

Konstrukce přetlačovací gumárenské formy

Michal Sviták

Bakalářská práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal SVITÁK**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce přetlačovací gumárenské formy**

Zásady pro vypracování:

- 1. Teoretická část**
- 2. Vypracujte literární studii na dané téma**
- 3. Praktická část**
- 4. Navrhněte lisovací formu propagačního štítku**
- 5. Vyberte vhodný vulkanizační lis**
- 6. Vytvořte model výrobku a výrobní dokumentaci lisovací formy**
- 7. Závěr**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Tomis F., **Základy gumárenské a plastikářské technologie**, 1980, Brno, VUT, ISBN 55-599-80

2. Tomis F., Helfštýn J., Kaňovský J., **Formy a přípravky**, 1979, Brno, VUT, ISBN 55-635-79

3. Růžička K., Pospíšil L., **Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I.**, 1979, Zlín, VÚGPT

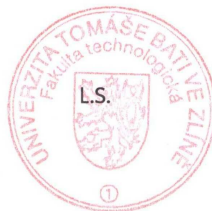
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. června 2008**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2008


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce řeší konstrukci gumárenské formy propagačního štítku. Štítek se bude vyrábět z tvrdé pryže. Takovouto výrobu je možno realizovat technologií lisování, přetlačování nebo vstřikování. Pro výrobu štítku byla zvolena technologie přetlačování. Konstrukce formy závisí na materiálu výrobku a zvolené technologii výroby. V bakalářské práci jsou navrženy tvar, rozměry a materiál propagačního štítku a konkrétní konstrukční řešení nástroje pro jeho výrobu - formy. Jsou zde také obsaženy základní konstrukční výpočty, sloužící k návrhu této formy, a její výrobní dokumentace. Pro výrobu propagačního štítku je zvolen laboratorní vulkanizační lis.

Klíčová slova: gumárenská forma, propagační štítek, pryž, lisování, přetlačování, vstřikování, vulkanizační lis

ABSTRACT

The bachelor thesis is dealing with a rubber mould of a propagation label design. The label is going to make of hard rubber. This kind of production can be carried out by the compression, transfer or injection moulding technologies. For the production of the label has been chosen the transfer moulding technology. Construction of a mould depends on material of a product and the chosen production technology. In the bachelor thesis is proposed the shape, proportions and material of the propagation label and the concrete design of a tool for its production - the mould. There are basic constructive calculations which are serving to design this mould and its production documentation included. For the production of the propagation label the laboratory curing press is chosen.

Keywords: rubber mould, propagation label, rubber, compression moulding, transfer moulding, injection moulding, curing press

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Zdeňkovi Dvořákovi, CSc., za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TECHNOLOGIE VÝROBY ELASTOMERNÍCH VÝROBKŮ	11
1.1 LISOVÁNÍ.....	11
1.1.1 Lisovací cyklus.....	12
1.1.2 Příprava nálože.....	13
1.1.3 Vulkanizace v lisovací formě.....	13
1.1.4 Přetoky	13
1.1.5 Výhody a nevýhody.....	14
1.2 PŘETLAČOVÁNÍ	14
1.2.1 Přetlačovací cyklus.....	15
1.2.2 Poměry ve formě	16
1.2.3 Výhody a nevýhody.....	17
1.3 VSTŘIKOVÁNÍ.....	18
1.3.1 Vstřikovací cyklus.....	20
1.3.2 Specifika vstřikování kaučukových směsí	21
1.3.3 Výhody a nevýhody.....	21
2 NAVRHOVÁNÍ VÝROBKŮ Z ELASTOMERŮ	23
2.1 DĚLÍCÍ PLOCHA.....	23
2.2 TLOUŠŤKA STĚN	24
2.3 PŘECHODY MEZI RŮZNÝMI TLOUŠŤKAMI STĚN.....	25
2.4 ZAOBLNĚNÍ HRAN	27
2.5 ÚKOSY, PODKOSY, ZÁPICHY	28
2.6 OTVORY	28
2.7 ZÁVITY.....	30
2.8 OKRAJE, OBRUBY	31
2.9 RÝHOVÁNÍ A VROUBKOVÁNÍ.....	32
2.10 ZNAKY, SYMBOLY A ZNAČKY	32
2.11 PROVEDENÍ A VZHLED VÝROBKU.....	33
2.12 ELASTOMERY	33
2.12.1 Skladba směsí.....	34
2.12.2 Volba kaučukové směsi.....	36
2.12.3 Vulkanizace.....	36
2.13 SMRŠTĚNÍ.....	38
3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ GUMÁRENSKÝCH FOREM	40

3.1	POSTUP PŘI NAVRHOVÁNÍ FORMY	40
3.2	ROZDĚLENÍ FOREM	41
3.2.1	Lisovací formy	41
3.2.1.1	Návrh dutiny formy	41
3.2.1.2	Součásti formy	42
3.2.1.3	Ohřev formy	44
3.2.2	Přetlačovací formy	44
3.2.2.1	Návrh vtokových kanálků, vtokových ústí a dutiny formy	45
3.2.2.2	Návrh odvzdušnění a přetokových kanálků	46
3.2.2.3	Přetlačovací komora	48
3.2.2.4	Ohřev formy	49
3.2.3	Vstříkovací formy	49
3.2.3.1	Návrh dutiny formy	50
3.2.3.2	Vtokový systém	50
3.2.3.3	Odvzdušnění tvarových dutin	51
3.2.3.4	Temperace forem	51
3.2.3.5	Vyhazovací systémy	51
3.3	VÝROBA FOREM	51
3.3.1	Materiály forem	52
3.3.2	Způsoby výroby forem	52
3.3.3	Metalurgické úpravy	53
3.3.4	Dokončovací operace	53
II	PRAKTICKÁ ČÁST	55
4	PROPAGAČNÍ ŠTÍTEK	56
4.1	TVAR A ROZMĚRY	56
4.2	RELIÉFY	57
4.3	MATERIÁL	59
4.3.1	Vulkanizace	60
4.3.2	Smrštění	62
4.3.3	Tvrdost	63
4.4	VOLBA TECHNOLOGIE VÝROBY PROPAGAČNÍHO ŠTÍTKU	64
5	FORMA	65
5.1	VÝPOČET SPOLEHLIVÉHO UZAVŘENÍ FORMY	65
5.2	KONTROLA NA OTLAČENÍ	67
5.3	KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ FORMY	69
5.3.1	Dolní tvarová deska	71
5.3.2	Horní tvarová deska	73
5.3.3	Tvarové vložky	75
5.3.4	Vodící prvky	76
5.3.5	Vtoková vložka	77
5.3.6	Přetlačovací komora	78
5.3.7	Přetlačovací píst	79
6	VOLBA VULKANIZAČNÍHO LISU	81

ZÁVĚR	82
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	84
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	85
SEZNAM OBRÁZKŮ	87
SEZNAM TABULEK.....	89
SEZNAM PŘÍLOH.....	90

ÚVOD

Propagace je nedílnou součástí politiky každé univerzity. Naše univerzita, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, netvoří v tomto směru žádnou výjimku. Vždyť právě tato oblast má za cíl vhodným způsobem na Univerzitu upozornit a především zaujmout cílové skupiny osob. Tvoří tak jeden z pilířů svého úspěchu. Tento nesnadný úkol se plní různými způsoby. Jedním z nich je oblast propagačních předmětů.

