

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

Analýza vhodnosti použitého materiálu pro lisované díly automobilových karoserií

Jiří Hampl

Vedoucí práce: Ing. Josef Bradáč, Ph.D.

Tento list vyjměte a nahradte zadáním bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil(a) autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne:

...

Děkuji Ing. Josefu Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad a informačních podkladů.

Obsah

Úvod	8
1 Základní celky automobilu	9
2 Karoserie automobilů	11
2.1 Rozdělení karoserií dle konstrukční koncepce	11
2.2 Samonosná karoserie	13
3 Navrh a výroba lisovaných dílů karoserie	17
3.1 Návrh designu a konstrukce dílu	17
3.2 Metodické plánování	19
3.3 Konstrukce lisovacích nástrojů	20
3.4 Výroba lisovacích nástrojů	21
3.5 Lisování dílů	23
4 Analýza materiálů pro výrobu automobilových karoserií	24
4.1 Oceli	24
4.2 Hliníkové slitiny	29
4.3 Hořčík a jeho slitiny	30
4.4 Kompozity	31
4.5 Plasty	31
4.6 Nekonenční materiály	33
5 Doporučení využití materiálů při výrobě karoserií	35
Závěr	41
Seznam literatury	42
Seznam obrázků a tabulek	43

Seznam použitých zkratk a symbolů

ABS	akrylonitril butadien styren
AHSS	dvoufázové oceli
AlMgSi	hliníková slitina
AlMg3	hliníková slitina
A50	tažnost materiálu, zkušební tyčka délky 50mm (%)
A80	tažnost materiálu, zkušební tyčka délky 80mm (%)
BH	vysokepevnostní ocel
BM	data pro opracování rovinných ploch
BMG	data pro výrobu modelů
CAD	2D a 3D počítačové projektování
CP	komplexně fázová ocel
DP	dvoufázová nízkouhlíková ocel
HSLA	vysokepevnostní ocel nízko nebo mikrolegovaná
HSS	jednofázové oceli
HS-IF	vysokepevnostní ocel
HX180BD	vysokepevnostní ocel (třída HS-IF)
KSL	technický kusovník
MIG	svařování v ochranné atmosféře inertního plynu
MILD	měkké a středněpevné oceli
MLA	měkké nízkolegované oceli
MPa	megapascal – jednotka tlaku, či napětí
MS	martenzitická ocel
MSLA	středněpevné nízkolegované oceli
NCM	data pro opracování tvarových ploch
N10-20/Ag	exp.def. zpevnění, 10 až 20 % pl. Def. s homogenní tažností <20 %

PP	polypropylen
PUR	polyuretan
Rm	mez pevnosti (MPa)
Rp0,2	mez kluzu (MPa)
R0/20	součinitel plastické anizotropie při 20% deformaci
TRIP	ocel s transformačně indukovanou plasticitou
TWIP	ocel s indukovanou plasticitou dvojčatěním

Úvod

Automobilový průmysl prochází v současné době zásadními změnami. Ve spojitosti se stále aktuálnějšími a diskutovanějšími tématy ochrany životního prostředí, elektromobility a konektivity, dochází ke změnám nejen ve výrobních procesech, ale i na produktech jako takových. Ve snaze o ekologičtější výrobu a provoz vyrobených automobilů, přijímají automobilky různá opatření, mezi které patří i nasazování alternativních materiálů pro výrobu lisovaných dílů karoserií. Nejrozšířenějším materiálem jsou oceli, které mají v automobilovém průmyslu povětšinou nezastupitelnou roli. V určitých aplikacích, jsou však tendence nahrazovat ocelové materiály například hliníkem a jeho slitinami, nebo plastovými materiály. Důvodem pro hliník a jeho slitiny povětšinou bývá jeho nízká měrná hustota tedy hmotnost. Pro plasty, je to vedle nižší hmotnosti v porovnání s oceli, také široká variabilita použití, například pro tvarově náročné dílce, které by z ocelí nešly vyrobit vůbec, nebo za nepřijatelně vysokých nákladů.

Hlavním cílem této bakalářské práce je charakteristika materiálů používaných pro výrobu lisovaných dílů automobilových karoserií, jejich analýza a následné doporučení využití, pro jednotlivé skupiny dílů.

V teoretické části práce bude proveden rozbor automobilu, dojde k vyspecifikování jeho hlavních celků a bude představen přehled karoserií z hlediska typů a konstrukčních konceptů. Součástí teoretické části bude rovněž proces vzniku lisovaného dílu, co by stavebního prvku karoserie, od designového návrh až po jeho konečnou výrobu v lisovací lince.

V praktické části práce bude provedena analýza v současné době používaných materiálů pro lisované díly automobilových karoserií, z technologického a ekonomického hlediska. V závěru praktické části, budou poznatky z analýzy materiálů shrnuty a proběhne doporučení oblastí využitelnosti pro vybrané materiály.

1 Základní celky automobilu

Automobil jako takový, je možné rozčlenit do několika skupin dílů, kterými je tvořen. Přestože hlavním tématem práce je skupina lisovaných dílů karoserie, potažmo materiály pro jejich výrobu, tak pro ucelenou představu je dále uveden přehled základních skupin, které lze nalézt na téměř všech soudobých automobilech. Mezi základní strukturální části automobilu patří:

Podvozek

Do skupiny dílů podvozku vozidla patří nápravy, kola a jejich odpružení, řízení a brzdy. Podvozek je zásadní skupinou pro zajištění požadovaných jízdních vlastností vozidla jako jsou odpružení a tuhost, řízení vozidla, přilnavost k povrchu, vyvážený přenos hnacích, setrvačných a brzdných sil (Kovanda, 2015; Klůna, Košek, 1995).

Karoserie

Karoserie je jednou z nejdůležitějších a nejrozsáhlejších skupin automobilu. Jako taková poskytuje prostor pro přepravu osob či nákladu a zároveň poskytuje ochranu před vnějšími vlivy či případné dopravní nehodě. Zároveň je nejvýznamnějším designovým prvkem vozidel (Kovanda, 2015; Klůna, Košek, 1995).

Hnací agregát

Hnacím agregátem je myšlen motor se spojkou, převodovkou, rozvodovkou a hnacími hřídeli. U hnacího agregátu je používáno několik schémat rozložení, nicméně nejpoužívanějšími jsou (Kovanda, 2015; Klůna, Košek, 1995):

- motor se spojkou a převodovkou uloženy v přední části vozu a pohon zadních kol pomocí hnacího hřídele
- motor se spojkou a převodovkou uloženy v přední části vozu a pohon předních kol
- motor se spojkou a převodovkou uloženy v zadní části vozu a pohon zadních kol

Elektronika

Tato skupina zahrnuje veškeré elektronické zařízení vozů, řídicí systémy a obvody, komfortní elektroniku a vnitřní či vnější osvětlení. Elektronika automobilů, v současnosti tvoří jednu z uživatelsky nejzajímavějších skupin, protože nynějším trendem ve světě automobilů je elektromobilita a konektivita (Kovanda, 2015; Klůna, Košek, 1995).

Výbava

Tuto skupinu dílů lze rozdělit do dalších dvou podskupin, na výbavu vnitřní a vnější. Vnější výbava zahrnuje estetické a funkční doplňky pro exteriér vozidla, zatímco vnitřní výbava je zaměřena na zvýšení komfortu a pohodlí při cestování. Vnější výbavou jsou například přední a zadní nárazník, vnější zrcátka, anténa, stěrače a různé ochranné či designové lišty. Vnitřní výbavou jsou například přístrojová deska, ventilace s topením a klimatizací, vnitřní zpětná zrcátka, osvětlení interiéru a různé bezpečnostní prvky (Kovanda, 2015; Klůna, Košek, 1995).

Provozní kapaliny

Do skupiny provozních kapalin spadají veškeré náplně, které jsou potřebné pro provoz automobilu. Mimo pohonných hmot, patří dále do této skupiny také například olejové náplně (motorový olej, převodový olej, hydraulický olej řízení), brzdová kapalina, chladicí kapalina, směs použitá do ostřikovačů (Kovanda, 2015; Klůna, Košek, 1995).

2 Karoserie automobilů

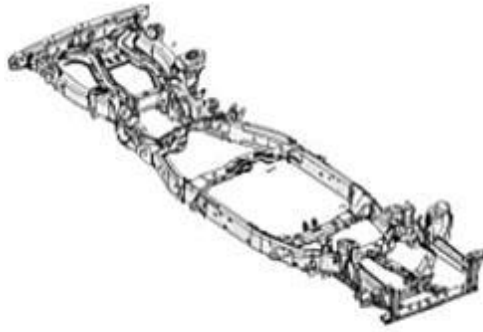
Karoserie jako taková, je důležitou částí automobilu. Poskytuje prostor, pro přepravu osob i nákladu a zároveň slouží k jejich ochraně před vnějšími vlivy (např. počasí atd.). Díky různým konstrukčním uspořádáním, zajišťuje posádce různý stupeň komfortu a míry bezpečnosti při cestování. Slouží jako nosný prvek, na který je upevněn podvozek a hnací agregát. Z těchto důvodů musí karoserie splňovat celou škálu technických požadavků, jako jsou např.: celková tuhost a pevnost ovlivňující jízdní vlastnosti vozu a bezpečnostní parametry, a to ve vztahu k ochraně posádky, chodců a ostatních účastníků provozu při případné dopravní nehodě. K tomu, aby karoserie vozů byla schopna splnit veškeré požadavky, jež jsou na ni kladeny, jsou díly, které ji tvoří konstruovány a následně vyráběny z rozličných konstrukčních materiálů s různými mechanickými a technologickými vlastnostmi. Nezanedbatelnou funkcí karoserie automobilu je optimalizace aerodynamického odporu při provozu (vliv na jízdní vlastnosti vozu, celkovou spotřebu paliva, atd.) a je hlavním designovým prvkem, dle kterého je automobil hodnocen či posuzován potencionálními zájemci.

