$ (hm.%), a prímiesy Mo, Zr, Ca, Nb, N, Al a Ti do 0,25 %. *Do tejto skupiny ocelí patria aj DP a CMn oceľe.*

Jemnozrnná mikroštruktúra HSLA ocelí je rôznorodá. Môže byť čisto **perlitická**, **feriticko-perlitická s acikulárnym feritom**, alebo **feriticko-martenzitická**.

Nízky obsah uhlíka (C) zabezpečuje dobrú tvárnosť a zvariteľnosť. Malé množstvá Zr, Ca a vzácnych zemín regulujú tvar oxidov síry, čo tiež prispieva k lepšej tvárnosti. Cu, Ti, V a Nb zvyšujú pevnosť HSLA ocelí precipitáciou karbidov a roztokovým spevnením. HSLA oceľe sa používajú na výrobu niektorých dynamicky namáhaných dielov podvozku, výstuží dverí, nárazníkov a nosných častí karosérie. Vďaka dobrej hlbokotlačnosti sú vhodné na náročné výlisky.

V porovnaní s obyčajnými uhlíkovými oceľami majú o 20 až 30 % nižšiu hmotnosť pri rovnakej pevnosti. Medza sklzu HSLA ocelí je v intervale **240 až 620 MPa** a pevnosť v ťahu je súčasnosti v rozmedzí **290 až 800 MPa**.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

P oceľ (*Phosphorized Steels*) – oceľ sa spevňuje procesom roztokového substitučného spevňovania. Spevňujúcim prvkom je fosfor (P), ktorý sa do ocele pridáva vo zvýšenej miere (až na 0,1 hm. %) a jeho atómy v tuhom roztoku obsadzujú substitučné polohy. Oceľ tak získava prírastok na tvrdosti, avšak na úkor krehkosti.

Medza sklzu sa pohybuje v rozmedzí 180 až 420 MPa, pevnosť v ťahu od 360 do 540 MPa, a ťažnosť 5 až 45 %. Vďaka dobrej tvárniteľnosti sa tieto oceľ používajú na výrobu výliskov dverí, veka batožinového priestoru, kapoty, strechy, časti nárazníkov.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

DP ocele (*Dual Phase Steels*) – sú špeciálne ocele pre automobilový priemysel ako vysoko pevné ocele s dobrou tvárnosťou a zvariteľnosťou. Mikroštruktúra pozostáva zo **70 až 90 % feritu** a **10 až 30 % martenzitu**. Okrem týchto dvoch fáz nie je vylúčená ani prítomnosť bainitu, perlitu a zvyškového austenitu vo veľmi malých množstvách. Niekedy je prítomnosť bainitu v týchto oceliach žiadaná. Z hľadiska chemického zloženia sú to nízkouhlíkové ocele. Obsahujú $0,05 \leq C \leq 0,4$, $0,01 \leq Al \leq 1,5$, $0,01 \leq Si \leq 1,5$, $0,4 \leq Mn \leq 2,5$, $0,002 \leq N \leq 0,009$, $0,3 \leq Cr \leq 1$, $0,2 \leq Mo \leq 0,8$, $0,015 \leq Ti \leq 0,03$, $0,03 \leq Nb \leq 0,12$, $0,4 \leq P \leq 0,6$, $0,05 \leq V \leq 0,15$, $0,005 \leq B$, $0,01 \leq S \leq 0,012$ (hm.%).

Správne množstvo uhlíka zabezpečuje **tvorbu martenzitu** s dostatočnou pevnosťou pri ochladzovaní štandardnými rýchlosťami. Mangán, chróm, molybdén, vanád a nikel sa podieľajú na zvýšení tvrdosti a pevnosti.

K prednostiam DP ocelí patrí nevýrazná medza sklzu, väčší exponent deformačného spevnenia, dobrý pomer plasticity a pevnosti, dobrá zvariteľnosť všetkými dostupnými metódami a odolnosť voči iniciácii a šíreniu únavových lomov. Medza sklzu je okolo **300 až 780 MPa**, pevnosť v ťahu je **400 až 1120 MPa** a ťažnosť **5 až 60 %**. Pevnosť týchto ocelí je možné ešte zvýšiť BH efektom alebo deformačným starnutím.

Zvlášť vhodné sú na výrobu A, B, C a D stĺpikov, prahov dvier, výstuh striech, celých bočných rámov karosérie, predných nárazníkových konštrukcií, výstuh podláh, zadného nárazníka.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

CP oceľ (*Complex Phase Steels*) – nízkouhlíkové oceľ, ktorých základom je jemnozrnná **feriticko-bainitická matrica s malým podielom perlitu, martenzitu a zvyškového austenitu**. Tieto oceľ majú vysokú pevnosť, tvrdosť a vysoký koeficient deformačného spevnenia.

Medza sklzu sa pohybuje okolo **600 až 920 MPa**, pevnosť v ťahu je **780 až 1130 MPa**. Výrazné zjemnenie zrna sa dosahuje potlačením rekryštalizácie alebo precipitáciou mikrolegujúcich prvkov Ti a Nb. Jemné precipitáty sú potom distribuované rovnomerne v celej štruktúre. Pre CP oceľ je typická vysoká schopnosť absorbcie mechanickej energie a teda veľká deformačná kapacita.

Chemické zloženie CP ocelí je zostavený z malého množstva legujúcich prvkov: $0,12 \leq C \leq 0,17$, $Mn \leq 2,2$, $Si \leq 0,8$, $P \leq 0,04$, $Cr+Mo \leq 1$, $S \leq 0,015$, $Al \leq 1,2$, $V \leq 0,2$, $B \leq 0,005$ (hm.%).

Tieto oceľ sa používajú na také konštrukčné prvky, u ktorých sa vyžaduje vysoká schopnosť absorbcie nárazovej energie, napr. B-stĺpik, výstuže dverí a nárazníkov.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

TRIP ocele (*Transformation Induced Plasticity Steels*) – mikroštruktúra TRIP ocelí je **feritická matrica**, v ktorej je určitý podiel **zvyškového austenitu**, **bainitu** a **martenzitu**. Počas deformácie prebieha transformácia zvyškového austenitu na martenzit. Aby sa mohol uplatniť tento TRIP efekt je nutný minimálny podiel **zvyškového austenitu v štruktúre 5 až 10 %**. Zabezpečuje sa to zvýšeným obsahom uhlíka a kremíka.

Výhoda TRIP ocelí spočíva v ich schopnosti zvýšiť ťažnosť o 20 až 80 % s vynikajúcimi pevnostnými vlastnosťami ($R_e = \underline{390 \text{ až } 800 \text{ MPa}}$, $R_m = \underline{500 \text{ až } 1050 \text{ MPa}}$. TRIP ocele obsahujú relatívne málo legujúcich prvkov: $C \leq 0,24$, $Al \leq 1,6$, $Mn \leq 2$, $S \leq 0,01$, $Si \leq 0,3$, $P \leq 0,04$, $B \leq 0,005$, $Cr+Mo \leq 0,6$, $Nb+Ti \leq 0,2$ (hm.%). Súčasný vývoj výroby TRIP ocelí smeruje iba k čiastočnému nahrádzaniu Si obmedzeným množstvom Al a použitiu 0,05 až 0,10 hm.% P. Množstvo použitého P je viazané na obsah Al, pretože P takisto potláča tvorbu cementitu a je veľmi efektívnym prvkom pri spevnení tuhého roztoku. Vyšší obsah kremíka a hliníka podporuje tvorbu feritu a bainitu. Tieto prvky sú teda nápomocné pri snahe zachovať potrebné množstvo uhlíka vo zvyškovom austenite. Dôležité je potlačiť precipitáciu karbidov počas bainitickej premeny. K tomu slúžia kremík a hliník.

Majú vynikajúce únavové vlastnosti a schopnosť absorbovať deformačnú energiu. Aplikujú sa na také miesta ako sú priečne a pozdĺžne nosníky karosérie, výstuže B-stĺpikov, alebo prahy dverí.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

MART ocele (*Martensitic Steels*) – mikroštruktúra pozostáva hlavne z **martenzitu s doskovitou morfológiou** (najmenej 30 %), ktorý vzniká transformáciou austenitu počas kalenia, hneď po valcovaní za tepla a žíhaní.

Tieto ocele sú často po kalení podrobené temperovaniu s cieľom zlepšiť ich húževnatosť aj pri veľmi vysokej hodnote pevnosti v ťahu. V závislosti na podiele martenzitickej fázy poskytujú MART ocele konečnému produktu najvyššiu hodnotu pevnosti v ťahu od 800 až do 1650 MPa. Medza sklzu je na úrovni 720 až 1200 MPa a ťažnosť 5 až 15 %.

Typickými aplikáciami MART ocelí sú prvky, vyžadujúce vysokú pevnosť a únavovú odolnosť pri čo najužšom priereze alebo hrúbke.

Veľmi často sa objavujú ako výstuže dverí, bočné výstuže, výstuže nárazníkových partií, bočné rámy karosérie a pod.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

FB oceľ (*Ferritic-Bainitic Steels*) – mikroštruktúra FB ocelí je tvorená **jemným feritom** a **bainitom**. Ich medza sklzu dosahuje hodnoty **330 až 570 MPa** a pevnosť v ťahu je **500 až 1000 MPa**, pri ťažnosti **10 až 30 %** a veľkom koeficiente deformačného spevnenia. Spevnenie sa dosahuje zjemnením zrna a spevnením sekundárnou fázou – bainitom. Hlavnou výhodou týchto ocelí, v porovnaní s HSLA a DP oceľami, je vylepšená ťažnosť, odolnosť voči spevneniu vplyvom tlaku, zvariteľnosť. Z toho dôvodu je možné ich charakterizovať ako oceľ s dobrou odolnosťou voči nárazu a únave. FB oceľ sú známe aj pod názvom *Stretch-Flangeable* (**SF oceľ**).