Cílem bakalářské práce je zkonstruovat přetlačovací gumárenskou formu propagačního štítku, zhotovit její výrobní dokumentaci a zvolit vhodný vulkanizační lis pro jeho výrobu.

Propagační štítek je z tvrdé pryže. Tvar a rozměry propagačního štítku odpovídají tvaru a rozměrům mince 1 Euro. Je určen k odemykání nákupních vozíků u supermarketů jako náhražka standardní kovové mince nebo jako upomínkový předmět.

Takovýto gumárenský výrobek lze vyrábět různými technologiemi. Vhodné metody výroby jsou z technologických a ekonomických důvodů lisování, přetlačování a vstřikování. Jedná se o cyklické výrobní procesy. Každá z těchto metod má v praxi poměrně široké uplatnění a vykazuje určité výhody či nevýhody.

Abychom mohli daný štítek vyrobit, musíme znát zásady pro návrh výrobků z elastomerů, jakož i samotné vlastnosti materiálu, ze kterého bude výrobek vyráběn a jeho zpracovatelské postupy. Důležitými faktory pro konstrukci nástroje pro výrobu propagačního štítku - formy - jsou také smrštění materiálu (pryže) a časový průběh vulkanizace.

Jak vyplývá z charakteristik uváděných výrobních procesů, výrobek se bude vyrábět ve formě. Forma udává svými tvarovými částmi gumárenské směsi přibližně konečný tvar výrobku. Tomu musí odpovídat konstrukční řešení formy. Gumárenské formy jsou rozděleny podle výrobní technologie na lisovací, přetlačovací a vstřikovací. Podle toho se také liší jejich specifika. S konstrukcí forem je úzce spjata také problematika výroby forem. K obecnému řešení konstrukce forem nám slouží obecné postupy při jejich navrhování, které aplikujeme na konkrétní případy.

Součástí práce jsou také základní konstrukční výpočty, sloužící k návrhu formy: výpočet smrštění materiálu (pryže), výpočet spolehlivého uzavření formy a kontrola na otlacení v dělicí rovině formy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VÝROBY ELASTOMERNÍCH VÝROBKŮ

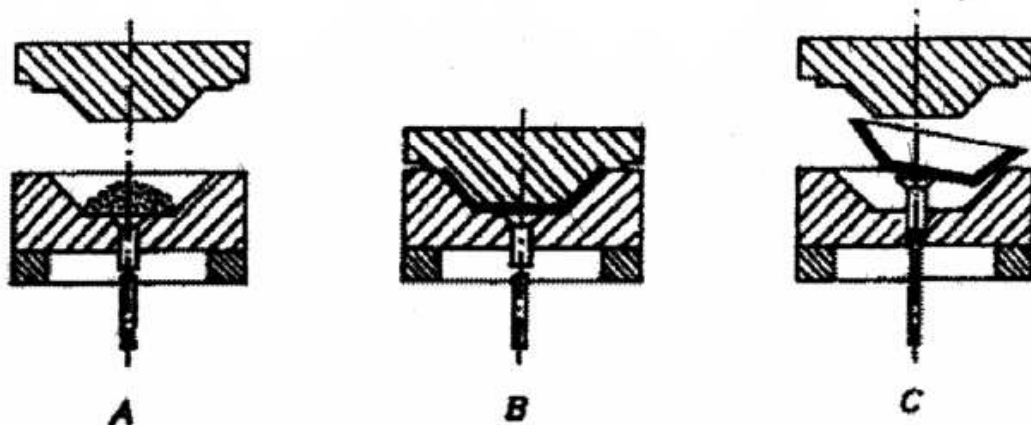
Elastomerní výrobky se vyrábějí několika základními způsoby, z nichž nejpoužívanější jsou:

- vytlačování
- lisování
- přetlačování
- vstřikování
- ostatní metody (válcování, máčení, natírání,...)

Vytlačování podobně jako např. válcování slouží především k výrobě polotovarů. Řadí se ke kontinuálním výrobním procesům. Pro naše účely je však vhodné popsat především cyklické způsoby výroby elastomerních výrobků. [1]

1.1 Lisování

Lisování je cyklický tvářecí proces, při němž se vulkanizace kaučukové směsi provádí teplem a tlakem ve formě. V průběhu vulkanizace dostává gumárenský výrobek současně konečný tvar. Materiál je v lisovací formě tvářen účinkem tlaku lisovacího stroje za normální nebo zvýšené teploty. Schematicky je proces lisování znázorněn na obrázku (Obr. 1).



Obr. 1. Princip lisování.

A - plnění formy, B - lisování, C - vyjímání vylisku z formy [2]

Nálož gumárenské směsi se plní do otevřené dutiny formy. Účinkem lisovacího tlaku materiál zaplní tvarovou dutinu a převezme její tvar. Lisovací tlak je lisovací síla vztažená na průmět dutiny formy včetně dosedacích ploch do dělicí roviny, kolmé ke směru působení lisovací síly. Lisovací síla je maximální hodnota síly, která působí na formu při lisování.

Ve formě probíhá vulkanizace. Je to děj, při němž probíhají výrazné chemické změny za působení tepla a tlaku. V lisovaném materiálu vzniká prostorová síťová struktura, v důsledku čehož ztrácí materiál nevratně své tvářecí schopnosti. Současně však mohou probíhat jiné chemické změny, jako degradace nebo destrukce. Tyto jsou zpravidla nežádoucí. Proto musíme volit optimální technologické podmínky pro jednotlivé materiály.

