

PROGRESÍVNE METÓDY TVÁRNENIA

Tvárnenie tzv. na mieru šitých polotovarov

(Tvárnenie kombinovaných polotovarov)

Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks (TWB) – história

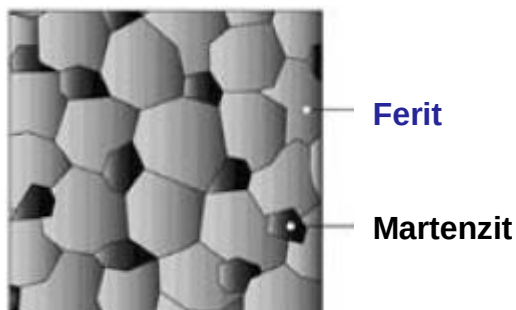
V roku 1991 sa spojilo 33 najväčších svetových výrobcov ocelí a vytvorilo konzorcium, ktorého cieľom bola garancia projektu **ULSAB** (**U**ltra **L**ight **S**teel **A**uto **B**ody), teda **ultraľahká oceľová karoséria automobilu**.

Cieľom tohto projektu bolo vyrobiť karosériu automobilu s výrazne nižšou hmotnosťou a znížením nákladov na výrobu tejto karosérie. V rámci projektu bola teda vyvinutá technológia Tailored Blanks, s ktorou tento cieľ bol dosiahnutý. Až 80 % dielov použitých k výrobe prototypovej karosérie bolo vyrobených z vysokopevných ocelí. Na vnútorné časti bola použitá dvojfázová oceľ **Dual Phase 350/600 o hrúbke 0,6 mm**. Na nosné časti rámu vyrábané metódou hydroformingu bola použitá dvojfázová oceľ **Dual Phase 500/800 o hrúbke 1 mm**.

Vyvinutá karoséria vážila **213 kg**, čo vo výsledku znamenalo **zníženie hmotnosti o 50 %**.

Tvárnenie kombinovaných polotovarov

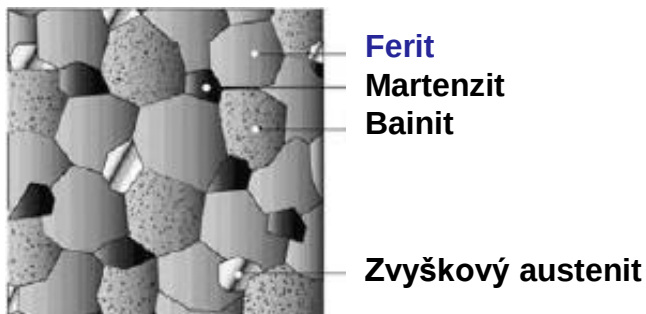
Tailor welded blanks (TWB) – materiál



DP ocele (*Dual Phase Steels*)



CP ocele (*Complex Phase Steels*)



**TRIP ocele
(*Transformation Induced Plasticity Steels*)**

Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks (TWB) – materiál



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks

Použitie TWB v automobilovom ale aj v iných oblastiach priemyslu je obmedzené **nevýhodami**, ako sú:

- vysoká **cena špeciálnych nástrojov**;
- **náročnosť procesu** na technologické znalosti;
- vysoké **náklady na prevádzku zvarovania**;
- vyššie **nároky na používané výrobné stroje**.

Tieto obmedzenia smerujú na použitie polotovarov TWB len na veľké výrobné série, z hľadiska rentabilnosti nákladov.

Technológia TWB ale na druhej strane prináša aj **výhody**, ako sú:

- **zníženie nákladov na materiál**;
- **zníženie hmotnosti** finálneho produktu;
- **možnosť kombinovania** výhodných **vlastností niekoľko materiálov**.

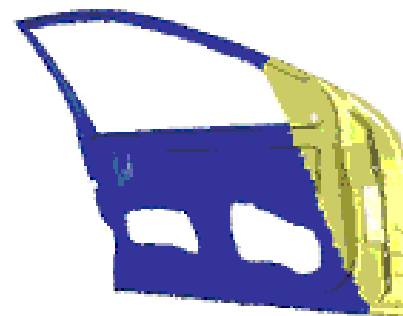
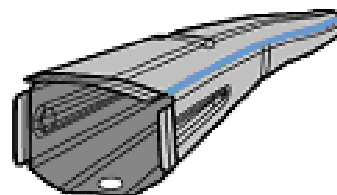
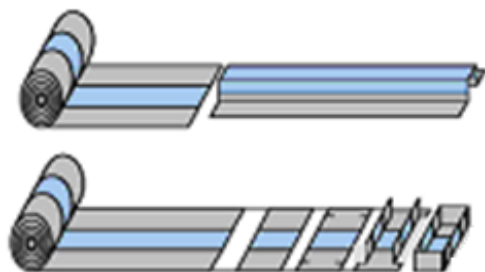
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor Welded Blanks – rozdelenie

V technológii tvárnenia je aplikovaných viac rozdielnych typov na mieru šitých polotovarov, determinovaných mechanickými vlastnosťami, ktoré určujú exploatačné vlastnosti finálnych produktov.

Na mieru zvárané materiály ponúkajú rôzne typy týchto polotovarov, a to:

- Tailored **Coils** – na mieru šité **zvitky**.
- Tailored **Tubes** – na mieru šité **rúry**.
- Tailored **Blanks** – na mieru šité **prístrihy**.



Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailored coils (TC)

Na výrobu na mieru šitých zvitkov plechu sa používajú dva alebo viaceré pásy plechu **s rozdielnymi vlastnosťami** napr. ocele, alebo **s rozdielnymi hrúbkami** prípadne **povrchovej úpravy**, ktoré sa spájajú pozdĺžne pomocou zvárania napr. laserovým lúčom.

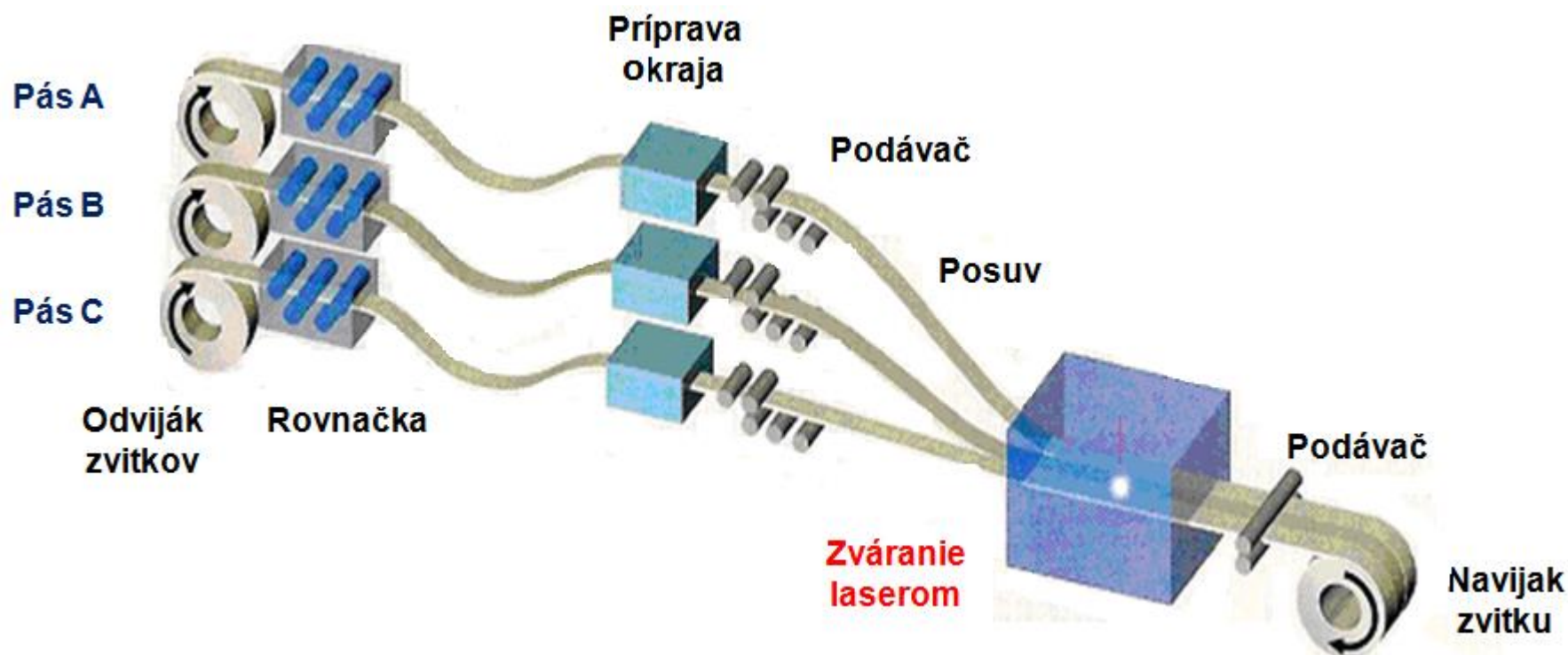
Materiál je potom vinutý do jedného kotúča – zvitku, ktorý sa používa ako prvotný produkt pre proces prípravy prístrihov v procese tvárnenia.

Výhody použitia technológie zváraných zvitkov sú:

- **Lahká konštrukcia** (hrúbka materiálu môže byť rozdelená vzhľadom na jej aplikáciu).
- **Redukcia počtu krokov** spracovania (odstránenie vystužovania).
- **Zlepšenie korózných vlastností** (použitie rozdielných povrchových úprav, alebo materiálov na rozdielných miestach v komponente).

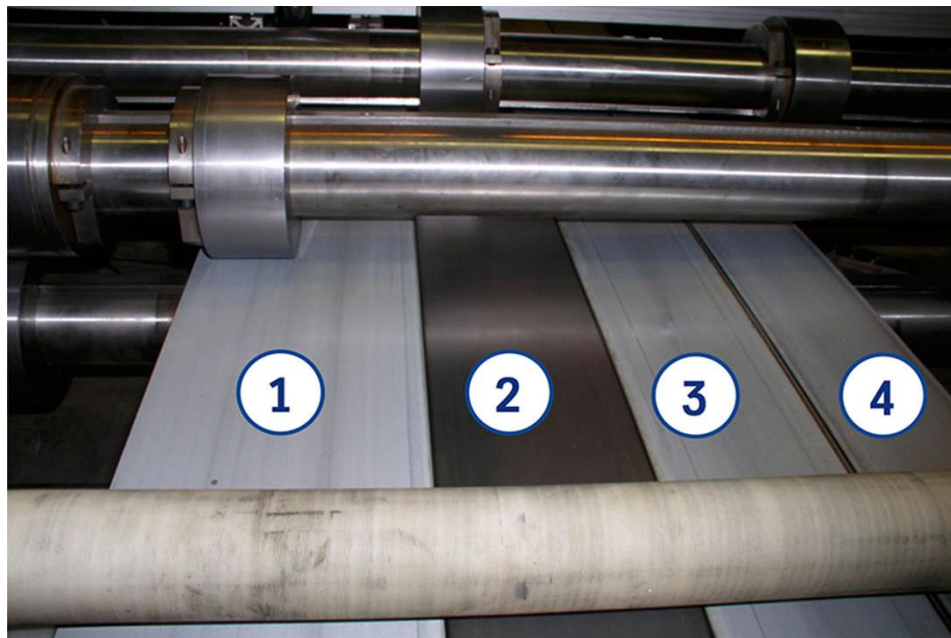
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailored coils (TC)



Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailored coils (TC)



(1) $s = 0,75 \text{ mm}$, $b = 180 \text{ mm}$ (DP 500/800)

(2) $s = 2,0 \text{ mm}$, $b = 125 \text{ mm}$ (RA-K 40/70 (TRIP ocel'))

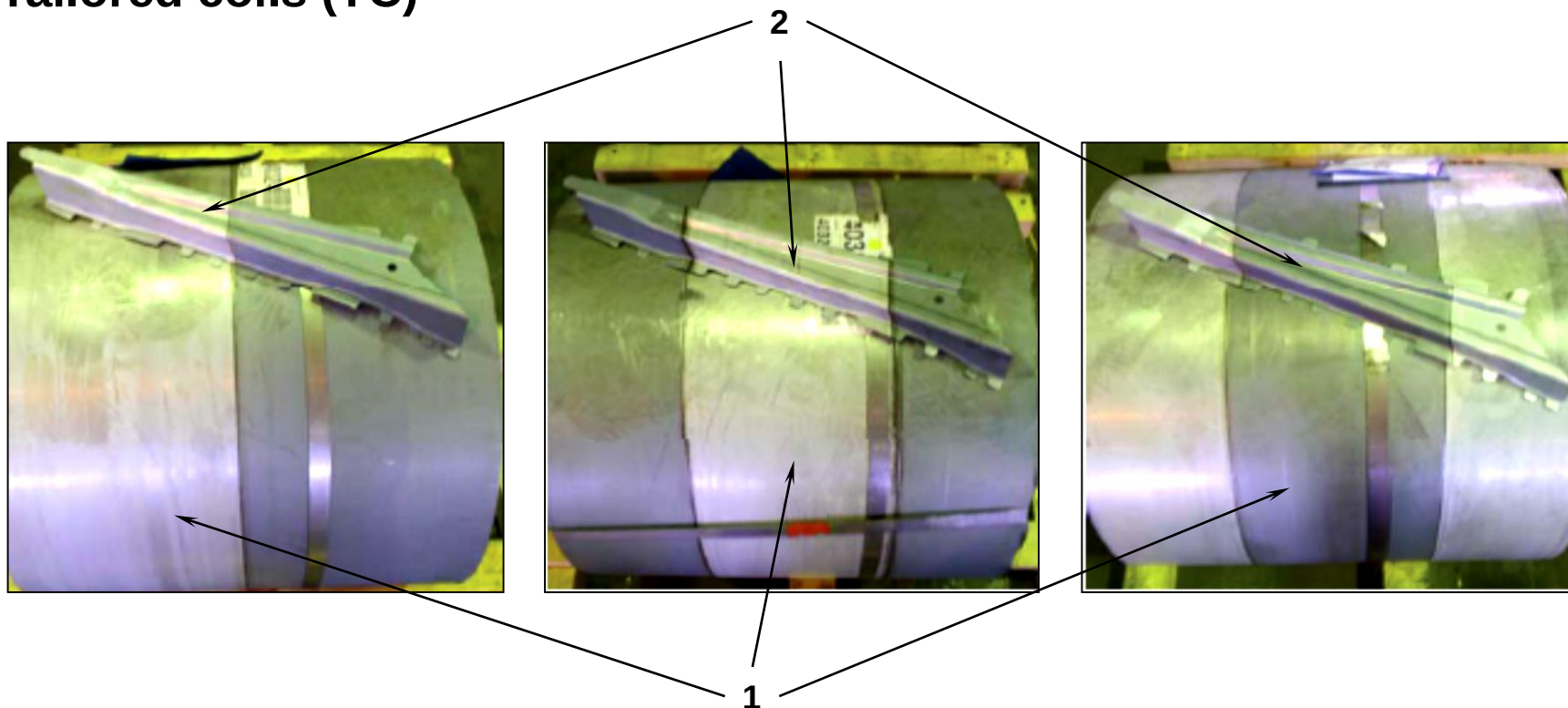
(3) $s = 0,8 \text{ mm}$, $b = 125 \text{ mm}$ (DP 500)