Sú ideálnou voľbou pre výrobu komponentov tvárnených za studena, ako napr. rôzne profily konštrukcie a výstuže.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

TWIP oceľ (*Twinning Induced Plasticity Steels*) – oceľ patria k novým a perspektívnym typom ocelí. Ide o ultra pevné oceľe vysoko legované mangánom (Mn).

Medza sklzu sa pohybuje od **280 do 1350 MPa**, pevnosť v ťahu je **od 580 do 1470 MPa**, pričom ťažnosť je na úrovni **15 až 25 %**. Schopnosť tvárnenia ťahaním je tak na úrovni hlbokotažných ocelí, avšak pri dva až päť krát vyššej pevnosti.

Oproti TRIP oceliam nedochádza pri tvárnení k deformácii austenitu, ale k zmene jeho kryštalografickej orientácie v dôsledku tvorby dvojčiat.

Typické zloženie TWIP ocelí je: $0,02 \leq C \leq 0,6$, $0,45 \leq Mn \leq 33$, $0,2 \leq Si \leq 3,3$, $Al \leq 8,4$, $Cr \leq 18,3$, $Nb \leq 0,033$, $0,02 \leq Ni \leq 8,6$, $S \leq 0,0033$ (hm.%).

Výraznejšieho TWIP efektu sa dosahuje pri obsahoch mangánu **(Mn) nad 20 %**. Obyčajne je paralelne sprevádzaný aj TRIP efektom. Pri obsahoch mangánu pod 15 % dochádza iba k TRIP efektu.

Plechvy vyrobené z TWIP ocelí poskytujú vyššiu mieru bezpečnosti v porovnaní s inými oceľami a prispievajú k redukcii hmotnosti automobilu. Okrem toho je TWIP oceľ vhodným materiálom aj pre B-stĺpik a bočné výstuže konštrukcie.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (oceľ)

UHSS-B (*Boron Steels*) – mikroštruktúra je tvorená **martenzitom** a **zvyškovým austenitom**. Pre menej náročné aplikácie je prípustný aj dolný bainit.

Chemické zloženie je $0,07 \leq C \leq 0,67$, $0,02 \leq Ti \leq 0,05$, $0,15 \leq Ni \leq 3,8$, $0,1 \leq V \leq 0,15$, $0,3 \leq Mn \leq 2,05$, $0,015 \leq Al \leq 0,065$, $0,0005 \leq B \leq 0,005$, $0,15 \leq Si \leq 2,2$, $0,13 \leq Cr \leq 1,45$, $0,08 \leq Mo \leq 0,35$, $0,008 \leq S \leq 0,05$, $0,025 \leq P \leq 0,04$ (hm.%). Aj tak malé množstvo bóru (B) postačuje na potlačenie nukleácie feritu na hraniciach austenitických zŕn a podporuje tvorbu martenzitu alebo dolného bainitu. V závislosti na tepelno-mechanickom spracovaní môžu byť medza sklzu a pevnosť v ťahu v širokom intervale, a to medza sklzu začína na hodnote okolo **430 MPa** a po spracovaní tvárnením sa zvýši cca o 100 MPa a od BH efektu dosahuje až **1770 MPa**, pevnosť v ťahu **od 500 do 2034 MPa**, ťažnosť **5 až 41 %**.

Výhodou materiálov s tak vysokými hodnotami pevnostných vlastností je možnosť použiť menej masívne a teda ľahšie prvky konštrukcie. Nevýhodou je, že **po deformácii sa nedajú opraviť do pôvodného tvaru**. Nevýhodou je tiež, že s vysokou pevnosťou má materiál zvýšenú krehkosť a teda sklon vytvárať trhliny pri deformácii. Pre svoju vysokú medzu sklzu sú v automobiloch určené na také konštrukčné prvky, ktoré by sa nemali deformovať. Používajú sa predovšetkým na A alebo B stĺpiky, prahy a výstuže dvier, priečne stredové strešné oblúky, rám pod alebo za zadnými sedadlami, výstuže pod palubovkou.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (Al zliatiny)

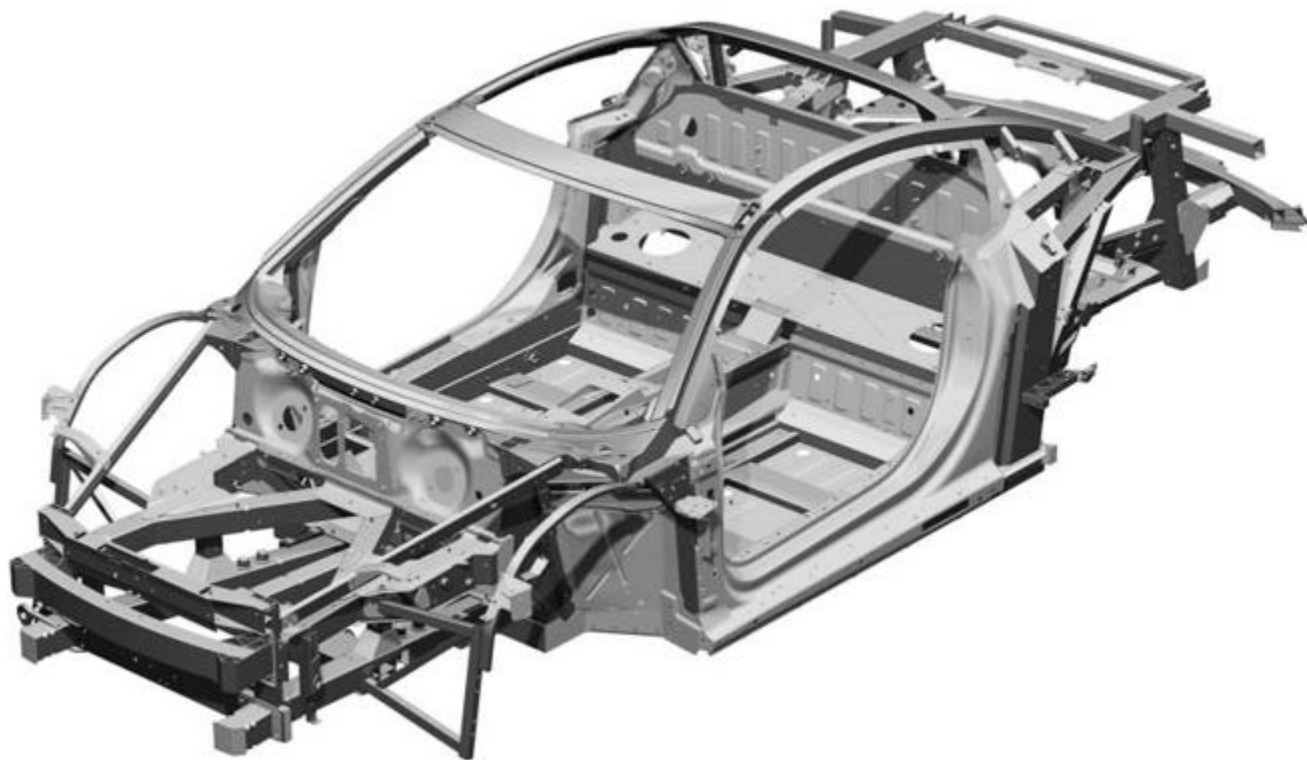
Zliatiny na báze hliníka sa stali súčasťou konštrukcie áut všetkých tried. Ich atraktivita spočíva v nízkej hmotnosti. Hliníkové zliatiny majú v porovnaní s oceľami približne **tretinová hmotnosť**. Úsporu na hmotnosti však nie je možné posudzovať len na základe tohto parametra. Tým, že hliníkové zliatiny majú nižšie pevnostné vlastnosti, konštrukčné prvky musia byť masívnejšie. Plusom je tiež **dobrá recyklovateľnosť týchto zliatin, korózna odolnosť** a dobrá dostupnosť. Menej pozitívne vyznieva vyššia a hlavne často sa meniaci trhovú cenu hliníka, a v porovnaní s oceľami **horšia tvárnosť a zvariteľnosť**.

V súčasnosti sa používajú zliatiny triedy 5xxx (**Al-Mg zliatiny**), predovšetkým 5251, 5754, 5182, 5022, 5023. Pre vyššiu medzu sklzu, ktorá dosahuje hodnoty až **600 MPa**, ďalej zliatiny triedy 6xxx (**Al-Si zliatiny**), 6022, 6181, 6016, 6111, 6009 a iné.

V Európskych autách sa zriedkavo používajú aj prvky zo zliatin triedy 2xxx (**Al-Cu zliatiny**), 2036 a 2117. Ich väčšiemu rozšíreniu bráni **sťažená recyklovateľnosť**, však napriek tomu sú populárne v automobilkách USA.

V exkluzívnych a neštandardných modeloch sa používajú konštrukcie s vyšším podielom hliníkových zliatin (napr. BMW radu 5 a 7) s úsporou na hmotnosti 5 až 15 %, prípadne s celohliníkovou konštrukciou (napr. Audi R8, Jaguar XJ), kde sa dosahuje úspora na hmotnosti 40 až 50 %. Veľké uplatnenie na menej namáhané komponenty našli **hliníkové peny**. Ich prednosťou je ešte nižšia hmotnosť pri relatívne dobre zachovanej pevnosti.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (Al zliatiny)



Celohliníková karoséria Audi R8 (r. 2011)

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (Mg zliatiny)

Hmotnosť **horčíkových zliatin** je v porovnaní s **hliníkovými zliatinami o 30 % nižšia**. A v porovnaní s **ocelami** je to až **o cca 75 % nižšia hmotnosť**. Popri nízkej hmotnosti poskytujú horčíkové zliatiny aj možnosť odlievania aj tenkostenných odliatkov.

