VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní
obor 23 - 07 - 8

Strojírenská technologie
tváření kovů a plastických hmot

Katedra tváření a plastů

OVĚŘENÍ TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU LISOVÁNÍ VÝROBKŮ Z TERMOPLASTOVÝCH DESEK

Daniel Macháček

DP - ST 1791/81

Vedoucí práce: Ing. Josef Krebs CSc KPT VŠST
Konzultant : Ing. O. Líkař AZNP Mladá Boleslav

Rozsah práce a příloh

Počet stran..... 44
Počet příloh a tabulek... 3
Počet obrázků..... 13
Počet výkresů..... -
Počet fotografií..... 2

K PT/TP

22. května 1981

Vysoká škola: Katedra:

Fakulta: Školní rok:

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro

obor

Protože jste splnil... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu:

Pokyny pro vypracování:

VYSOKÁ ŠKOLA
PSČ 401 17

Vysoká škola: strojní a textilní | Katedra: tváření a plastů

Fakulta: strojní | Školní rok: 1980/81

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro s. Daniela Machálka

obor strojírenská technologie

Protože jste splnil... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: " Ověření technologického postupu lisování výrobků z termoplastových desek".

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou zpracování termoplastových desek lisováním a tvarováním.
2. Navrhněte jednoduchou zkušební formu pro výrobu relativně tlustostěnného dílce (tloušťky 3 až 6mm), např. části nárazníku osobního automobilu.
3. Proveďte praktické zkoušky s cílem ověřit optimální technologické podmínky, jako je teplota tvarovacího plastu, teplota formy, rychlost ochlazování a pod.
4. Analyzujte dosažené výsledky včetně ekonomického zhodnocení
5. Vypracujte návrh technologického postupu výroby daného dílce.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní zkoušky č.j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962 Věstník MŠK XVIII, sešit 21 ze dne 31.8.1962 §19 aut. z. č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40-50 stran textu a nutné konstrukční podklady.

Seznam odborné literatury:

1. EVANS,E,R.: The mechanical behavior of thermoplastic materials in deep drawing process-Polymer Engineering and Science, January 1973.
2. BACHADUR,S.HENKIN,A.: Investigation of the ductibily of rolled polymers.Polymer Engineering and Seience 1973,č.3.
3. BISTAN,S.: Vákuové tvarovanie termoplastov,SVTL Bratislava 1967.

Vedoucí diplomové práce: Ing. J. Krebs,CSc

Konsultanti: Ing. O. Líkař, AZNP Mladá Boleslav

Datum zahájení diplomové práce: 6.10.1980

Datum odevzdání diplomové práce: 22. 5.1981

L. S.

Doc.Ing. V.Tmej,CSc
Vedoucí katedry

RNDr.Doc.B.Stříž,CSc
Děkan

V Liberci dne 6.10.1980. 19

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, dne 22.5.1981 .....

Obsah

		Strana
	Úvod	7
1.	Tvarování termoplastových desek	9
1.1.	Chování plastů při ohřevu a chlazení	9
1.2.	Změny důležitých mechanických vlastností v závislosti na změně teploty	9
1.3.	Mechanické tvarování	11
2.	Návrh a volba materiálu	14
2.1.	PE	14
2.2.	PP	16
2.3.	ABS	17
2.4.	SB	18
3.	Úprava nárazníku	20
3.1.	Řešení tvaru	20
3.2.	Provedení upevnění	22
4.	Návrh formy	24
4.1.	Přidržovač	24
4.2.	Chlazení	25
4.3.	Technologické parametry formy	26
5.	Technologické podmínky procesu	27
5.1.	Tvarovací teplota	27
5.2.	Tvarovací rychlost	27
5.3.	Tvarovací tlak	29
5.4.	Smrštění	29
5.5.	Teplota formy	29
6.	Experimentální část	30
6.1.	Vzorek nárazníku	30
6.2.	Technické zařízení a pomůcky	31
6.3.	Výpočet tvarovacího tlaku	31
6.4.	Vlastní zkouška a výsledky měření	33
7.	Hodnocení praktických zkoušek	38
7.1.	Optimální teplota	38

7.2. Optimální doba ohřevu..... 38
7.3. Optimální tlak..... 39
7.4. Tvarovací rychlost a optimální teplota formy..... 39
8. Návrh technologického postupu výroby..... 40
8.1. Příprava nástřihu..... 40
8.2. Ohřev nástřihu..... 40
8.3. Tvarování a chlazení..... 41
8.4. Ostřižení výlisku..... 41
9. Ekonomické zhodnocení..... 42
10. Závěr..... 43
11. Literatura..... 44

Seznam použitých zkratek a symbolů

PE ... polyetylén
PP ... polypropylén
ABS ... akrylonitrilbutadienstyrén
SB ... houževnatý polystyrén
PS ... polystyrén

ÚVOD

Plastické hmoty nabyly v posledních dvou až třech desetiletích takového významu, že dnes patří mezi nejdůležitější materiály, které umožňují rozvoj a modernizaci mnoha odvětví národního hospodářství. Některé obory průmyslových odvětví si bez nich lze jen těžko představit. Prudký rozvoj v chemickém průmyslu je zcela ojedinělý a nevyskytuje se patrně v žádném jiném z ostatních průmyslových odvětvích. Mnohostranné možnosti využití plastických hmot v technice i k výrobě spotřebního zboží nejsou zdaleka dosud vyčerpány.

Plastické hmoty se stále ve větší míře stávají pro své specifické vlastnosti a nízkou energetickou náročnost výroby i zpracování prakticky nenahraditelným materiálem v nejrůznějších odvětvích národního hospodářství, zejména ve strojírenství. V roce 1983 má celosvětová výroba plastických hmot svým objemem předstihnout výrobu železa.

Základní surovinou pro všechny průmyslově používané plastické hmoty je ropa. Její ceny na světovém trhu neustále rostou. Zaváděním nových výrobních technologií a lepším využitím základní suroviny se však stále daří udržovat mírný pokles cen těchto výrobků.

V ČSSR bude v sedmé pětiletce zprcováno na výrobu plastických hmot 15% dovážené ropy. V roce 1985 má použití plastů ve strojírenství a elektrotechnickém průmyslu přinést relativní úsporu až 137 000 tun železných kovů. Je to téměř 30% z celkového množství, které je rozepsáno ve státním cílovém programu racionalizace spotřeby kovů.

Proto je nutné zajistit co nejekonomičtější využití, abychom mohli splnit velké úkoly výstavby tak, jak je formuloval XVI. sjezd KSČ a směrnice sedmého pětiletého plánu.

Tato diplomová práce se zabývá vytvořením technologického postupu výroby nárazníku z termoplastové desky, rozebírá

vhodné podmínky pro jednotlivé operace výroby. Snaží se navrhnout i materiál, který by při svém využití vyhovoval náročným podmínkám a nahradil dosud používané deficitní materiály.

1. TVAROVÁNÍ TERMOPLASTOVÝCH DESEK /5/

1.1. Chování plastů při ohřevu a chlazení

Tvarováním obecně označujeme pracovní postup, při kterém materiál zpravidla za zvýšené teploty mění tvar v podstatě bez nevratného přemísťování částic. Tato změna tvaru je podmíněna makromolekulární povahou tvarované látky.

Při ohřívání makromolekulární látky můžeme pozorovat v určitém teplotním intervalu přechod z tuhého skupenství do stavu, který je charakterizován poměrně velkými deformacemi, při dané teplotě takřka zcela vratnými. Tento stav se označuje jako kaučukovitý. Velké vratné deformace se uvádějí ve spojitosti s natáčením částí řetězců ve směru působení vnějších sil. Jestliže se těleso deformované v kaučukovitém stavu ochladí pod určitou teplotu, předtím vratné deformace se fixují. Takováto teplota se nazývá teplota zvratu druhého řádu nebo také teplota zeskelnění. Bývá charakterizována například maximem na funkční závislosti tažnosti na teplotě, náhlým poklesem pevnosti při určité teplotě a podobně. Obojí je patrné z diagramu na obr. 1. Je třeba poznamenat, že nejde zpravidla o ostře vymezenou teplotu, ale o určitý teplotní interval. Při opětovném ohřevu nad teplotu zeskelnění se fixovaná deformace začne samovolně vyrovnávat, až nakonec těleso zaujme tvar, který zaujímalo původně. Tomuto úkazu říkáme tvarová paměť. Tvarová paměť u téhož materiálu závisí na původní teplotě deformace, na teplotě nového ohřevu a na čase. Tvarová paměť mizí v oblasti tváření. Vytvarovaný předmět má tepelnou stálost tím větší, čím vyšší teploty bylo při tvarování použito.