Lisováním lze vyrábět polotovary i konečné výrobky. Lisované výrobky se také nazývají výlisky. [1] [3]

1.1.1 Lisovací cyklus

Lisovací cyklus zahrnuje sled opakujících se operací potřebných pro zhotovení výlisku. Cyklus závisí na druhu zpracovávaného materiálu. Pro kaučukové materiály má cyklus tuto podobu:

- 1) plnění lisovací formy
- 2) uzavření lisovací formy
- 3) odzdušnění
- 4) vulkanizace
- 5) otevření lisovací formy
- 6) vyhození výlisku - mechanicky nebo ručně
- 7) očištění a příprava lisovací formy pro další cyklus [1]

Délka výrobního cyklu při lisování závisí hlavně na kinetice vulkanizace a na průběhu ohřevu kaučukové směsi (velký vliv na průběh ohřevu mají především tloušťky stěn výrobku). [3]

1.1.2 Příprava nálože

Způsob přípravy nálože závisí na tvaru výrobku, konstrukci lisovací formy a složení kaučukové směsi. Zásadou je, aby nálož měla co nejpodobnější tvar jako konečný vylisek. Pak stačí poměrně krátký tok materiálu, vyvolaný lisovacím tlakem, k úplnému zaplnění dutiny formy. Tvar nálože a její umístění do formy musí umožňovat únik vzduchu z formy, proto se volí tvar nálože spíše vyšší a užší, případně lze použít tzv. odvzdušnění, kdy se po zalisování tlak uvolní. Toto se může i několikrát opakovat než se forma uzavře definitivně lisovacím tlakem.

Nálož se připravuje z polotovarů vzniklých válcováním či vytlačováním. Hmotnost nálože se rovná hmotnosti hotového výrobku zvětšené o normální velikost přetoku. V případě menší hmotnosti vznikají tzv. nedolisky, naopak při velké hmotnosti mohou vzniknout zbytečně velké přetoky, popř. může dojít k tvarové, či rozměrové odchylce. [1] [3]

1.1.3 Vulkanizace v lisovací formě

Do formy předehřáté na vulkanizační teplotu se vloží připravená nálož. Forma musí být odseparována separačním činidlem. Lis formu uzavře malou silou a stlačí ji vysokým tlakem. Forma musí dokonale přiléhat k topným deskám lisu, aby mohla řádně proběhnout vulkanizace. Poté se tlak uvolní a vylisek se vyjímá z formy. [1] [3]

Ohřev materiálu probíhá pouze vedením tepla od stěny formy, což vede k delším výrobním cyklům. Předlisky se proto někdy před vložením do formy předehřívají horkým vzduchem nebo pomocí UHF ohřevu. [3]

Vulkanizační lisy jsou většinou ohřívány vodní párou. Pro vyšší teploty se častěji používá elektrický ohřev. [3]

1.1.4 Přetoky

Forma se uzavírá současně s lisem, proto přebytečný materiál nemá kam unikat z dutiny formy. Kvůli tomu se v dělicí rovině vytváří přetok, jenž je spojen s vyliskem a teplem také zvulkanizuje.

Při vhodné konstrukci formy je možné přetok odstranit pouhým odtržením po vyjmutí vylisku z formy. V případě složitějších vylisků je možno používat nůžek a přetoky odstříhávat. K jednoduššímu a rychlejšímu odstraňování přetoků můžeme využívat různých

přípravků. Tenké přetoky můžeme odstranit i zmrazováním v zmrazovacích rotačních bubnech. Přetoky se rychle podchladí (dříve než hmota samotného výlisku), zkřehnou a odlamují se vzájemnými nárazy. [1]

1.1.5 Výhody a nevýhody

K výhodám lisování bezesporu patří jednoduchost a cena nástroje - formy. Vnitřní pnutí je minimální, protože materiál je v dutině formy vystaven jen krátkému a mnohsměrnému toku. Odpadají také problémy spojené s vtokovou soustavou.

Tato technologie však vykazuje také řadu nevýhod. Je to např. složitější příprava polotovarů (náloží), je také náchylná na vznik defektů způsobených nedostatečným odvodněním a vlhkostí. Na výliscích také zůstávají poměrně velké přetoky do dělicí roviny. Tato metoda je nevhodná pro výrobu silnostěnných dílů nebo dílů s delším tokem. Tyto nevýhody poukazují na malou produktivitu práce při lisování. [1] [2] [3]

1.2 Přetlačování

Hlavní rozdíl oproti lisování ve formě spočívá v tom, že kaučuková směs je při přetlačování vytlačena pomocí pístu z pomocné tlakové komory do uzavřené dutiny formy vstřikovacími kanálky, přičemž přetlačovací komora bývá zpravidla součástí formy. Tím jsou lépe definovány tokové poměry ve formě. Přitom se může ohřívat, popř. odvodňovat. To umožňuje vyrábět výrobky s větší tloušťkou stěny případně i zkrácení výrobního cyklu. Omezení tloušťky stěny je dáno tepelnou stabilitou materiálu. [1] [3]

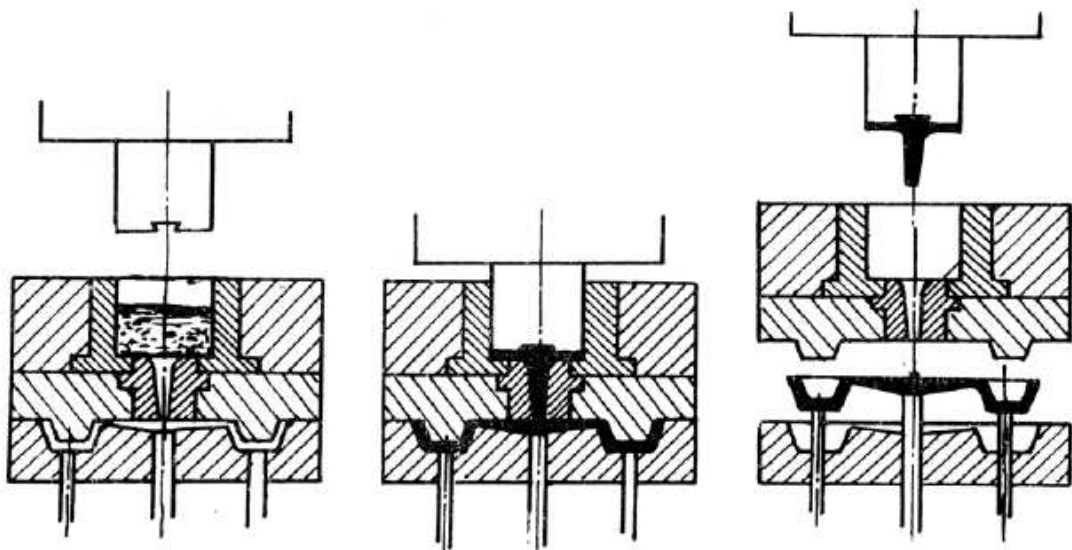
Všechna jádra a vložky jsou ve formě pevně upnuty. Toto má vliv na přesnost rozměrů hotového výrobku. Případné obtékání velkých překážek v dutině formy může zapříčinit vzhledové i jiné vady. Při tečení materiálů, obsahujících plniva, může nastat odměšování a u vláknitých plniv také orientace. Výsledkem je potom anizotropie vlastností hotového výrobku. [1]