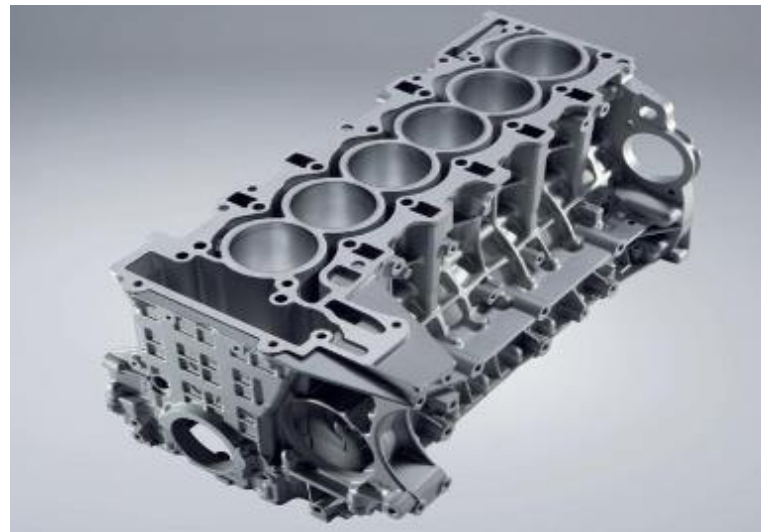
Zliatiny horčíka pre tieto aplikácie sú legované mangánom (Mn) a zinkom (Zn). Dominantné sú zliatiny s označením **AZ91**, AM50 a AM60. Medza sklzu týchto zliatin sa pohybuje od **120 do 160 MPa**, pevnosť v ťahu je **od 210 do 240 MPa**, a ťažnosť je **3 až 10 %**. Pre tak nízke hodnoty mechanických vlastností a vysokú reaktivitu s kyslíkom je použitie horčíkových zliatin obmedzené len na také konštrukčné prvky, ktoré nie sú veľmi namáhané, a kde nie sú exponované atmosferickým kyslíkom. Avšak predovšetkým horšie mechanické vlastnosti, najmä zvýšená citlivosť na vznik vrubov, majú za následok, že horčíkové zliatiny sa do praktických konštrukčných aplikácií v automobilovom priemysle zatiaľ takmer vôbec nedostali.

Vo výnimočných prípadoch sa z týchto zliatin vyrábajú rôzne menej namáhané súčiastky, napr. kryty. Najrozšírenejšia technológia spracovania týchto zliatin je odlievanie, pričom v poslednom období sa aplikujú aj technológie spracovania technológiou tvárnenia.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (Mg zliatiny)

Zliatiny horčíka sú pre aplikácie v automobilovom priemysle legované mangánom (do 2,5 %), zinkom (do 5 až 6 %) a zirkónom (do 1,5 %). Dominantné sú zliatiny s označením AZ91, AM50 a AM60B.

Využitie týchto zliatin pri osobných automobiloch je hlavne v motoroch, ale aj v súčiastiach podvozkov, časti karosérie a v neposlednom rade sú používané na výrobu odlievaných kolies športových automobilov.



Horčíkový blok motora BMW

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (Ti zliatiny)

Titan bol prvý krát použitý v automobilovom priemysle v 50-tych rokoch 20.storočia. Automobilová firma General Motors v roku 1956 uviedla na trh doteraz jediný automobil s titánovými časťami kapoty. Najznámejšia a najpoužívannejšia titánová zliatina je TiAl6V4, ktorá obsahuje 5,5 až 6,75 % hliníka a 3,5 až 4,5 % vanádu. Titan sa aplikuje na výrobu výfukových systémov, pružín, ventilov, spojok, diskov kolies a kotúčových bŕzd. Použitím titanu sa môže **znižit' pôvodná hmotnosť až o 40 %**.

Titanové zliatiny využívajú výrobcovia, ako Mitsubishi pri výrobe držiaku ventilových pružín, Ferrari a Honda pri výrobe ojníc a General Motors pri výrobe výfukových systémov.

Medzi negatívum aplikácie titanu patrí skutočnosť, že je to veľmi náročný prvok na obrábanie. Od tejto skutočnosti sa odráža aj jeho cena a to je hlavný dôvod prečo je používaný len na veľmi namáhané súčiastky v športových automobiloch, ktoré sú produkované v malých sériách.



Titánové ojnice pre motor Honda

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a polymérne kompozity)

V automobiloch sa začínajú čoraz viac uplatňovať **plasty** a **polymérne kompozity**. Obsahujú širokú rozmanitosť rôznych funkčných materiálov, ktoré vykazujú širokú škálu žiaducich vlastností.

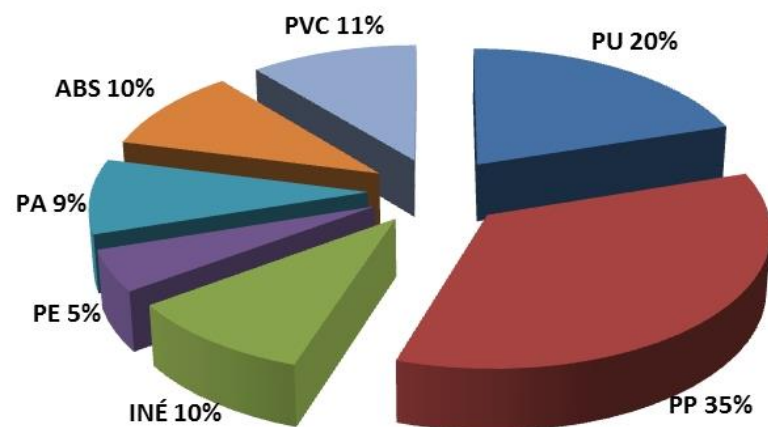
Sú pevné a ľahké, odolné voči chemikáliám a agresívnemu prostrediu, a sú vynikajúcimi tepelnými a elektrickými izolátormi. Môžu byť priehľadné, alebo nepriehľadné, mäkké, pružné, pevné, alebo môžu mať takmer akýkoľvek tvar a veľkosť. Sú teplo odolné a odolné voči korózii a hlavne sú recyklovateľné.

Plasty sú v porovnaní s **oceľami ľahšie približne 7x** a v porovnaní s **meďou a jej zliatinami viac ako 9x**.

Ak do živice či plastu pridáme výstuž vo forme vlákien, ktoré majú vysokú tuhosť, pevnosť a teplotnú stabilitu, získame celkom novú, unikátnu skupinu materiálov kombinujúcich synergicky mechanické vlastnosti výstuže s ľahkosťou spracovania polymérov.

Polymérne kompozity majú oproti kovovým a keramickým kompozitom mnohé výhody. K najvýznamnejším patria **vysoká špecifická pevnosť, pomerne ľahká výroba a spracovanie, odolnosť voči korózii, lepšie dynamické vlastnosti, dobré tlmiace vlastnosti, vysoká tvarová stálosť** a možnosť vyrábať zložité diely jednorázovo alebo ich skladať z celkovo menšieho počtu dielov (integrálna stavba). Vysoká špecifická pevnosť bola hlavným dôvodom, prečo sú vystužené plasty vhodné pre aplikácie, ktoré musia vydržať nárazy.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a polymérne kompozity)



**Diely karosérie
automobilu Smart, vyrobené z plastu**



Progresívne metódy tvárnenia – materiál (**plasty** a kompozity)

Plasty v automobile	
PP	32%
ABS	31%
PA 6/PA 6.6	31%
PU	17%
PVC	16%
PBT	5%
PVB	2%
PET	1%

Použitie plastov v bežnom automobile		
Komponent	Druh plastu	Priemerná hmotnosť v kg
Nárazníky	PP, ABS, PC/PBT	10,0
Sedadlá	PUR, PP, PVC, ABS, PA	13,0
Palubná doska	PP, ABS, PC	7,0
Nádrže na palivo	HDPE, POM, PA, PBT	6,0
Panelový systém	PP, PE	6,0
Kryty	PA, PP, PBT	9,0
Interiérové časti	PP, ABS, PET, POM	20,0
Kryty elektrických káblov	PP, PVB, PE, POM	7,0
Svietidlá (rámy, kryty)	PC, PBT, ABS, PMMA	4,0
Poťahy	PVC, PUR, PP, PE	5,0
Nádrže na tekutiny	PP, PE, PA	2,0
Čelné sklá	PVB	1,0

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (**plasty** a kompozity)

Materiály používané v automobilom priemysle	
Oceľ	41%
Nelegovaná oceľ	18%
Hliník	8%
Liatina	6,4%
Zinok, meď, horčík	2%
Guma	5,6%
Plasty	9,3%
Ostatné materiály	9,7%



Priemerné auto sa skladá z plastov v rozmedzí **od 5,8 % do 10 % jeho celkovej hmotnosti**, a to v závislosti od výkonnostných požiadaviek a noriem palivovej účinnosti, ako aj so spotrebou vozidlových komponentov. **Na jedno auto pripadá zhruba 105 kg plastov.**

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (**plasty** a kompozity)

- **Polypropylén (PP)**

Polypropylén je termoplastický polymér používaný v širokej škále aplikácií. Je vyrobený z monomérov propylénu, je odolný proti mnohým chemickým rozpúšťadlám a kyselinám.

Použitie: automobilové nárazníky, chemické nádrže, izolácia káblov, nádrže plynu, koberce.

- **Polyuretán (PUR)**

Polyuretán je elastomérový materiál mimoriadnych vlastností, vrátane húževnatosti, pružnosti a odolnosti proti oderu a teplote. Má široký rozsah tvrdosti (od mäkkých gúm až po tvrdosť bowlingovej gule). Polyuretán sa vyznačuje extrémne vysokou životnosťou, vysokou nosnosťou a vynikajúcou odolnosťou voči poveternostným vplyvom, ozónu, UV žiareniu, odolnosťou proti olejom, benzínu a väčšine rozpúšťadiel.

Použitie: pružné peny do sedadiel, penové izolačné panely, automobilové závesy, púzdra, vankúše, chrániče elektrických káblov a na tvrdé plastové diely.