2.1 Rozdělení karoserií dle konstrukční koncepce

Konstrukčně můžeme karoserie na základě koncepce dělit do následujících třech variant:

Podvozková karoserie

Základem automobilu u této konstrukce je tzv. „rám vozu“. Na rám, jakožto nosný prvek je přimontován podvozek, hnací agregát a karoserie, která je k rámu přichycena pružně a liší se dle určení vozidla – nákladní, terénní atd.. Rám je u této konstrukce jediným prvkem, který zachycuje působící síly, které při provozu na vozidlo působí. Vozidlo s touto konstrukcí je díky své tuhosti schopno jízdy i bez karoserie viz obr.1 (kabiny), (Kovanda, 2015; Rubis, 2013).

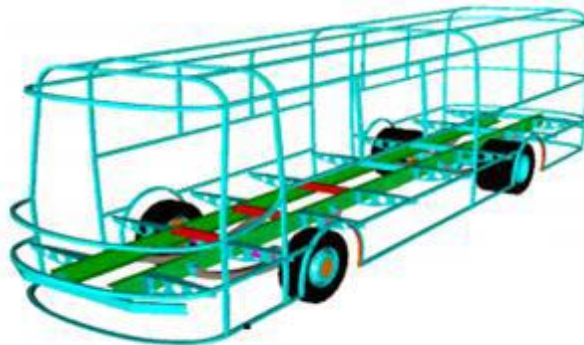


Zdroj: <https://elearnhazz-sk.webnode.sk/konstrukcia-osobnych-automobilov/karoseria-automobilu/>

Obr. 1 Podvozková karoserie

Polonosná karoserie

Tato konstrukce taktěž využívá rámu a montované karoserie. Od podvozkové konstrukce se však tento typ liší přichycením karoserie k rámu, která je k rámu pevně připojena a podílí se taktěž na eliminaci působících sil. Tato konstrukce je využívána především u automobilů typu roadster či autobusů viz obr.2 (Kovanda, 2015; Rubis, 2013).



Zdroj: <https://elearnhazz-sk.webnode.sk/konstrukcia-osobnych-automobilov/karoseria-automobilu/>

Obr. 2 Polonosná karoserie

Samonosná karoserie

Karoserie tohoto typu je konstruována jako celek a není zde již zapotřebí rámu coby nosného prvku. Nápravy, motor, převodovka a ostatní prvky vozu jsou zavěšeny/usazeny přímo na karoserii a samostatně odpruženy. Tato konstrukce je v dnešní době nejrozšířenějším typem konstrukce pro stavbu osobních vozidel viz obr.3. První automobil, u kterého byla využita koncepce s použitím samonosné karoserie, byla Lancia Lambda a to v roce 1922 (Kovanda, 2015; Rubis, 2013).



Zdroj: <https://elearnhazz-sk.webnode.sk/konstrukcia-osobnych-automobilov/karoseria-automobilu/>

Obr. 3 Samonosná karoserie

Pro potřeby práce bude nadále blíže specifikováno v současnosti nejrozšířenější provedení, a to samonosná karoserie.

2.2 Samonosná karoserie

Konstrukční koncepce samonosné karoserie se dále člení, dle tvarového provedení a konečného způsobu využití vozidla. Rozdělení dle tvaru je následující.

Hatchback

Konstrukce karoserie se třemi nebo, a to častěji pěti dveřmi. Prostor posádky není oddělen od zavazadlového prostoru. Zadní část vozidla má splývavý, zaoblený tvar s otevíratelným víkem, včetně zadního skla (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Typickým příkladem je: Škoda Favorit, Felicie, Fabie nebo Seat Ibiza.

Liftback

Opět dvoudveřový nebo pětidveřový typ automobilu s dvouprostorovou karoserií. Zád' vozidla je stupňovitá a páté dveře (víko zavazadlového prostoru) se otevírají včetně prosklení (stejně jako u Hatchbacku), (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Klasickým příkladem Liftbacku je Škoda Octavia (všechny tři novodobé generace).

Sedan

Klasická konstrukce karoserie čtyřdveřového a nejčastěji pětimístného automobilu, který má oddělený zavazadlový prostor za druhou řadou sedadel. Na rozdíl od liftbacku se víko zavazadlového prostoru otvírá bez zadního okna a v menším úhlu (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Příkladem sedanu je Škoda Fabia (sedan), nebo BMW řady 3.

Limuzína

Jde o sedan se čtyřmi nebo šesti dveřmi, který má oddělený prostor mezi řidičem a posádkou. Jedná se o vozy nabízející vysoký stupeň luxusu a prostornosti pro cestující, kterých může být 4, 6 ale i více (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Typickými zástupci jsou Cadillac DTS, Lincoln TC 120.

Combi

Konstrukční řešení vycházející z karosářské verze hatchback, sedan nebo liftback. Rozdílnost spočívá v tom, že zadní část je kolmá a prosklená až k C sloupkům karoserie. Páté dveře jsou nejčastěji jednoduché. Prostor mezi druhou řadou sedadel a zavazadlovým prostorem nebývá oddělen (dříve tzv. celní přepážka kvůli odpočtu DPH), (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Každý výrobce označuje vozy typu Combi jinak, kromě nejobvyklejšího Combi, se lze setkat s označením SportsTourer (Opel), Tourer (BMW), Avant (Audi) či SW (Peugeot).

Pick-Up

Tento typ karoserie je přizpůsoben pro užitkové využití vozidla. Jedná se o vůz s oddělenými prostory pro cestující a náklad pevnou přepážkou. Nákladový prostor může být celý součástí karoserie (budka) nebo v podobě korby a snímatelné plachty (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Mezi vozidla s karoserií Pick-

Up se řadí VW Caddy či Amarok, Peugeot Partner, Opel Combo, Škoda Felicia Pick-Up.

SUV

Automobily s vyšší světlou výškou, která jsou určena pro občasný provoz v lehkém terénu. Zkratka SUV znamená: Sport Utility Vehicle (Škoda Yeti, BMW X5, Audi Q7 apod.). Pohon 4x4 není pravidlem (Kovanda, 2015; Rubis, 2013).

Offroad

Off-road je vozidlo s větší světlou výškou, pohonem všech kol a často redukční převodovkou. Tyto vozidla jsou oproti SUV svou stavbou a koncepcí primárně určeny pro provoz v těžkém terénu. Pohon 4x4 je pro tato vozidla nutností (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Typičtí zástupci Mercedes-Benz třídy G a Land Rover Defender.

MPV

Rodinná vozidla, pro pět až osm pasažérů. Obvykle s dvěma řady sedadel, s možností další – třetí řady sklopných sedadel. Karoserie těchto vozidel jsou uzavřené a velkoprostorové. MPV je zkratka pro: Multi-Purpose Vehicle – víceúčelové vozidlo (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Příkladem vozidel MPV jsou VW Touran, Ford Galaxy, Škoda Roomster.

Van

Vozidla kategorie VAN jsou primárně určena pro užitkové účely. Jedná se o dodávky různých typů a druhů (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Příkladem vozidel typu Van jsou Ford Transit, VW Transporter, Citroen Jumper a Peugeot Boxer.

Kabriolet

Dvou ale i čtyřdveřové vozidlo pro čtyři a více cestujících s poddajnou, sklápěcí, stahovací nebo odnímatelnou střechou (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Zástupci jsou BMW 6 Cabrio, Audi A5 Cabrio.

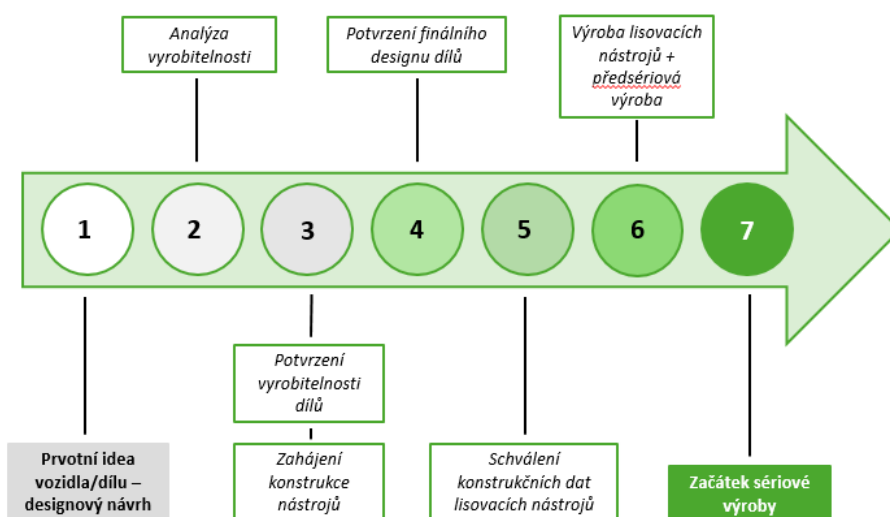
Roadster

Téměř totožný příklad jako kabriolet pouze s tím, že Roadster má vždy pouze dvě místa pro cestující (Kovanda, 2015; Rubis, 2013). Mezi zástupce Roadsterů patří Audi TT Roadster či Mazda MX-5 Roadster.

3 Navrh a výroba lisovaných dílů karoserie

Lisované plechové díly tzv. výlisky, jsou základním stavebním prvkem karoserie každého vozu, proto je důležité tyto díly vyrábět kvalitně a současně při vysokých objemech rychle, při zachování stabilního výrobního procesu a v neposlední řadě za adekvátních nákladů viz obr.4. Výlisky, hlavně jejich tvarové části, jsou dány schváleným designem vozu. V současnosti jsou ve velké oblibě ostré linie a výrazné designové hrany, které zásadním způsobem ovlivňují zejména povrchové díly vozů. Tvary dílů dle posledních trendů jsou z hlediska lisování plechů velmi náročné, proto je nutné věnovat navrhování, konstrukci, výrobě nástrojů pro lisovaná díla, ale i lisovaných dílů samotných dostatečnou pozornost, a to včetně volby materiálu, který bude pro jednotlivé díly použit.