(4) $s = 2,0 \text{ mm}$, $b = 100 \text{ mm}$ (DP 500)

$b = 530 \text{ mm}$

Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailored coils (TC)



Príklady výliskov vytvorených zo zvitkov Tailored Coils

1 – polotovár TC, 2 – výtvarok, vyhotovený z polotovaru TC

Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailored tubes (TT)

Je to technológia výroby profilových dutých dielov aplikáciou metódy TWB. Princíp TT vychádza z polotovarov, ohnutých alebo zakružených s rôznymi mechanickými vlastnosťami, hrúbkami s dvomi, alebo viacerými pozdĺžnymi, či priečnymi zvarmi. U mnohých dielov ponúka veľké možnosti pri znižovaní hmotnosti za súčasného nárastu tuhosti najmä pri tvárnení **technológiou hydroforming**.

Táto technológia má široké uplatnenie v automobilovom priemysle, zvlášť pri novo zavádzaných systémoch na znižovanie emisií typu EGR (Exhaust Gas Recirculation) so zámerom zníženia podielu oxidov dusíka v spalínach dieslových motorov, ktoré sú vyrábané nielen z ocelových plechov, ale aj zo zliatin ľahkých kovov.



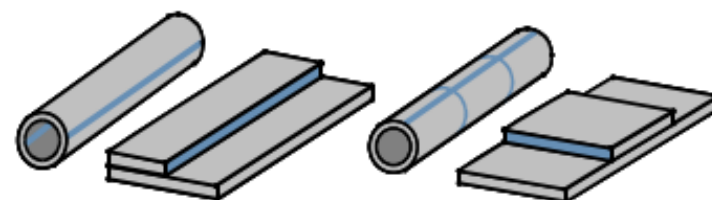
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailored tubes (TT)

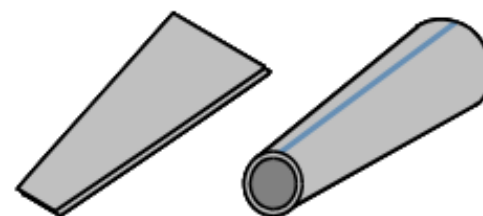
Na mieru šité rúrky sa vyznačujú nízkou hmotnosťou. Ide o rúrky s odlišnou hrúbkou steny pozvárané do požadovaného polotovaru.

Polotovary TT sú klasifikované na:

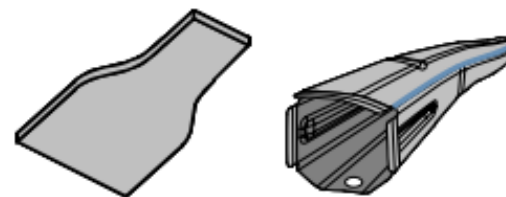
- a) **TT 1. generácie** – bez zmeny v pozdĺžnom priereze,
- b) **TT 2. generácie** – lineárna zmena v pozdĺžnom priereze,
- c) **TT 3. generácie** – premenlivý pozdĺžny prierez



1. generácia



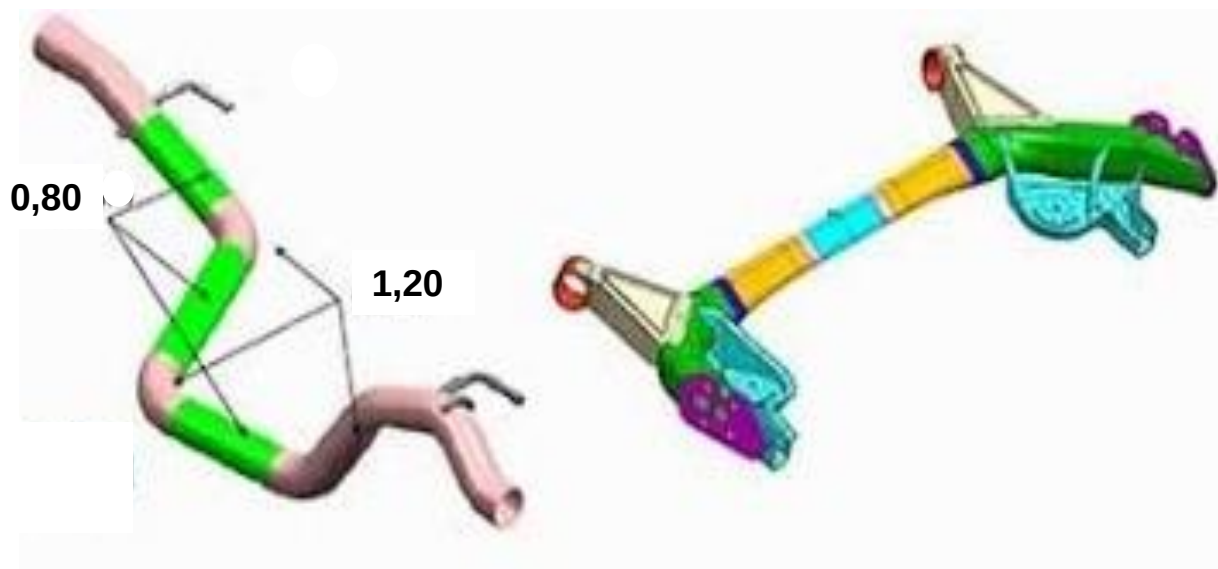
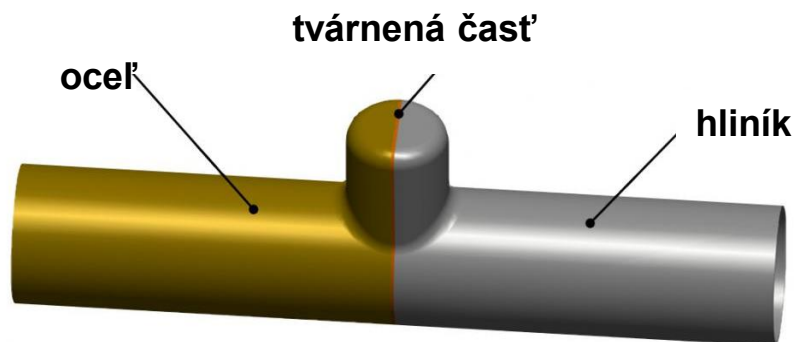
2. generácia



3. generácia

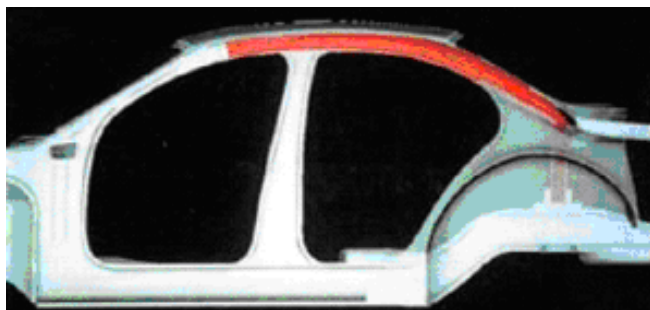
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailored tubes (TT)



Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailored tubes (TT)



Aplikácie v automobilovom priemysle:

- nosníky motora,
- výstuhy striech karosérií,
- systémy na znižovanie emisií,
- výfukové systémy.

Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailored tubes (TT) – technológie spracovania

V USA bola technológia TT aplikovaná pri výrobe nosníka motora pre model **Ford Mondeo**. V Európe túto technológiu ako prvá začala používať automobilka **Opel** pre model **Vectra**, rovnako na výrobu nosníka motora.

V projekte ULSAB bolo navrhnuté v rámci zníženia hmotnosti karosérie vyrábať výstuhy strechy metódou TT aplikáciou **hydroformingu** (HF). Výstuhy nahradili až 8 samostatne tvárnených dielov, čím sa skrátil čas výroby karosérie. Ďalej okrem HF sa používa v TT aj **kovotlačenie** aj **ohýbanie**.



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailored tubes (TT) – aplikácie

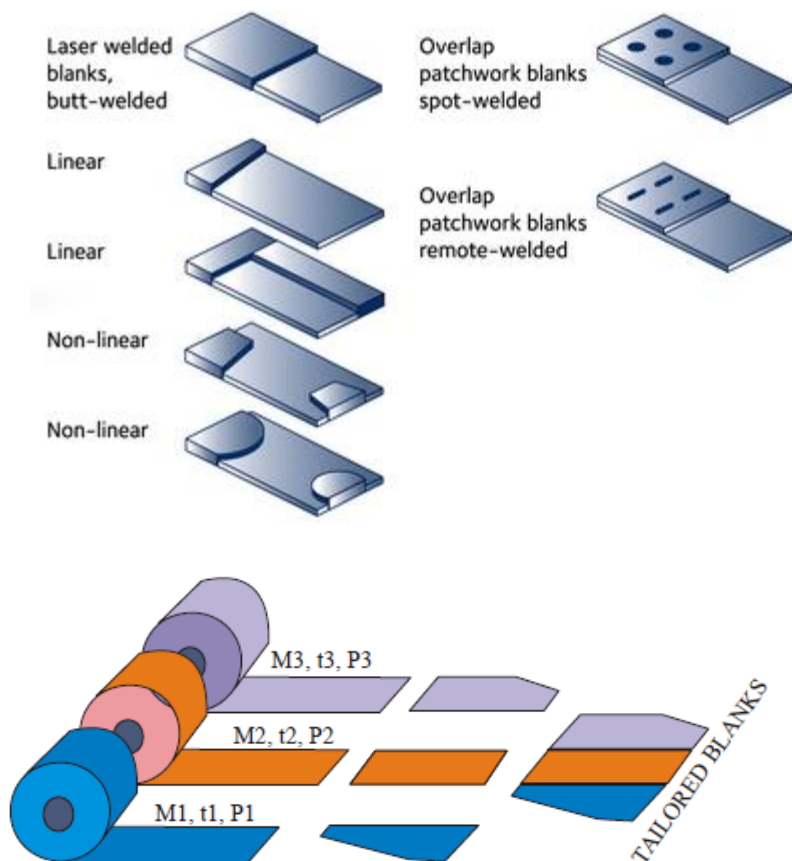
Technológia TT sa uplatňuje okrem automobilového priemyslu aj napr. v energetike, kde ju môžeme nájsť pri výrobe rúr a častí potrubí rozvodov vody, pary a pod.



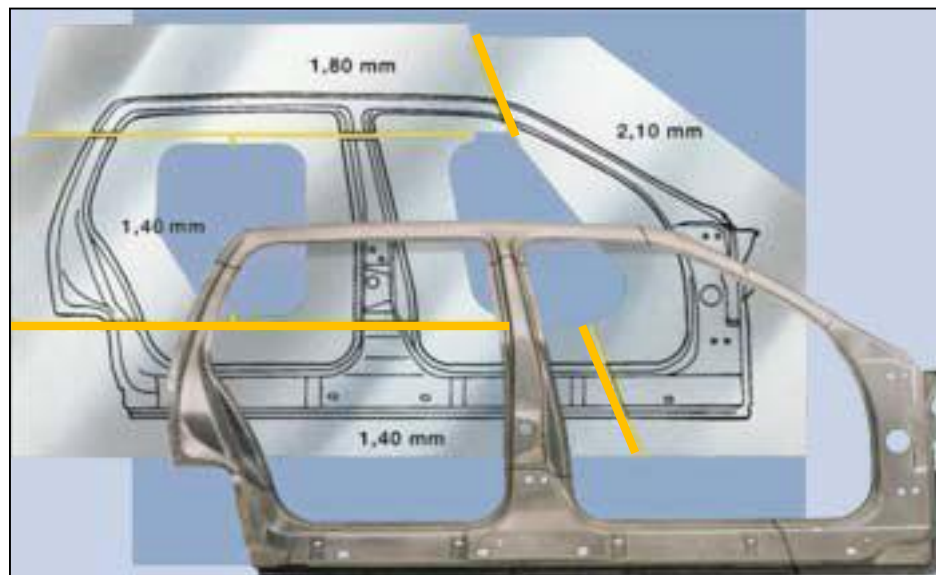
Rovnako široké uplatnenie táto technológia má v športe. Polotovary vyrábané technológiou TT tvárnené metódou hydroforming umožňujú pri spracovaní dosahovať pri tvarovej rozmanitosti veľmi vysokú tuhosť pri výrobe rámov špičkových bicyklov.

Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks (TWB)

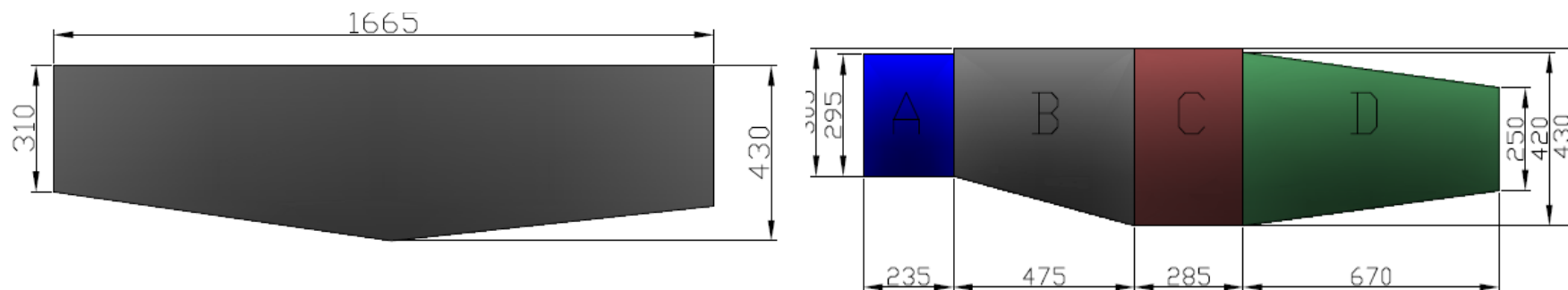


Patchwork blanks (PB)



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

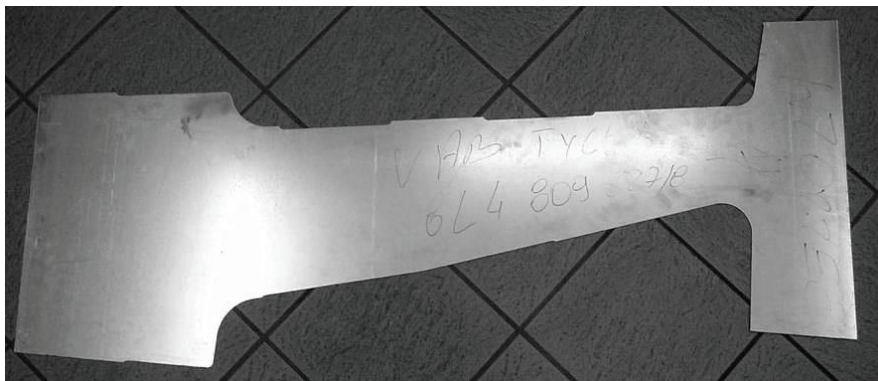
Tailor welded blanks (TWB)



<i>Nosník podlahy</i>	Prístrih TWB				Klasický prístrih
Časť	A	B	C	D	2,44
Hrúbka (mm)	1,76	2,44	1,95	1,8	
Hmotnosť (kg)	0,96	3,34	1,86	3,98	
Celková hmotnosť (kg)	10,14 (-1,66 kg)				11,80

Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks (TWB)

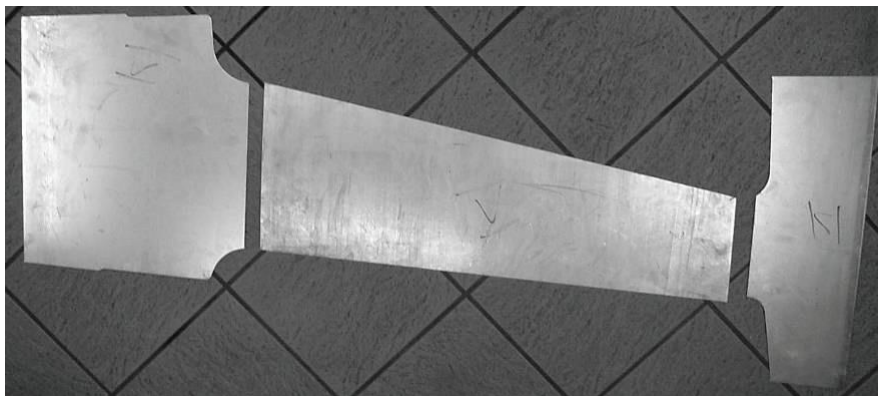


B-stípek

Klasický prístrih

(2 mm)

(11,50 kg)



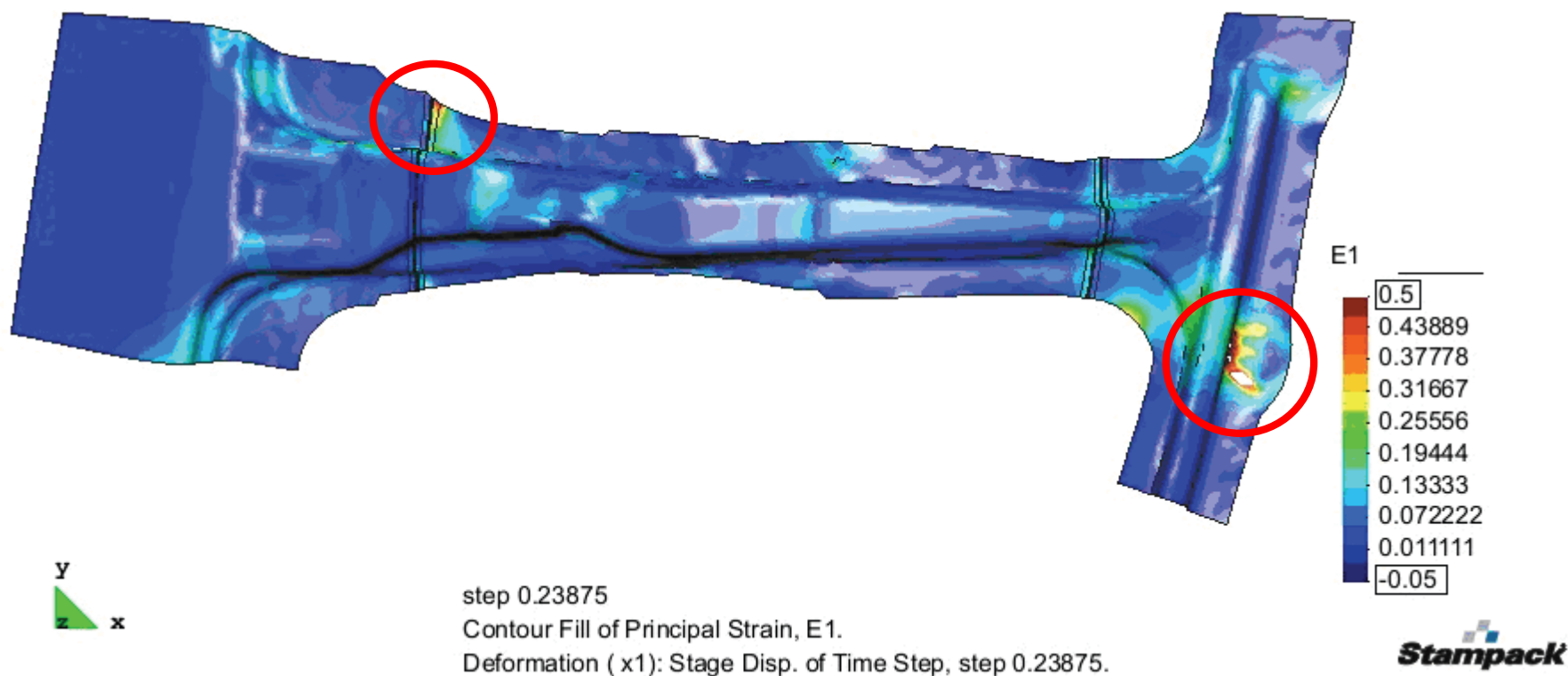
Prístrih TWB

(2 mm // 1.2 mm // 2 mm)

(9,61 kg) (-1,89 kg)

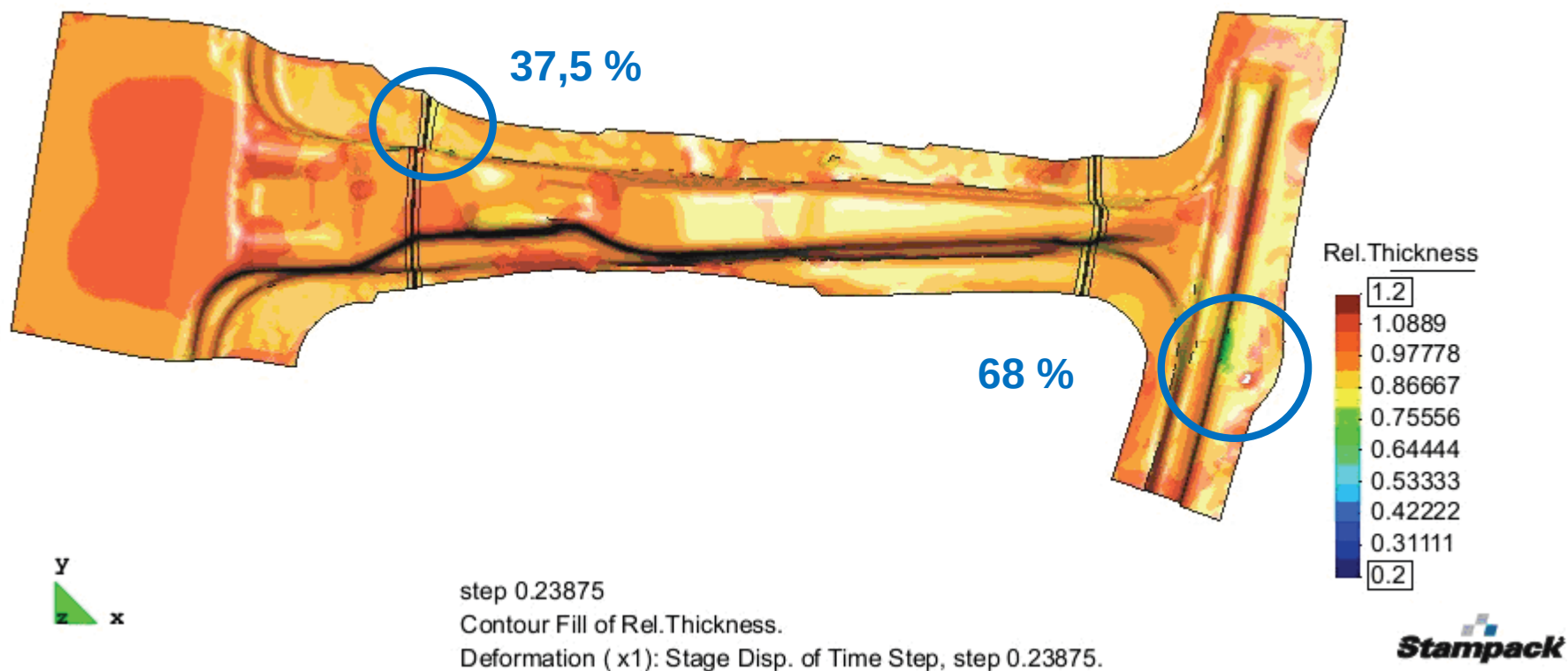
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – B-stĺpik (pretvorenie materiálu)



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

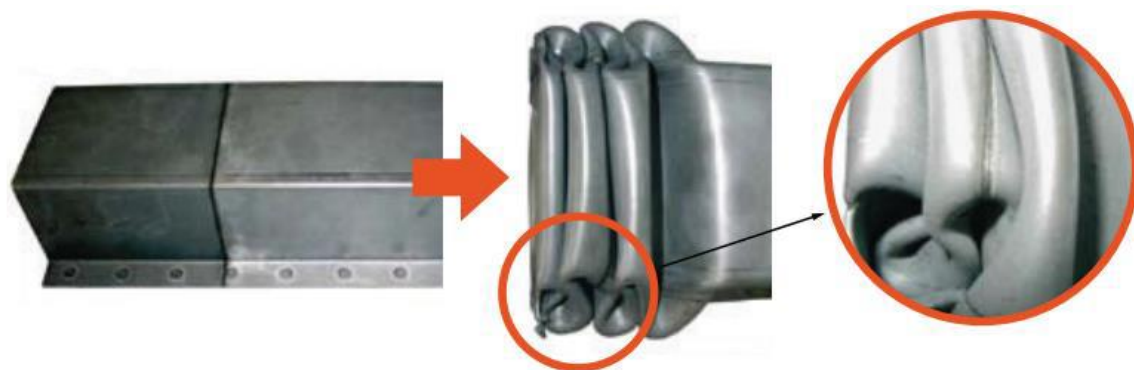
Tailor welded blanks – B-stĺpik (hrúbka steny výtvarku)



Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – **riadená deštrukcia**

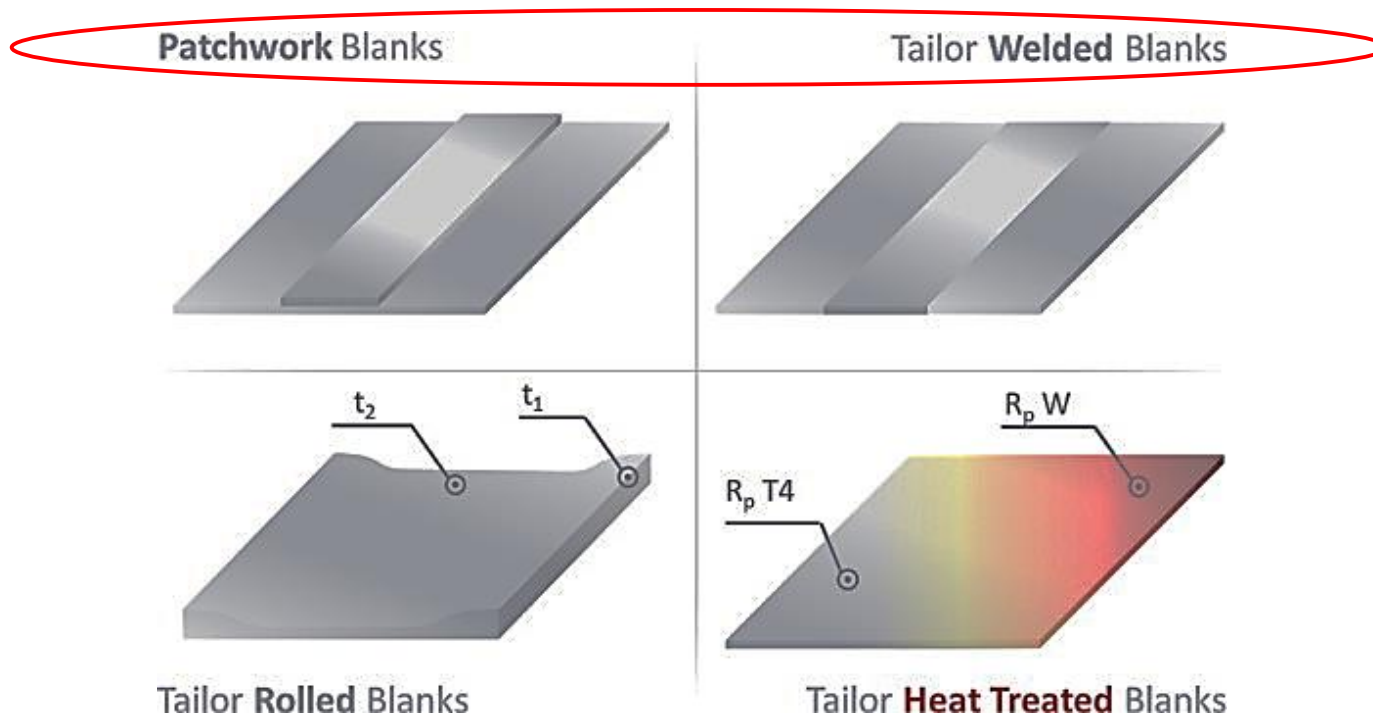
*Deštrukcia zvarených
polotovarov s tupým zvarom*



Je to TWB polotovar z kombinácie ultra vysokopevnej ocele a vysokopevnej ocele, kde je energia nárazu primárne fokusovaná do vysokopevnej ocele, ktorá sa začne deformovať do záhybov, ktoré sú následne pritláčané k novo vzniknutým záhybom až po deformáciu celej oblasti. Následne pevnejšia zóna z ultra vysokopevnej ocele začne absorbovať prebytočnú nárazovú energiu.

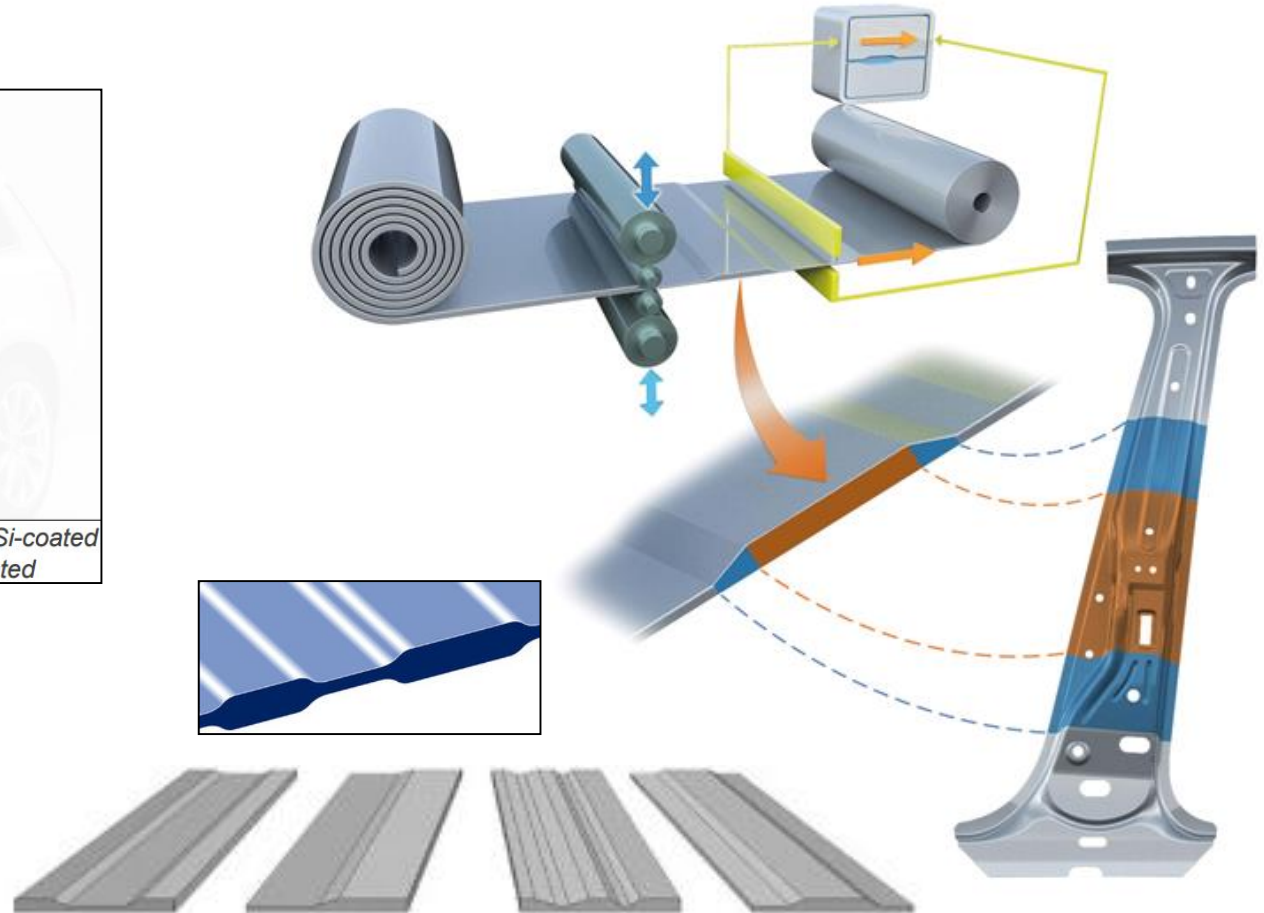
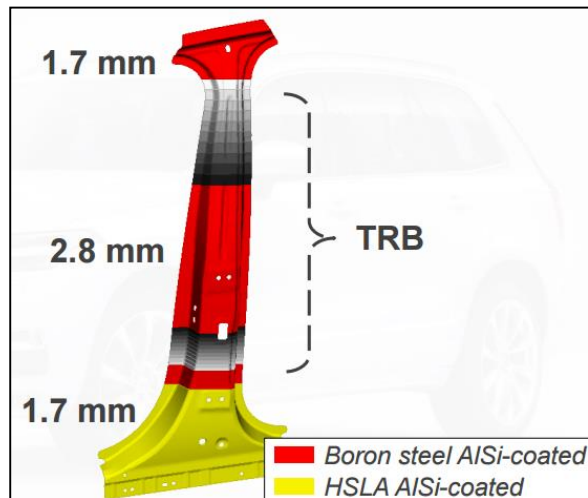
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailored Blanks – základné rozdelenie



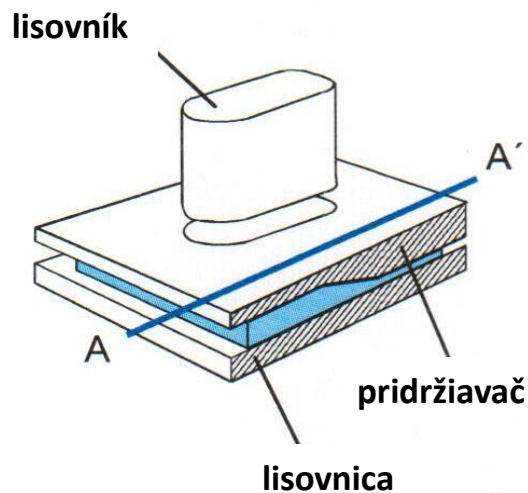
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor rolled blanks (TRB)

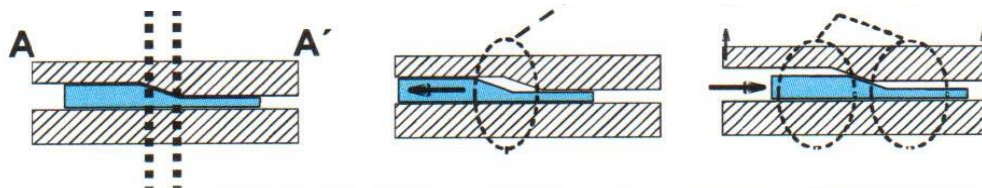


Tvárnienie kombinovaných polotovarov

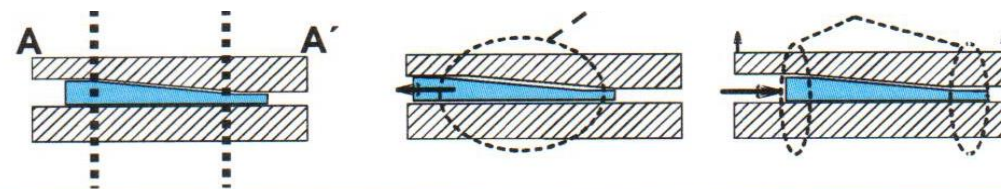
Tailor rolled blanks (TRB)



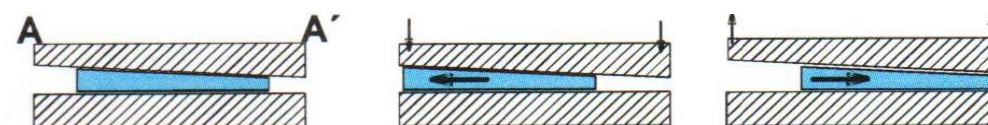
krátka prechodová oblasť oblasť **s veľkým zvlnením** materiálu



stredná prechodová oblasť oblasť **s malým zvlnením** materiálu

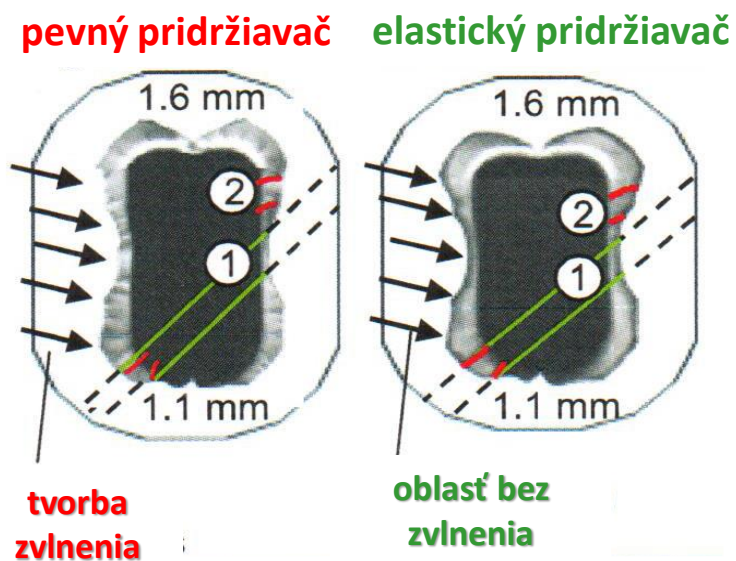
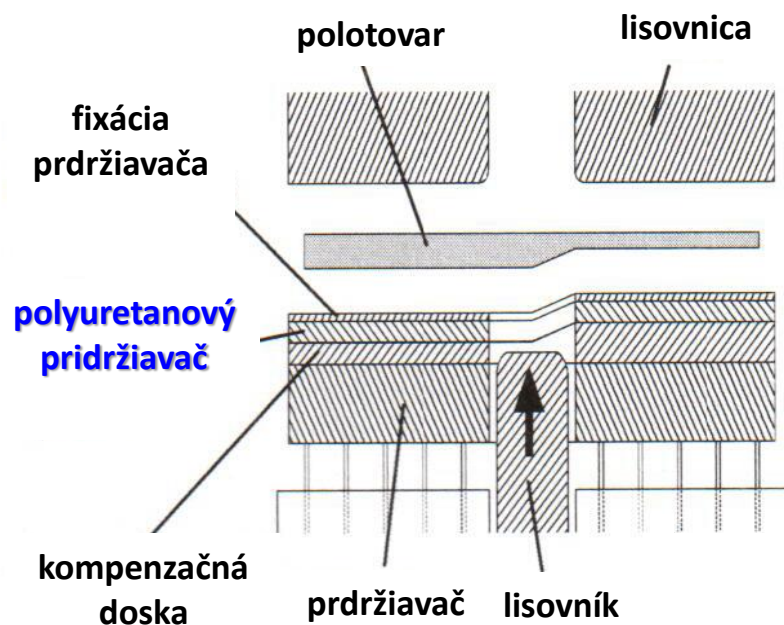