- **Poly(vinyl)chlorid (PVC)**

PVC má dobrú pružnosť, spomaľuje horenie, má dobrú tepelnú stabilitu a vysoký lesk. Polyvinylchloridové materiály môžu byť vytlačané, vstrekované, lisované a umožňujú tak tvoriť obrovské množstvo produktov, či už pevných alebo pružných podľa množstva a typu použitých zmäkčovadiel.

Použitie: automobilové nástrojové panely, opláštenie elektrických káblov, potrubí, dverí.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (**plasty** a kompozity)

- **Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)**

Je kopolymér pripravený polymerizáciou styrénu a akrylonitrilu za prítomnosti polybutadiénu. Styren dáva plastom lesklý a nepriepustný povrch. Materiály vyrobené z ABS zlepšujú odolnosť proti nárazom, húževnatosť a tepelnú odolnosť.

Použitie: konštrukčné časti automobilu, palubné dosky, kryty kolies.

- **Polyamid (PA, Nylon 6/6, Nylon 6)**

Nylon 6/6 je univerzálny nylon, má dobré mechanické vlastnosti a odolnosť proti opotrebovaniu. Často sa používa, keď je požadovaná nízka cena, vysoká mechanická pevnosť. Je tuhý a stabilný materiál. Nylon je vo vode a za zvýšenej vlhkosti vysoko absorbočný.

Použitie: ozubené kolesá, vačky, ložiská, nátery proti vplyvom počasia.

- **Polystyrén (PS)**

Vyказuje vynikajúcu chemickú odolnosť a elektrický odpor. Technológie spracovania sú jednoduché. Materiály vyrobené z PS majú zlú odolnosť voči UV žiareniu.

Použitie: kryty zariadení, tlačidlá, displej na palubnej doske.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (**plasty** a kompozity)

- **Polyetylén (PE)**

PE má vysokú odolnosť proti nárazu, nízku hustotu a vykazuje dobrú húževnatosť. Môže byť použitý v celom rade metód spracovania termoplastov a zvlášť je užitočný tam, kde sa požaduje od materiálu odolnosť proti vlhkosti ale s nízkymi nákladmi.

Použitie: karoséria (s použitým skleneného vlákna), elektrická izolácia.

- **Polyoxymetylén (POM)**

POM má vynikajúcu tuhosť, pevnosť a medzu sklzu. Tieto vlastnosti sú konštantné aj pri nízkych teplotách. Je tiež vysoko odolný proti chemickým rozpúšťadlám a palivu.

Použitie: interiérové a exteriérové lišty, palivové systémy.

- **Polykarbonát (PC)**

Amorfný polykarbonátový polymér sa vyznačuje jedinečnou kombináciou tuhosti, tvrdosti a húževnatosti. Vykazuje vynikajúcu odolnosť proti zvetrávaniu, tečeniu. Má vynikajúce optické, elektrické a tepelné vlastnosti. Vzhľadom k svojej mimoriadnej absorpcii sily nárazu, je materiál predovšetkým vhodný pre automobilové nárazníky.

Použitie: nárazníky, svetlomety, kryty svietidiel.

- **Polybutyléntereftalát (PBT)**

Termoplast PBT sa používa ako izolačný materiál. Je vysoko chemicky a tepelne odolný.

Použitie: dverové kľučky, nárazníky, súčasti karburátora.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (**plasty** a kompozity)

- **Polyetyléntereftalát (PET)**

Polyetyléntereftalát je väčšinou používaný na výrobu **ramien stieračov a prevodových skríň, držiakov svetlometov, krytu motora, krytov konektorov.**

- **Akrylonitrilstyrénakrylát (ASA)**

Podobne ako u akrylonitrilbutadienstyrenu (ABS) aj ASA má veľkú húževnatosť a tuhosť, dobrú **chemickú odolnosť a tepelnú stabilitu**, výnimočnú odolnosť voči poveternostným vplyvom, starnutiu a žltnutiu a stabilitu vysokého lesku.

Použitie: **profily, interiérové diely a vonkajšie obloženie – lišty.**

- **Polyvinylbutyral (PVB)**

PVB sa vyznačuje použitím na výrobu **fólií**. Ďalej sa PVB živice používajú na výrobu **náterov, štruktúrnych lepidiel, farieb suchých tonerov a ako spojivo pri výrobe kompozitných materiálov**. PVB fólia má rad vynikajúcich vlastností, ktorými sú vysoká pevnosť v ťahu, **odolnosť proti nárazu**, transparentnosť a pružnosť, ktorá je obzvlášť užitočná pri výrobe **bezpečnostného čelného skla**.

- **Polymetylmetakrylát (PMMA)**

Je transparentný termoplast, často používaný ako alternatíva ku sklu. Z hľadiska ceny, je lacnejší ako PC, ale je aj náchylnejší k **poškriabaniu a rozbitiu**.

Použitie: **okná, displeje, obrazovky.**

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

Z celej škály kompozitných materiálov patria medzi **najrozšírenejšie kompozity s matricou tvorenou polymérmi**. Medzi ich kľúčové atribúty patrí menej náročná výroba a recyklácia, v porovnaní s kovmi a keramikou, v neposlednom rade aj odolnosť voči korózii. Dominantná vlastnosť, vďaka ktorej ich zaradujeme medzi tzv. **progresívne konštrukčné materiály**, je **vysoká hodnota špecifickej pevnosti**.

Vlastnosti kompozitov determinujú:

- **vlastnosti jednotlivých zložiek** (matrice a výstuže),
- vzájomný **podiel jednotlivých zložiek**,
- **geometria výstuže** (môže byť vo forme častíc, vlákien, lamíel),
- **typom rozhrania** medzi matricou a výstužou (čisté rozhranie, rozhranie s medzifázovou prítomnosťou).

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

Kompozity je možné modifikovať pre potreby jednotlivých aplikácií, preto nie je možné generalizovať ich charakteristiky. Napriek tomu je možnosť vyzdvihnúť niekoľko pozitívnych a negatívnych vlastností.

Výhody kompozitov:

- nízka hmotnosť (v porovnaní z kovovými materiálmi),
- priaznivý pomer pevnosti a hmotnosti (pevné a ľahké zároveň),
- odolnosť voči korózii,
- schopnosť absorbovať nárazy,
- flexibilita tvarovania,
- trvanlivosť.

Nevýhody kompozitov:

- menej predvídateľné správanie sa materiálu,
- sledovanie štruktúry a nedeštruktívna kontrola je zložitejšia ako v prípade kovov,
- výrobné náklady.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

Rozdelenie kompozitov

A) Podľa typu matrice:

- s matricou tvorenou **kovmi**,
- s matricou tvorenou **polymérmi**,
- s matricou tvorenou **keramikou**,
- s matricou tvorenou **uhlíkom**.

B) Podľa geometrie vystužujúcich vlákien:

- **časticové**,
- vláknové **s dlhými vláknami**,
- vláknové **s krátkymi vláknami**,
- **vrstvé** (lamináty, sendviče).

C) Podľa druhu plniva:

- kompozity **s anorganickými plnivami** (sklené, keramické, kovové vlákna),
- kompozity **s organickými plnivami** (uhlíkové, aramidové vlákna (meta-, para-)).

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

A) Podľa typu matrice:

- s matricou tvorenou **kovmi**,
 - s matricou tvorenou **polymérmi**,
 - s matricou tvorenou **keramikou**,
 - s matricou tvorenou **uhlíkom**.
-

Využitie kompozitných materiálov s kovovými matricami je primárne v oblastiach kde je potreba splniť požiadavky **dostatočnej pevnosti a odolnosti voči tečeniu**. Pre súčasné potreby priemyselných aplikácií môžeme rozdeliť kovové matrice do troch skupín:

1. **zliatiny hliníka** pre rozsah teplôt 300 až 400 °C,
2. **titánové zliatiny** pre rozsah 500 až 600 °C,
3. **superzliatiny** pre použitie až do 1150 °C.

Najväčšou výhodou pred polymérnymi matricami je zvýšená tuhosť a hlavne húževnatosť. Výstuhy matríc sú napr. s kontinuálnymi vláknami – dosiahnutie celkového zlepšenia vlastností (pevnosť, tuhosť, odolnosť voči creepu, únave). Najvhodnejšou výstužou z hľadiska rôznorodosti požadovaných vlastností sú **uhlíkové vlákna**, ktoré okrem už spomínaných vlastností majú výbornú odolnosť voči oxidácii a teplotným výkyvom.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

A) Podľa typu matrice:

- s matricou tvorenou **kovmi**,
- s matricou tvorenou **polymérmi**,
- s matricou tvorenou **keramikou**,
- s matricou tvorenou **uhlíkom**.

Kompozity s polymérnou matricou možno klasifikovať podľa toho, či je matrica **termosetická** alebo **termoplastická**. Kompozity s termosetickou matricou sú z pohľadu využitia oveľa bežnejšie. Termosetická matrica má v porovnaní s termoplastickou výhody ako napr. takmer žiadna potreba údržby, zvárateľnosť, tepelné tvarovanie a možnosť recyklácie. Dané typy kompozitov, či už sa jedná o matrice termosetické alebo termoplastické, majú omnoho nižšiu zložitosť výroby, v porovnaní s kompozitmi s uhlíkovou alebo kovovou matricou, čo je dané hlavne nízkou teplotou potrebnou na spracovanie, ktorá sa u termosetov (epoxidy, fenoly) pohybuje v rozmedzí od izbovej teploty až po 200 °C , u termoplastov až do 400 °C.