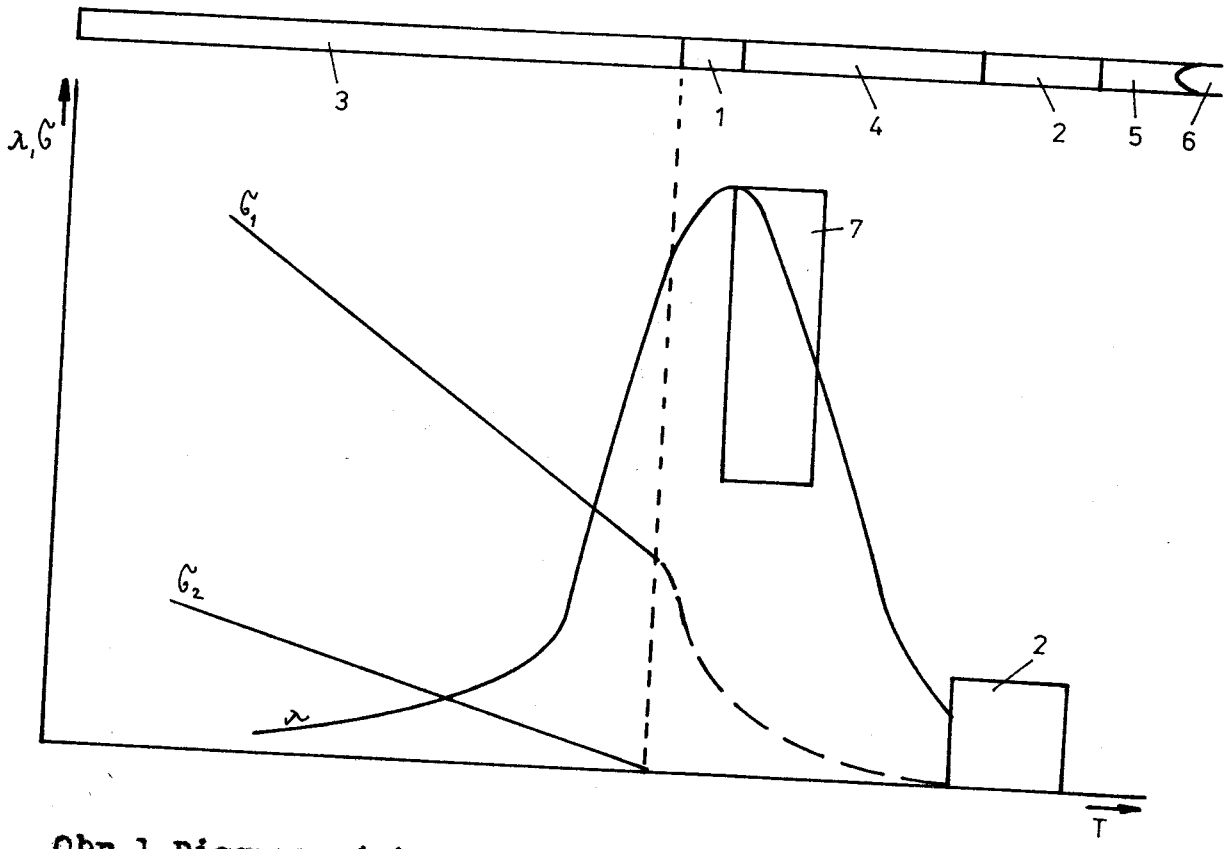
1.2. Změny důležitých mechanických vlastností v závislosti na změně teploty

V diagramu na obr.1 je vyznačen průběh tažnosti λ a pev-

nosti σ v závislosti na teplotě T. Dále jsou vyznačeny oblasti tvarování a tváření plastů.

Při zvyšování teploty se zmenšuje krátkodobá pevnost σ_1 a vzrůstá tažnost. Podobně se vlivem teploty zmenšuje i trvalá pevnost σ_2. Z diagramu je patrno, že závislost obou pevností na teplotě je až po určitou hranici přímková. Za touto mezí mizí trvalá pevnost úplně. Krátkodobá pevnost náhle poklesne na hodnoty podstatně nižší. Při dalším stoupání teploty poklesne krátkodobá pevnost až k nule. Z diagramu je také zřejmý její vliv na tažnost. Do určité teploty roste tažnost úměrně s teplotou, ale při jejím dalším zvyšování začne růst velmi rychle. Při překročení určité teplotní meze opět prudce klesá.

Pro tvarování je velmi důležitá ta část křivky, kdy tažnost je maximální a krátkodobá pevnost se náhle mění.



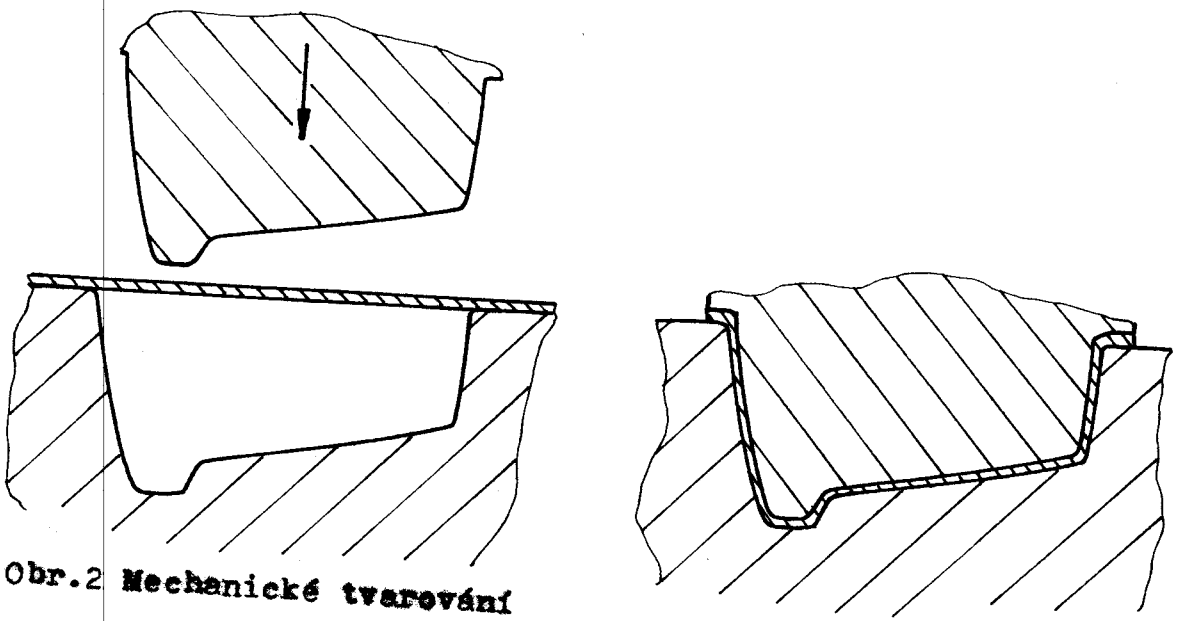
Obr.1 Diagram závislosti pevnosti a tažnosti na teplotě

Poznámka k obr.1:
1...oblast tání materiálu
2...oblast tváření
3...oblast použití
4...oblast plastického stavu
5...oblast viskoelastického stavu
6...oblast spálení materiálu
7...oblast tvarování

V podstatě stejný diagram platí pro všechny termoplastické hmoty.

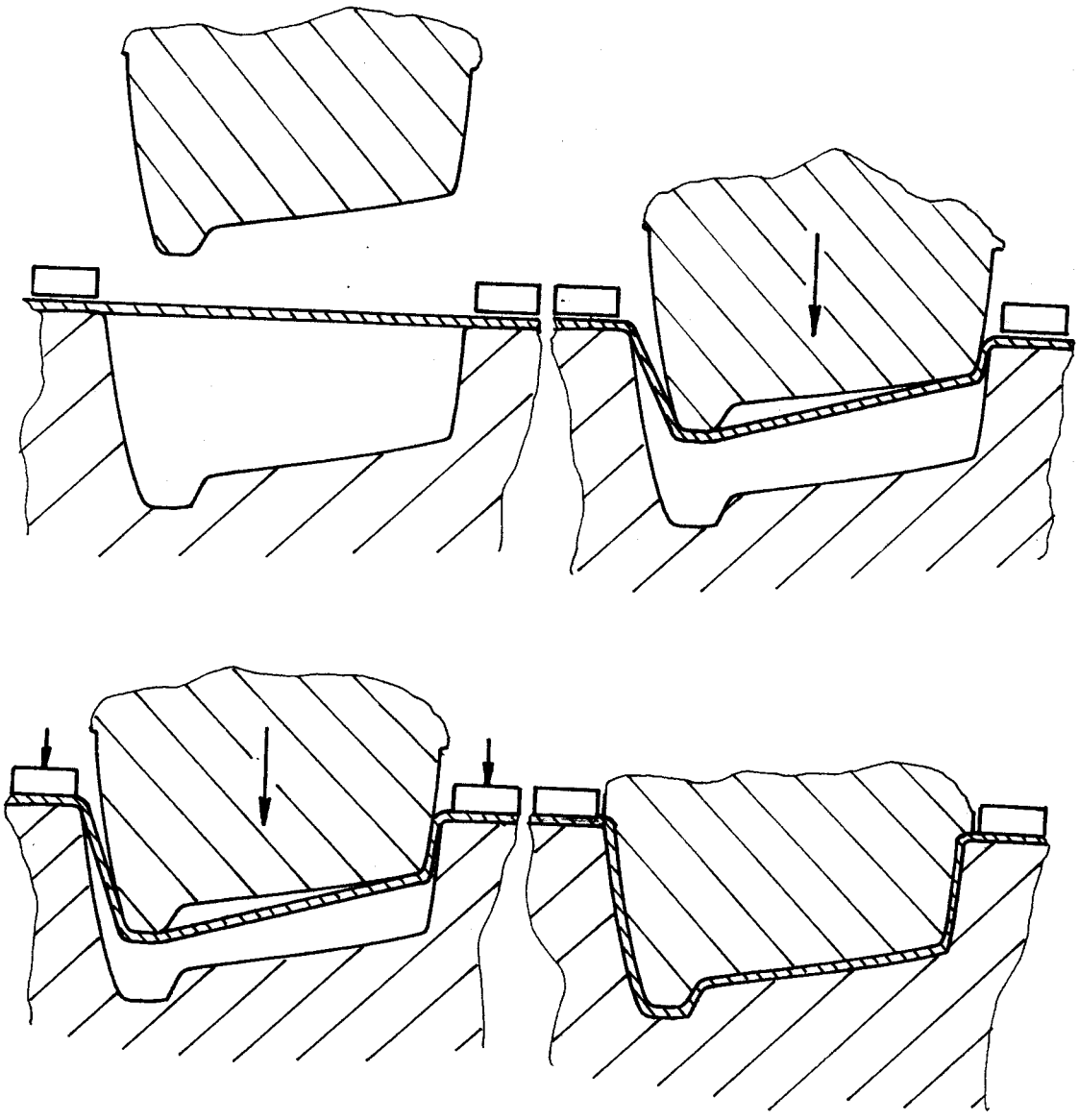
1.3. Mechanické tvarování

Mechanické tvarování plastických hmot je ve své podstatě velmi podobné tváření plechů. Jeho princip je znázorněn na obr.2. Tento způsob zpracování plechů byl s některými úpravami aplikován na plasty. Jediným podstatným rozdílem v obou technologiích je to, že plastickou hmotu je nutno před vlastní operací zahřát na tvarovací teplotu tak, aby dosáhla elastickoplastického stavu a bylo ji možno ve formě tvarovat s použitím minimální síly.