Vznik nového lisovaného dílu v postupných krocích:

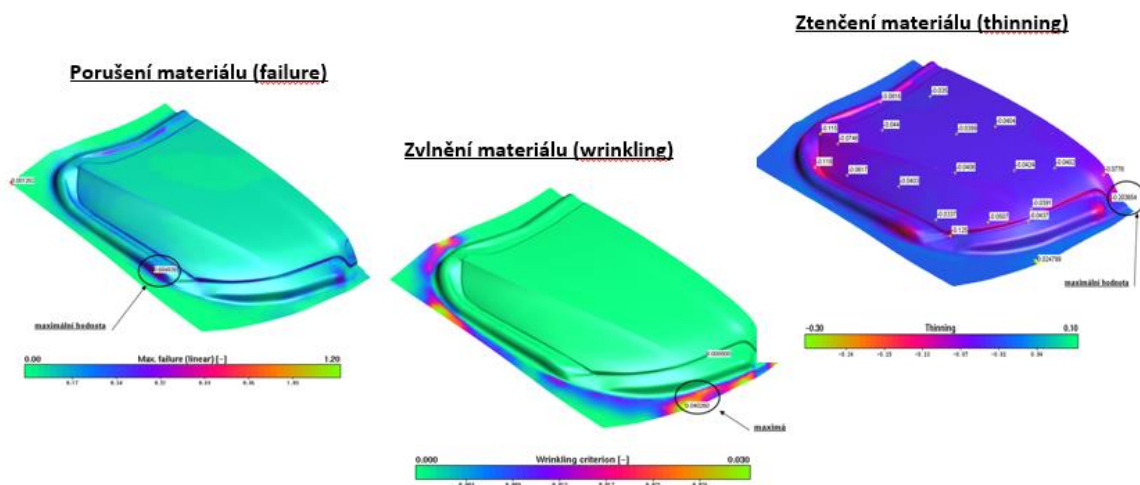


Obr. 4 Vznik nového lisovaného dílu v postupných krocích

3.1 Návrh designu a konstrukce dílu

Designové návrhy jsou tvořeny v oddělení designu, kde postupně vzniká model skutečných rozměrů z „designerské hlíny“. Tento model je pouze designovou studií a zdaleka ne všechny představy designerů je možné, z hlediska technické vyrobitelnosti, úspěšně převést až do praxe. Kvůli tomu je nutno v designu vozidla dělat kompromisy a změny tak, aby celkový návrh splnil požadovaná kritéria. Po tom, co je ukončena fáze designu a odsouhlasen konečný model, následuje jeho konstrukční zpracování. V této fázi dochází k rozpadu modelu na jednotlivé

části / díly, které jsou zpracovány ve formě 3D CAD dat viz obr.6. V průběhu konstrukční části dochází k posouzení výrobitelnosti jednotlivých dílů, a to na základě softwarových simulací viz. K tomuto existují sofistikované programy, které dokáží simulovat proces výroby dílů v reálném prostředí. Například v koncernu Volkswagen, jehož součástí je i Škoda Auto a.s., je používán program AutoForm. Vzhledem ke složitosti designu soudobých automobilů je tato fáze klíčová, protože díky simulacím a posouzením výrobitelností, se dá již na začátku odstranit poměrně velké množství problémů, které by jinak znamenaly obtíže při výrobě, ať už nástrojů pro výrobu dílů, či při výrobě dílů samotných, což by mohlo přinést nemalé negativní finanční dopady. Nejčastějšími vadami výlisků, které lze díky simulacím objevit a včasným zásahem již v předvýrobní fázi eliminovat jsou např: Ztenčení plechu výlisků a následné praskání dílů, zvlnění výlisků a rozpružení (nevracení se taženého materiálu do původního tvaru mimo požadované rozměry) viz obr.5.



Zdroj: Interní dokument Škoda Auto a.s.; PSW-P Nářadovna

Obr. 5 Vyhodnocení výrobitelnosti

Mimo posouzení výrobitelnosti, lze díky simulacím stanovit tvar a velikost nástřihu (tzv. teoretický nástřih), což je vstupní tvar materiálu, pro lisování dílu v nástrojové sadě. Velikost nástřihu se ve výrobní fázi na základě výsledků vlastního lisovacího procesu upřesňuje dle praktického posouzení z hlediska využitelnosti materiálu a zároveň dosažení požadované kvality výlisku. Přestože jsou simulační programy v dnešní době na velmi vysoké úrovni, tak stále záleží na mnoha faktorech, které

ovlivňují konečný výsledek. Ovlivňujícími faktory jsou např.: kvalita vstupních dat, požadovaný tvar výlisku, volba materiálu pro výlisek atd. Neméně důležité je rovněž závěrečné posouzení výstupů, které ze simulačních programů vzejdou. Ty jsou zpravidla konfrontovány s praktickými zkušenostmi, nejčastěji při hromadném schvalování mezi tvůrci simulací, konstruktéry a výrobcí lisovacích nástrojů (nástrojaři) společně spolu s výrobcí lisovaných dílů (zástupci lisoven, ve kterých budou díly lisovány).



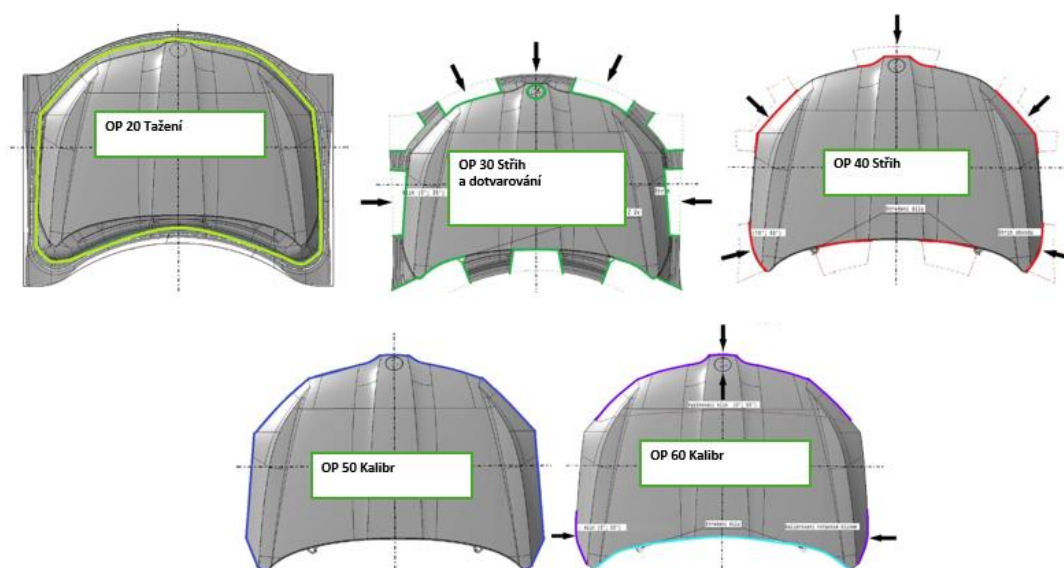
Zdroj: Interní dokument Škoda Auto a.s.; PSW-P Nářadovna

Obr. 6 Vstupní data pro konstrukci dílů

3.2 Metodické plánování

Metodické plánování je další z předvýrobních fází, která běží paralelně s tvorbou simulací a posuzováním vyrobiteľnosti. Hlavním cílem je stanovení, jaké činnosti budou v jednotlivých operacích nástrojové sady pro výrobu lisovaných dílů prováděny viz obr.7. Pro každou operaci nástrojové sady je zhotovena simulace a stanoví se neoptimálnější postup napříč selou sadou tak, aby byla v maximální možné míře využita, případně aby se korigoval počet operací, při dodržení požadované kvality finálního výlisku. Nedílnou součástí metodického plánování je rovněž vytvoření průchodového plánu. Průchodový plán je výstup ze simulačního softwaru, zaměřeného na mechanizaci, což je doprovodné vybavení každé sady lisovacích nástrojů. Mechanizace zajišťuje přenos výlisků mezi jednotlivými operacemi. Hlavním cílem průchodového plánu je nastavení optimálních trajektorií jednotlivých prvků mechanizace tak, aby nedocházelo

ke kolizím přenášených výlisků či samotných prvků mechanizace s lisovacími nástroji / operacemi, či součástmi lisovací linky.



Zdroj: Interní dokument Škoda Auto a.s.; PSW-P Nářadovna

Obr. 7 Metodický plán pro výrobu lisovaného dílu

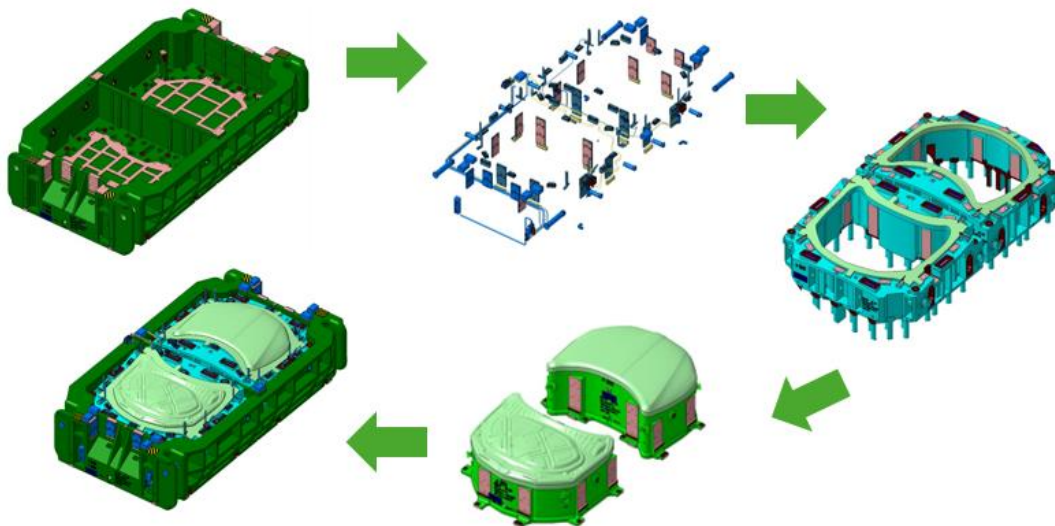
3.3 Konstrukce lisovacích nástrojů

Konstrukce lisovacích nástrojů v dnešní době v převážné většině případů probíhá v počítačovém prostředí. Existuje mnoho CAD konstrukčních programů s různými zaměřeními a funkcionalitami, ale v automobilovém průmyslu je díky své propracovanosti a variabilitě nejrozšířenější CAD software CATIA. Konstrukce lisovacích nástrojů se řídí danými postupy a pravidly / normami, které jsou buď ve všeobecné mezinárodní platnosti, nebo přizpůsobeny pro konkrétní potřeby jednotlivých firem. V konstrukční fázi dochází k přenesení poznatků ze simulací a metodického plánování do podoby 3D modelů jednotlivých operací lisovacích sad či prvků mechanizace. Konstrukční data podléhají finálnímu schválení, jak tomu je u simulací či metodického plánování. Když jsou 3D data připravena, je svoláno tzv. schvalování za účasti konstruktérů, metodických plánovačů, tvůrců simulací, výrobců lisovacích nástrojů a následných provozovatelů lisovacích nástrojů (zástupců lisoven). Schvalování je svoláno, aby bylo možno vyjádřit se ke stavu, ve kterém jsou 3D data prezentována a rovněž je zde prostor pro odstranění nedostatků či přizpůsobení nástrojů výrobním zařízením, ve kterých

budou v budoucnu provozována. Přizpůsobení konstrukce nebo její oprava je v této fázi jednodušší a levnější, než kdyby k tomu mělo docházet až při vlastní výrobě nástrojů. Výstupem z konstrukční fáze lisovacího nářadí jsou schválená 3D CAD data, tzn. 3D model kompletního nástroje pro daný lisovaný díl viz obr.8.