Vlákná používané na výstuž matric sú **sklené, uhlíkové alebo polymérne**. Vlákná kovové a keramické sa takmer nepoužívajú z dôvodu vysokej ceny a vyššej hustoty. Často sa používajú ako výstuž častice sférické, kde je prioritným faktorom ich veľkosť – najpriaznivejšie rozmery sú od 1 do 10 µm.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

A) Podľa typu matrice:

- s matricou tvorenou **kovmi**,
 - s matricou tvorenou **polymérmi**,
 - s matricou tvorenou **keramikou**,
 - s matricou tvorenou **uhlíkom**.
-

Implementácia keramiky v matriciach kompozitných materiálov je z hľadiska jej materiálových charakteristík úzko ohraničená. Nízka lomová húževnatosť a krehkosť pri zaťažení spadajú do nežiadúcich vlastností, ktoré je potrebné minimalizovať. Najefektívnejšia možnosť zlepšenia je výstuha matrice **kremíkovými alebo uhlíkovými vláknami**. Prístup, akým možno zvýšiť hodnoty lomovej húževnatosti spočívajú v princípe odklonenia trhlín (na rozhraniach zložiek alebo pôsobením napätia) alebo v presmerovaní trhlín za pomoci spevňujúcich vlákien.

V porovnaní s ostatnými typmi matríc je možné kompozitné materiály s keramickou matricou využívať i vo vysokoteplotných aplikáciách a prostrediach s náchylnosťou k oxidácii. Ako najvhodnejšie a v najvyššej miere využívané, sú napr. MgO , Si_3N_4 , ZrO_2 , SiAlON (keramika z triedy vysokoteplotných žiaruvzdorných materiálov) atď.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

A) Podľa typu matrice:

- s matricou tvorenou **kovmi**,
 - s matricou tvorenou **polymérmi**,
 - s matricou tvorenou **keramikou**,
 - s matricou tvorenou **uhlíkom**.
-

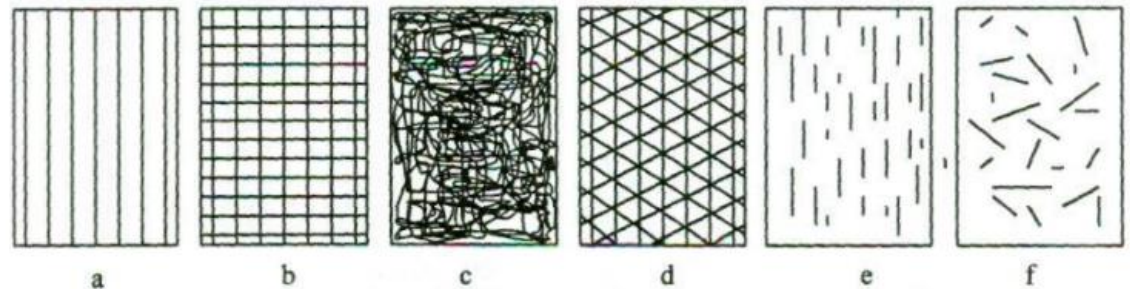
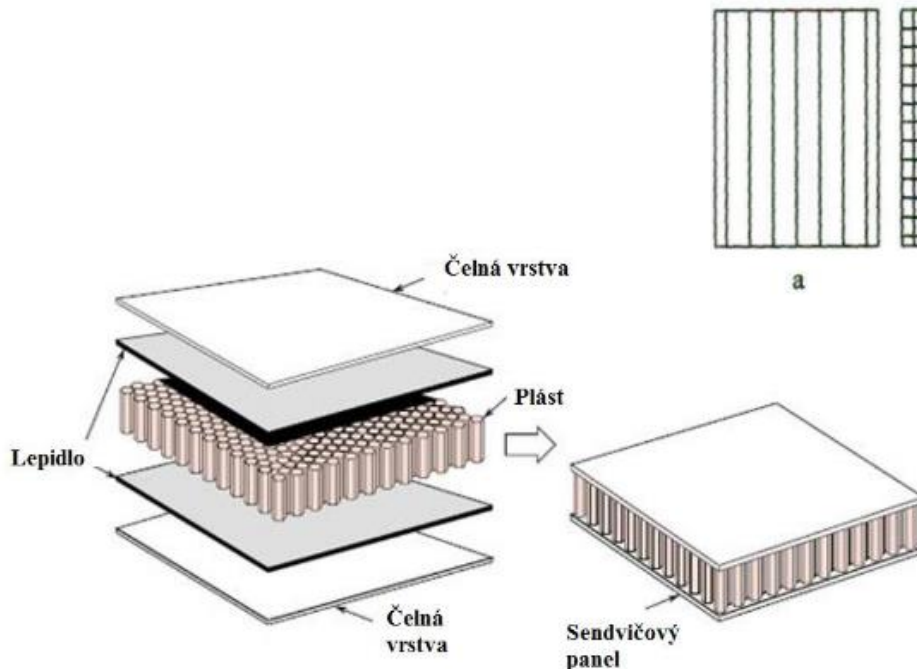
Kompozity s uhlíkovou matricou sú najčastejšie vyrábané karbonizáciou polymérnej matrice určitého kompozitu. Tento proces, tiež známy ako **pyrolýza**, sa zvyčajne vykonáva v inertnej atmosfére pri teplotách od 650 do 1200 °C. Tieto typy matric sú spájané **uhlíkovými vláknami** a vďaka svojim predispozíciám sú používané v oblastiach so zvýšenými exploatačnými nárokmi.

Hlavnou nevýhodou týchto kompozitov sú ich vysoké výrobné náklady a nízka rezistivita voči oxidácii za vysokých teplôt. Vhodnou ochranou voči oxidácii je aplikácia antioxidačných prísad do štruktúry, poprípade povlakom karbidu kremíka.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

B) Podľa geometrie vystužujúcich vlákien:

- **časticové**,
- vláknové **s dlhými vláknami**,
- vláknové **s krátkymi vláknami**,
- **vrstvé** (lamináty, sendviče).



- a) jednosmerné,
- b) dvojsová orientácia,
- c) náhodná orientácia vlákien,
- d) viacosová výstuž,
- e) krátke vlákna orientované jednosmerne,
- f) krátke vlákna orientované náhodne

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

C) Podľa druhu plniva:

- kompozity **s anorganickými plnivami** (**sklené**, **keramické**, kovové vlákna, **polymérne** vlákna),
 - kompozity **s organickými plnivami** (**uhlíkové**, **aramidové** vlákna).
-

Sklené vlákna patria medzi amorfné materiály, čo znamená, že majú totožné vlastnosti v priečnom i pozdĺžnom smere. Majú širokú škálu použitia, vďaka **nízkyim výrobným nákladom** a **vysokým hodnotám pevnosti v ťahu**. Jedným z negatívnych faktorov je **slabá rezistivita voči abrazívnemu opotrebeniu**, ktorá prebieha najmä pri združovaní elementárnych vlákien do prameňov. Na zabránenie tohto nežiadúceho javu je nevyhnutné povrchy jednotlivých vlákien chrániť.

Výroba vlákien prebieha v agregátoch ťahaním oxidických zmesí kremíka s prímiesami oxidov hliníka, horčíka, alebo olova. Ťahanie vlákien prebieha cez platinové dýzy. Priemer trysiek sa pohybuje v rozmedzí 1 až 2 mm. Najrozsiahlejšie používané vlákno je E-sklo, z dôvodu najnižšej výrobnéj ceny. Z hľadiska elektrickej vodivosti sa jedná o izolant. Na aplikácie so zvýšenými nárokmi na mechanickú odolnosť sú vhodné S-sklá. Širokospektrálne použitie však nepripadá do úvahy z dôvodu vysokých výrobných nákladov. Uplatnenie nachádza hlavne v leteckom priemysle.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

C) Podľa druhu plniva:

- kompozity **s anorganickými plnivami** (sklené, keramické, kovové vlákna, **polymérne** vlákna),
- kompozity **s organickými plnivami** (**uhlíkové**, aramidové vlákna).

Uhlíkové vlákna možno zaradiť z pevnostného hľadiska v oblasti kompozitných materiálov medzi najkonzistentnejšie. Na rozdiel od amorfných sklených vlákien sú vlákna uhlíku anizotropné, čo vyplýva z hexagonality danej štruktúry. Anizotropia má vplyv i na tepelnú rozťažnosť, ktorá môže v určitých prípadoch nadobudnúť záporné hodnoty. Uhlíkové vlákna sú za bežných podmienok náchylné k lomu, preto je ich povrch upravovaný zmesami na báze epoxidovej živice. Základné suroviny, prekursori, čiže materiály na výrobu uhlíkových vlákien sú hlavne: celulóza, polyakrylonitril (PAN) a smola. Princíp výroby vlákien spočíva v prvom kroku z oxidácie a stabilizácie surovín. Následne prebieha **proces karbonizácie**, ktorý prebieha pri teplotách v intervale od 1000 do 1500 °C. Počas tohto procesu nadobúdajú vlákna najvyššiu možnú **pevnosť**. Zároveň sa značne redukuje obsah takmer všetkých sprievodných prvkov (H_2 , N_2 , O_2). Percentuálny podiel uhlíka je potreba naďalej zvyšovať, a to až do teplôt 3000 °C. Tento proces sa nazýva **grafitizácia**.

Použitie uhlíkových vlákien bolo značne rozšírené v oblasti vojenského letectva a pre potreby kozmonautiky. I z pohľadu svojich jedinečných vlastností a nezanedbateľnému cenovému rozdielu.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

C) Podľa druhu plniva:

- kompozity **s anorganickými plnivami** (sklené, keramické, kovové vlákna, **polymérne** vlákna),
 - kompozity **s organickými plnivami** (uhlíkové, **aramidové** vlákna).
-

Aramidové vlákna sú vlákna so základmi v lineárnych organických polyméroch. Tieto polyméry nadobúdajú kovalentné väzby s orientáciou vo smere vlákien a sú z hľadiska pevnosti z najpevnejších, avšak aj jedny z najnákladnejších na výrobu. Vyrábajú sa v niekoľkých možných variantoch, no najväčšie uplatnenie majú tzv. para-aramidy, známe aj ako Kevlar. Tieto výstužové vlákna patria spomedzi všetkých dostupných medzi najľahšie a najpevnejšie. Taktiež dosahujú výbornú **odolnosť voči rozpúšťadlám** a negatívnym pôsobeniam **slanej vody**. Dosahujú najvyššiu odolnosť voči tepelným vplyvom ($< 250^{\circ}\text{C}$). Na druhej strane majú výraznú anizotropiu, náchylnosť na absorpciu vlhkosti a nižšiu adhéziu vlákna a matrice v porovnaní s inými vláknami.