Obr.2 Mechanické tvarování

Vlastní tvarovací forma je složena ze dvou částí: z negativní tvárnice a pozitivního tvárníku. Tvárnice bývá upevněna ke stolu lisu a tvárník na beran. Středění obou částí formy je obvykle realizováno vedením beranu ve sloupcích lisu. Pro přesné středění je třeba užít vodících stojánků.



Obr.3 Znázornění funkce přidržovače

Velmi dobře se u této metody osvědčily i přidržovače, které zabraňují vytvoření překladů a shrnutí materiálu na výrobku. K tomu dochází hlavně v rozích lisovaného dílu.

Jelikož u plastické hmoty, která je ohřáta na tvarovací teplotu,při tvarování velmi snadno dochází ke ztenčování stěny, je třeba tomu alespoň částečně zabránit. Dané řešení je patrné z obr.3.

Přidržovač pracuje tak, že termoplastická deska není sevřena před tvarováním, jako například u vakuového tvarování, ale až v jeho průběhu. Tím dojde k tomu, že při uzavírání formy je materiál vtahován dovnitř a posléze sevřen přidržovačem. V tomto okamžiku je již forma částečně sevřena. Tímto řešením nedochází k tak velké kontrakci stěny jako v případě, kdy je ještě nedeformovaná deska pevně upnuta do rámu a prodloužení materiálu se děje na úkor její tloušťky.

2. NÁVRH A VOLBA MATERIÁLU / 1, 4, 6, 7, 9 /

Nárazník je z hlediska poškození nejzranitelnější částí vozu. A přitom je na něj kladena spousta požadavků, kterým v současné době, kdy je otázka bezpečnosti v silničním provozu kladena na jedno z předních míst, nemohou kovové nárazníky vyhovovat.

Jedná se hlavně o pohlcování nárazů při malých rychlostech, kdy dochází k dočasné deformaci nárazníku, a nikoliv k trvalé deformaci nebo dokonce k jeho úplnému zničení.

Nárazníky z plastických hmot vyrábí některé zahraniční firmy již několik let. Z hlediska používaných materiálů a technologií výroby se jedná hlavně o lisování prepregů a vstřikování termoplastických hmot. Jak dokazují jejich výrobky, není třeba se specializovat pouze na nárazník, ale je možné řešit jako výlisek z plastické hmoty celou masku vozu.

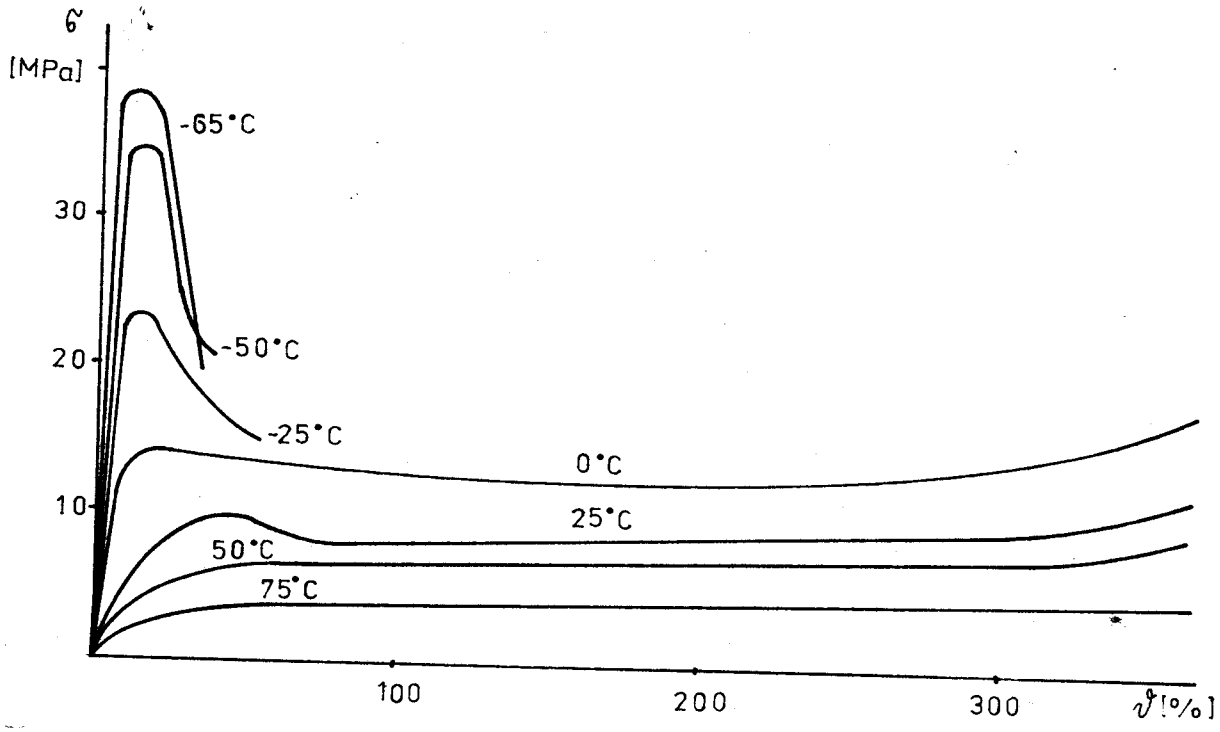
Z velkého počtu termoplastických hmot byly vybrány jen ty, které by svými vlastnostmi mohly vyhovovat danému prostředí.

2.1. Polyetylén

Polyetylén se podle způsobu výroby dělí na dva základní typy : rozvětvený a lineární. PE patří ke krystalickým polymerům. S klesajícím stupněm rozvětvení stoupá obsah krystalického podílu a mění se i mechanické vlastnosti.

Mez pevnosti v tahu rozvětveného PE je rovna 15 až 20 MPa, lineárního PE 30 až 40 MPa. Skutečná hodnota pevnosti závisí kromě nadmolekulární struktury a molekulové hmotnosti na mnoha dalších vlivech, z nichž nejdůležitější jsou : teplota okolí a rychlost zatěžování.

Vliv teploty na změnu diagramu závislosti napětí na protažení je patrný z obr. 4.



Obr.4 Vliv teploty na změnu diagramu napětí-protažení

Rozvětvený PE taje v teplotním intervalu 110 až 115°C, lineární mezi 128 až 135°C. Horní hranice pro používání výrobků z rozvětveného PE je asi 75°C, krátkodobě výrobky snesou až 90°C. Výrobky z lineárního PE snášejí dlouhodobě 90°C, krátkodobě odolávají i 100°C.

Teplota zeskelnění T_g se udává -80°C, ale vzhledem k vysokému stupni krystalinity nastává jen malá změna vlastností při překročení této teploty. Měrné teplo polyetylénu je při 20°C asi 2,3 $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$, s rostoucí teplotou se zvyšuje, hlavně v okolí teploty tání.

Velmi důležitá je i chemická odolnost, která se zvyšuje s rostoucím stupněm krystalinity. Za normální teploty odolává všem organickým rozpouštědlům, neoxidujícím kyselinám, louhům, roztokům solí a vodě. Porušují jej pouze velmi agresivní chemikálie například koncentrovaná kyselina sírová,

koncentrovaná kyselina dusičná a fosforečná. Po zapálení hoří.

Je-li vystaven slunečnímu záření, nastává jeho stárnutí, které se projevuje zvyšováním křehkosti. Jeho životnost je asi dva roky; přidáním určitých stabilizátorů ji však lze zvýšit až desetinásobně.

Mezi jeho nevýhody patří poměrně nízká tepelná odolnost, hlavně u rozvětveného polyetylénu. Dalšími nevýhodami jsou například měkkost povrchu, náchylnost ke snadnému nabíjení statickou elektřinou, což způsobuje značné znečišťování jeho povrchu.

Polyetylén je pevný, ohebný a pružný, svou vysokou houževnatost nestrácí ani při velmi nízkých teplotách. Jeho měrná hmotnost je asi 950 $kg.m^{-3}$. Desky z PE lze výborně tvarovat, ale vyžadují delší dobu ohřevu, proto je třeba použít silnější nebo dvojstranný ohřev. Dvojstranný ohřev je výhodnější, protože zaručuje rovnoměrnější rozvrstvení teploty po celé tloušťce desky. Tvarovací teplota PE je 120 až 140°C. Výkon ohřívacího zařízení má být nejméně 15 $kW.m^{-2}$.

2.2. Polypropylén

Polypropylén je krystalický polymer. Svými vlastnostmi se velice podobá polyetylénu. Proti němu je však tvrdší a transparentnější. Měrnou hmotnost má 900 až 910 $kg.m^{-3}$ a je nejlehčím vyráběným polymerem s kompaktní strukturou.