Obsahem jsou:

- BMG data (Betriebsmittelmodell Guss) - data pro výrobu polystyrenových či dřevěných modelů a následně odlitků
- BM data (Betriebsmittelmodell) - 3D konstrukční data. Užívají se pro frézování rovinných ploch při výrobě lisovacích nástrojů
- NCM data (CAD-Modell für NC-Bearbeitung) - data určena pro frézování tvarových ploch (3D)
- KSL (Konstruktionen Stückliste) - kusovník



Zdroj: Interní dokument Škoda Auto a.s.; PSW-P Nářaďovna

Obr. 8 Konstrukce lisovacího nástroje – 3D data

3.4 Výroba lisovacích nástrojů

Je-li konstrukční fáze úspěšně ukončena a jsou předány veškeré potřebné podklady nutné pro výrobu lisovacích nástrojů, tak nastává výrobní fáze. Pro součásti, které jsou odlévané, tato fáze začíná výrobou modelů, a to buď ze dřeva, nebo z polystyrenu viz obr.9. Modely, které rovněž procházejí schvalovacím procesem, jsou následně po schválení odeslány z modeláren, kde

vznikaly do sléváren. Tam dojde k zaformování / zapískování (model je obsypán zhutněným pískem, čímž je vytvořena forma pro odlití) a následnému odlití. Schvalování modelů je nutné zejména kvůli tomu, že při výrobě odlitku, je model zničen. Do formy vytvořené zapískovaným modelem je nalita tavenina, před kterou jak prostupuje tvarem formy, model postupně odhořívá. Takto vyrobené odlitky musí být po vyjmutí z forem na normou stanovený čas odstaveny, aby vychladnuly a takzvaně vystárnuly (zbavily se vnitřního pnutí). Hotové odlitky se následně převezou do nástrojářen, kde jsou za pomoci obrábění a dalších výrobních postupů uvedeny do požadovaných tvarů a rozměrů viz obr.9. Ostatní součásti se buď nakupují již hotové (normalizované díly) od schválených dodavatelů, nebo se vyrábí z polotovarů, které jsou běžným sortimentem (deskový materiál, kulatina, plechy). Dalším krokem, když jsou součásti obrobeny, je montáž do sestav celých nástrojů. V některých případech se obrábění a montáž prolínají, a to z důvodu, že je technologicky výhodnější určité části strojně obrábět až v ucelených sestavách. Jakmile jsou jednotlivé operace provedeny, dochází k zapracování nástrojů na produkčních lisovacích linkách. Zapracováním nástrojů je myšleno odstranění provozních závad, které prvotní nasazení nástrojů do lisovacích linek zpravidla přináší: odstranění případných kolizí, odladění lisovatelnosti dílů, zajištění provozuschopnosti celé sady ve spolupráci s mechanizací, dosažení požadované hodnoty slícování tvarů u jednotlivých operací a odstranění auditových a rozměrových závad výlisků. Zapracování lisovacích nástrojů povětšinou končí předáním nástrojové sady zástupcům lisoven do provozu, po dosažení všech procesně požadovaných cílů.

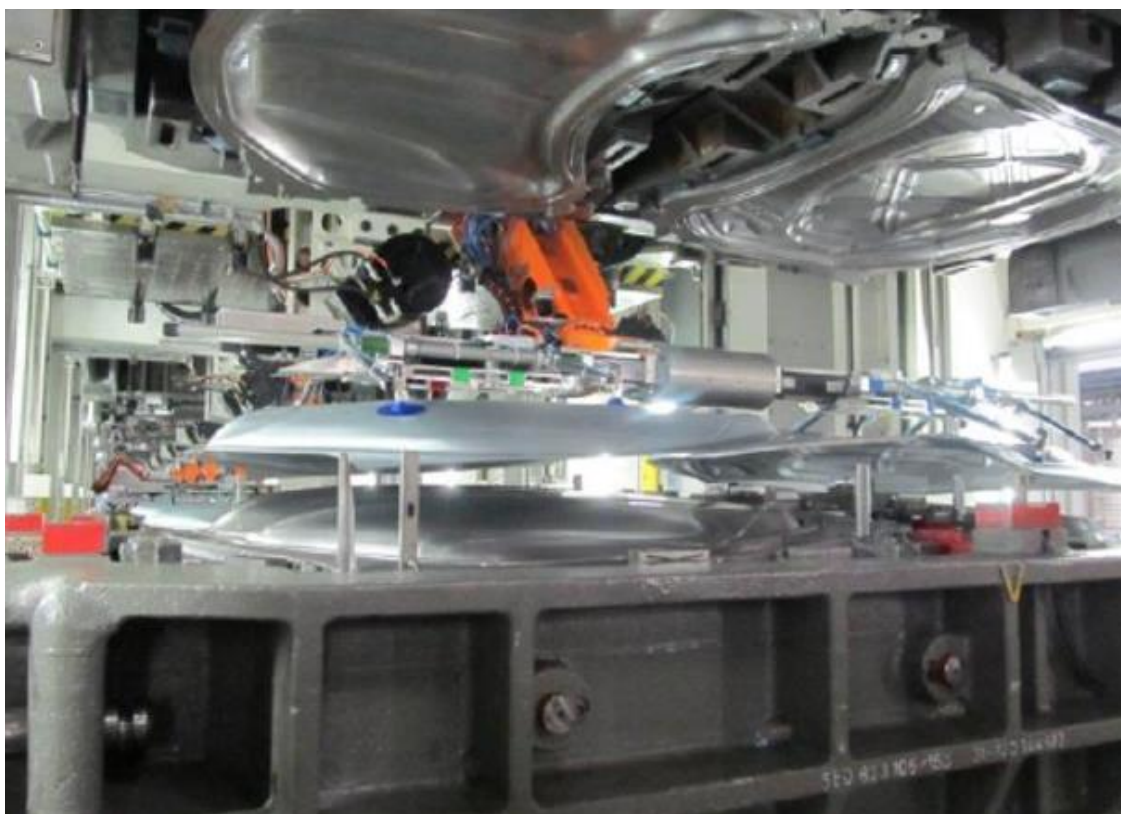


Zdroj: Interní dokument Škoda Auto a.s.; PSW-P Nářaďovna

Obr. 9 Výroba modelu pro odlitek, výroba lisovacího nástroje

3.5 Lisování dílů

Lisování dílů je konečnou výrobní fází, při které vznikají vylisky v požadovaném tvaru, při požadovaném množství a dodržení požadované kvality viz obr.10. Dle uvedeného postupu v této kapitole, se pro každý díl navrhne a vyrobí lisovací nástroje a již v prvopočátku je nutno určit konečné výrobní zařízení / lisovací linku, na které se dotyčný díl bude vyrábět. Tato informace je důležitá zejména z hlediska toho, že každá lisovací linka nabízí specifické parametry, které mohou podstatně ovlivnit další simulační, metodické a konstrukční postupy pro výrobu nástrojů a lisování dílů. Vhodně zvolenou lisovací linkou, lze výraznou měrou přispět k usnadnění všech předvýrobních fází. Součástí výroby dílů je i výstupní kontrola dílů a to z pohledu požadované rozměrovosti, či z hlediska povrchových vad. Tyto informace jsou důležité nejen z pohledu dalšího zpracování, zda díl vyhovuje či ne, ale i z pohledu případných úprav v lisovacích nástrojích.



Zdroj: Interní dokument Škoda Auto a.s.; PSW-P Nářad'ovna

Obr. 10 Výroba lisovaného dílu

4 Analýza materiálů pro výrobu automobilových karoserií

V automobilovém průmyslu se v dnešní době používá široká škála materiálů. Při konstrukci lisovaných dílů karoserií, lze volit z ocelí, neželezných kovů, plastů, kompozitů a dalších. Nejsrozsáhlejším materiálem je stále ocel, ale v souvislosti se snižováním hmotnosti vozidel se stále více uplatňují alternativní materiály s nižší měrnou hustotou, nebo kombinace dvou a více materiálů (Kovanda, 2015).

4.1 Oceli

Oceli využívané v automobilovém průmyslu si i přes rozmach alternativních materiálů uchovali majoritní podíl při konstrukci automobilových karoserií. Svůj status základního konstrukčního materiálu si udržují díky své variabilitě z hlediska tvarovatelnosti a pevnosti při udržení příznivých výrobních nákladů.