Kompozity s aramidovými vláknami nachádzajú použitie v konštruktérskych oblastiach s požiadavkami na nízku hmotnosť, kde prevláda zaťaženie na ťah. Medzi prioritné oblasti aplikácií v automobilovom priemysle patria brzdové komponenty, výplň v pneumatikách a svetlovodivé kabeláže.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)

C) Podľa druhu plniva:

- kompozity **s anorganickými plnivami** (sklené, **keramické**, kovové vlákna, **polymérne** vlákna),
 - kompozity **s organickými plnivami** (uhlíkové, **aramidové** vlákna).
-

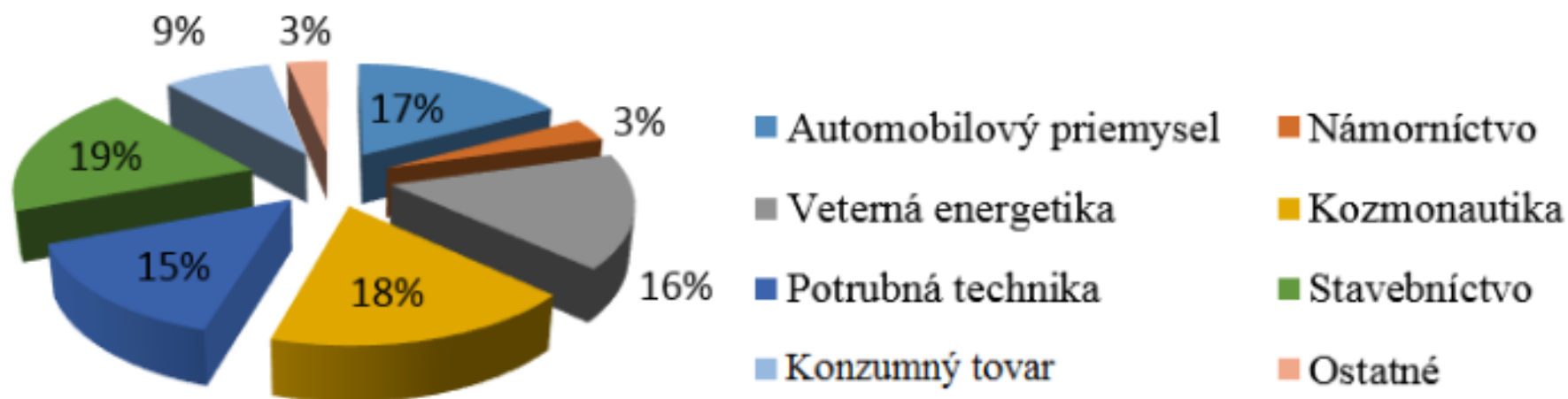
Keramické vlákna bývajú vo vysokej miere používané v oblastiach, kde je potrebná vysoká odolnosť voči tepelným a chemickým vplyvom. Medzi základné typy materiálov vlákien patria:

karbid kremíka (SiC) a **oxid hliníka (korund)** (Al_2O_3).

SiC vlákna sa využívajú u kovových a keramických matric, sú schopné odolať teplotám do 2200 °C čo je v porovnaní s Al_2O_3 podstatne vyššia výdrž.

Špeciálnym druhom keramických vlákien sú tzv. **piezoelektrické keramické vlákna**. Sú to flexibilné vlákna tvorené oxidmi olova, titánu alebo zirkónia. Materiál s piezoelektrickými vlastnosťami je schopný pri mechanickom zaťažení vytvárať elektrický náboj, poprípade vplyvom elektrického poľa meniť tvar. Svoje zastúpenie si nachádzajú aj v automobilovom priemysle ako indikátory zaťaženia, alebo ako prvky tlmenia, pretože vlákna môžu plniť funkciu redukcie nežiadúcich vibrácií.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity)



69 %

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity) – história



Henry Ford a jeho kompozitné auto (r. 1930)
Vozidlo, bolo zostrojené za pomoci kompozitu
z konope a sójových bôbov.

V 50. a 60. rokoch 19. storočia bol vyrobený minivan **Stout Scarab**, čo bolo celosvetové prvenstvo s karosériou tvorenou **sklenými vláknami**. Taktiež sa mal prvenstvo v podobe plne funkčného vzduchového pruženia.

Nikdy nedostal do sériovej produkcie.



Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity – história)

V roku **1954**, v Spojených štátoch amerických, vznikli nezávisle na sebe prvé sériovo vyrábané automobily s použitím kompozitných prvkov. Prvým z nich, **Kaiser Darrin**, bol považovaný za prvé americké auto vybavené karosériou zo **sklených vlákien**. Z dôvodu vtedajších nízkych cien pohonných hmôt a vysokej cene automobilu, oň nebol zo strany zákazníkov prejavovaný záujem. Druhým v poradí bol automobil **Chevrolet Corvette**, kde boli použité MFG (z angl. *Molded Fiber Glass*) – **tvarované sklené vlákna** ako výstuž plastového tela karosérie.

Sedemdesiate roky boli dobou tzv. ropnej krízy, ktorá nútila automobilky znižovať hmotnosť vozidiel. V tomto období vznikla technológia SMC ((z angl. *Sheet Molding Compound*) predstavuje spôsob výroby kompozitov pomocou lisovania za zvýšených teplôt), ponúkajúca až 30 % úsporu hmotnosti voči doposiaľ používaným oceľovým polotovarom. Prvé aplikácie boli predstavené v automobiloch **Chrysler**. Spoločnosť Pontiac modelom **Tempest** v týchto časoch predstavila schopnosť využiť túto technológiu v mriežkovom paneli chladiča.

Osemdesiate a deväťdesiate roky priniesli široké využitie kompozitných prvkov do pretekárskych áut s cieľom najextrémnejšieho zníženia hmotnosti. Začali sa aplikovať kompozity na monokoky pre **Formulu 1**, jednalo sa o prvky karosérií vo vozidlách **NASCAR**, a to výstužové rámy, brzdové komponenty a nárazníky.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity – aplikácie)

Frontend panel

Táto časť automobilu fungujúca ako podpera pre chladič, predné svetlomety a príbuzné prvky hrajú podstatnú úlohu v tuhosti konštrukcie prednej časti vozidla. Materiál, používaný v týchto častiach je buď čistý kov, plast alebo v poslednej dobe stále viac uprednostňovaný **kompozit so sklenou výstužou**.

Priekopníkom v tejto oblasti je automobilka **Volkswagen**, kde bol po prvý raz použitý v modeloch **Passat** a **Golf**. S hmotnosťou dosahujúcou 2,6 kilogramu sa vyznačuje veľmi dobrou kombináciou odolnosti voči únave a vysokou životnosťou.

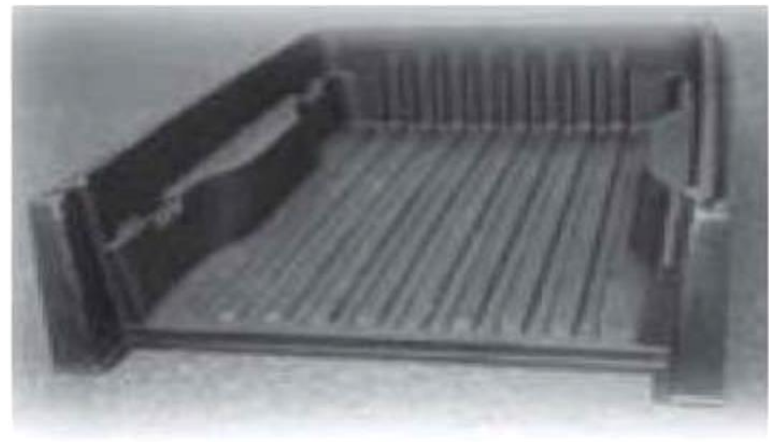


*Uloženie frontend panelu
v maske automobilu*

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity – aplikácie)

Nákladný priestor vozidla

Materiály vyrobené metódou SMC ((z angl. *Sheet Molding Compound*) predstavuje spôsob výroby kompozitov pomocou lisovania za zvýšených teplôt), nachádzajú uplatnenie najmä v úžitkových priestoroch pick-upov. Napr. v modeli **Explorer Sport Trac** od **Fordu** bola nahradená oceľ práve týmto materiálom z dôvodu úspory na hmotnosti, odolnosti voči korózii a vyššej trvanlivosti.



Jednodielný SMC box

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity – aplikácie)

Zadné dvere

Prihliadnuc k výhodám termoplastického injekčného tvarovania (RTM (z angl. *Resin Transfer Molding*) – vstrekovanie), recyklovateľnosti, kvalite výsledného povrchu a hlavne k nákladom na výrobu sa automobilka **Nissan** rozhodla použiť túto metódu na výrobu zadných výklopných dverí v modeli **Rogue**. Celá konštrukcia je po uplynutí životného cyklu 100 % recyklovateľná a o 30 % ľahšia ako obdobná oceľová konštrukcia.



Zadné dvere z recyklovaného kompozitu

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity – aplikácie)

Monokoky

Použitie monokokov v oblasti komerčne dostupných vozidiel nemá rozsiahlu históriu. Ich aplikácie majú pôvod v pretekoch Formule 1, kde okrem veľmi nízkej hmotnosti plnili aj ochrannú funkciu v prípade nárazu.