Mez kluzu je u PP obvykle rovna 25 až 35 MPa, tato hodnota závisí na stupni krystalinity a na molekulové hmotnosti. S rostoucím obsahem krystalické fáze se zvyšuje mez kluzu; tažnost a rázová houževnatost se ale snižují. S klesající teplotou se odolnost proti rázům snižuje, a proto se nedoporučuje používat PP pod 0°C tam, kde je vystaven rázovému namáhání. Krystalické oblasti polypropylénu tají

v rozmezí teplot 160 až 170°C. Výlisky je možno používat při trvalém zatížení do teploty 100°C, krátkodobě do 130°C. Teplota křehnutí leží mezi 0 až 5°C, teplota zeskelnění T_g je -20°C. Průměrné měrné teplo tuhého PP je 1,88 $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$.

I chemickými vlastnostmi ,se velmi podobá polyetylénu. Odolává kyselinám, zásadám, roztokům solí, vodě, alkoholům a mnoha organickým rozpouštědlům. Oxidační kyseliny jej porušují, botná v benzenu, toluenu, v chlorovaných uhlovodících. Proti korozi za napětí je odolnější než polyetylén. Polypropylén neodolává slunečnímu záření. Vlivem oxidace se snižuje molekulová hmotnost, což nepříznivě tažnost a rázovou houževnatost. Současně se PP barví do hněda. Stabilizace se provádí sazemi a řadou stabilizátorů, které se uplatňují tam, kde saze použít nelze, například u světlých barevných odstínů. Po zapálení hoří.

Má lepší chemickou odolnost než PE, je tvrdší a odolnější proti poškrábání. Desky lze výborně tvarovat, velmi dobře kopírují hrany. Vyžadují ale delší dobu ohřevu, proto je třeba užít silnější nebo dvojstranný ohřev. Teplota formy se volí asi 50 až 80°C. PP vyžaduje rovnoměrný ohřev po celé ploše. Nejvýhodnější výkon ohřívacího zařízení je 20 $kW.m^{-2}$. Jelikož si desky z PP udržují velmi dlouho danou teplotu, není třeba volit příliš vysoké rychlosti tvarování.

2.3. Akrylonitrilbutadienstyrén

Složení terpolymeru ABS a tedy i jeho vlastnosti se značně liší podle způsobu výroby. Jedná se o velmi pestrou heterogenní směs jak z hlediska mikrostruktury, tak i makrostruktury. ABS je amorfní polymer, ale je neprůhledný. S rostoucím obsahem kaučukové složky se zlepšuje tažnost rázová houževnatost, ale zhoršuje se modul pružnosti a pevnost v tahu. Také teplotní odolnost klesá.

Pevnost v tahu kolísá podle typu od 20 do 65 MPa, modul pružnosti od 2000 do 3000 MPa. Při rázové zkoušce většinou nepraskne. Odolnost proti rázům si podržuje hluboko pod 0°C. Také odolnost proti otěru je velmi dobrá. Terpolymer odolává zředěným kyselinám i koncentrovaným zásadám, uhlovodíkům a olejům. Je to mírně polární hmota, a proto je její odolnost proti estérům, ketonům a halogenovým uhlovodíkům omezená, dochází k botnání. Povětrnosti odolává poměrně dobře. Částečně přijímá vlhkost. Nejvhodnější tvarovací teplota je asi 100°C.

2.4. Houževnatý polystyrén

Houževnatý polystyrén snižuje nevýhodnou vlastnost standardního PS, křehkost, zavedením kaučukové složky do jeho struktury. Touto úpravou se dosáhne zvýšení houževnatosti. Vlastnosti SB značně závisejí na jeho složení, to je na poměru obou složek. Se zvyšujícím se obsahem kaučuku klesá pevnost v tahu, modul pružnosti a odolnost za tepla, ale zvyšuje se tažnost a rázová houževnatost.

Pevnost v tahu se pohybuje v rozmezí 35 až 50 MPa, tažnost kolem 25%, modul pružnosti bývá v mezích od 1800 do 2500 MPa. S rostoucím obsahem kaučuku se zvyšuje absorpce vody, také se podstatně zhoršuje odolnost výrobků proti slunečnímu záření. Hmota ve velmi krátkém čase, během několika měsíců, ztrácí tažnost a stává se lámavou. Tuto vlastnost lze částečně omezit přidáním stabilizátorů, což životnost značně prodlouží. Trvale použitelná teplota výlisků nemá přesáhnout 70°C.

Z uvedeného přehledu mechanických vlastností některých termoplastických látek je zřejmé, že nejvhodnější plastickou hmotou pro dané použití je PE a PP. Proto by bylo

výhodné, aby použitý materiál měl vlastnosti obou plastů.

Pro přehlednost jsou ještě jednou uvedeny nejdůležitější vlastnosti obou plastických hmot a seřazeny do tabulky I.

Pro zkoušky byl proto zvolen kopolymer propylén-etylén. Tento kopolymer se již řadu let používá a osvědčil se hlavně v automobilovém průmyslu.

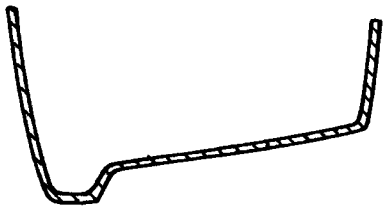
Tabulka I.

Vlastnost	PE	PP
měrná hmotnost	920÷960 $kg.m^{-3}$	900÷910 $kg.m^{-3}$
pevnost v tahu	25÷40 MPa	30÷40 MPa
tažnost	200÷600 %	250÷700 %
navlhavost	do 0,1 %	do 0,1 %
tvarovací teplota	120÷140 °C	150÷170 °C
teplota zeskelnění	-80 °C	-20 °C
měrné teplo /20°C/	2,3 $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$	1,88 $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$
teplota použití	do 90 /100/°C	do 100 /130/°C
teplota formy	75÷80 °C	50÷80 °C
chemická odolnost	velmi dobrá	velmi dobrá
hořlavost	slabě hoří	slabě hoří

Poznámka: Hodnoty v závorkách,u teploty použití, platí pro krátkodobé použití výlisku.

3. ÚPRAVA NÁRAZNÍKU

V současné době se vyrábí na všech vozech Škoda kovový nárazník, jehož tvar v řezu je znázorněn na obr.5. Tento nárazník je na všech typech vozů montován jako dvojdílný. Spojení obou dílů je v podélné ose vozidla. Toto řešení způsobuje, že i poměrně malými silami nebo při malých nárazech dochází k trvalé deformaci právě v místě spojení obou dílů. Tomu má zabránit nárazník z plastické hmoty, který je řešen jako jediný díl. Přitom vlastnosti materiálu dovolují jeho značnou deformaci, aniž by došlo k trvalé tvarové změně nebo destrukci.

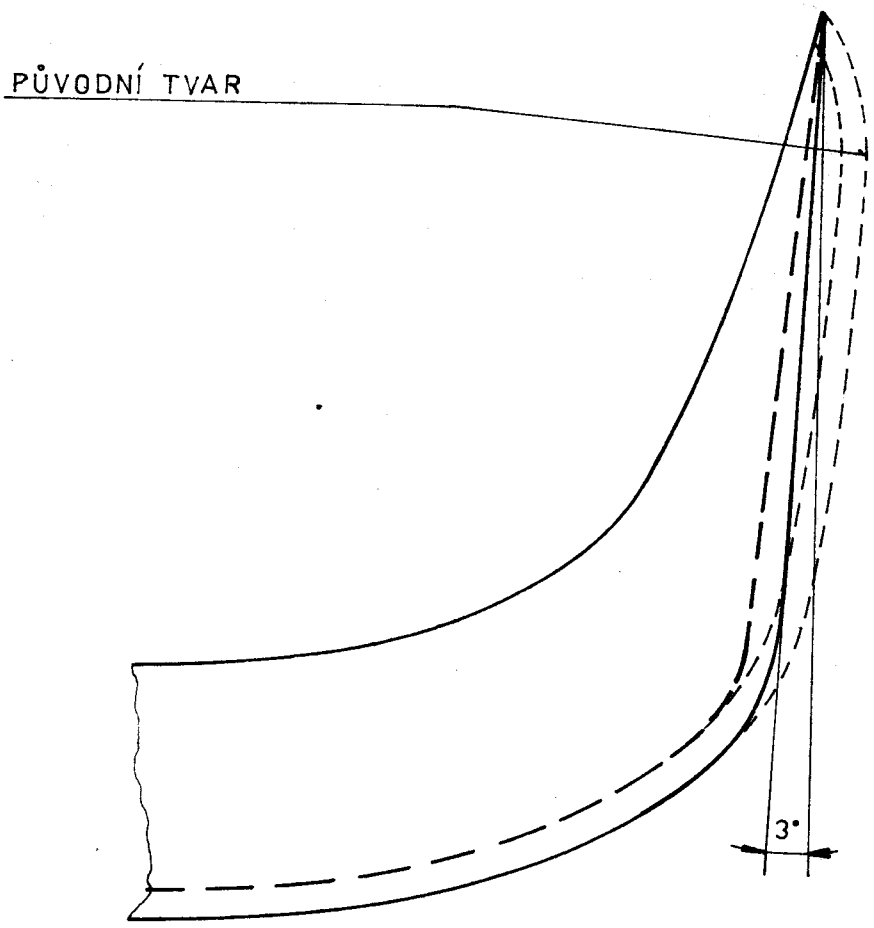


Obr.5 Profil kovového nárazníku

3.1. Řešení tvaru

Jelikož je nárazník z jediného dílu, je třeba jeho tvar částečně upravit při zachování původního profilu. Jedná se

hlavně o krajní části nárazníku, to je části, které přiléhají ke karoserii z boku. Vlastní tvarová úprava je provedena na obr.6.