Základní vlastnosti ocelí, které lze považovat za výhody jsou (Kovanda, 2015):

- Vysoká tvářitelnost
- Příznivé náklady na výrobu
- Schopnost absorbce energií – bezpečnostní aspekt karoserie
- V kombinaci s povlakování zinkem, vykazují oceli korozní odolnost
- Snadné spojování do sestav
- Recyklovatelnost

Naproti tomu lze jmenovat i některé vlastnosti, které jsou nevýhodami (Kovanda, 2015):

- Vyšší měrná hmotnost
- Koroze bez povrchové úpravy

Oceli jsou pro potřeby v automobilovém průmyslu na stavbu karoserií dodávány v tabulích, svitcích nebo pásech a zpracovávají se běžnými tvářecími postupy, mezi které patří (Kovanda, 2015):

- Lisování (za studena i za tepla)
- Stříhání
- Ohýbání

Spojování ocelových dílů lze provádět vícero způsoby, například (Kovanda, 2015):

- Svařování (bodové, laserové)
- Pájení
- Lepení

- Nýtové a šroubové spoje

Rozdělení ocelí využívaných v automobilovém průmyslu je možné dle několika hledisek. Nejpoužívanějšími metodami v praxi jsou následující tři.

První metodou rozdělení je klasifikace dle metalurgie (Kovanda, 2015):

- Měkké a středněpevné oceli - MILD (MLA, MSLA oceli)
- Standardní HSS oceli (IF, BH, HSLA oceli)
- AHSS oceli (DP, CP, TRIP, TWIP, MS oceli)

Druhou možnou metodou rozdělení je dle pevností a to na dvě kategorie (Kovanda, 2015):

- HSS oceli (High Strength Steel) s mezí kluzu od 210 do 550 MPa a pevností v tahu od 270 do 700 MPa
- UHSS oceli (Ultra High Strength Steel) s mezí kluzu větší než 550 MPa a pevností v tahu větší než 700 MPa.

Třetí metodou rozdělení ocelí je dle mechanických a fyzikálních vlastností, např (Kovanda, 2015):

- Tažnost
- Deformační zpevnění
- Teplotní roztažnost materiálu

4.1.1 Nízko-pevnostní oceli

Měkké a středněpevné oceli (MILD steel)

MLA oceli – měkké nízkolegované oceli s nízkým obsahem uhlíku

Díky svým mechanickým vlastnostem jsou tyto oceli dobře tvařitelné, odolávají procesu stárnutí a to i po povlakování zinkem. Hodí se na výrobu tvarově složitých dílů, jakými jsou například blatníky. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu méně než 180MPa, mez pevnosti 220 až 280 MPa a tažnost dosahující až 50% (Kovanda, 2015).

MSLA oceli – středně pevné nízkolegované oceli s nízkým obsahem uhlíku

Oproti MLA ocelím jsou zpevněny rozpouštěním většího množství fosforových či megnesiových slitinových přísad do taveniny ve výrobním procesu. Díky vyšší odolnosti proti promáčknutí se hodí na výrobu povrchových dílů karoserie, jakými jsou například vnější postranice. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu 180 až 280 MPa, mez pevnosti 280 až 360 MPa a tažnost dosahující cca 40% (Kovanda, 2015).

4.1.2 Vysokopevnostní oceli

Do skupiny vysokopevnostních ocelí náleží dvě velké podskupiny a těmi jsou HSS standardní vysokopevnostní oceli a AHSS pokročilé vysokopevnostní oceli. Rozdíl mezi těmito skupinami ocelí spočívá v jejich mikrostruktuře. Standardní HSS oceli patří do skupiny jednofázových a nejčastěji feritických ocelí. AHSS ocele patří do skupiny vícefázových ocelí, které mimo feritu obsahují i jiné fáze, např: martenzit, bainit a zbytkový austenit (**Kovanda, 2015**).

HSS oceli:

HS-IF oceli – (High Strength – Interstitial Free) vysokopevnostní ocel bez intersticií

HS-IF oceli mají nižší mez kluzu, vysokou tažnost, vysoký koeficient normálové anizotropie a vysoký exponent deformačního zpevnění. Oceli vykazují odolnost vůči stárnutí, používají se pro extrémně hluboké tažení a jsou vhodné na výrobu velkých, tvarově složitých dílů karoserie, např: vnitřní díl bočních dveří. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu 260 až 340 MPa a tažnost dosahující 30 až 40% (Kovanda, 2015).

BH oceli – (Bake Hardening)

BH oceli mají základní feritickou strukturu zpevněnou tuhým roztokem. U BH ocelí je cílem ve fázi výroby oceli udržet uhlík v tuhém roztoku a ten následně uvolňovat při vypalování výlisku (za teploty cca 185°C) v peci v průběhu lakování. Tímto postupem dojde k navýšení meze kluzu. Díly karoserie vyrobené z BH ocelí jsou následně schopné odolat vyššímu maximálnímu zatížení a vykazují vyšší odolnost

vůči mechanickému poškození, jakými jsou škrábance, rýhy a otlaky. Díky této vlastnosti jsou BH-oceli využívány pro výrobu povrchových / pohledových částí karoserie vozu, jako jsou kapoty, povrchové díly dveří nebo střechy. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu 200 až 300 MPa a tažnost 30 až 41% (Kovanda, 2015).

HSLA oceli – (High Strength Low-Alloy) vysokopevnostní nízko nebo mikrolegované oceli

Mikrolegované oceli jsou zpevňovány kombinací precipitace a rafinace. Obsah legur se pohybuje v rozmezí 0,01-0,1% a nejčastěji jsou legovány prvky Mn, Cr, Ni, Mo, V, Ti a další. Díky svým vlastnostem jsou HSLA oceli využívány pro výrobu dílů, které jsou dynamicky namáhány, díly sloužící jako defoelementy, nebo výztuhy jednotlivých částí karoserie. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu 345 až 620 MPa a tažnost dosahující cca 30% (Kovanda, 2015).

AHSS oceli:

DP oceli – (Dual Phase) dvoufázové nízkouhlíkové oceli

Z hlediska mechanických vlastností, jsou dvoufázové oceli předurčeny pro aplikace v automobilovém průmyslu. Do výčtu nejpodstatnějších vlastností patří vysoká mez kluzu, vysoká mez pevnosti, vysoký exponent deformačního zpevnění při zachování vysoké plasticity a tvařitelnosti. Díky vysoké absorpční schopnosti a odolnosti vůči únavě materiálu se dvoufázové oceli válcované za studena používají na strukturální a bezpečnostní části karoserie jako jsou výztuhy nebo podélné nosníky. Dále je možno využít DP oceli na vnější díly, kde díky své pevnosti mohou při nižší tloušťce nahradit běžný materiál a tím přispět ke snižování hmotnosti karoserie. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu 300 až 800 MPa, mez pevnosti 500 až 1200 MPa a tažnost 10 až 25% (Kovanda, 2015).

TRIP oceli – (Transformation-Induced Plasticity) oceli s transformačně indukovanou plasticitou

Oceli s transformačně indukovanou plasticitou jsou díky své mikrostruktuře charakteristické vysokou mírou tažnosti, vysokými hodnotami zpevnění a vysokou

schopností absorpce energie při nárazu vozidla. Vysoká schopnost absorbovat energii a odolnost vůči únavě materiálu patří mezi základními aspekty při použití TRIP ocelí. Ty se obdobně jako DP oceli používají na nosné a bezpečnostní prvky karoserie, např: výztuhy nárazníků, prahy, podélné nosníky, výztuhy sloupků. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu 400 a 800 MPa, mez pevnosti 500 až 1050 MPa a tažnost dosahující 20 až 35% (Kovanda, 2015).

CP oceli – (Complex Phase) komplexně fázové oceli

CP oceli jsou charakteristické vysokou mírou absorpce energie a zbytkovou deformační kapacitou. Dalšími vlastnostmi těchto ocelí jsou: vysoká mez kluzu při zachování podobných hodnot meze pevnosti jako u DP ocelí. CP oceli se používají na bezpečnostní části vozů nebo na výrobu komponentů pro závěsy náprav. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu 500 až 1000 MPa, mez pevnosti 800 až 1000 MPa a tažnost dosahující 8 až 14% (Kovanda, 2015).

Martenzitické oceli – (Martensitic steel) vysokopevnostní oceli

Ve skupině vícefázových ocelí, MS oceli vykazují nejvyšší stupeň pevnosti v tahu. MS oceli jsou často temperovány pro zvýšení tvárnosti, a proto mohou být tvářeny při zachování vysoké pevnosti. Pro zvýšení prokalitelnosti se do MS ocelí přidávají legující prvky, kterými jsou uhlík, mangan, křemík, bór, chrom, molybden, vanad a nikl a to buď zvlášť, nebo v kombinacích. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu 750 až 1000 MPa, mez pevnosti 1000 až 1200 MPa a tažnost dosahující 5 až 8% (Kovanda, 2015).

TWIP oceli – (Twinning-Induced Plasticity)

TWIP oceli disponují při pokojových teplotách plně austenitickou mikrostrukturou díky vysokému obsahu manganu, jehož obsah se pohybuje v rozsahu 17-24%. U TWIP ocelí se uplatňuje princip deformace dvojčatěním. Tyto oceli v sobě spojují extrémně vysokou pevnost s velmi vysokou tažností. Mechanickými vlastnostmi jsou mez kluzu maximálně 400 MPa, mez pevnosti více než 1000 MPa a tažnost dosahující 50 až 55% (Kovanda, 2015).

4.2 Hliníkové slitiny

Pro potřeby stavby automobilových karoserií se stále častěji používají i hliníkové slitiny. Evropským lídrem ve zpracování hliníkových slitin při výrobě dílů automobilových karoserií je automobilka Audi. Na svých vozech, potažmo dílech karoserií, aplikuje hliníkové slitiny již řadu let a má již dostatečně nastavené výrobní procesy tak, aby bylo možno využít veškerého potenciálu, které tyto materiály nabízejí, při minimalizaci dopadů negativních vlastností Al-slitin do výroby.