Smyk ve směsi při toku přetlačovacími kanálky směs poněkud ohřívá a snižuje tak její viskozitu. Kaučuková směs s nižší viskozitou snadněji vyplňuje dutinu formy a zvýšená teplota směsi urychluje vulkanizaci. Při přetlačování také odpadá složitě vkládání předlisků do formy (ovšem za cenu složitější formy). [3]

1.2.1 Přetlačovací cyklus

Před zahájením nového vstřikovacího cyklu se forma zcela vyprázdní a očistí, a to včetně přetlačovací komory, vtokových a rozváděcích kanálů. Postup při přetlačování lze vysledovat z obrázku (Obr. 2).

Kaučuková nálož se vkládá do přetlačovací komory. Při spuštění lisu se dolní lisovací deska pohybuje vzhůru a do přetlačovací komory začíná vnikat přetlačovací píst, upevněný na horní lisovací desce. Ten protlačuje směs přes vtokové kanálky do dutiny formy. Protože je forma v době plnění již uzavřena, je možno také přesněji nastavit použité množství materiálu.



Obr. 2. Princip přetlačování. [1]

U formy s velkou dutinou se vyvíjí uvnitř po naplnění směsí značný tlak, a není-li průměr přetlačovacího pístu dostatečný, má forma tendenci se otvírat a vznikají přetoky. Proto se přetlačování používá hlavně k výrobě menších technických vylisků.

Předehřev materiálu pro přetlačování se zpravidla provádí mimo formu. Konečný ohřev na vysokou teplotu nastává ve formě, a to účinkem disipované energie při tečení a také přestupem ze stěn formy. Intenzita se může zvýšit zabudováním topných těles. Pro srovnatelný výrobek bývá délka přetlačovacího cyklu obvykle kratší než u cyklu lisovacího. [1]

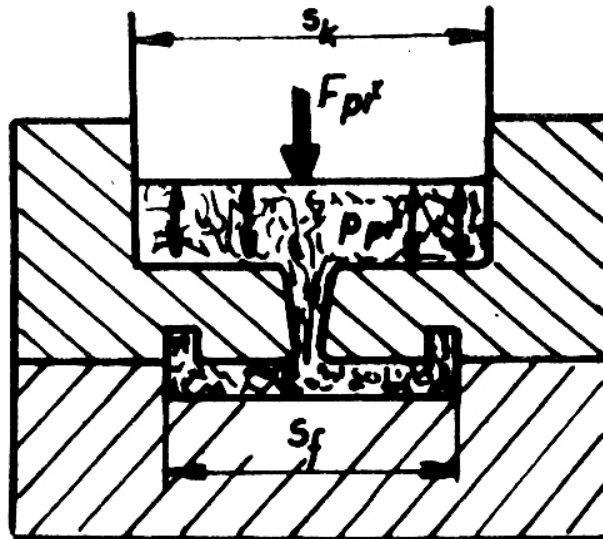
1.2.2 Poměry ve formě

Přetlačovací forma je uzavírána uzavírací silou. Materiál je do dutiny formy přetlačován přetlačovací silou $F_{př}$, která vztažena na plochu přetlačovacího pístu dává přetlačovací tlak $p_{př}$. Aby se forma při přetlačování neotvírala v dělicí rovině musí platit:

$$F_{uz} \succ p_{př} \cdot \Sigma S \quad (1)$$

kde:

- ΣS je průmět ploch všech dutin do dělicí roviny včetně spojovacích kanálků, případně i tlakové komory [m^2]



Obr. 3. Silové poměry při přetlačování. [1]

Při práci na jednopístovém lisu, kdy je dělicí rovina kolmá na osu tlakové komory, při zanedbání tlakových ztrát ve spojovacích kanálech a v dutině formy, plyne ze silové rovnováhy:

$$p_{př} \cdot S_k \geq p_{př} \cdot S_f \quad (2)$$

čili

$$S_k \geq S_f \quad (3)$$

Velikost průřezu přetlačovací komory S_k se stanoví jednak s ohledem na uzavření formy a také s ohledem na velikost dávky přetlačovaného materiálu:

$$S_k = k \cdot n \cdot (S_f + S_p) \quad (4)$$

kde:

- k je koeficient vyjadřující spolehlivé uzavření formy (pro kaučukové směsi nabývá hodnot od 1,2 do 1,3) [-]
- n je násobnost formy [-]
- S_f je průmět dutiny formy do dělicí roviny [m^2]
- S_p je průmět tokových kanálků do dělicí roviny formy [m^2]

Přepočet na pracovní tlak je vázán na velikost ploch v hydraulickém systému.

Vtokové kanály ústí do dutiny formy zpravidla v místě, kde má výrobek největší tloušťku stěny.

Podmínkou dobrého toku materiálu je jeho vhodná teplota. U kaučukových směsí se materiál předeřívá na tzv. přetlačovací teplotu, která se většinou pohybuje v intervalu 80 – 125 °C.

Doba po kterou se pohybuje přetlačovací píst, se označuje jako přetlačovací doba. Závisí na druhu hmoty a teplotě předeřevu. Nepředeřátý materiál vyžaduje asi dvojnásobnou přetlačovací dobu.

Dutina formy musí být odvzdušněná kanálky nebo štěrbinami. Někdy se pro tento účel využívá vůle u vodících čepů, jader a vložek. [1] [4]

1.2.3 Výhody a nevýhody

Mezi výhody technologie přetlačování se řadí především jednoduché dávkování materiálu, výroba i silnostěnných součástí, ale i různě silných stěn výrobků. Pro výrobu stačí jednoduché zařízení - vulkanizační lis. Tato technologie je vhodná pro menší i větší série výrobků.