dlhá prechodová oblasť oblasť **bez zvlnenia** materiálu



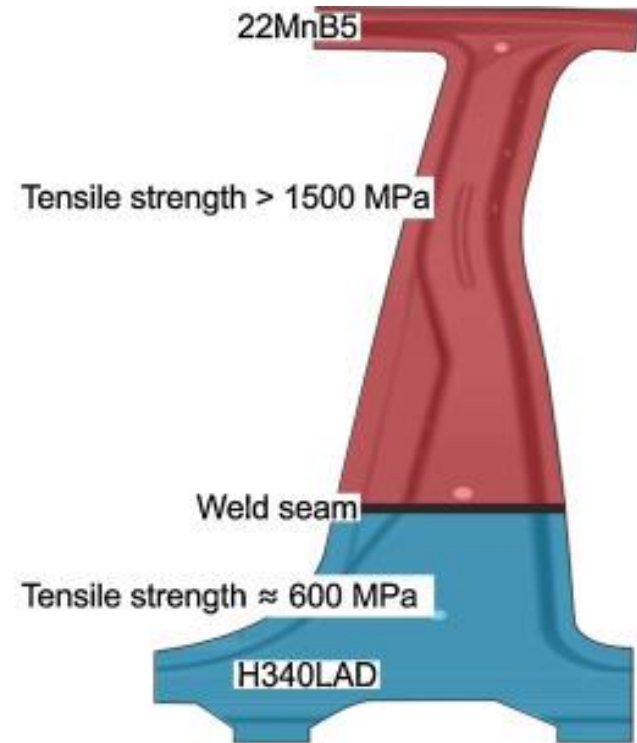
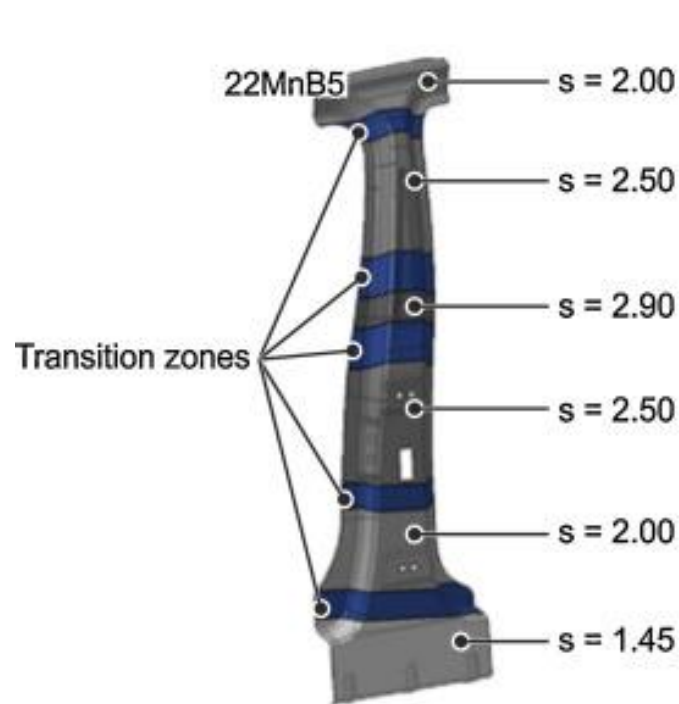
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor rolled blanks (TRB)



Tvárnenie kombinovaných polotovarov – porovnanie

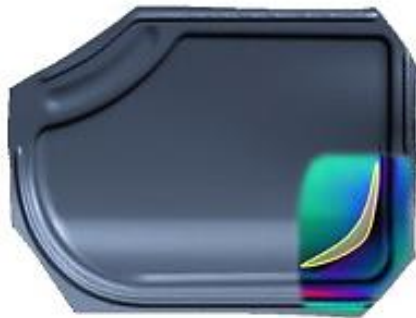
Tailor rolled blanks (TRB)



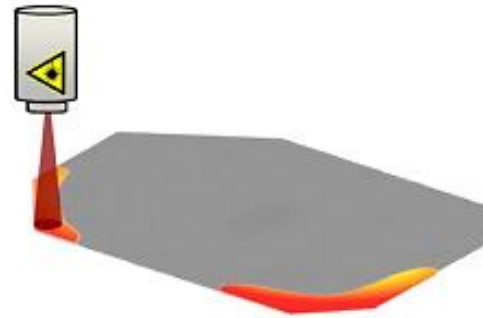
Príklady výliskov vytvorených TRB a TWB

Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor heat treated blanks (THTB)



tvárnenie **konvenčného**
polotovaru

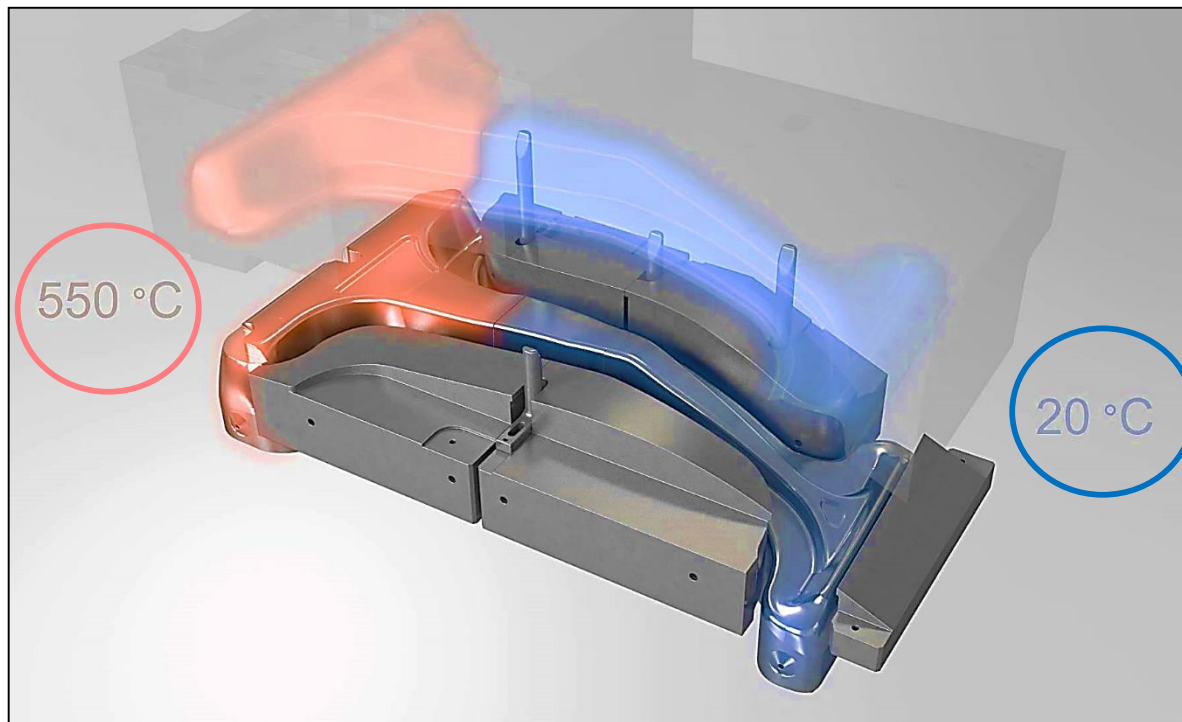


tvárnenie **teplom**
modifikovaného polotovaru



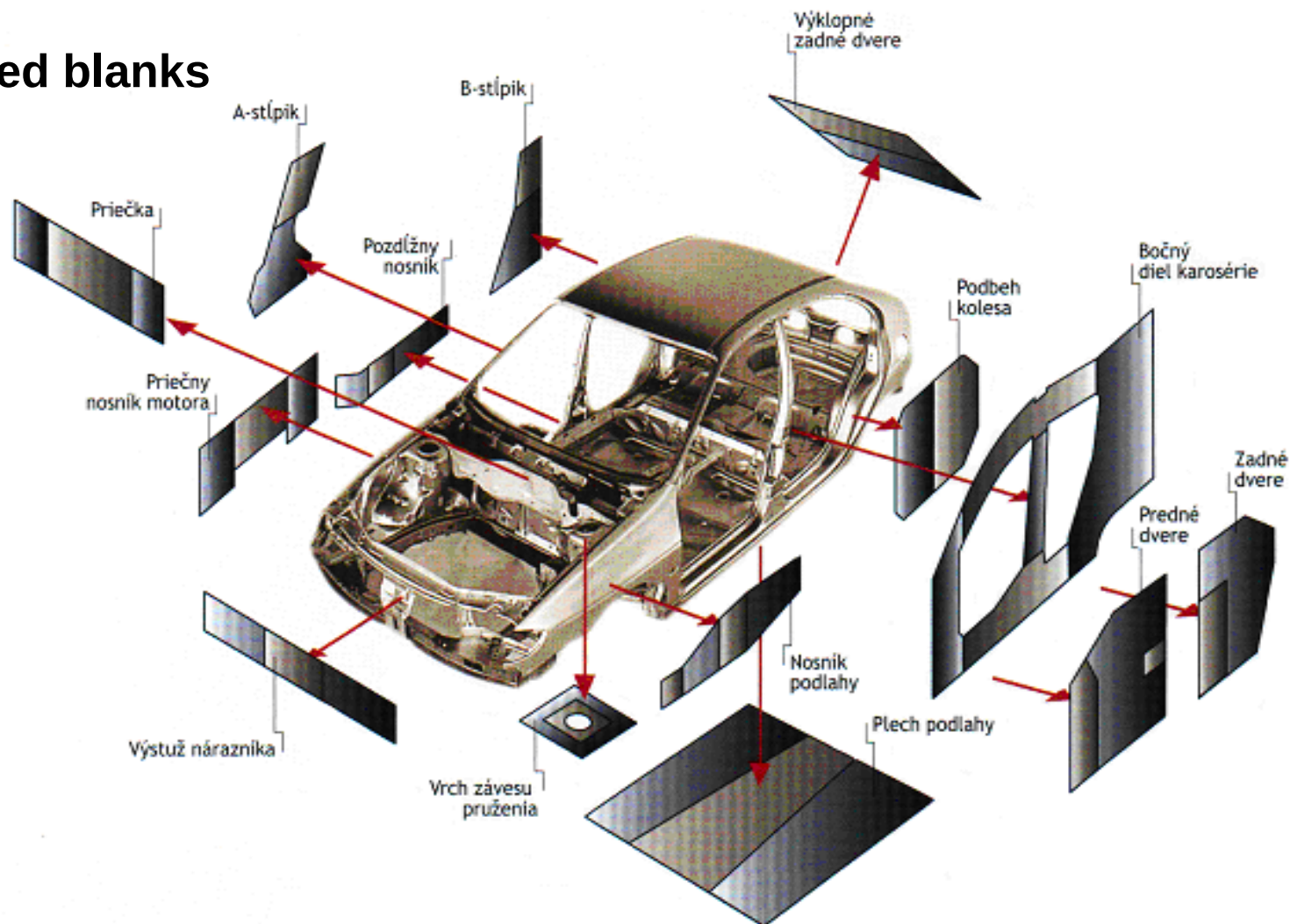
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor heat treated blanks (THTB)



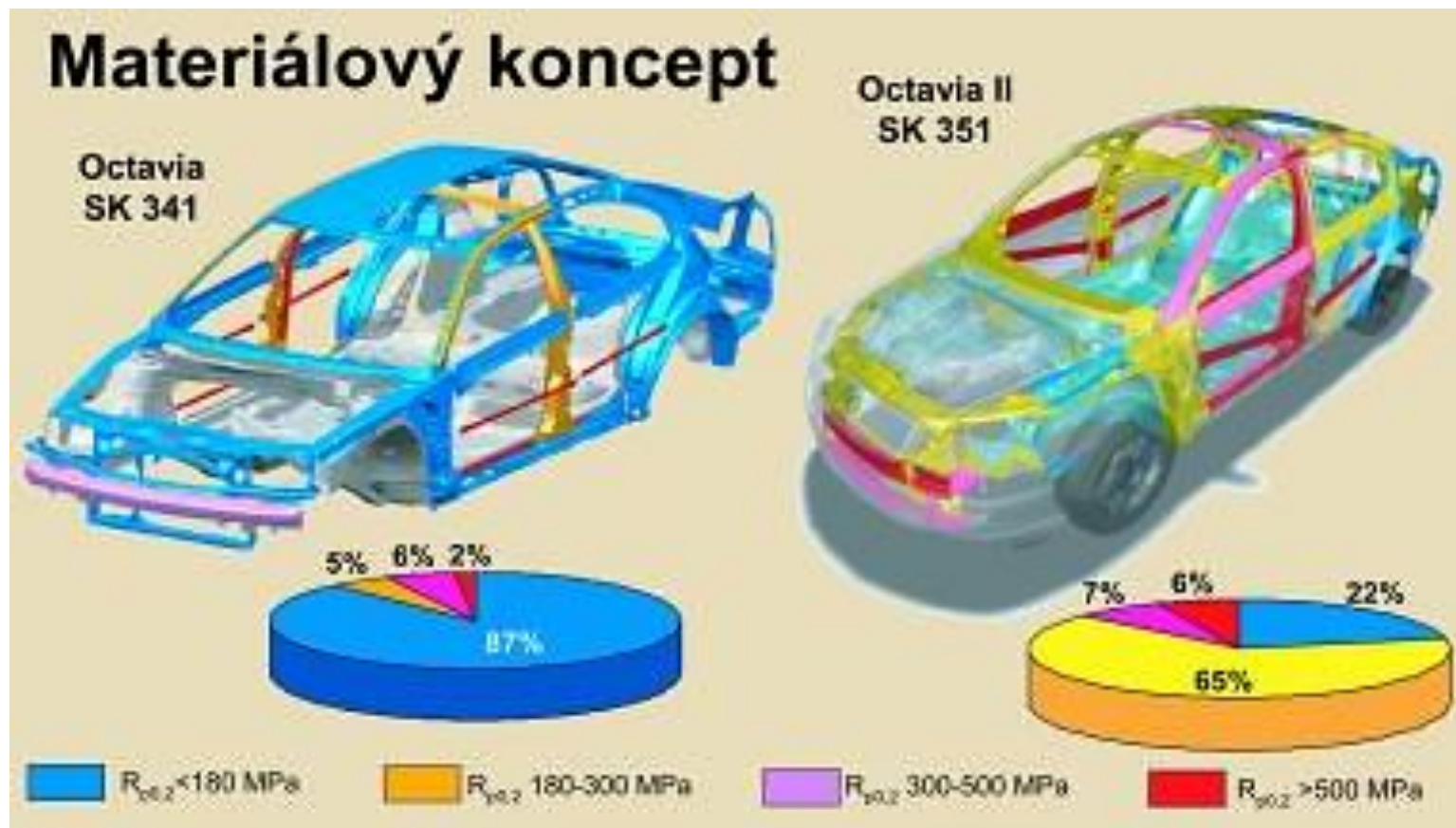
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks



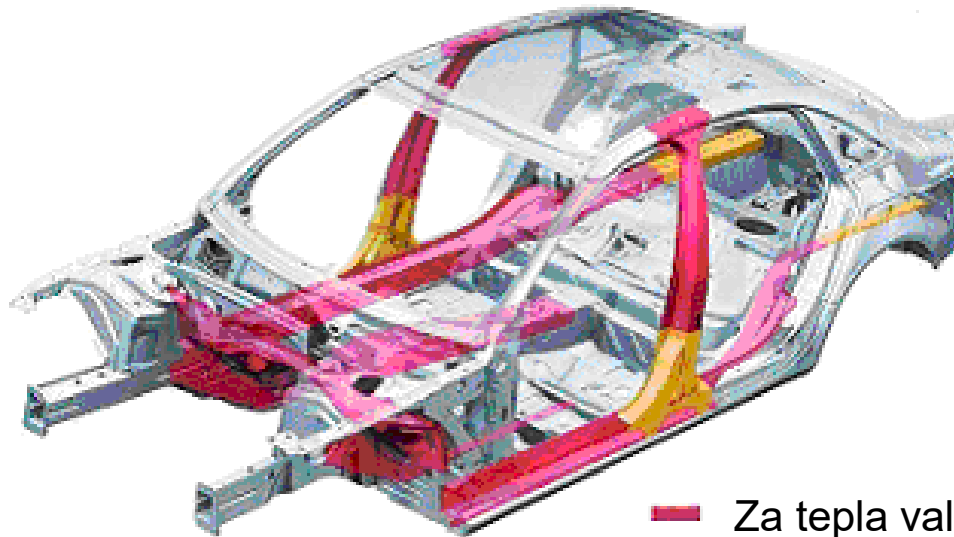
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – Audi A4 (10)

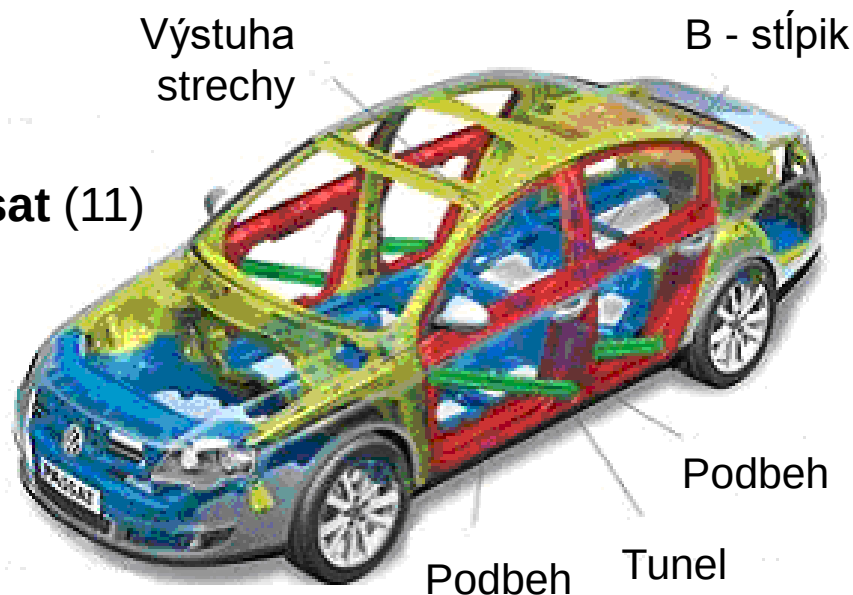


- Za tepla valcovaná oceľ v TB dieloch
- Vysokopevná oceľ v TB dieloch

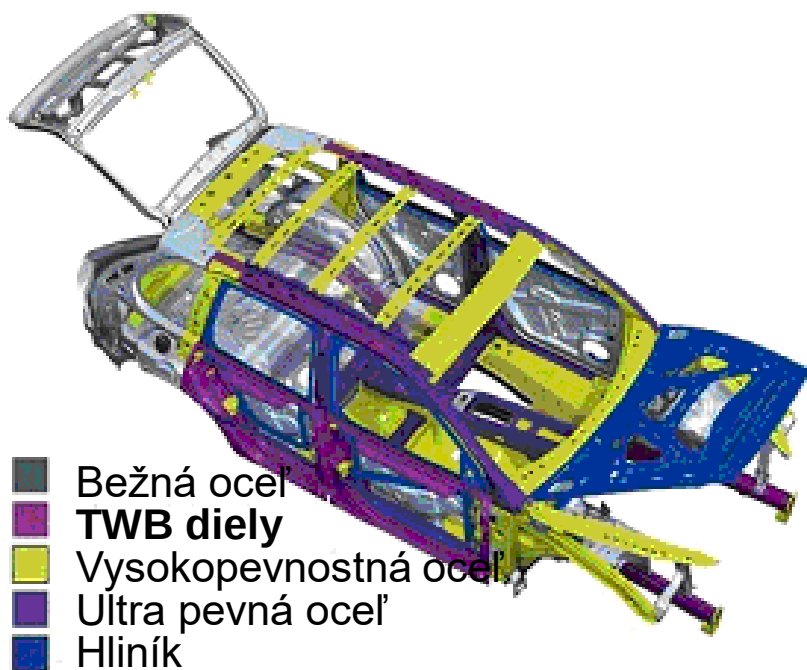
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks

Volkswagen Passat (11)

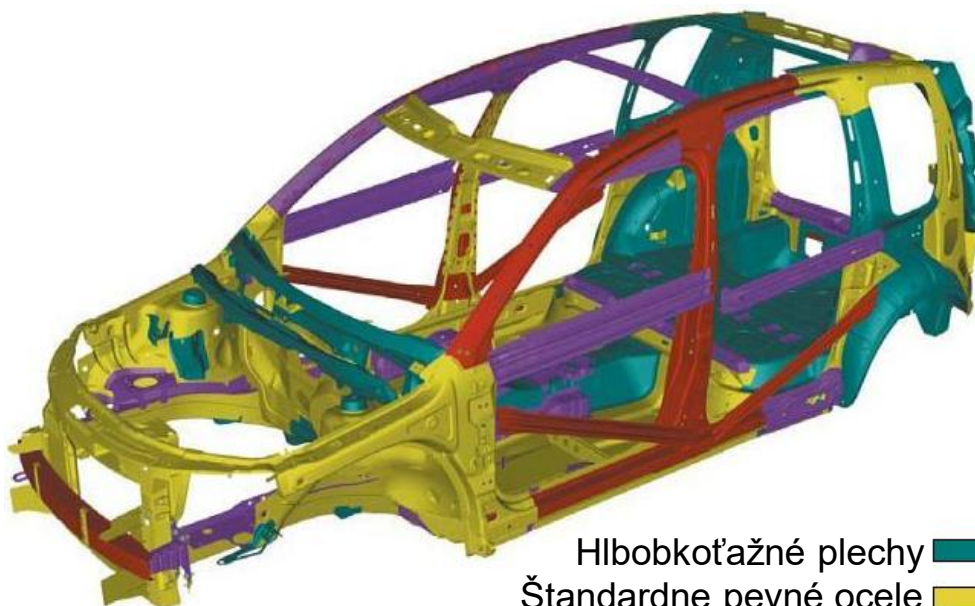


Porsche Cayenne (8)



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – Škoda Roomster (4)



- Hlbobkoťažné plechy ■
- Štandardne pevné ocele ■
- Vysokopevné ocele ■
- Ultra pevné ocele (diely TWB) ■

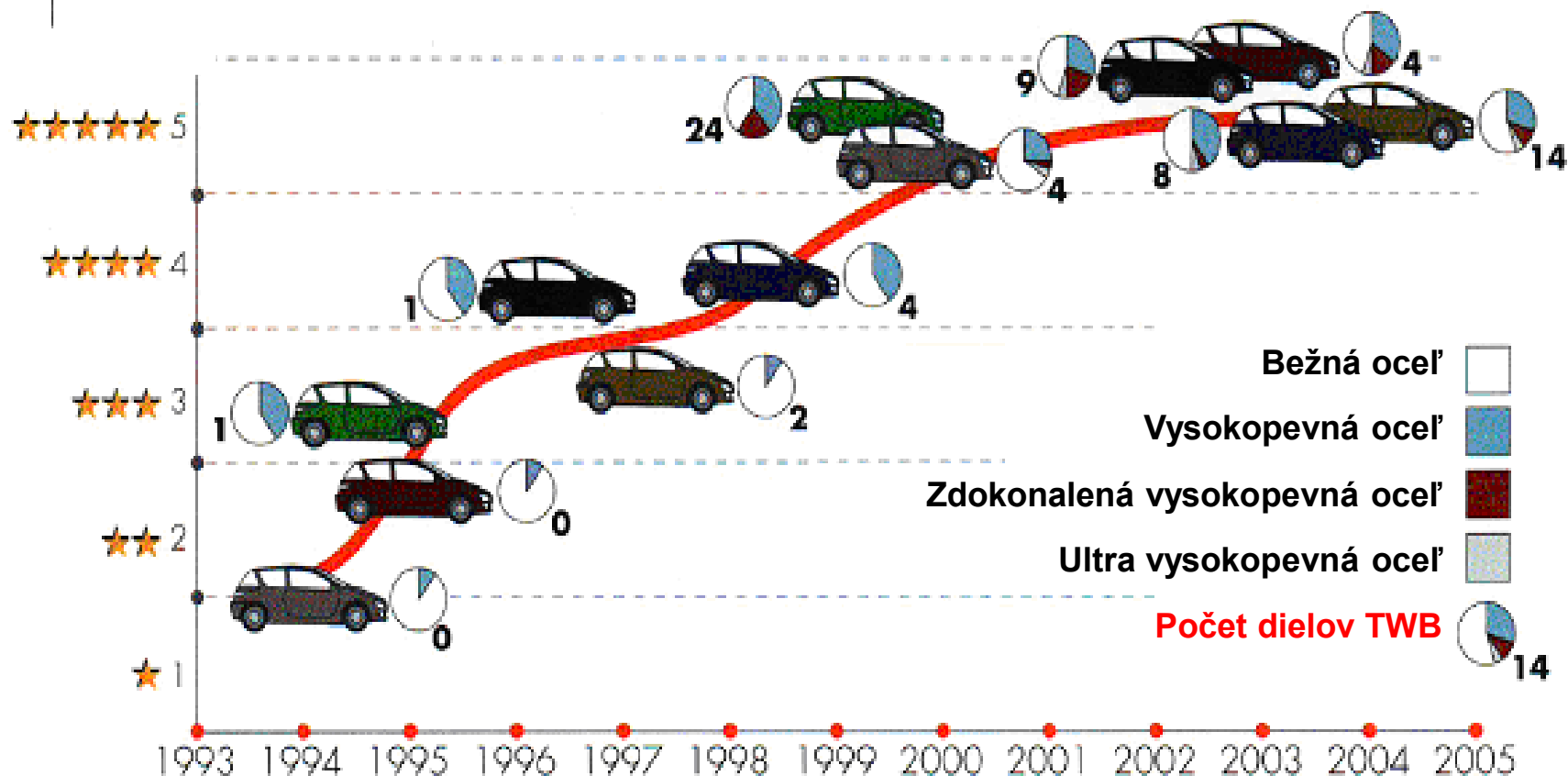
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – Citroën C3 Picasso (2), Peugeot 207 (2)