Základní vlastnosti hliníkových plechů, které lze považovat za výhody jsou (Kovanda, 2015):

- Nízká měrná hmotnost
- Snadná recyklace
- Odolnost vůči korozi

Naproti tomu lze jmenovat i některé vlastnosti, které jsou nevýhodami (Kovanda, 2015):

- Svařitelnost pouze ve speciální ochranné atmosféře
- Vysoké/proměnlivé výrobní náklady (nestálost nákupních cen na trzích)
- Horší tvářitelnost v porovnání s ocelí (sklon k odskakování)

Hliníkové plechy se pro potřeby výroby dílů karoserií zpracovávají tvářecími metodami, jako jsou (Kovanda, 2015):

- Lisování
- Stříhání
- Ohýbání
- Vytlačování/extruze
- Odlévání

V případě zpracování hliníkových plechů tvářením, je nutné nastavit a dodržet výrobní proces i vzhledem k časovému rozvržení. Pro průběh tvářecího procesu bez výrazných ztrát díky zmetkovitosti a prostojům je nutné, zpracovávat hliníkové plechy do určité doby od dodání/vyrobení. Po překročení „expirační“ doby dané výrobcem ke zpracování, dochází k nárůstu vzniku trhlin a dalších vad.

Spojování dílů z hliníkových materiálů lze provádět např (Kovanda, 2015):

- Laserové svařování
- Lepení

- Nýtové a šroubové spoje
- MIG svařování

Metoda spojování dílů z hliníkových slitin se volí na základě konstrukčních a kvalitativních požadavků, případně na základě předpokládaného účelu pro sestavu.

4.2.1 Hliníkové slitiny Al-Mg-Si

Ternární slitiny hliníky jsou stále častěji využívány pro výrobu jak vnějších, tak i některých vnitřních dílů karoserií. Díky nižší hodnotě pevnosti jsou tyto slitiny dobře tvařitelné při běžných tvářecích postupech (lisování, stříhání, ohýbání). V průběhu tváření při lisovacím procesu dochází k částečnému vytvrzení, toto pokračuje procesem stárnutí a následuje vytvrzení při tepelném zpracování, ke kterému dochází v průběhu lakování dílů nebo kompletních karoserií. Fáze vytvrzení teplem probíhá na hodnotách okolo 185°C a v délce cca 20 minut. Tímto vytvrzením finální pevnost dílů značně stoupne.

4.3 Hořčík a jeho slitiny

Dalším materiálem, který nalézá stále větší uplatnění při výrobě karoserií je Hořčík a jeho slitiny. Hořčík je nejlehčí z průmyslových kovů, jeho měrná hustota je 1740 kg/m³, což je o 35% méně než má hliník a dokonce čtyřikrát menší než u ocelí. Použitím Hořčíku a jeho slitin lze dosáhnout dalšího snížení celkové hmotnosti. Nejpoužívanější slitinou je směs hořčíku s hliníkem, manganem nebo zinkem. Příměsné prvky zvyšují pevnost, tvrdost a zároveň pomáhají snížit smrštitivost slitin, čímž dochází ke zlepšení celkových slévárenských vlastností.

Vlastnosti Hořčíkových slitin, které lze považovat za výhody (Kovanda, 2015):

- Nízká hustota – nejlehčí průmyslový kov
- Nízké pořizovací náklady
- Výroba tenkostěnných odlitků

Naproti tomu lze jmenovat i některé vlastnosti, které jsou nevýhodami (Kovanda, 2015):

- Pouze odlitky s výskytem pórů

- Špatná svařitelnost a korozivzdornost
- Nižší míra houževnatosti a pevnosti

4.4 Kompozity

Kompozity jsou materiály skládající se nejčastěji ze dvou, ale i z více fází (chemicky rozdílné složky). Nespojité fáze, která je pevná a tvrdá tvoří výztužný prvek, přičemž spojitá fáze (poddajnější) funguje pro výztuž jako pojivo. Spojitou fázi nazýváme matrice. Velká většina v současnosti užívaných kompozitů je na bázi polymerové matrice a to z důvodu, že polymery všeobecně mají nízkou měrnou hustotu. V případě že výztuž je tvořena tuhými a pevnými uhlíkovými vlákny, pak výsledný kompozit dosahuje příznivého poměru modulu pružnosti, hustoty a pevnosti v tahu. V tom případě hovoříme o uhlíkových kompozitech. Na vývoji kompozitů se neustále pracuje, protože jde o materiál s velkým potenciálem (Kovanda, 2015).

4.5 Plasty

Plasty jako skupina materiálů zaznamenávají při stavbě karoserií velký rozmach. Využívání plastů započalo v osmdesátých letech minulého století a to v podobě krytů předních nárazníků. Do dnešní doby se však uplatnění plastů významě rozšířilo od interiérových dílů přes kryty vnějších zrcátek a kliky dveří až po celé povrchové dílce (kapoty, nárazníky, blatníky).

Základní vlastnosti plastů, které lze považovat za výhody jsou (Kovanda, 2015):

- Nízká hmotnost (nízká měrná hustota)
- Lze tvořit tvarově náročné dílce, které z ocelí či jiných materiálů buď nejdou, nebo za vysoké výrobní náklady
- Nízká tepelná roztažnost
- Korozivzdornost
- Tlumení hluku
- Vysoká elasticita (lze využít při navrhování bezpečnostních prvků)

Naproti tomu lze jmenovat i některé vlastnosti, které jsou nevýhodami (Kovanda, 2015):

- Nižší pevnost (v porovnání s kovovými materiály)

- Nedostatečná absorpce energie při nárazu
- Obtížně opravitelné při poškození
- Křehnutí při nízkých teplotách

Nižší pevnost výrobků však lze kompenzovat při konstrukci dílů, např: vložením výztužných žeber. Naopak výhodou je možná zástavba dalších prvků do plastových dílů, např: mlhové osvětlení do nárazníků, kdy již není třeba dalších držáků. Plastové díly se vyrábí hlavně vstřikováním, vakuovým tažením nebo lisováním (Kovanda, 2015).

Spojování plastových dílů lze provádět, např (Kovanda, 2015):

- Svařování
- Lepení
- Nýtové a šroubové spoje

Základní dělení plastů je na dvě hlavní skupiny (Kovanda, 2015):

- Termoplasty
- Reaktoplasty (příliš mnoho odrážek za sebou některé rozepsat do vět)

4.5.1 Termoplasty

Jsou to materiály opakovaně tvárné teplem, mohou být opakovaně roztaveny a opětovně zpracovány. Finální výrobky se tedy nesmí zatěžovat vysokými teplotami, protože díky tvarové paměti by mohlo dojít k deformacím. Teplotní ovlivnitelnost těchto materiálů se dá výhodně využít v rámci oprav prasklin a trhlin. Vzhledem k možnosti opakované zpracovatelnosti jsou přínosem i z ekologického hlediska. Tato vlastnost zaniká, dojde-li při opětovné tavně ke smíchání s jinými druhy plastů (Kovanda, 2015).

ABS kopolymer (Akrylonitril butadien styren)

Za běžných teplot jde o vysoce houževnatý materiál, který se vyznačuje nízkou nasákavostí a nezávadností. Dále vykazuje vysokou míru odolnosti proti louhům, kyselinám, uhlovodíkům, olejům a tukům. Uplatnění tohoto materiálu spočívá především na namáhané, tvarově složité součásti a velkoplošné díly (kapoty, rámečky světlometu, mřížky chladičů, pouzdra zrcátek). Výroba dílců probíhá

lisostřikováním nebo vakuovým tažením a tento materiál se dá galvanicky pochromovat (Kovanda, 2015).

PP (Polypropylen)

Materiál vyznačující se relativně dobrou mechanickou a chemickou odolností. Je odolný proti olejům, organickým rozpouštědlům a alkoholům. Nevýhodou je, že dochází ke křehnutí teplotách pod bodem mrazu. Dále vykazuje nízkou odolnost proti atmosférickému stárnutí. Tento materiál lze galvanicky pokovit, ale pokovení vykazuje nižší kvalitu. Výrobky z polypropylenu jsou lisostřikové výlisky, které se po nalakování dají použít například jako ozdobné/ochranné kryty prahů nebo blatníky automobilů (Kovanda, 2015).

PUR (Polyuretan)

V automobilovém průmyslu je tento materiál využíván v pěnové formě. Jedná se o výplně dutin karoserií. Zároveň plní úlohu izolačních elementů z hlediska zvuků, tepla a vlhkosti. Dále pěnový polyuretan pomáhá zvýšit tuhost karoserie a její schopnost pohlcovat energii při nárazu (Kovanda, 2015).

4.5.2 Reaktoplasty (Termosety)

Jsou to materiály, které po vytvrzení teplem, zářením nebo působením katalyzátoru získají svůj finální tvar a jsou nadále netavitelné a nerozpustitelné. Následný ohřev již na tyto plasty nemá vliv. Dojde-li však k přehřátí, začnou reaktoplasty degradovat, až postupně zuhelnatí (nenávratně tuhnou). Reaktoplasty se využívají zejména jako matrice pro kompozitní materiály (viz odstavec kompozity), (Kovanda, 2015).

4.6 Nekonenční materiály

Hliníkové pěny

Jedná se o porézní materiál vyráběný z hliníku a jeho slitin. Inspirace pro vznik těchto materiálů vzešla z přírody a to konkrétně z kostí, korálů a dalších materiálů,

které mají izotropní vlastnosti a vyznačují se vysokou tuhostí. Toto platí i pro hliníkové pěny, které se dále vyznačují houževnatostí a korozivzdorností. Použití hliníku a jeho slitin při výrobě, umožňuje pěnám nabývat výhod vstupního materiálu. Těmi jsou: poměrně vysoká tuhost, houževnatost a odolnost proti korozi. Pěny navíc vykazují zvýšenou absorpci nárazové energie a schopnost tlumení vibrací a hluků. Z celkového objemu je až 60 % pórů, které mají rozměry v jednotkách milimetrů. Díky této struktuře mají pěny nízkou měrnou hustotu a potažmo hmotnost. Použití hliníkových pěn spočívá zejména jako výplně profilů v deformačních zónách (prahy, sloupky), (Kovanda, 2015).