V sériovej produkcii sa jedná o modely **i3** a **i8** od automobilky **BMW**. Kabína modelu i3, je tvorená kompozitmi s uhlíkovými vláknami, vyrábaná metódou RTM ((z angl. *Resin Transfer Molding*) – je proces vstrekovania). Jej celková hmotnosť dosahuje hodnotu 150 kg čo v spojení s plne elektrickým pohonom zaručuje nadštandardnú akceleráciu a manévrovateľnosť. Rovnaké materiály a spôsob výroby je uplatnený v modeli i8, čo z týchto automobilov má **najrozsiahlejšie použitie kompozitov v oblasti sériovej produkcie**.



**Uhlíkový monokok automobilu
McLaren MP-12C**



Moduly automobilov BMW i8 a i3



Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity – aplikácie)

Listové pružiny

Listová pružina, typ nezávislého zavesenia, využívajúca ako materiál vláknom vystužený plast a nahrádzajúca viacero konvenčných špirálových pružín, bola pôvodne vyvinutá pre automobil **Chevrolet Corvette**. Tento typ konštrukcie si zároveň osvojili aj iné automobilky, produkujúce pružiny v podobných konfiguráciách. Rovnako ako špirálové pružiny i tie listové napomáhajú udržiavať hmotnosť vozidla. Avšak voľbou kompozitného materiálu sa v určitých ohľadoch líšia od tých tradičných oceľových, z čoho vyplývajú isté benefity. Majú **(4 až 5)x vyššiu schopnosť pohltenia deformačnej energie**, vážia **tretinu hmotnosti** ekvivalentnej oceľovej pružiny, sú taktiež odolné voči **korózii** a dosahujú **vyšší životný cyklus**. Medzi nevýhody patria faktory ako obmedzená dostupnosť, malé množstvo variácií a v neposlednom rade vyššia cena.

*Kompozitná predná listová pružina
Corvette C5 Race*



Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity – aplikácie)

Disky kolies

Použitie kompozitov za účelom redukcie hmotnosti nachádza uplatnenie i na miestach kde sa o to nikto dlhé roky nepokúšal. Na rozdiel od zliatin hliníka, sa konkrétne v automobile **Audi A8** uplatňuje ako materiál kolies polymérny kompozit nazvaný **Chromtec**, pozostávajúci z vysoko odolného modifikovaného polyméru a celulárneho systému uretanovej peny.

Úspora takmer 18 kg na vozidlo v porovnaní s kovovými diskami je pozitívna, avšak pri hmotnosti limuzíny presahujúcej 2 tony nemožno hovoriť o výraznom znížení spotreby alebo zlepšení pružnosti jazdy a ovládania.



Disk kolesa z ľahkého kompozitného materiálu

Progresívne metódy tvárnenia – materiál (plasty a kompozity – aplikácie)

Brzdové komponenty

Konvenčne používaným materiálom na výrobu brzdových kotúčov je **sivá liatina**. Dokáže odolať vyšším teplotám, avšak teplo vznikajúce pri trení medzi brzdými doštičkami a kotúčom pri vysokovýkonných automobiloch je tak veľké, že brzdy zlyhávajú. Riešením daných nedostatkov sú kotúče vyrobené z **kompozitov s keramickou maticou, vystužené uhlíkovými vláknami**. Najdominantnejšou vlastnosťou tohto materiálu je schopnosť odolávať vysokým teplotám bez náchylnosti na poškodenie, t. j. zachovávajúci si svoju pevnosť. Medzi nevýhody patrí nízky dopyt po vysokoúčinných brzdách, cena a nižšia účinnosť v chladných podmienkach.

*Keramicko-uhlíkové kompozitné brzdové
kotúče automobilov značky Porsche*



Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

V súčasnosti sú na autách štandardom plastové blatníky.

Fiat Tipo mal v osemdesiatich rokoch 20. storočia plastové veko kufra.

Automobilka Ford montuje do svojich dodávok od roku 1991 listové pružiny z plastov.

Plastové priečne listové perá mal už športový Chevrolet Corvette z roku 1984.

Vízie automobiliek v aplikácii nových materiálov v stavbe áut sú:

1. **Biofibre,**
2. **Kompozity, vyrábajúce elektrickú energiu,**
3. **Buckypaper,**
4. **Samoopravovacie plasty,**
5. **Prírodné vlákna,**
6. **Hi-tech látka** použitá na karosériu automobilu,
7. **Taraxagum.**

Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Biofibre

Auto je prezentované v továrni Mercedes-Benz v kalifornskom Carlsbade. Vízia vývoja tohto koncernu je nový **“rastúci materiál”** Biofibre.

Materiál by mal byť pevnejší ako oceľ a súčasne ľahší ako kov, čím by auto vo výslednej podobe vážilo 394 kg. Vozidlo by bolo úplne ekologicky rozložiteľné.



Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Kompozit, vyrábajúci elektrickú energiu

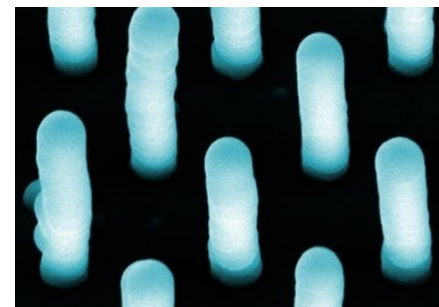
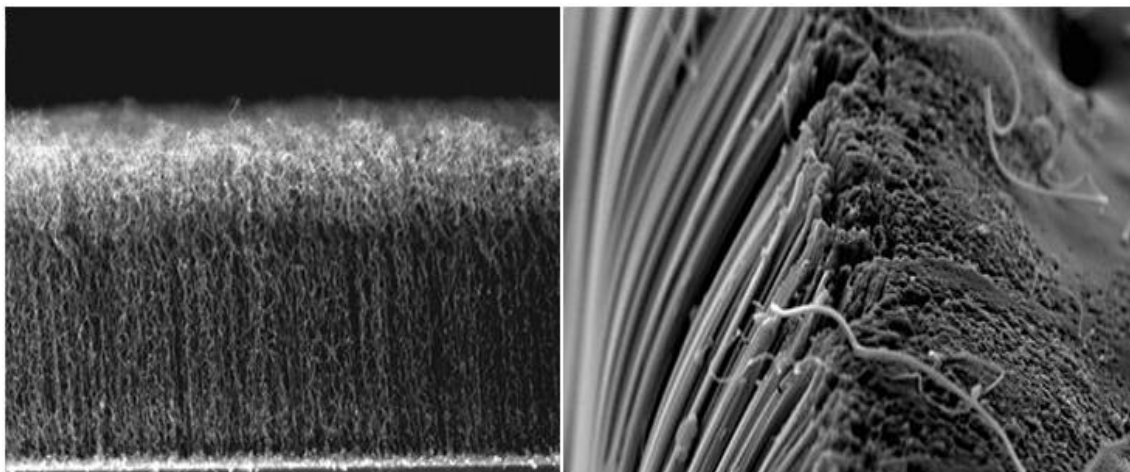
V súčasnosti sa dostávajú do popredia hybridné automobily využívajúce elektrickú energiu. Prototyp kompozitu, vyrábajúceho elektrickú energiu je zložený z **uhlíkových vlákien, živice a polyméru**. Oproti klasickým batériám má väčšiu kapacitu na ukladanie elektrickej energie a väčšiu rýchlosť pri nabíjaní.

Podstata výroby energie spočíva v tom, že celá karoséria automobilu by bola vyrobená z pevného kompozitu, uvoľňujúceho elektrickú energiu, ktorá by napájala batériu.



Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Buckypaper

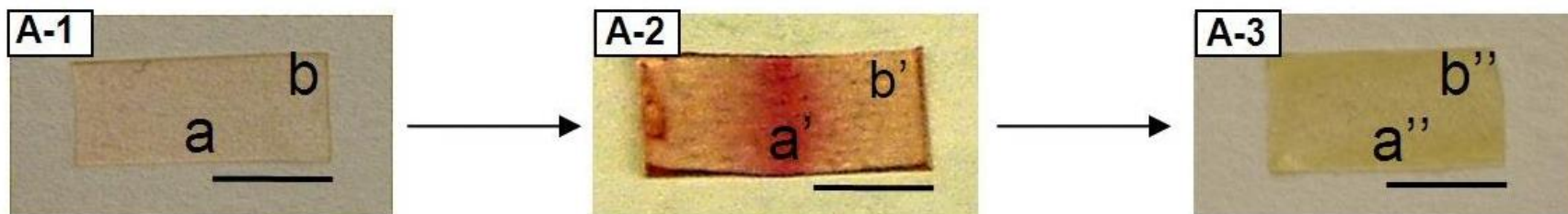


Materiál Buckypaper je „papier“ **500x pevnejší a 10x ľahší ako oceľ**. Je zložený z **uhlíkových nanotrúbíc** v tvare molekúl oxidu a sú **50 000x tenšie ako ľudský vlas**. Materiál je veľmi pružný, ľahký, pevný, dobre vedie elektrický prúd a rozptyľuje svetlo.

Využitie tohto materiálu je pre ľahšie karosérie automobilov, čím sa zníži hmotnosť automobilu a tým sa zvýši jeho výkon. Ďalšie využitie tohto materiálu je v leteckom a elektrotechnickom priemysle.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Samoopravovací plast



Samoopravovací plast je nový materiál, ktorý sa **opravuje pôsobením svetla** po jeho mechanickom poškodení. Vodné kopolyméry, na ktorých je plast založený, vďaka svojej špeciálnej molekulovej mriežke, vedia obnoviť, či zaceliť poškodenia a spôsobené defekty. Oproti ostatným polymérom je tento plast ekologicky menej škodlivý.