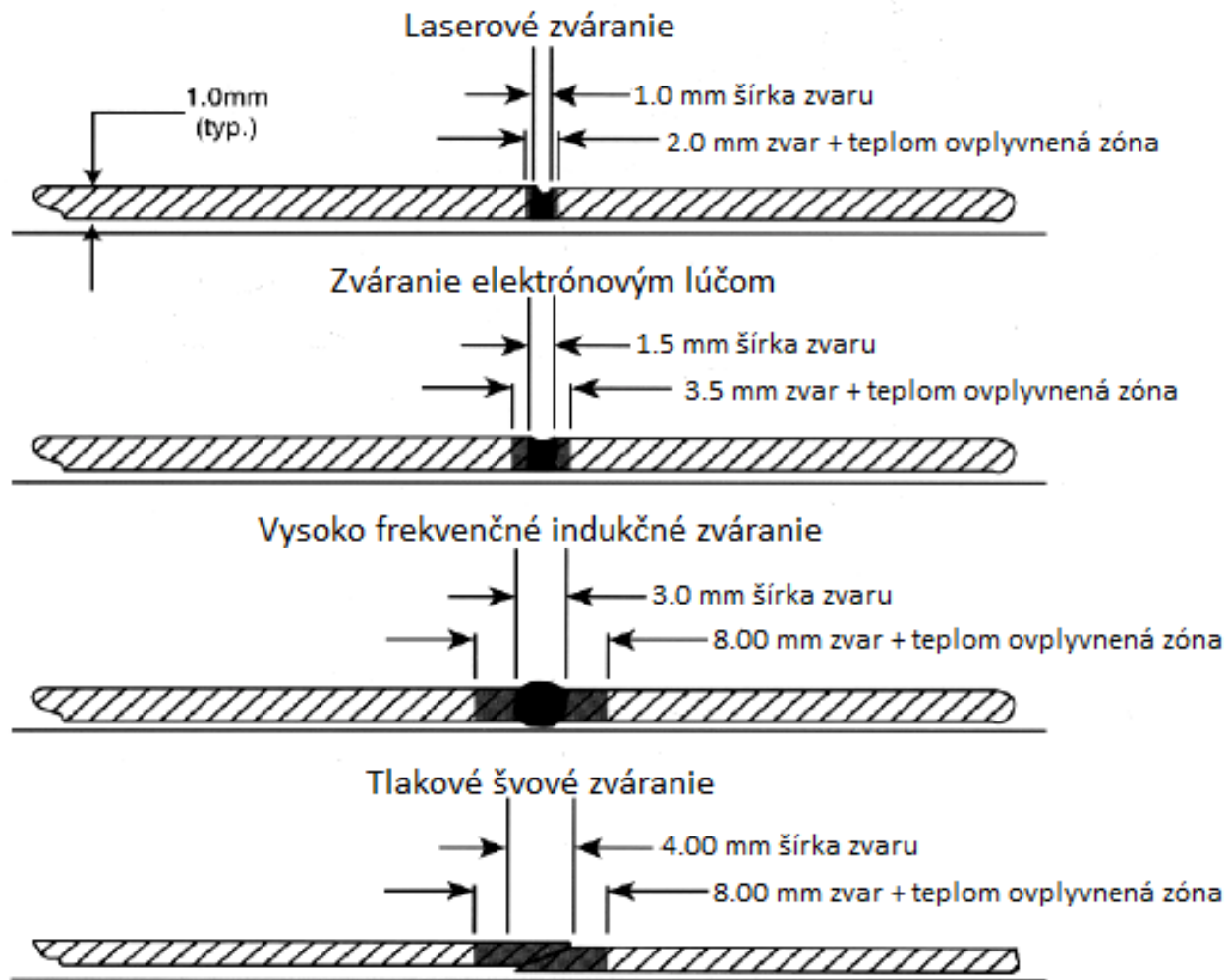
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks - metódy zvarania



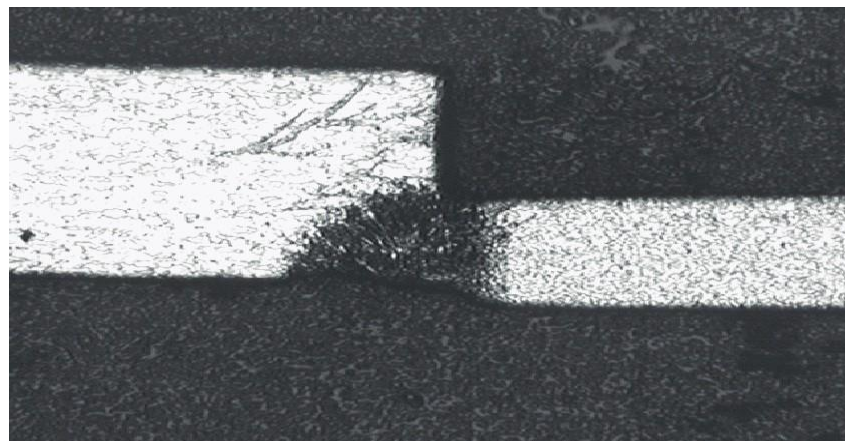
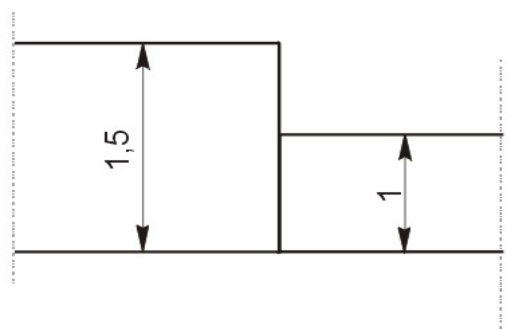
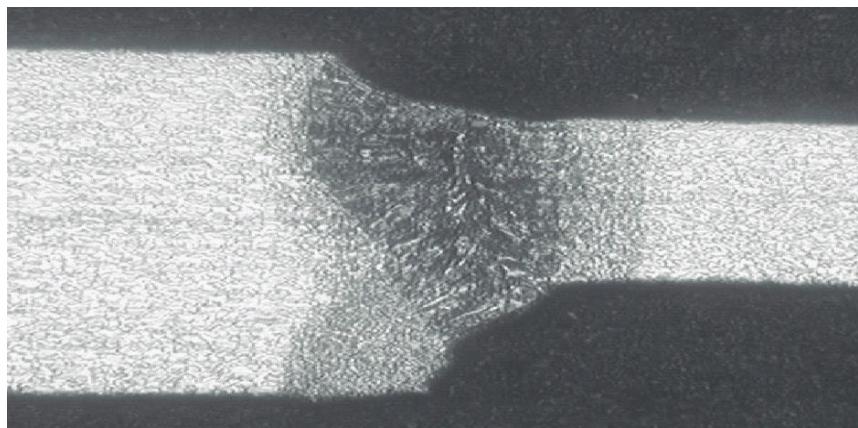
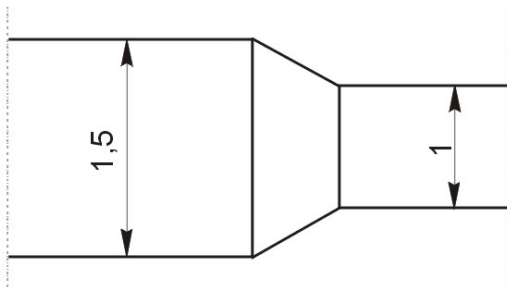
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – metódy zvarania

	Elektrónový lúč	Indukčné zváranie	Švové zváranie	CO₂ laser	YAG laser
<i>Opracovanie zvaru</i>	Nie	Potrebné	Valcovaný za studena	Nie	Nie
<i>Prekrytý / neprekrytý zvar</i>	Možný	Možný	Používané	Používané	Používané
Nelineárne zvary	Možné	Nie	Nie	Používané	Veľmi priaznivé
<i>Vysoká / Nízka pevnosť</i>	Možná	Náročná	Možná	Používaná	Veľmi priaznivá
<i>Striedavé vrstvy</i>	Možné	Nie	Nie	Používané	Veľmi priaznivé
<i>T-zvary</i>	Možné	Nie	Nie	Používané	Veľmi priaznivé
<i>Priemyselná integrácia</i>	Náročná	Dobrá	Dobrá	Dobrá	Možná
Kvalita tvárnenia	Veľmi dobrá	Náročná	Dobrá	Dobrá	Veľmi dobrá
<i>Príprava hrany</i>	Precízna	Jednoduchá	Stredne náročná	Veľmi precízna	Precízna

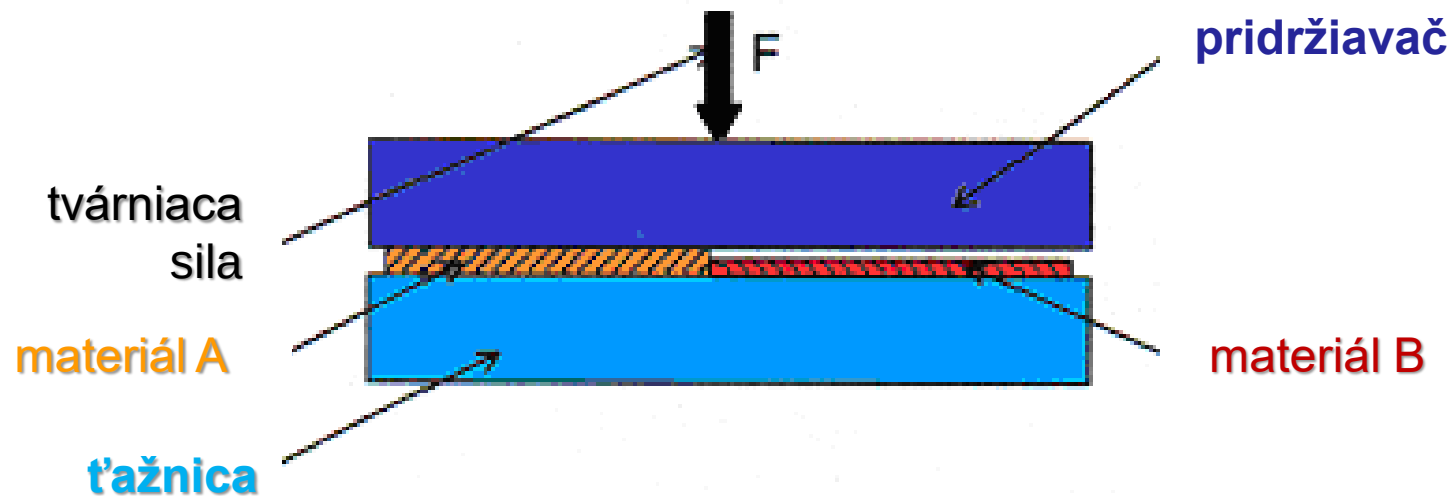
Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – metódy zvárania



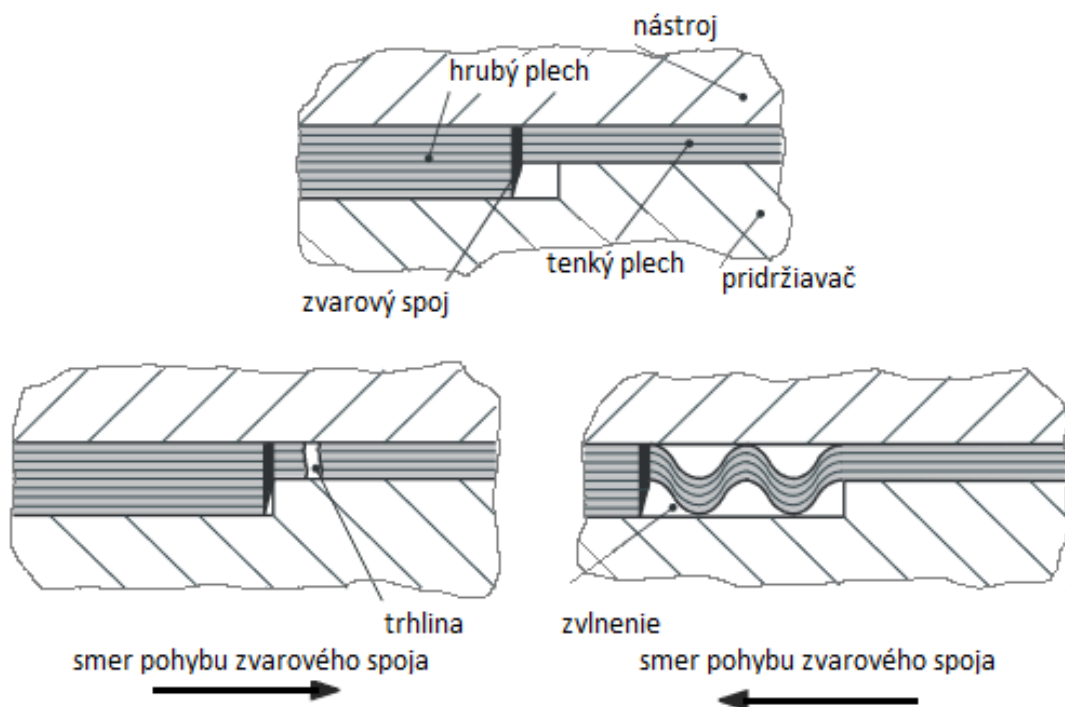
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – tvárniaci nástroj



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – tvárniaci nástroj



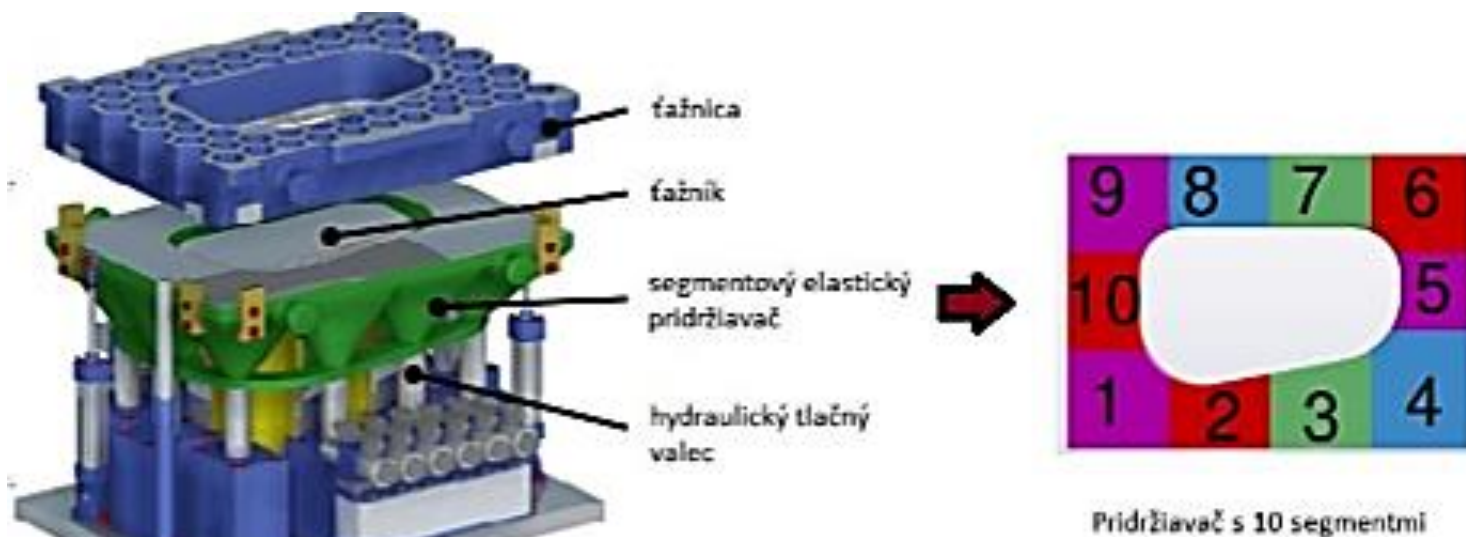
Vznikajú dva druhy chýb, a to:

- **trhlina** – pri posunutí hrubšej časti polotovaru smerom k hrane, v ktorej sa mení hrúbka medzere medzi pridržiavačom a ťažnicou, môže prísť k vzniku lomu,
- **zvlnenie** – pri posune zvaru smerom od hrany dochádza k vzniku nevhodného zvlnenia, ktoré zabraňuje pohybu do ťažnej medzere.

Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – špeciálny tvárniaci nástroj (TN)

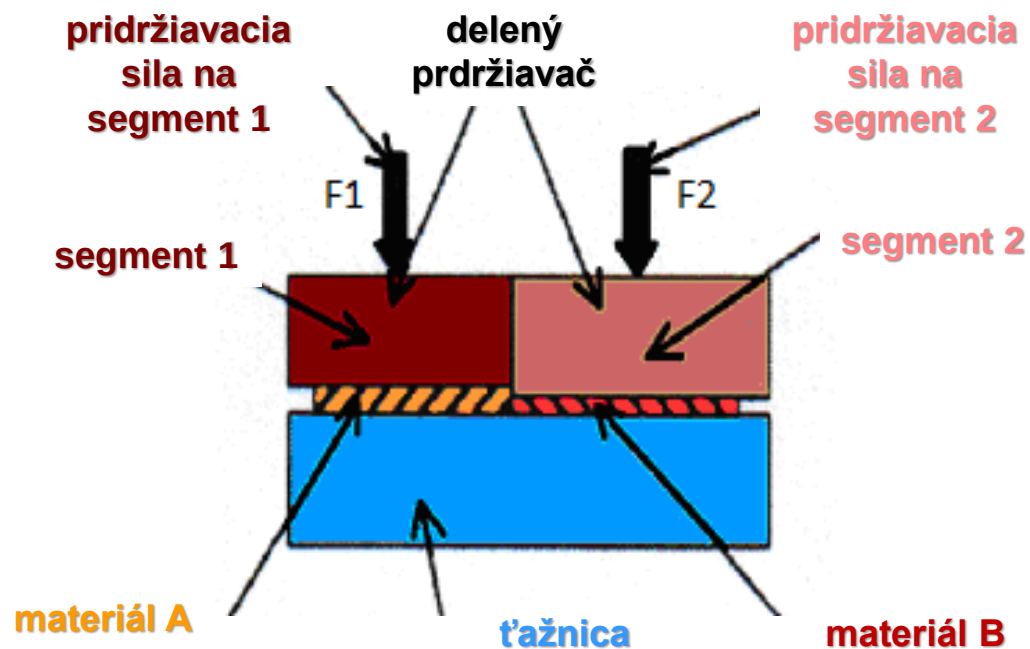
- TN s **pružným pridržiavačom**,
- TN s deleným pridržiavačom.



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

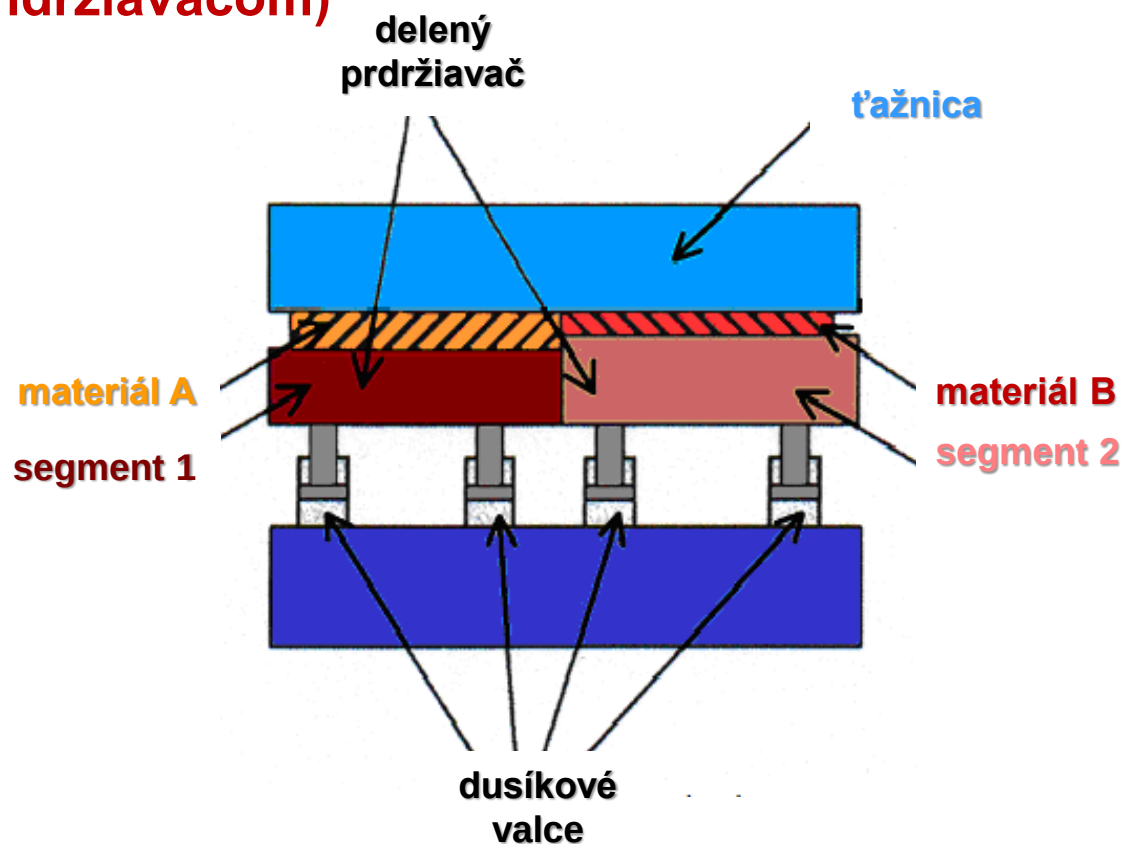
Tailor welded blanks – špeciálny tvárniaci nástroj (TN)

- TN s pružným pridržiavačom,
- TN s **deleným pridržiavačom**.



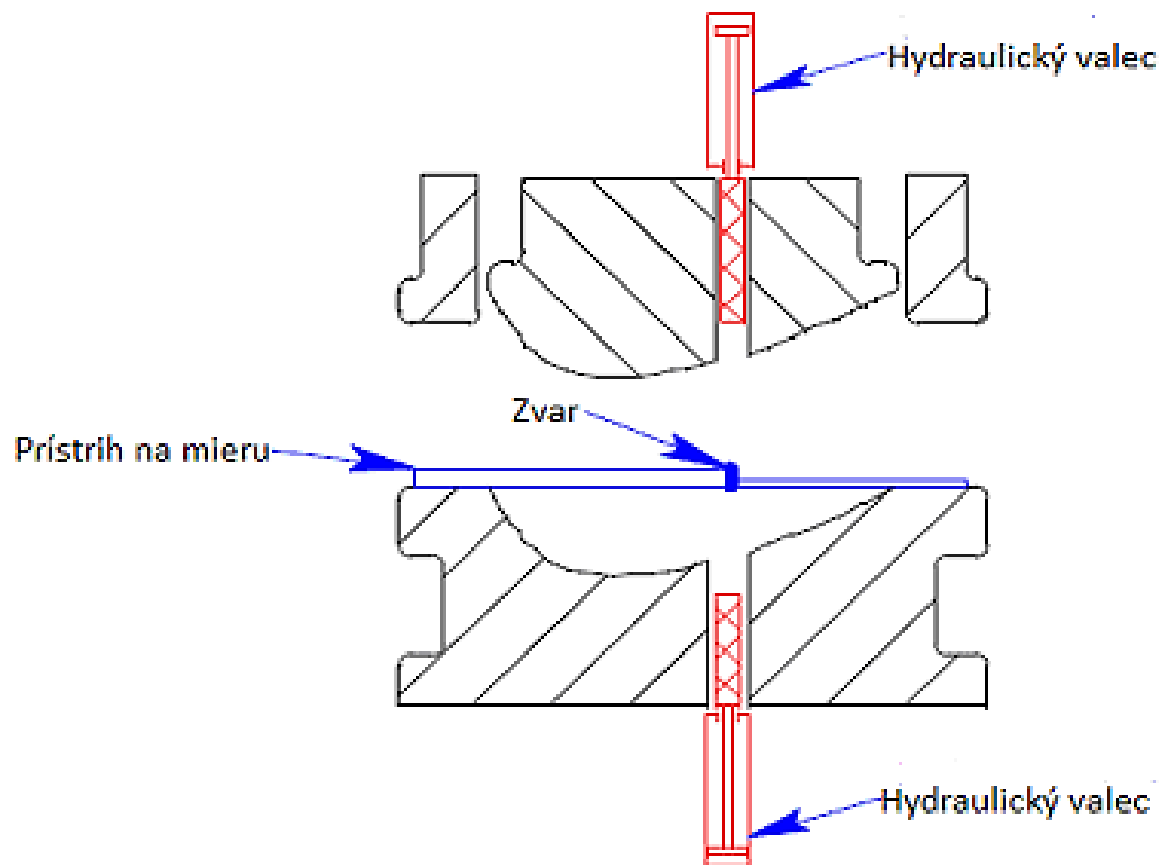
Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – špeciálny tvárniaci nástroj
(TN s deleným pridržiavačom)



Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – špeciálny tvárniaci nástroj (TN s delenou ťažnicou a regulátormi)



Princíp tvárnenia v TN **so segmentovou ťažnicou s lokálnymi adaptívnymi regulátormi**, na vytvorenie dodatočnej tvárniacej sily v nástroji. Hydraulické valce plnia funkciu lokálnych adaptívnych regulátorov. Umiestňujú sa v blízkosti zvaru tak, aby znížili pnutie v slabšom, tenšom materiáli, čím sa zvyšuje možná hĺbka výťažku.

Tvárnienie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – aplikácie TWB

TWB sa aplikuje aj na výrobu bočných dielov vagónov. Táto metóda aplikuje kombinácie stykového a preplátovaného zvárania laserom, kde benefit je aj možnosť použitia väčších lokálnych vystužení (napr. rohy okien, horizontálne či vertikálne výstuhy, atď.).

Pri výrobe stavebných strojov táto metóda sa používa napr. pri výrobe sklápačov. Umožňuje zväčšiť šírku polotovarov (zvitkov) a tiež nasadiť vysokopevné ocele, čo v prípade bodového zvárania, široko používanému v stavebníctve, nebolo možné. Ďalšia výhoda je, že sa dosahuje vysoká odolnosť proti únave.

V energetickom priemysle sa TWB aplikuje napr. u výmenníkov tepla, pri výrobe kotlov, nádrží a zásobníkov.

V elektropriemysle v oblasti bielej techniky je možné technológiu TWB využiť na zníženie nákladov pri návrhu oceľových dielcov potrebných pri výrobe spotrebičov.

Tvárnenie kombinovaných polotovarov

Tailor welded blanks – aplikácie TWB

TWB sa využíva aj v stavebníctve na výrobu priečok, výstuží, ale aj na výrobu vonkajšieho opláštenia budov.



*Guggenheimovo múzeum
v Bilbao (Španielsko)*

Odporučená literatúra

BABIĆ Ž., ŠLJIVIĆ M. Application of tailored blanks in the automotive industry. In *Journal for Technology of Plasticity*. 2002 Dostupné na:
https://www.researchgate.net/publication/268814549_Application_of_tailored_blanks_in_the_automotive_industry.

BILLUR, E. Hot Stamping of Ultra High-Strength Steels: From a Technological and Business Perspective. Springer Nature Switzerland 2019. pp. 251, ISBN 978-3-319-98870-2. Dostupné na:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-98870-2_8.

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

ČUPKA, V. Nekonvenčné metódy v tvárnení. 1990.

GROCHE, P., FRITSCHÉ, D., TEKKAYA, E. A., ALLWOOD, J. M., HIRT, G., NEUGEBAUER, R. Incremental Bulk Metal Forming. In *Annals of the CIRP Vol. 56*. 2007. Dostupné na:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0007850607001576?token=8417638AD865A8F9634F0DEF12DD0DC63FD5F4C6970B7B2A03099BDE07CC7D372D8EEB22A4B5B0A8A9C253C8105E2203&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210610114439>.

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

Odporučená literatúra

MERKLEINA, M., WIELANDA, M., LECHNERA, M., BRUSCHIB, S., GHIOTTIB, A. Hot stamping of boron steel sheets with tailored properties: A review. In *Journal of Materials Processing Technology*. 2016 Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013615301291>.

MERKLEIN, M., JOHANNES, M., LECHNER, M., KUPPERT, A. A review on tailored blanks – Production, applications and evaluation. In *Journal of Materials Processing Technology*. 2014 Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013613002653>.

MIELNIK, E. M. Metalworking Science and Engineering. College: McGraw-Hill, 1991. pp. 598 ISBN: 0070419043.

MOHRBACHER. H., SPÖTTL, M., PAEGLE, J. Innovative manufacturing technology enabling light weightingwith steel in commercial vehicles. In *Advances in Manufacturing*. 2015 Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/273900263_Innovative_manufacturing_technology_enabling_light_weighting_with_steel_in_commercial_vehicles

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

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

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

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