Sendvičové materiály

Sendvičový materiál je složen ze třech vrstev. Dvou tenkých krycích vrstev a lehkého jádra. Krycí vrstvy se zhotovují jak z kovových, tak i nekovových materiálů. Jádrem bývá většinou lehčený polyuretan. Sendvičové materiály jsou ze své podstaty vhodným materiálem pro konstrukci automobilových karoserií, ale jejich širšímu využití brání špatná svařitelnost a vysoké pořizovací náklady (Kovanda, 2015)

5 Doporučení využití materiálů při výrobě karoserií

Volba materiálu pro lisovaný díl, je jedním z nejsložitějších úkolů při přípravě výroby a to od nejmenších dílů jako jsou výztuhy, až po rozměrné povrchové díly. Každý díl je svým způsobem jedinečný a v karoserii zastává nezbytný článek z celku. Z tohoto důvodu je nutno již v počátečních přípravných fázích posuzovat vhodnost materiálu pro daný díl z hlediska účelu, z toho plynoucího způsobu namáhání (teploty, napětí, deformace, vibrace, vlhkost) a hlediska ekonomického náhledu (náklady na vstupní suroviny, náklady na zpracování a skladování, náklady na odpadové hospodářství). Dále je potřeba posoudit hledisko vyrobitelnosti a technologické náročnosti, z hlediska konstrukce lisovacích nástrojů a možností, kterými disponuje konečné výrobní zařízení (lisovací linka). Do volby materiálu je nezbytné rovněž zahrnout praktické zkušenosti z dřívější výroby. Všeobecně se dá říci, že pro výrobu dílů na stavbu karoserií, by měla být dostačující skupina ocelí, ze kterých se donedávna karoserie téměř výhradně stavěly. Nicméně, s nastupujícími trendy dnešní doby se situace mění, a to na základě designových požadavků, nebo z důvodu nutného snižování emisí a s tím souvisejících požadavků na pokles celkové hmotnosti vozidla, potažmo karoserie.

Pro následnou analýzu běžně používaných materiálů, které se v současnosti k výrobě lisovaných dílů karoserií využívají, budou vybrány dva materiály, ocel HX 180 BD a slitina hliníku, AlMg3.

Ocel HX 180 BD – spadá do skupiny vysokopevnostních IF-ocelí. Díky svým vlastnostem je využívána pro členité díly s hlubokým tahem.

Slitina AlMg3 – materiál se střední pevností, vysokou plasticitou v nevytvrzeném stavu a velmi dobrou korozivzdorností.

Základní charakteristika materiálů z hlediska chemického složení:

Tab. 1 Chemické složení

OCEL HX180BD	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb
	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,01	0,3	0,7	0,06	0,025	0,01	0,12	-

Slitina AlMg3	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ostatni	Al
	-	-	-	0,05	2,6	-	Fe-Si 0,6	Zbytek
	0,5	0,4	0,1	0,4	4	0,2	Sb 0,25	

Zdroj: High-strength IF steels HX, Duisburg, 2013; www.proal.cz/info/424413.htm

Základní charakteristika materiálů z hlediska mechanických vlastností je uvedena v tab. 2:

Tab. 2 Mechanické vlastnosti

OCEL HX180BD	Rp0,2	Rm	A80	r0/20	n10-20/Ag
	MPa	MPa	%	min	min
	180-230	340-400	36	1,7	0,19

Slitina AlMg3	Rp0,2	Rm	A50(t=0,5-1,5mm)
	MPa	MPa	%
	80	190-240	22

Zdroj: High-strength IF steels HX, Duisburg, 2013; www.alfun.cz/plechy-a-pasy

Chemické složení analyzovaných materiálů je rozdílné záměrně, takže bližšímu porovnání dojde až od úrovně mechanických vlastností. Z parametrů uvedených v tabulce č.:2 vyplývá, že ocel má vyšší mez kluzu i mez pevnosti. Zároveň je u oceli příznivější hodnota tažnosti. Z hlediska mechanických vlastností vychází pro lisování dílů automobilových karoserií příznivěji ocelový materiál. Ve prospěch oceli vyznívá i ekonomická stránka. V následujících tabulkách budou oba materiály porovnány z ekonomického tab.3 a technologického hlediska tab.4. Pro vyhodnocení byla použita hodnotící škála v rozsahu 1 až 5, přičemž byl použit bodový systém (1 = jeden bod, 2 = dva body, 3 = tři body, 4 = čtyři body a 5 = pět bodů), kdy materiál s vyšším počtem získaných bodů je vhodnějším pro hodnocenou oblast. Totéž platí pro závěrečný součet bodů. Body byly přiděleny na základě následujícího klíče:

- 1 – Nezpracovatelný ve výrobě, extrémně vysoké náklady

- 2 – Zpracovatelný ale nevyhovující, vysoké náklady
- 3 – Zpracovatelný a vyhovující, přijatelné náklady
- 4 – Snadno zpracovatelný s běžnými obtížemi, nákladově příznivý
- 5 – Výborná zpracovatelnost (téměř bez obtíží), velmi nízké náklady

Tab. 3 Ekonomické aspekty

Ekonomické porovnání	Pořizovací náklady materiálu	Náklady na přípravu výroby	Náklady na manipulaci	Náklady na výrobní zařízení	Náklady na zpracování	Náklady na povrchovou úpravu	Celkem
OCEL HX180BD	4	5	4	4	4	4	25
Slitina AlMg3	3	2	3	3	2	4	17

Zdroj: Interní dokument Škoda Auto a.s.; PSW-P Nářad'ovna

V tabulce č.:3 jsou uvedeny vybrané skupiny nákladů, které jsou porovnatelné pro oba sledované materiály. Pořizovacími náklady v tabulce, jsou nákupní ceny, které všeobecně vyznívají příznivěji pro ocel. Náklady na přípravu výroby v sobě zahrnují mimo samotné nastříhání na konkrétní formát potřebný pro výrobu dílů také náklady na skladování. Slitina AlMg3 má specifické podmínky skladování, zejména průběžnou dobu, po kterou je ji možné ji skladovat (cca 6 měsíců). To vede v porovnání s ocelí k následným vyšším nákladům za skladování, evidenci a případnou vyšší míru zmetkovitosti. U materiálu AlMg3 jsou vyšší i náklady na manipulaci. Ty vznikají, protože na rozdíl od oceli, nelze používat některých zavedených systémů a musí být nahrazeny jinými, například nelze využívat magnetických podavačů a ty musí být nahrazeny pneumatickými (podtlakovými). Také náklady na výrobní zřízení jsou opět příznivější u oceli. Do této skupiny patří pořizovací a údržovací náklady lisovacích linek. Ocel je z tohoto úhlu pohledu výhodnější, protože ji dokáže zpracovat téměř každá

lisovací linka, naopak pro hliníkové materiály musí lisovací linka splňovat podmínky, kterým vyhovují pouze moderní a za tímto účelem stavěné linky. Náklady na zpracování opět vyznívají v neprospěch slitiny AlMg3 a to zejména z důvodu zmetkovitosti, kterou všeobecně mají hliníkové materiály v porovnání s oceli vyšší. Srovnatelné jsou pouze náklady na povrchovou úpravu, kde oba druhy materiálu nabízejí téměř totožné možnosti.

Tab. 4 Technologická náročnost

Technologická náročnost	Příprava materiálu / nastříhání	Skladování materiálu	Zpracování materiálu	Zmetkovitost ve výrobě	Zpracování lisovacích nástrojů	Specifičnost výrobního zařízení	Celkem
OCEL HX180BD	5	5	4	4	4	4	26
Slitina AlMg3	5	3	3	3	3	3	20

Zdroj: Interní dokument Škoda Auto a.s.; PSW-P Nářadovna

Tabulka č.:4 znázorňuje porovnání obou materiálů na základě technologické náročnosti. Příprava materiálu a nastříhání, zde jsou oba materiály z hlediska používaných technologií srovnatelné. Co se týká skladování, tak zde se již jeví příznivěji ocel, a to z důvodu toho, že u slitiny AlMg3 je nutno vést evidenci nastříhaných polotovarů před dalším zpracováním. Jinak hrozí, že při následné výrobě dílů bude vysoká zmetkovitost díky „přestárnutí“ materiálu. Zpracování materiálu je opět technologicky snažší u ocelí. Jedná se o zpracování lisovacích nástrojů a samotné lisování dílů, kdy ocelové materiály díky svým vlastnostem proces mohou zjednodušit, naproti tomu slitina AlMg3 vykazuje natolik specifické chování (trhání, vysoké rozpružení), že zpracování, ale i produkční lisování, může být zdlouhavým a náročným procesem, který je možno provádět pouze s vysoce kvalifikovaným personálem, zaměřeným na danou problematiku. Dalším sledovaným faktorem byla zmetkovitost při produkčním lisování, zde je opět výhodnější ocel, protože hliníkové materiály všeobecně vykazují vyšší míru zmetkovitosti, z důvodu častého výskytu trhlin, zvlnění a vysoké míry rozpružení

na finálních výliscích. Následuje zapracování nástrojů, tato fáze je velmi důležitá u obou porovnávaných materiálů. Obecně platí, že čím lépe zapracované nástroje, tím vyšší procesní jistota při produkčním lisování. Díky mechanickým vlastnostem materiálu je tato fáze náročnější pro slitinu AlMg3. Kritérium specifíčnosti výrobního zařízení hodnotí náročnost přesunutí výroby při výpadku prvplánované lisovací linky. Ocel je v tomto ohledu výhodnější, protože tu dokáže zpracovávat téměř každá lisovací linka, kdežto u slitiny AlMg3 musí linky splňovat určité podmínky (lisovací síly, podepření, funkční vícebodové podušky, variabilní vedení odpadů, mechanizace se systémem vhodným pro práci s hliníkovými materiály), kterým vyhovují pouze moderní a za tímto účelem stavěné linky, které však nejsou úplně běžné.

V průběhu analýzy obou materiálů bylo poukázáno na větší množství nevýhod nebo horších vlastností slitiny AlMg3 v porovnání s ocelí HX 180 BD. Může tedy vyvstávat otázka, proč vlastně ocel hliníkem nahrazovat, když je obtížněji zpracovatelná

a ekonomicky méně příznivá? Je tu totiž ještě jeden aspekt, který svým přínosem v určitých ohledech může veškeré záporné aspekty nejen dorovnat, ale i předčít a tímto aspektem je hmotnost. V trendu moderní doby musí vozidla splňovat stále přísnější emisní limity. Jedním ze způsobů, jak toho dosáhnout, je snižování hmotnosti automobilu jako celku, což stále více otevírá dveře alternativním materiálům, mezi které patří i hliník a jeho slitiny, potažmo slitina AlMg3. Může tedy nastat situace, že by ocelový materiál byl finančně výhodnější a v dané aplikaci lépe zpracovatelný, dojde k nasazení hliníkové slitiny, protože otázka hmotnosti požadovaného dílu bude natolik klíčová, že veškeré ostatní případné nevýhody nebudou mít v konečném součtu takovou váhu, aby předčily váhový benefit, který použití hliníkové slitiny přinese.