Obr.6 Řešení boční části nárazníku

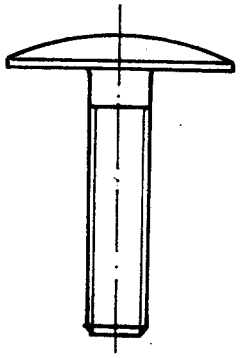
Úpravou se získá tvar, který je možno z lisovací formy vyjmout, aniž by bylo třeba provést její další členění. To znamená, že jak forma, tak i tvárník bude z jednoho kusu. Další změnu zaznamenají i všechny poloměry, jež je vzhledem k materiálu, který vykazuje při tvarování jiné vlastnosti než

kov, třeba upravit.

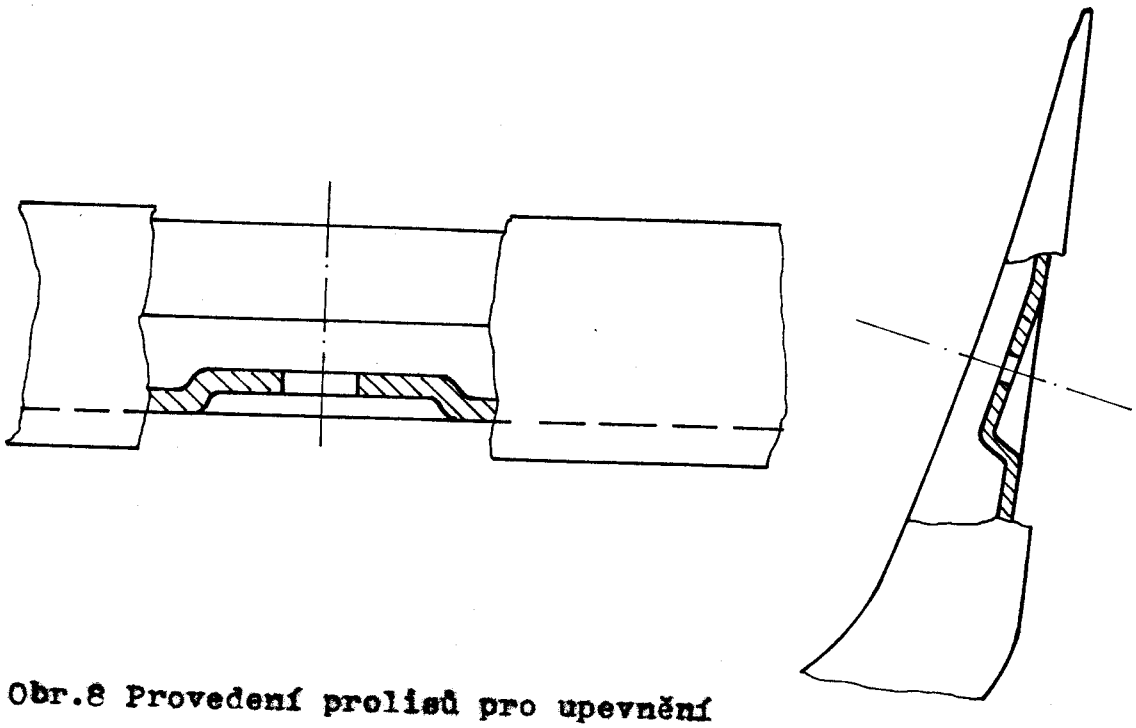
3.2. Provedení upevnění

Další úpravu je třeba provést ve způsobu upevnění nárazníku na karoserii vozidla. Vzniká zde problém, jak provést vytvoření nějakých úchytů, kterými by se nárazník připevnil. Bylo by možné úchyty na nárazník přilepit či přivařit vhodným způsobem, ale ani jedna z technologií spojování nedosahuje takové kvality, jež by vyhovovala pro část, která je velice namáhána, hlavně otřesy.

Vzhledem k tomu, že tato technologie výroby nárazníku pracuje s deskou konstantní tloušťky, nelze při výrobě dosáhnout vytvoření vhodných úchytů. Proto se jako nejvhodnější zdá být v daném případě řešení, kdy je nárazník uchycen speciálními šrouby. Šrouby by byly celé kovové nebo s hlavou z plastické hmoty. Návrh šroubu je proveden na obr.7. Jeho hlava je částečně zapuštěna do mělkého prolisu, který je vytvořen přímo při tvarování. Řešení je provedeno na obr.8. Upevnění nárazníku ve čtyřech bodech je shodné s uchycením původního kovového nárazníku.



Obr.7 Šroub na upevnění nárazníku



Obr.8 Provedení prolisů pro upevnění

4. NÁVRH FORMY / 1, 4, 5 /

Jak již bylo v předchozích kapitolách uvedeno, je nárazník vyráběn mechanickým tvarováním. Tento způsob výroby daného dílce nevyžaduje příliš velké síly, proto lze s výhodou využít forem, které nemají tak vysokou pevnost jako formy na tváření plechů. Těmto požadavkům vyhovují slitiny lehkých kovů. Tyto formy mají nízkou hmotnost a velmi dobrou tepelnou vodivost, která umožňuje snadné regulování teploty formy při tvarování. Formu z lehkých slitin lze buď celou vyrábět třískovým obráběním, nebo je možno ji odlít a potom jen provést dokončovací operace na vytvoření kvalitního povrchu tam, kde dochází ke styku s tvarovaným materiálem. Je potřebné, aby mezera mezi tvárníkem a tvárnicí měla konstantní velikost, aby při sevření materiálu došlo k jejímu vyplnění. V opačném případě vznikne při lisování vůle mezi stěnou formy a materiálem. Potom lze očekávat, že se v takovém místě vytvoří deformace. Ta je podmíněna chladnutím materiálu ve volném prostoru.

Vzhledem k tomu, že se jedná o tvarování dosti silného materiálu, je třeba podle toho volit poloměr zaoblení. Je nutné se vyhnout ostrým hranám a poloměr volit větší, minimálně rovný dvojnásobné tloušťce materiálu.

4.1. Přidržovač

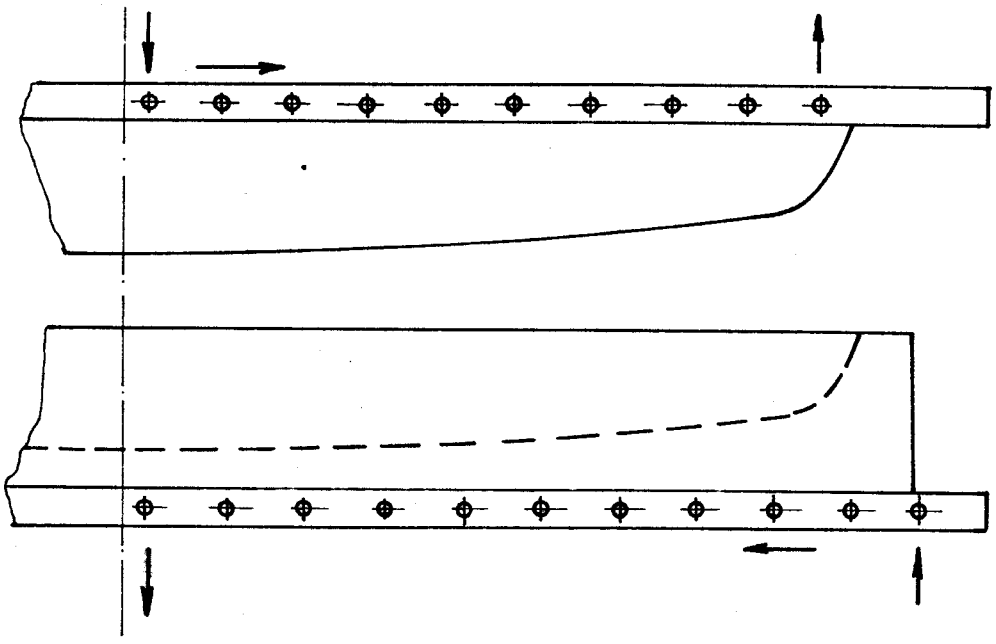
Důležitým prvkem pro vytvoření kvalitního výrobku je přidržovač. Zabraňuje zvlnění povrchu a vytvoření překladů, hlavně v rozích formy. Jeho funkce je programována tak, aby zplastizovaná deska nebyla sevřena přidržovačem ještě před vlastním tvarováním, ale se zpožděním. Zpožděním funkce přidržovače dosáhneme toho, že je materiál nejprve vtahován do formy, teprve později je do pohybu uveden přidržovač. Tímto

řešením nedochází k tak velkému ztenčení stěny, jako u vakuového tvarování. Dosahuje se také rovnoměrné tloušťky lisovaného dílu.

4.2. Chlazení

I chlazení má nemalý vliv na kvalitu výrobku. Převážně na jeho trvalé celkové deformace.

Celý chladící systém je vytvořen v upínací desce a odvod tepla z formy se děje vedením přes tuto desku a vlastní těleso formy. V upínací desce proudí chladící tekutina průvrty, které jsou provedeny napříč. V každé desce jsou vytvořeny dva samostatné chladící okruhy. V desce tvárníku proudí tekutina od středu k jeho krajům, u tvárnice je tomu naopak. Vše je zřejmé z obr.9. Tímto způsobem je zajištěno rovnoměrné ochlazování formy, a tedy i výlisku. I přesto, že se chladící tekutina ohřívá.



Obr.9 Schematické znázornění způsobu proudění chladící tekutiny

4.3. Technologické parametry formy

Tyto parametry se v nemalé míře podílejí na kvalitě výrobku a na plynulosti celé výrobní operace.