Nevýhodou je zejména vyšší materiálová spotřeba, protože v přetlačovací komoře a vtokových kanálech zůstává poměrně velké množství materiálu. Přetlačování tedy není vhodné zejména pro malé výrobky, kde podíl odpadu je velký. Také formy i zařízení pro

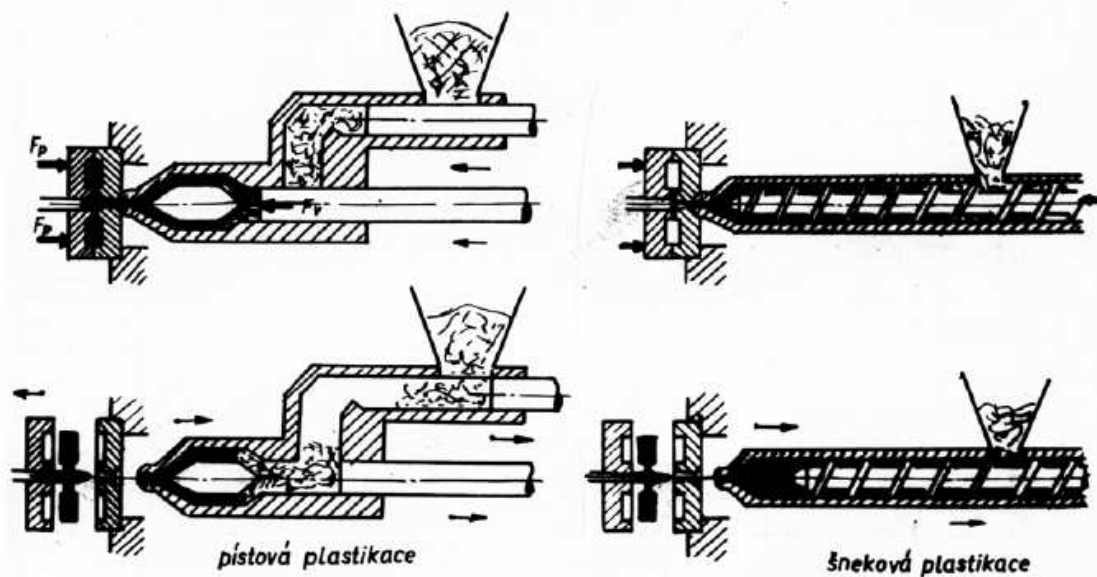
přetlačování jsou náročnější na konstrukci i výrobu. K nevýhodám také můžeme řadit složitější výrobu formy, než je tomu u lisování. Tím stoupne i pořizovací cena nástroje - formy. Také je nutné po každém cyklu pracně vyprázdnit a očistit kanálky i přetlačovací komoru. [1]

1.3 Vstřikování

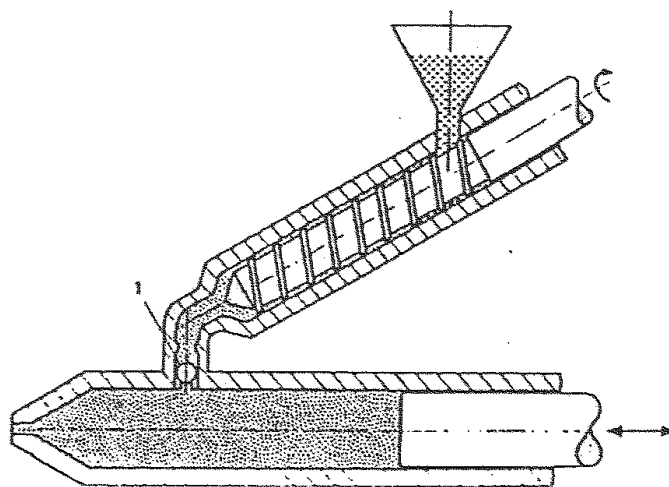
Vstřikování je nejproduktivnější technologie ve výrobě tvarových pryžových výrobků. Vstřikováním lze zpracovat většinu běžných kaučukových směsí a umožňuje výrobu výrobků (výstřiků) jak masivních, tak tenkostěnných, jak miniaturních, tak i rozměrných.

Vstřikování elastomerů je mechanicko-tepelný proces tváření, při kterém dochází vlivem tepla ke změně skupenství výchozího materiálu na kaučukovou směs. Ta se pomocí vstřikovacího stroje se zařízením umožňující přípravu a dopravu kaučukové směsi dostává pod vysokým tlakem do dutiny formy, která je temperovaná. Ta jí dodá konečný tvar. Po uplynutí určité doby, kdy elastomer z vulkanizuje, získáváme hotový výrobek.

Materiál se plastikuje v plastikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Plastikací rozumíme převedení materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla. Princip vstřikování s různými typy plastikačních jednotek zobrazují následující obrázky (Obr. 4, Obr. 5).



Obr. 4. Princip vstřikování. [1]



Obr. 5. Vstřikovací stroj s plastikačním šnekem a vstřikovacím pístem.

1 - zpětný ventil [2]

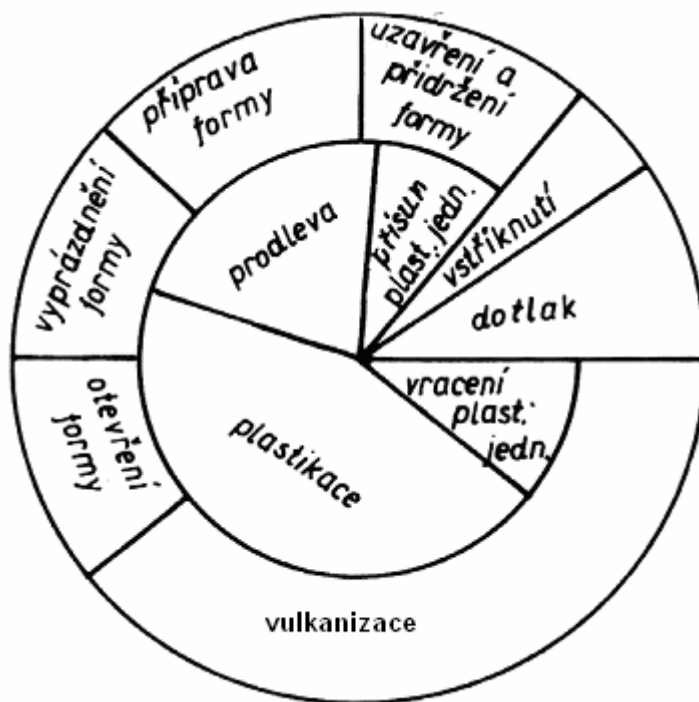
V gumárenské technologii se často používá krátký šnek a zásobování páskem předehřáté kaučukové směsi. Vzhledem k požadovaným relativně nízkým teplotám zplastikované směsi na konci šneku jsou jednotky obvykle temperovány vodou.

Kaučuková směs může být vstřikována do formy pomocí dopředného pohybu šneku nebo pomocí pístu. Vysoká vstřikovací rychlost působí velký disipační ohřev směsi ve vstřikovacích kanálcích. Díky vyšším teplotám vstříknutého materiálu je možno při vstřikování dosáhnout poměrně krátkých pracovních cyklů. Tato výhoda se projevuje především u výstříků s větší tloušťkou stěny. Docílujeme také menších deformací a vad na výstřiku díky menším objemovým změnám při ohřevu na vulkanizační teplotu.