Všeobecný návrh použití pro oceli

Donedávna se karoserie automobilů vyráběly výhradně z ocelí. Oceli díky své variabilitě a vlastnostem, zvládly téměř všechny požadované aplikace. Jelikož však začaly přicházet nové trendy v designu vozů a ty přinesly tvarově náročné díly, které by z ocelí nebylo možno vyrobit vůbec, nebo za nepřijatelně vysokých

nákladů, začaly se uplatňovat další konstrukční materiály. Dalším aspektem pro hledání alternativ bylo nutné snižování hmotností automobilů, potažmo karoserií.

Příklady použití oceli pro jednotlivé díly karoserie:

- Platformové díly – podvozková část karoserie
- Výztužné díly povrchových dílů – vnitřní díly dveří, výztuhy kapot a pátých dveří, výztuhy střech
- Povrchové/pohledové díly – povrchové díly kapot, dveří, střech a blatníky

Všeobecný návrh použití pro hliník a jeho slitiny

Větší aplikace hliníku a jeho slitin v konstrukci automobilových karoserií je spojena zejména s příchodem trendu snižování hmotnosti vozů. Přejít z výroby dílů z oceli na výrobu z hliníkových plechů je časově a finančně náročný proces, třebaže koncepce zpracování je pro obě skupiny materiálů téměř totožná. V první řadě

je nutno disponovat výrobním zařízením, které je schopno hliníkové plechy zpracovávat. Nástroje původně určené pro oceli se musí zapracovat pro hliníkové plechy, případně se musí vyrobít nástroje nové. Je nutné upravit materiálový tok, a to jak kvůli průběžné době zpracování hliníkových plechů, tak kvůli odpadovému hospodářství (třídění odpadů). Příklady použití hliníku a jeho slitin pro jednotlivé díly karoserie:

- Výztužné díly povrchových dílů – vnitřní výztuhy dveří, výztuhy kapot a pátých dveří
- Povrchové/pohledové díly – povrchové díly kapot, dveří, střech a blatníky

Jedním z hlavních elementů, který zpomaluje širší nasazení hliníku a jeho slitin je nákupní cena, dojde-li však k poklesu ceny na světových trzích je možné, že v budoucnu dojde k větší aplikaci těchto materiálů. Případně, že bude natolik zdokonalena technologie zpracování, která dokáže kompenzovat vyšší pořizovací náklady za vstupní surovinu.

Závěr

Bakalářská práce vznikla za účelem seznámení se s novým trendem v automobilovém průmyslu, kterým je používání alternativních materiálů k ocelím, což jsou v současnosti nejpoužívanější materiály pro lisované díly automobilových karoserií. Alternace se hledají z různých příčin, například snížení hmotnosti vozidla a potažmo snížení vypouštěných emisí, z ekonomického hlediska nebo nevyhovující chemické či mechanické vlastnosti doposud používaného materiálu. V teoretické části práce byly popsány jednotlivé konstrukční fáze, jimiž lisovaný díl prochází, než je možné jej následně zastavět do karoserie. Pro úplnost tématu byly v práci uvedeny všechny konstrukční fáze lisovaného dílu, nicméně z hlediska používaných materiálů byly důležité dvě, konstrukční fáze dle modelu a metodické plánování. V průběhu těchto fází probíhá finální rozhodnutí, ze kterého materiálu bude daný lisovaný díl nakonec vyráběn. Po těchto úvodních informacích, byla provedena analýza v současné době používaných materiálů a jejich představení. Protože spektrum materiálů je natolik široké, byly vybrány dva materiály z rozdílných skupin a ty vzájemně porovnány, z hlediska technologických možností a ekonomických aspektů. Zvolenými materiály byly ocel HX 180 BD a slitina hliníku AlMg3. Vybrány byly pro svou podobnost při tváření. Po provedeném porovnání vzešly téměř totožná doporučení pro další využití, ale pouze z technologického hlediska. Ekonomické aspekty hovořily v neprospěch hliníkové slitiny AlMg3. Hlavními ukazateli pro toto tvrzení byly specifické výrobní zařízení, vyšší zmetkovitost, nutná vyšší kvalifikace personálu pro lisování z hliníkové slitiny, nutná úprava odpadového hospodářství, vyřazení vybraných systémů manipulátorů a vyšší náklady na skladování kvůli hrozbě přestárnutí materiálu (ztráta mechanických vlastností vlivem času). I přes veškeré tyto poznatky bylo zjištěno, že za určitých okolností, je použití hliníkové slitiny AlMg3 výhodnější než použití oceli. Těmito okolnostmi jsou zejména požadavky na snížení hmotnosti karoserie, případně aplikace, které využijí potenciál chemického složení. V budoucnu se dozajista budeme na automobilových karoseriích, ale i dalších částech vozidel s hliníkem a jeho slitinami setkávat stále častěji, obzvláště, dojde-li ke snížení nákupních cen, případně podaří-li se výrobní proces nastavit tak, aby byl stejně jistý a stabilní, jako tomu je u ocelí.

Seznam literatury

Jan Kovanda a kol. *Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015. ISBN 978-80-01-05893-0.

Ing. Jindřich Klůna, Ing. Jiří Košek a kol. *Příručka opraváře automobilů*. 3. vyd. Brno: Littera, 1995. ISBN 80-85763-06-0

Vlk František. *Karosérie motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Vyavatelství a nakladatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5277-9.

Juračková Monika. *Vliv vlastností vstupního materiálu na technologii a výrobu hlubokotažného výrobku*. [Bakalářská práce.] Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2015.

Stejskal Jiří. *Porovnání výroby výlisku ocelového a hliníkového materiálu*. [Diplomová práce.] Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016.

Bartuněk Jiří. *Kinetika vzniku plastického lomu u ocelí používaných v automobilovém průmyslu*. [Diplomová práce.] Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009.

FŠI ŽU, katedra požárního inženýrství: *Karosérie automobilu* [online]. 2013. [cit. 28. 4. 2018]. Dostupný z URL: <https://elearnhazz-sk.webnode.sk/konstrukcia-osobnych-automobilov/karoseria-automobilu/>

Www.alfun.cz [online]. 2018. Dostupný z URL: <http://alfun.cz/plechy-a-pasy>

Www.proal.cz [online]. 2009. Dostupný z URL: <http://www.proal.cz/info/424413.htm>

Interní materiály Škoda Auto a.s., oddělení nářadovny PSW-P

Chaloupecký Petr. *Konstrukce a výroba karosářského lisovacího nářadí*, interní materiál Škoda Auto a.s..2013.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Podvozková karoserie	12
Obr. 2 Polonosná karoserie	12
Obr. 3 Samonosná karoserie	13
Obr. 4 Vznik nového lisovaného dílu v postupných krocích.....	17
Obr. 5 Vyhodnocení vyrobiteľnosti	18
Obr. 6 Vstupní data pro konstrukci dílů	19
Obr. 7 Metodický plán pro výrobu lisovaného dílu.....	20
Obr. 8 Konstrukce lisovacího nástroje – 3D data	21
Obr. 9 Výroba modelu pro odlitek, výroba lisovacího nástroje	22
Obr. 10 Výroba lisovaného dílu	23

Seznam tabulek

Tab. 1 Chemické složení	36
Tab. 2 Mechanické vlastnosti	36
Tab. 3 Ekonomické aspekty	37
Tab. 4 Technologická náročnost	38

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Jiří Hampel		
STUDIJNÍ OBOR	6208R088 Podniková ekonomika a management provozu		
NÁZEV PRÁCE	Analýza vhodnosti použitého materiálu pro lisované díly automobilových karoserií		
VEDOUcí PRÁCE	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
KATEDRA	KAT - Katedra automobilové techniky	ROK ODEVZDÁNÍ	2018
POČET STRAN	46		
POČET OBRÁZKŮ	10		
POČET TABULEK	4		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Bakalářská práce v teoretické části popisuje rozdělení automobilu na jeho základní celky a podrobněji představuje největší z těchto celků, kterým je karoserie vozidla, včetně dělení dle typu a konstrukčního konceptu. Dále je v této části obsažen popis proces vzniku lisovaného dílu automobilové karoserie od designového návrhu, až po jeho výrobu lisováním. V praktické části, jsou analyzovány v současné době nejpoužívanější materiály používané pro výrobu lisovaných dílů karoserií. Z nich jsou pro potřeby práce porovnávány dva vybrané, kterými jsou ocelový materiál HX 180 BD a hliníková slitina AlMg3. Porovnání materiálů je jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska technologické náročnosti výroby. V závěru jsou doporučeny oblasti použití, pro porovnávané materiály.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Automobil, karoserie, materiál, lisování, lisovaný díl, ocel, hliník, porovnání		

ANNOTATION

AUTHOR	Jiří Hampl		
FIELD	6208R088 Business Management and Production		
THESIS TITLE	Usability analyse of used material for stamping parts for automobile bodies		
SUPERVISOR	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
DEPARTMENT	KAT - Department of Automotive Technology	YEAR	2018
NUMBER OF PAGES	46		
NUMBER OF PICTURES	10		
NUMBER OF TABLES	4		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>The bachelor thesis describes the dividing/parting of the car to its basic units in the theoretical part and it presents the biggest of these units, which is the body of the car incl. parting according to the type and construction concept, in detail. Further there is contained a process description of the creation of stamping part car body since design proposal till its production due stamping in this section. In the practical part there are analysed the current most widely used materials used for production of stamping parts of bodies. For the work requirement there are compared two of them – steel material HX 180 BD and cast aluminium AlMg3. The material comparing is as from economic standpoint, so from standpoint of technological production demand. At the close there are recommended the areas of application for the compared materials.</p>		
KEY WORDS	Car, Body, Material, Pressing, Pressed part, Steel, Aluminium, Comparison		