Rozměr formy je třeba upravit s ohledem na smršťování výlisku. Největší vliv má teplota, při které se vytvarovaný předmět vyjme z formy. Je-li vyjmut předčasně, je smrštění větší a nerovnoměrné. Velmi důležité je proto zvolit vhodnou teplotu, při níž bude výrobek vyjímán. Nedostatečným prochlazením dojde velmi snadno k tvarové deformaci. Ta je způsobena tvarovou pamětí materiálu. Teplotu formy je proto nutno volit o několik stupňů nižší, než je teplota tání materiálu, aby byla zajištěna předchozí podmínka. Rychlost ochlazování závisí na tloušťce termoplastické desky a na intenzitě ochlazování. Pro zajištění stejných technologických podmínek při tvarování prvního a posledního výrobku je třeba, aby se zpočátku forma ohřívala. Tím dosáhneme požadované provozní teploty. Dalším tvarováním je značná část tepla z plastické hmoty odevzdávána formě, a ta se ohřívá. Proto je nutné zajistit její další ochlazování.

Snadnost vyjímání výlisků z formy závisí na zkosení stěn a na jakosti povrchu, který se stýká s tvarovaným materiálem. Výlisky z polyetylénu a polypropylénu se na formu často lepí, zvláště, je-li vyleštěna. Proto je vhodnější volit povrch matný. Při výrobě formy je třeba věnovat pozornost tomu, že jak PE, tak i PP velmi snadno kopírují i nepatrné nerovnosti formy.

Provedení bočních vlisů se provádí bočním vysouvacím tvárníkem, který vyjíždí až při sevření formy. Po ochlazení a odlehčení, kdy se nárazník ostřihuje, boční tvárník zajíždí. Tento boční prolis napomáhá vyhazovačům, které jsou umístěny ve spodní části formy , že výlisek zůstane na tvárníku.

Velikost tvarovaného dílu dovolí takovou deformaci, aby byl nárazník snadno sejmut nebo setřen.

5. TECHNOLOGICKÉ PODMÍNKY PROCESU / 2, 8, 9, 10 /

Abychom mohli stanovit správný technologický postup při tvarování, musíme znát vlastnosti materiálu, které má při ohřevu. Při zvyšování se zmenšuje pevnost a vzrůstá tažnost. Podobně se vlivem teploty zmenšuje i trvalá pevnost. Do určité hodnoty roste tažnost úměrně s teplotou, ale při jejím dalším růstu začne stoupat velmi prudce. Pro tvarování je velmi důležitá ta část křivky, kdy je tažnost maximální. Protažení je prakticky tepelně vratné, což znamená, že výrobky si za normální teploty drží tvar, ale za zvýšené teploty se vracejí do původního tvaru. Vytvarovaný předmět má tepelnou stálost tím větší, čím vyšší teploty je při tvarování použito.

5.1. Tvarovací teplota

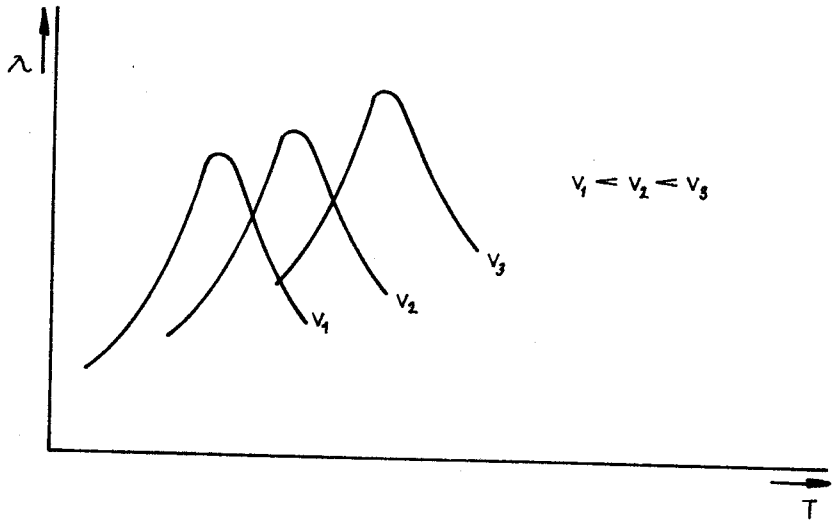
Tvarovací teplotou rozumíme spravidla teplotu, na kterou je nutno ohřát materiál, aby získal potřebné vlastnosti. V praxi je však nutné přihlížet také k ostatním vlivům. Nechceme-li příliš prodlužovat dobu ohřevu, dochází u silných desek k tomu, že teplota uprostřed je nižší než v povrchových vrstvách. Vyšší teplota povrchových vrstev je vcelku žádoucí, uvážíme-li, že materiál se po vložení do formy stýká určitou dobu se studenými stěnami, než se dokončí tvarovací operace. Materiál tedy musí mít dostatečnou tepelnou rezervu, aby během tvarování neklesla jeho teplota pod stanovenou mez. Vyšší tvarovací teploty zvyšují obecně tvarovou stabilitu při novém ohřevu.

5.2. Tvarovací rychlost

Tvarovací rychlost je určena především kvalitou tvarovaného materiálu. Obecně platí, že větší rychlost tvarování bývá výhodnější, neboť poskytuje větší tvarovací možnosti a

snižuje ochlazování tvarovaného materiálu během operace. Je důležité brát ohled na tepelnou stabilitu materiálu. Zvolená plastická hmota si udržuje dosaženou teplotu velice dlouho, a proto není nutné volit veliké tvarovací rychlosti. Na tvarovací rychlost má také velký vliv materiál forem. U kovové formy musíme se zřetelem na její větší tepelnou vodivost volit , za jinak stejných podmínek, větší tvarovací rychlost, aby tvarování proběhlo stejně jako při práci ve formě málo tepelně vodivé. Nejvíce se tvarovací rychlost projeví v oblasti hran a rohů, to je v místech, kde se materiál musí nejvíce protahovat.

Pro stanovení mezní rychlosti platí, že teplota ohřívaného materiálu nesmí ve formě před dokončením tvarovací operace klesnout pod teplotu zatvrdnutí a že tvarovaný materiál nesmí praskat. Postupný tah, obvyklý u zpracování kovů, zde není možný, neboť při novém ohřevu se předchozí tvar prakticky vyrovná. V praxi se ukázalo, že pro větší tvarovací rozsahy zcela postačuje rychlost 5 $cm.s^{-1}$. Z obr.10 je patrný průběh tažnosti v závislosti na teplotě pro různé rychlosti tvarování.



Obr.10 Průběh tažnosti v závislosti na teplotě pro různé rychlosti tvarování

5.3. Tvarovací tlak

Obecně lze říci, že tvarovací tlaky jsou poměrně nízké, závisí na rychlosti tvarování a na složitosti výrobku. Při mechanickém tvarování slouží k vyvození tlaku tvárník. V praxi byly zjištěny měrné tlaky od hodnot vcelku nepatrných až po 10 MPa. Vyšší tlaky se nedoporučují, neboť jednak jsou jimi formy zbytečně přetěžovány, a jednak se při vyšších tlacích tvaruje materiál i za teploty značně nižší, než je teplota zeskelnění. Takové tvarování pak již vede ke vzniku značného pnutí ve výliscích. Po ukončení operace mají tato pnutí tendenci se vyrovnat a výrobek se tím deformuje.

5.4. Smrštění

Na smršťování má značný vliv teplota, při které se výlisek vyjme z formy. Při správném chlazení formy ke smrštění prakticky nedochází. Je-li výlisek vyjímán předčasně, je smrštění jasně patrné a hlavně nerovnoměrné.

5.5. Teplota forem

Pro výrobu je vhodné použít formy z lehkých slitin nebo z oceli. Jedná-li se o výlisky z materiálů s velkou tepelnou stálostí, musí se kovové formy předehřívat. V praxi se osvědčily pro formy z lehkých slitin teploty 60 až 70°C. Pro ocelové formy 50 až 60°C.

6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6.1. Vzorek nárazníku

Pro experimentální zkoušky byla zvolena část nárazníku, která sice nevystihovala všechna chování materiálu v průběhu tvarování, ale stačila pro vyhodnocení vhodnosti materiálu, potřebné síly, rychlosti tvarování a vhodných teplot. Vzorek nárazníku je na obr.11.

Obr.11 Vzorek nárazníku

Ke zkoušce byl použit materiál kopolymer propylén-etylén označený PP 55.217, tloušťky 4mm. Z původního polotovaru, který byl ve formě pasu o šířce 360 až 400 mm byly zhotoveny přístřihy o velikosti 190x180 mm. Ty byly ohřívány v peci a potom tvarovány.

6.2. Technické zařízení a pomůcky

Pro tvarování bylo použito tvarovací formy z hliníkové slitiny Al Si 13. Byla odlita do pískové formy a potom opracována na konečný tvar. Obě části, tvárník i tvárnice, byly přišroubovány na upínací desky, aby mohly být upevněny na lisu. Tvárnice byla umístěna na stůl lisu a tvárník připevněn pomocí upínek na beran. Operace byla prováděna na lisu RB 30, firmy Vltavský. Detail lisu s formou je na obr.12.

Termoplastické desky byly ohřívány v elektrické peci. Teplota v laboratoři se pohybovala v rozmezí 20±1°C.

6.3. Výpočet tvarovacího tlaku

Při pokusech byl indikován pouze tlak v hydraulickém válci, který pohyboval pístem beranu. Proto bylo potřeba vypočítat silové působení na termoplastický materiál. Mezní hodnota tlaku, která nesmí být překročena, je 10 MPa, jak již bylo uvedeno v kapitole 5.3.