Teplota formy při vstřikování je často vyšší než při lisování a přetlačování a je výrazně vyšší než teplota kaučukové směsi ve šneku. [1] [3]

1.3.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti. Jedna se vztahuje k plastikační jednotce a druhá k formě. Forma se uzavírá uzavírací jednotkou. Vstřikovací cyklus nejlépe popisuje obrázek (Obr. 6).



Obr. 6. Vstřikovací cyklus.

K uzavřené formě se přisune plastikační jednotka, ze které se vstříkne zplastikovaný materiál do dutiny formy. Doba, po kterou se plní dutina formy, se nazývá doba plnění. Po zaplnění dutiny formy se na materiál dále působí tlakem, který označujeme jako dotlak..

Doba, po kterou působí dotlak, se nazývá doba doplňování. Dotlak má za účel částečně eliminovat vliv smrštění materiálu a zabránit zpětnému tečení.

Temperace formy závisí na typu zpracovávaného kaučuku, tvaru a tloušťce stěn výrobku. Vytemperovaná a upnutá forma ve stroji je uzavřena uzavírací silou. Její velikost je volena tak, aby byla forma zajištěna proti pootevření při vstřikování. Bezprostředně po vstříknutí směsi do formy se tato za podmínek dostatečné teploty, tlaku a času začne vulkanizovat. Průběh vulkanizace je popsán v kapitole 2. Po dostatečném z vulkanizování směsi se forma otevře a výstřik se vyjme z formy. Chlazení výstřiku probíhá mimo formu. Pro kaučukové směsi bývá vstřikovací teplota 80 až 100 °C, vstřikovací tlak 80 - 100 MPa a teplota formy 160 - 200 °C. [1]

1.3.2 Specifika vstřikování kaučukových směsí

Při vstřikování kaučukových směsí se používají šnekové plastikační jednotky. Materiál se do šneku plní buď jako pásek nebo jako granulát. Vzhledem k vlastnostem kaučukových směsí probíhá plastikace ve šneku za výrazného přispění disipované energie.

Plastikovaný materiál se často dopravuje do vstřikovacího válce, ze kterého se pak vstřikuje do dutiny formy. Při plnění formy materiál teče i v povrchové vrstvě, protože teplota formy je vyšší, než teplota vstřikovaného materiálu. Vyžaduje to volbu dostatečných průřezů vtokových kanálů i dutiny formy. Forma musí být dokonale od vzdušněna. Vyhažovací systém musíme volit s ohledem na vysokou pružnost a malou pevnost hotových výstřiků. Často se používá pneumatického vyhazování.

Vstřikování kaučukových směsí umožňuje výrobu tlustostěnných výrobků při zkrácené vulkanizační době a zvýšené kvalitě vulkanizátu. Vyžaduje však náročnější výrobní zařízení a složitější formy. Tím je také méně vhodné pro kusovou výrobu. [1]

1.3.3 Výhody a nevýhody

Hlavní výhody vstřikování jsou shrnuty v následujících bodech:

- v závislosti na geometrii výstřiku, na směsi a použitém zařízení se doba vulkanizace zkracuje o 70 - 90%
- menší rozdíly v teplotě vulkanizované směsi dávají menší rozdíly ve stupni vulkanizace a rovnoměrnější vlastnosti především u tlustostěnných výrobků

- množství odpadu je poměrně nízké - 5 až 10% (při lisování ve formě 10 - 40%)
- odpadá nutnost formu opakovaně otevírat kvůli od vzdušnění
- velké možnosti pro automatizaci výroby
- velká produktivita práce
- vysoká kvalita výstřiků
- jednoduché dávkování materiálu

K hlavním nevýhodám patří:

- vysoké investice do strojového vybavení a vysoké pořizovací ceny nástrojů - form
- náročnost výroby formy
- nelze najednou zpracovat velké objemy materiálu jako při lisování [1] [3]

2 NAVRHOVÁNÍ VÝROBKŮ Z ELASTOMERŮ

Základním podkladem při navrhování formy je výkres výrobku. V něm ale zpravidla nebývá řešena technologie výroby. Proto se výrobek upravuje tak, aby byl v souladu se zvoleným výrobním postupem. V podstatě jde o zabezpečení požadovaných vlastností výrobku při vysoké spolehlivosti a ekonomii jeho výroby. [4]

Dobře zkonstruovaná součást z pryže musí nejen vyhovovat všem technickým požadavkům kladeným na její funkci, ale musí se i dobře vyrábět. Je také třeba dbát na co nejmenší spotřebu surovin. Musí se přihlížet i k tomu, že pryž v napnutém stavu mnohem více eroduje, tj. volit pokud možno takový tvar, jaký má mít výrobek při použití. [5]

Předem je také dobré se přesvědčit v katalogích nebo normách, zda již nebyl typizován nebo normalizován stejný nebo tvarově podobný výrobek. Pokud tomu nebrání zvláštní požadavek, musí se v kladném případě konstrukce výrobku volit tak, aby se mohlo použít standartního výrobku. [5]

Konstrukce musí splňovat některé základní parametry technologičnosti:

- volit co nejjednodušší tvary
- tvar upravit tak, aby součásti měly co nejmenší hmotnost při zachování potřebné pevnosti a dalších mechanických a dynamických vlastností
- volit takovou konstrukci, aby nevznikaly zmetky převulkanizováním nebo nedovulkanizováním rozdílných průřezů
- uvážit řešení odvzdušnění formy
- omezit na nejmenší možnou míru dokončovací práce [5]

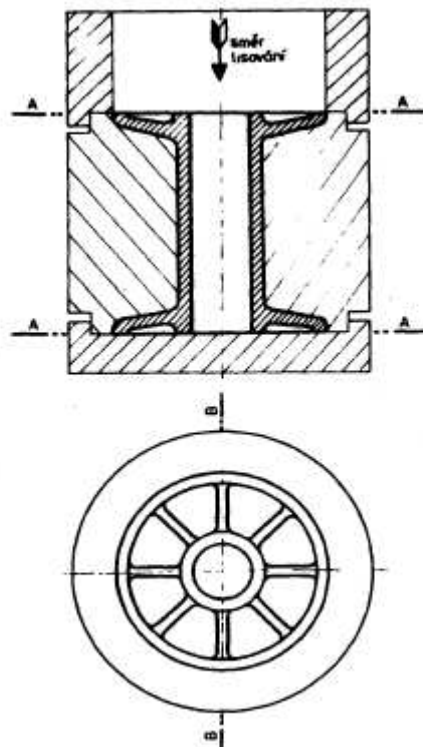
2.1 Dělicí plocha

Při návrhu výrobku vyráběného ve formě musíme v první řadě brát ohled na umístění dělicích ploch, aby byl výrobek vyrobitelný a forma co nejjednodušší.