Okrem samoopravenia má plast aj praktickú vlastnosť tzv. „krváca“, t. j. ak je poškodený, mení sa jeho farba na poškodenom mieste do červena, čím dáva aj vizuálnu informáciu, že na karosérii je problém. Výhoda tohto plastu je aj v tom, že plast sa môže opraviť viac krát. Na to, aby sa plast začal opravovať, stačí prítomnosť svetla v rôznych alternatívach, napr. slnečné svetlo, svetlo žiarovky a pod.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Prírodné vlákna

Výsledky výskumu vo svete poukazujú na to, že plnivo do kompozitov môže byť aj prírodné vlákno napr. z bambusu, technického konope, kokosu, ľanu, juty, banánovníka, z vlny kôz, oviec.

Experimentálny výskum potvrdil, že prírodne plnivá v plastových dieloch zvyšujú tuhosť a húževnatosť, a tak sa môžu použiť na stĺpiky v aute, výplne do dverí a iné diely automobilu. Na rozdiel od rastlinných vlákien živočíšne vlákna (napr. ovčia a kozia srst' alebo hodváb) pozitívne ovplyvňujú ťažnosť.

Ford aplikoval kokosové vlákna do rôznych druhov plastov na zníženie množstva potrebnej ropy na ich výrobu. Materiál je ľahší a pevnejší a tiež odolný proti ohňu, nakoľko sú kokosové vlákna zle horľavé.



***Auto Rinspeed Bambo s karosériou z plastu
(plnivo vlákno bambusu)***

Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Prírodné vlákna



Prírodná výstuž zelených kompozitných materiálov

(horný rad zľava doprava: areca (palma) – banánovník – bambus,
stredný rad zľava doprava: konope – juta – kenaf (ibištekové vlákno),
dolný rad zľava doprava: palma – ananás – sisal (listy agáve sisalovej))

Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Prírodné vlákna



Príklady vlákien zvieracieho pôvodu

(vlna) (horný rad zľava doprava: alpaka – angora – ťava – kašmír,
dolný rad zľava doprava : mohér – hodváb – ovčia vlna)

Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Hi-tech látka

Oceľové alebo hliníkové časti karosérie sú pre koncept automobilu nazývaný Gina nepodstatné. Karoséria tohto automobilu je potiahnutá Hi-tech látkou (polyurethane – coated Spandex), ktorá zakrýva všetky časti karosérie ako sú vytiahnuté blatníky, zadný spojler a pod. Zadné prítlačné krídlo sa vysunie len pri vysokých rýchlostiach, no pri tých nižších nie je ho vidieť, pretože je ukryté pod látkou.



*Otváranie dverí
na automobile BMW Gina*

Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

Hi-tech látka



Otvorenie kapoty automobilu BMW Gina

Každá časť karosérie je ukrytá pod Hi-tech látkou a len podľa potreby sa odkryje príslušná časť. V skutočnosti sa látka delí na štyri základné časti, aj keď pôsobí ako celok.

Oceľová konštrukcia, ktorá sa skrýva pod látkou vychádza z modelu BMW Z4 a je vystužená karbónom.

V súčasnosti má látka praktické využitie na strechách kabrioletov.

Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

TARAXAGUM

Rastový cyklus kaučukovníka je približne **sedem rokov**, než začne produkovať latex, ktorý môže byť použitý pri výrobe kaučuku. Guma vyrobená z tohto latexu nemôže byť zreplikovaná výrobou syntetického kaučuku a preto je prírodný kaučuk nevyhnutnosťou pri výrobe pneumatík. Rastový cyklus ruského druhu púpavy je približne **jeden rok** bez použitia genetického inžinierstva.

Transport gummy z Južnej Ameriky alebo západnej Afriky do Severnej Ameriky a Európy je dlhá a nákladná cesta, ktorá významne prispieva k produkcii CO₂. Ekonomické výhody a zníženie produkcie emisií uhlíka sú významným prínosom nielen, a to nielen pre odvetvie výroby pneumatík.



Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

TARAXAGUM

Continental sa zaoberá priemyselným využitím kaučuku získaného z púpav pri výrobe pneumatík. Na medzinárodnom veľtrhov úžitkových vozidiel IAA v Hanoveri 2014 predstavila spoločnosť Continental prvú testovaciu pneumatiky vyrobenú z materiálu, pre ktorý zvolila názov Taraxagum odvodený z botanického názvu púpavy (Taraxacum). V behúni testovacích pneumatík bol prírodný kaučuk úplne nahradený materiálom Taraxagum.



*Ložisko kĺbového hriadeľa ContiTech
vyrobené z gumy z púpavy
(má dobré tlmiace vlastnosti)*



*Zimná pneumatika
Continental, predstavená na
IAA Hannover 2014*



Progresívne metódy tvárnenia – materiál – TRENDY

TARAXAGUM

V roku 2019 jazdilo na Tour de France šesť tímov World Tour, a to Ineos, FDJ, Movistar, Bahrain-Merida, Kaťuša-Alpecin a Sunweb, na limitovanej sérii pretekárskych pneumatík Competition Pro LTD od Continentalu, vyrobené z gumy z Materiálu Taraxagum Urban.



Plášť bicykla (model Taraxagum Urban) (Tour de France 2019)

Odporučená literatúra

BABOR, K., CVILINEK, A., FIALA, J. Objemové tváření oceli. Praha: SNTL, 1967.

BLAŠČÍK, F. et al. *Technológia tvárnenia, zlievarenstva a zvarania*. Bratislava: Alfa Bratislava, 1988.

BMW engine. Dostupné na: <http://forums.vwvortex.com/showthread.php?3227402-More-Engine-Awards-for-BMW/page2>.

ČUPKA, V. Nekonenčné metódy v tvárnení. 1990.

Discover natural fibres: profiles of the worlds major plant and animal fibres. Dostupné na: <http://www.fao.org/natural-fibres-2009/about/15-natural-fibres/en/>.

DULEBOVÁ, L.: Progresívne vyvíjané polymérne kompozity v automotive. ZAP Slovensko. Dostupné na: <https://www.zapsr.sk/progresivne-vyvijane-polymerne-kompozity-v-automotive/>.

FOREJT, M. Teorie tváření. Brno: CERM, 2004.

GIRMAN, V. HRABČÁKOVÁ, V.: Kovové materiály automobilových konštrukcií - II Karoséria a karosárenské plechy. Dostupné na: https://www.materialing.com/materialy_auto_konstrukcii.

GREGA, J.: Základné materiály používané v automobilovom priemysle. TUKE Košice. Dostupné na: https://www.sjf.tuke.sk/kkadi/images/LS_2019-20/ZKA/ZKA-pred8.pdf.

HRIVŇÁK, A., EVIN, E., SPIŠÁK, E. Technológia plošného tvárnenia. Bratislava: Alfa, 1985.

HRIVŇÁK, A., PODOLSKÝ, M., DOMAZETOVIČ, V. Teória tvárnenia a nástroje. Bratislava: Alfa, 1992.

Odporučená literatúra

JANOVEC, J., DOMÁNKOVÁ, M., GRGAČ, P. Progresívne materiály a technológie. E-skriptum, AlumniPress, AIS MTF STU Trnava, 2008, 216 s., ISBN 978-80-8096-076-6.

KALPAKJIAN, S., SCHMID, S. *Manufacturing Engineering and Technology*. Massachusetts : PE-USR, 2010. pp. 1141 ISBN 9780136081685.

KNAPČÍKOVÁ, L., DUPLÁKOVÁ, D., RADCHENKO, S., HATALA, M.: Aplikácia vybraných druhov plastov používaných v automobilovom priemysle. In Strojárstvo. Dostupné na: <https://www.engineering.sk/clanky2/automobilovy-priemysel/3679-aplikacia-vybranych-druhov-plastov-pouzivanych-v-automobilovom-priemysle>.

LÁNIK, J.: Porsche Ceramic Composite Brake: Keramika z jihu Německa. In Auto. Dostupné na: <https://www.auto.cz/jake-auto>. Leyens, C., and M. Peters. Titanium and Titanium Alloys Fundamentals.

LENFELD, P.: Technologie II. Tvárění kovů a spracování plastů. TU Liberec. Dostupné na: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obsah.htm.

LEYENS, C., Peters, M.: Titanium and Titanium Alloys Fundamentals and Applications. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. ISBN 978-352-730-534-6.

MIELNIK, E. M. Metalworking Science and Engineering. College: McGraw-Hill, 1991.

MORAVEC, J. Nekonvenčné technológie tvárnenia kovov. Žilina: EDIS, 2003.

Odporučená literatúra

NOVOTNÝ, K., MACHÁČEK Z. Speciální technologie I. – plošné a objemové tváření. Brno. VUT Brno, 1986.

Oceľ pre automobilový priemysel. Hlavné triedy ocele a liatiny používané pri výrobe a oprave automobilov. Dostupné na: <https://globusks.ru/sk/stali-dlya-avtomobilestroeniya-osnovnye-marki-stalei-i-chugunov/>.

SANJAY, M. R., ARPITHA, G. R., LAXMANA NAIK, L., GOPALAKRISHNA, K., YOGESHA, B. et al.: Applications of Natural Fibers and Its Composites an Overview: Natural resources. pp.108-114. Dostupné na: <http://dx.doi.org/10.4236/nr.2016.73011>.

SCHMID, S., KALPAKJIAN, S. Manufacturing, Engineering and Technology. New York: Prentice Hall, 2010.

SCHREK, A., KOSTKA, P., ČINÁK, P. Progresívne technológie tvárnenia. Bratislava: STU Bratislava, 2014.

VYDRA, J.: Nepredstaviteľné a prekvapujúce: pneumatiky z púpavy. In Pod kapotou. Dostupné na: <https://podkapotou.zoznam.sk/cl/1000611/1676221/Nepredstavitelne-a-prekvapujuce--pneumatiky-z-pupavy>.

ZAKIROV, I. M., MARTYANOV, A. G., RUŽIČKA, K. Rotary Shaping with The Use of Elastic Mediums. Bratislava: STU Bratislava, 1997.