Pro výpočet tlaku platí vztah

$$P_1 = \frac{F_1}{S_1}, \qquad (1)$$

kde P_1 je tlak, který potřebujeme určit

F_1 je síla vyvozená pístem hydraulického válce

S_1 je půdorysná plocha, kterou zaujímá výlisek.

Plocha S_1 je dána rozměry výlisku.

$$S_1 = c \times d, \qquad (2)$$

Obr.12 Detail lisu s formou

kde c = 0,19 m , d = 0,109 m. Potom S_1 = 0,02071 m^2.
Síla F_1 je dána tlakem kapaliny P_o v hydraulickém válci a plochou pístu S_o,

$$F_1 = P_o . S_o \qquad (3)$$

Pro S_o platí vztah

$$S = \frac{\pi . d_1^2}{4} , \qquad (4)$$

kde d_1 je průměr pístu.

Potom pro $d_1 = 0,11$ m platí

$$S_o = \frac{\pi \cdot 0,11^2}{4} = 9,503.10^{-3}\ m^2$$

Při pokusech se ukázalo, že postačující tlak pro tvarování P_o v hydraulickém systému je 5 MPa.
Dosazením do vztahu (3) získáme

$$F_1 = 5.10^6 \cdot 9,503.10^{-3} = 47\ 516\ N$$

Potom lze ze vztahu (1) určit tvarovací tlak

$$P_1 = \frac{47\ 516}{2,071.10^{-2}} = 2,3\ MPa$$

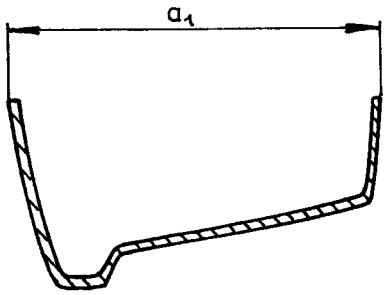
Výpočtem jsme získali tvarovací tlak 2,3 MPa, který je nižší než mezní tlak, což vyhovuje podmínce, jež je uvedena na začátku této kapitoly.

6.4. Vlastní zkouška a výsledky měření

Cílem experimentální části bylo určit optimální technologické podmínky, jako je teplota tvarovaného plastu, doba ohřevu, teplota formy, rychlost tváření. Všechny tyto technologické podmínky bylo možno posoudit z konečného stavu výlisku po dané operaci.

Velikost teploty a doba ohřevu se měnily postupně s cílem co nejnižší teploty a co nejkratšího času potřebného pro získání dostatečného plastického stavu. Nebylo-li by dosaženo prohřátí materiálu po celém průřezu, část materiálu by svými elastickými vlastnostmi působila proti směru tvarování a docházelo by k deformaci výlisku. Proto byl za směrodatný pro posuzování technologických podmínek zvolen rozměr a, který nejlépe vystihuje stav materiálu, hlavně co se týká poža-

dované teploty a doby ohřevu. Rozměr a je zřejmý z obr.13.



Obr.13 Znázornění kontrolovaného rozměru

Tepelné a časové hodnoty, které byly pro materiál voleny, a stav výlisku zachycuje tabulka II. Z tabulky plyne, že nejdelší doba z celého cyklu připadá na ohřev materiálu. Jak již bylo uvedeno, k ohřevu byla použita elektrická pec, která neposkytuje možnosti ohřát materiál v dostatečně krátkém časovém intervalu. Nejlepším řešením by byl infraohřev z obou stran. Jelikož nebylo vhodné zařízení k dispozici, nebylo možné zjistit, na jakou hodnotu by se zkrátila doba ohřevu, která z časového hlediska nejnepříznivěji ovlivňuje celý tepelný cyklus. V literatuře se uvádí, že doba potřebná pro ohřev infrazářiči je 3 až 4 minuty, při použití zařízení s výkonem 20 $kW.m^{-2}$.

Nejvhodnější tvarovací rychlost pro PE a PP je 3 až 5 $cm.s^{-1}$. Na daném lisu dosahuje beran rychlosti 4 $cm.s^{-1}$, což odpovídá podmínkám uvedeným v literatuře.

Rozměr a_1 , který se měřil ihned po tvarování, měl sloužit hlavně pro zhodnocení vhodných technologických podmínek. Dále bylo ještě nutné zjistit rozměrovou stálost výrobku za normální teploty, to je asi 20°C. Po 48 hodinách byla prováděna opětovná kontrola rozměru a_1. Byl získán rozměr a_2 , pro

Tabulka II.

Číslo vzorku	tvarov. teplota [°C]	doba ohřevu [min]	lisov. tlak [MPa]	a=109mm [mm] a_1	Δa_1	doba ochlaz. [min]	teplota formy [°C]
1	150	10	2,3	113,6	4,6	2	65÷80
2	150	10	2,3	113,7	4,7	2	65÷80
3	150	10	2,3	113,5	4,5	3	65÷80
4	150	10	2,3	113,1	4,1	3	65÷80
5	150	15	2,3	113,0	4,0	2	65÷80
6	150	15	2,3	111,8	2,8	2	65÷80
7	150	15	2,3	113,4	4,4	3	65÷80
8	150	15	2,3	112,0	3,0	3	65÷80
9	160	10	2,3	112,0	3,0	2	65÷80
10	160	10	2,3	111,3	2,3	2	65÷80
11	160	10	2,3	111,8	2,8	3	65÷80
12	160	10	2,3	111,0	2,0	3	65÷80
13	160	15	2,3	111,3	2,3	2	65÷80
14	160	15	2,3	110,8	1,8	2	65÷80
15	160	15	2,3	112,0	3,0	3	65÷80
16	160	15	2,3	111,0	2,0	3	65÷80
17	170	10	2,3	111,0	2,0	2	65÷80
18	170	10	2,3	110,7	1,7	2	65÷80
19	170	10	2,3	110,9	1,9	3	65÷80
20	170	10	2,3	110,8	1,8	3	65÷80
21	170	15	2,3	110,2	1,2	2	65÷80
22	170	15	2,3	110,2	1,2	2	65÷80
23	170	15	2,3	110,4	1,4	3	65÷80
24	170	15	2,3	110,3	1,3	3	65÷80

který platí

$$a_2 = a_1 + \Delta a_1 ,$$

kde Δa_1 je změna rozměru a_1 a vyjadřuje rozměrovou stálost

Tabulka III.

číslo vzorku	kontrola rozměru po 48 hodinách	kontrola po ohřevu na 80°C
	a_2 mm	a_3 mm
1	113,7	115,0
2	113,7	114,1
3	113,6	114,9
4	113,1	113,9
5	113,2	114,7
6	111,9	112,3
7	113,4	113,5
8	112,0	112,4
9	112,1	112,2
10	113,2	113,4
11	111,8	111,8
12	111,2	111,3
13	111,3	111,3
14	110,8	110,9
15	112,1	112,1
16	111,0	111,1
17	111,0	111,1
18	110,8	110,9
19	110,9	111,0
20	110,9	110,9
21	110,3	110,4
22	110,2	110,3
23	110,5	110,5
24	110,4	110,4

výlisku.

V další části měření byla hodnocena tvarová stálost výlisku při zvýšené teplotě. Výlisky byly ohřívány v elektrické peci při teplotě 80°C po dobu jedné hodiny. Po vyjmutí a

po pomalém ochlazení až na teplotu 20°C byl kontrolován rozměr a_2 . Výsledkem měření byl rozměr a_3 , pro který platí

$$a_3 = a_2 + \Delta a_2 ,$$

kde Δa_2 je změna rozměru a_2 po ohřevu a následném ochlazení a vyjadřuje tvarovou deformaci způsobenou zvýšenou teplotou. Hodnoty a_2 a a_3 jsou uvedeny v tabulce III.

7. HODNOCENÍ PRAKTICKÝCH ZKOUŠEK

V předešlé kapitole bylo pojednáno o podmínkách zkoušek i o tom, který parametr byl posuzován jako rozhodující pro hodnocení tvarovacích zkoušek. V této části je potřeba provést vyhodnocení naměřených veličin.

Po prostudování tabulek v předešlé kapitole lze posoudit, které z technologických podmínek jsou nejoptimálnější.

7.1. Optimální teplota

Jako optimální teplota je brána taková teplota, která s určitou rezervou zaručuje, že materiál bude po celé tloušťce dostatečně plastický. Je potřebné, aby teplota nebyla tak nízká, že by i při malé odchylce směrem k nižším hodnotám termoplastická deska dosáhla takového stavu, kdy již nebude moci být tvarovací operace úspěšně provedena. Dále je nutné zajistit, aby materiál nebyl zbytečně ohříván na vysoké teploty, by nijak podstatně tvarování neprospěly, ale naopak by se zvýšila pouze energetická náročnost celého procesu. V tomto případě je pro materiál PP 55.217 nejvhodnější teplota $170 \pm 5\,^{\circ}C$.

Je zde také potřeba zajistit určitou teplotní rezervu pro manipulaci s materiálem mezi ohřívacím zařízením a lisovací formou, kde dochází vlivem prostředí k ochlazování povrchových vrstev materiálu. Dále je třeba brát v úvahu i teplotu formy, kdy se stykem s ní povrchová vrstva ochlazuje vlivem odvodu tepla způsobeným teplotním rozdílem.

7.2. Optimální doba ohřevu

Pro optimální dobu ohřevu je rozhodující skutečnost, kdy je celý průřez desky, to znamená i střední vrstva, ohřátý na takovou teplotu, která umožňuje vyrobit vyhovující vý-

lisek. Není-li doba ohřevu dostatečně dlouhá, nemá střední vrstva požadovanou teplotu a nedojde u ní k plastické deformaci, ale pouze k deformaci elastické. Tato deformace potom působí jako síla, která výlisek deformuje.