Dělicí plocha je plocha, ve které na sebe dosedají části formy při uzavření dutiny formy. Hlavně z výrobních důvodů bývá nejčastějším případem dělicí plochy dělicí rovina. Dělicí plocha se umísťuje vzhledem k výrobku tak, aby bylo snadné jeho vyjímání z dutiny

formy a aby stopa po dělicí rovině nepůsobila vady na výrobku. Vzniklé přetoky se musejí dát lehce odstranit.

S ohledem na umístění dělicí roviny rozlišujeme hlavní a vedlejší dělicí rovinu. Za hlavní dělicí rovinu se zpravidla považuje dělicí rovina, která je kolmá na směr uzavírání formy. Ostatní dělicí roviny jsou pak vedlejší. Příklad řešení dělicích rovin ukazuje obrázek (Obr. 7).



Obr. 7. Řešení dělicích rovin.

A-A...hlavní dělicí roviny,

B-B...vedlejší dělicí rovina [4]

Dělicí rovina se zpravidla umísťuje do hrany nebo vypouklé plochy výrobku. Vhodným umístěním dělicí roviny také vyloučíme vliv případného opotřebení části formy během provozu. V dělicí rovině se okraj výrobku zpravidla vyztužuje. Jestliže se má dosáhnout vyšší tuhosti výrobku, může se vytvořit obruba. [4]

2.2 Tloušťka stěn

Tloušťka stěn musí vyhovovat požadavkům:

- funkčním (pevnost, tuhost, rozměrová stálost, elektrická a tepelná vodivost,...)
- výrobním (vlastnosti zpracovávaného materiálu, způsob vyhazování, požadovaná přesnost)
- ekonomickým

Základním požadavkem je dosáhnout co nejmenší tloušťky stěny. Dále se požaduje, aby tloušťka stěny byla rovnoměrná. Vulkanizace pak probíhá stejnoměrně a výroba je hospodárná. Tato zásada se má dodržovat při konstrukci výrobků z měkké pryže a je nezbytné ji dodržet při navrhování tvarů z tvrdé pryže. Tuhosti lze dosáhnout nejlépe žebrováním.

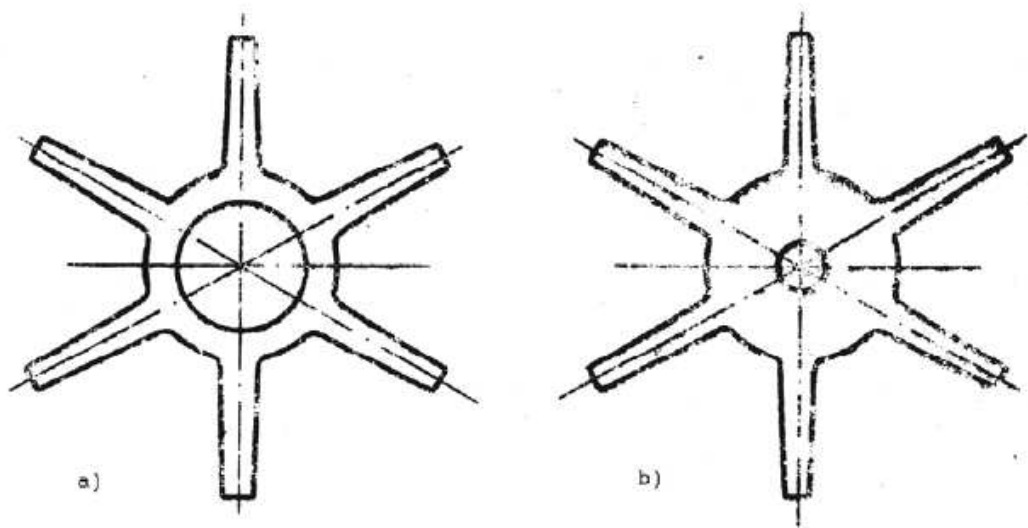
Kaučuková směs je v zásadě špatným vodičem tepla. Získání dobrého vulkanizátu závisí na stejnoměrném prohřátí kaučukové směsi v celém průřezu. Tyto dvě okolnosti omezují rozsah tloušťky průřezu výrobku při vulkanizaci. [4]

2.3 Přejechy mezi různými tloušťkami stěn

Z konstrukčních důvodů často nelze dodržet stejnou tloušťku průřezu. Pak musí být použito pozvolných přechodů mezi těmito různými průřezy. U výrobků z tvrdé pryže musí být přechody zvláště mírné. Při napojování několika stěn, kde je výstřik tlustší, musíme konstrukci upravit tak, aby tloušťka tohoto průřezu nebyla příliš rozdílná. Při chladnutí by totiž mohlo nastat nebezpečí vzniku trhlin, v důsledku nestejnoměrného smršťování.

Příklady konstrukčních řešení jsou na obrázcích (Obr. 8, Obr. 9, Obr. 10).

Jestliže nelze vyrobit výrobek se správnou tloušťkou stěny, může se rozdělit na více částí a dodatečně spojit, např. lepením. [5]



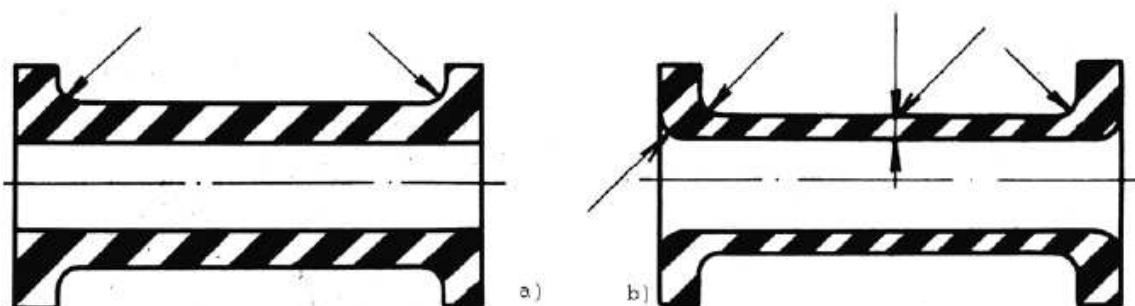
Obr. 8. Konstrukční řešení tloušťek stěn.

a) správně - tloušťka stěn rovnoměrná, přechody pozvolné, poloměr zaoblění dostatečně velký; b) špatně - rozdílná tloušťka stěn, náhlé přechody [5]



Obr. 9. Konstrukční řešení tloušťek stěn.

a) správně - přechod pozvolný, b) špatně - náhlý přechod [5]



Obr. 10. Konstrukční řešení tloušťek stěn.