V tomto případě, kdy jako ohřívací zařízení sloužila elektrická pec, byla výhodnější doba ohřevu 15 minut.

7.3. Optimální tlak

Optimální tlak je takový, který zajišťuje vyplnění formy tak, aby nezůstala vzduchová mezera mezi plastem a dutinou formy. Tato mezera by umožnila chladnoucímu materiálu libovolně se deformovat nezávisle na tvaru formy.

Pro uvedený termoplastický materiál byl použit lisovací tlak 2,3 MPa.

7.4. Tvarovací rychlost a optimální teplota formy

Pro lisovací operaci byla na daném zařízení tvarovací rychlost 4 $cm.s^{-1}$.

Optimální teplota formy, tak jako předešlé podmínky, má velký význam a vliv na kvalitu hotového výlisku. Velmi nízká teplota působí nepříznivě na plastičnost desky. Po styku zplastizované desky s formou dojde k odvodu tepla, ochlazení a vytvrzení desky, a tedy zhoršení tvařitelnosti. Naproti tomu příliš vysoká teplota formy vede k tomu, že se výlisky vyjímají příliš teplé a tvarově nepříliš stálé. Ty se manipulací snadno deformují. Proto byla teplota formy udržována v rozmezí 65 až 80°C.

8. NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY

Pro tento způsob výroby je volena tvarovací forma kombinovaná, která slučuje několik operací. V první fázi dojde k vytvarování, ve druhé k ostřižení výlisku a prostřižení otvorů. Kombinovaná forma umožňuje podstatně zkrátit doba na výrobu nárazníku, neboť odpadá čas potřebný na manipulaci mezi vytvarováním a dodatečným opracováním.

8.1. Příprava nástřihu

Materiál, ať již je dodáván ve formě pasu nebo desky, je potřebné nařezat nebo nastříhat na požadované rozměry. Velikost přístřihu je 300 x 2200 mm. Dále je nutné, aby desky měly konstantní tloušťku s maximální odchylkou ±10%. Jestliže bude materiál dodáván ve formě pasu, je třeba, aby nebyl stáčen do role, ale nastříhán na požadovanou délku a skladován v rovinném stavu. Stáčením do role zůstává materiál deformován a vznikaly by velké problémy při zakládání do stroje.

8.2. Ohřev nástřihu

Vzhledem k vlastnostem materiálu je nejvhodnější volit dvojstranný ohřev infrazářiči. Potřebná teplota pro tvarování je 170±5°C. Doba ohřevu s použitím infrazářičů je 3 až 4 minuty. Jelikož je potřeba zajistit konstantní vzdálenost termoplastické desky od ohřívacího zařízení, je nutné, aby deska byla upnuta do rámu.

Ohřev je možné řešit dvěma způsoby. Desku je možno umístit do svislé roviny a provádět ohřev v této poloze. Potom ji před vlastní operací otočit do vodorovné polohy.

Druhá možnost je ohřívat desku ve vodorovné poloze. To ale přináší jeden problém, plastikací může dojít k pronášení desky a tím porušení konstantní vzdálenosti od ohřívacího

zařízení, což vede k nerovnoměrnému ohřevu, popřípadě spálení desky. Dojde-li k tomuto, je třeba desku ohřívat na vzduchovém polštáři, to znamená nadlehčovat ji zespodu proudem vzduchu. To je nutné zajistit i při přenášení do formy.

8.3. Tvarování a chlazení

Tvarování se provádí konstantní rychlostí. Ta se volí v rozmezí 3 až 5 $cm.s^{-1}$.

Při tvarování je velmi důležité sladit pohyb přidržovače s pohybem tvárníku, aby předčasném sevření desky nedošlo k jejímu příliš velkému zeslabení. Jeho pohyb nesmí být ani příliš zpožděn, jinak by se vytvořily záhyby nebo shrnutí materiálu. Funkce přidržovače je podrobně rozepsána v kapitole 1.3.

Chlazení musí udržovat teplotu formy v rozmezí 65 až 80°C. Protože deska má konstantní tloušťku, musí zajišťovat rovnoměrné chlazení celého výlisku. Ochlazování ve formě trvá asi 3 minuty.

8.4. Ostřižení výlisku

Poslední operací je opracování výlisku, to znamená ostřižení přebytečného materiálu. S tím je spojeno i prostřižení otvorů potřebných pro upevnění nárazníku na karoserii a pro umístění směrových světel.

Ostřižení probíhá tak, že po vytvarování a ochlazení materiálu se lis nepatrně odlehčí, vysune se posuvný doraz a opět se sjede do dolní polohy. V této fázi se tvárník nepohybuje. Pohybuje se jen část formy se střižnou hranou a střižníky, které oddělí přebytečný materiál a vytvoří otvory. Po otevření formy lze výlisek sejmout nebo setřít.

Žádné další dokončovací operace není nutné provádět.

9. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Ekonomické zhodnocení výroby daného dílu se zabývá srovnáním parametrů a výrobních nákladů nového plastového nárazníku s doposud vyráběným nárazníkem kovovým.

Nejprve je třeba provést porovnání nákladů na materiál. Kovový nárazník při hmotnosti asi 5,5 kg a ceně materiálu 4,50 Kčs za jeden kilogram plechu, přijde asi na 24,75 Kčs. U nárazníku z plastické hmoty, který váží asi 2 kg a předpokládané ceně asi 12 Kčs za jeden kilogram termoplastické hmoty, bude cena materiálu asi 24 Kčs. Z toho je patrné, že materiálové náklady budou u obou typů nárazníků zhruba stejné.

Zaměříme-li se ale na oblast výroby, je zřejmé, že nová technologie dosáhne řady úspor. Například úsporu pracnosti vzhledem k možnosti výroby nárazníku v celku, na rozdíl od dělení stávajícího vývalku. Další úspora spočívá v tom, že u kovového nárazníku je potřeba navařovat spojky na sešroubování obou polovin. Je třeba umisťovat překryt spoje. Důležité je i odstranění nutnosti povrchové úpravy chromováním, což se ještě projeví na úspoře úzkoprofilového barevného kovu, chromu. Uspoří se také technická pryž odstraněním svislých členů.

Lze též předpokládat přínosy z hlediska menšího objemu výroby náhradních dílů vzhledem k větší odolnosti materiálu, jak proti mechanickému poškození, tak proti korozi. Dalším přínosem bude zvýšení prodejnosti vozidla zejména na zahraničních trzích, kde plastové doplňky tohoto typu jsou v podstatě standardem.

10. ZÁVĚR

Tato diplomová práce, která vyplynula ze spolupráce VŠST v Liberci s AZNP Škoda v Mladé Boleslavi, se zabývá řešením nového prvku v konstrukci osobních automobilů vyráběných v ČSSR. Tímto prvkem, který se na našich vozech začíná používat teprve v posledních letech, je nárazník z plastické hmoty.

Řešení výroby nárazníku mechanickým tvarováním nelze považovat za konečné, ale pouze za přechodný stav, neboť tato technologie nezajišťuje nejekonomičtější využití materiálu. Má velké procento odpadu, který je v daném stavu neupotřebitelný a je nutno jej vracet výrobě. Podstatně větší využití materiálu poskytuje výroba nárazníku vstřikováním, které má proti tvarování ještě řadu předností.

V první části se diplomová práce zabývá teoretickým rozborem zpracování plastických hmot mechanickým tvarováním. Dále pojednává o druhu materiálu, jež by nejlépe vyhovoval podmínkám, kterým je v provozu vystaven.

Diplomová práce nerozebírá pouze otázku vhodného materiálu a technologického procesu s nutnými technologickými podmínkami, ale i celou koncepci, od úpravy tvaru až po způsob upevnění.

V poslední části diplomové práce jsou obsaženy optimální technologické podmínky včetně ekonomického zhodnocení a návrhu technologického postupu výroby. Závěry práce jsou podloženy výsledky experimentálních měření, provedených v laboratořích plastů na VŠST v Liberci.

Závěrem bych chtěl poděkovat s. ing. J. Krebsovi CSc, vedoucímu DP, konzultantovi s. ing. O. Líkařovi z AZNP Škoda, s. F. Ocknechtovi z n.p. Technoplast v Chropyni a s. ing. J. Cejnarovi za jejich odbornou pomoc při řešení zadaného úkolu. Současně bych chtěl poděkovat též s. B. Růžičkové, která mi pomohla při psaní DP po stránce stylistické.

11. LITERATURA

1. Bišian, E.: Vákuové tvarovanie termoplastov, SVTL Bratislava 1967
2. Evans,E.R.: The mechanical behavior of thermoplastic materials in deep drawing process-Polymer Engineering and Science, January 1973
3. Bachadur,S.,Henkin,A.: Investigation of the ductibility of rolled polymers, Polymer Engineering and Science 1973, č.6
4. Schrader,W.: Zpracování a svařování plastických hmot, SNTL Praha 1962
5. Čfunděl,F.: Zpracování novoduru, SNTL Praha 1964
6. Krebs, J.: Organické polymery, učební text VŠST Liberec Liberec 1978
7. Doležal, V.:Plastické hmoty, SNTL Praha 1961
8. Volkenštějn,M.V.: Fizika polimerov, Izd. innostr. lit., Moskva 1960
9. Vyoral, F.: Kaučuk a plastické hmoty, č.7, 233 /1961/
10. Raimesneider, A.: Kunststoffverarbeiter, č.8, 295 /1959/
11. Franta, J. a kol.: Gumárenská technologie II, SNTL Praha 1955
12. Technické reglementy a pasporty n.p. Technoplast, Chropyně