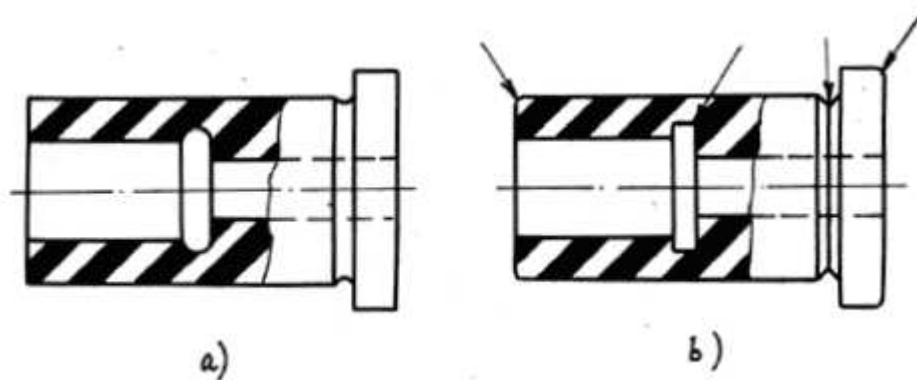
a) správně - stejnoměrná tloušťka stěn, přechody zaoblény; b) špatně - nestejnoměrná tloušťka stěn, nevhodné zaoblění přechodů [5]

2.4 Zaoblení hran

Hrany a kouty je potřeba zaoblit zvláště tam, kde protéká v dutině formy materiál. Zaoblení zlepšuje tok materiálu v dutině formy, usnadňuje vyjímání výrobků a snižuje zbytkové vnitřní pnutí. Navíc zvyšuje tuhost výrobku. Zaoblením lze dosáhnout také lepšího vzhledu výrobku.

Ostré hrany se ve formě špatně vyrábějí a snadno se poškozují. Při volbě zaoblení je potřeba plně respektovat výrobní možnosti.

Ostré hrany, kouty, zářezy a vruby mají nepříznivý vliv na životnost pryžového výrobku. V ostrých hranách a zářezech se zvětšuje napětí vláken, takže rychleji podléhají únavě. Kouty a hrany musí být zaobleny a součást by měla mít mírně kuželový tvar. Tím se zvětšuje mechanická pevnost výrobku, usnadňuje se tečení kaučukové směsi, předchází se tím vzniku zmetků a zlepšuje se vzhled výstřiku. Zaoblení bývá obvykle nejméně 1 mm. U dynamicky namáhaných součástí by mělo být minimální zaoblení ještě větší. Platí zásada, že čím větší jsou poloměry zaoblení, tím stejnoměrnější je zatížení všech povrchových vláken, a tím menší je možnost vzniku trhlin. Nedoporučuje se však zaoblovat hrany v dělicí rovině, protože to zdražuje výrobu formy a znesnadňuje vyhazování. Příklad správného a špatného zaoblení hran je uveden na obrázku (Obr. 11). [5]



Obr. 11. Zaoblení hran.

a) správně - hrany zaobleny; b) špatně - ostré hrany, zářezy, hrany nesprávně zaobleny [5]

2.5 Úkosy, podkosy, zápichy

Úkos je mírný sklon stěny v dutině formy, který umožňuje snazší vyjímání výrobku. Úkosy musí být na všech plochách kolmých k dělicí rovině. Vzhledem ke smršťování materiálu bývají úkosy na vnitřních plochách přibližně dvojnásobné než na plochách vnějších.

Volba úkosu úzce souvisí s volbou vyhazování. Vnější nulový úkos způsobí, že výrobek zůstane v tvárnici, vnitřní naopak způsobí, že výrobek zůstane na tvárníku.

U žeber volíme úkos poněkud větší. Úkos závisí také na výšce výrobku a jeho rozměrech. Zpravidla se zvětšuje se vzrůstající výškou.

Podkos je úkos, bránící vyjímání výrobku z formy. Stejný účinek mají různé nálitky, zápichy, výstupky apod., které neleží v dělicí rovině a jejichž osy nejsou rovnoběžné se směrem vyhazování. Podkos se někdy volí záměrně, aby výrobek zůstal na jedné části formy, na které je řešeno vyhazování.

V případě zhotovení výrobku se zápichem lze někdy výrobek dělit. Všechny části se pak spojí, např. lepením. [4]

2.6 Otvory

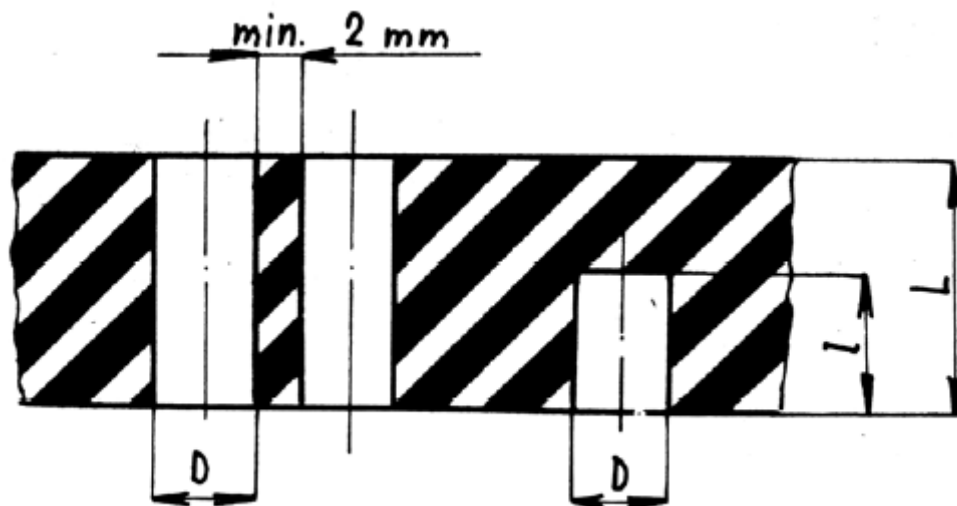
Vzhledem k dělicí rovině mohou být otvory umístěny kolmo, rovnoběžně nebo pod různými úhly. Poslední případ se pokud možno omezuje s ohledem na náročnost řešení formy.

Otvory se mají řešit tak, aby příliš nezmenšovaly pevnost a tuhost výrobku. Také by neměly způsobovat obtíže při výrobě.

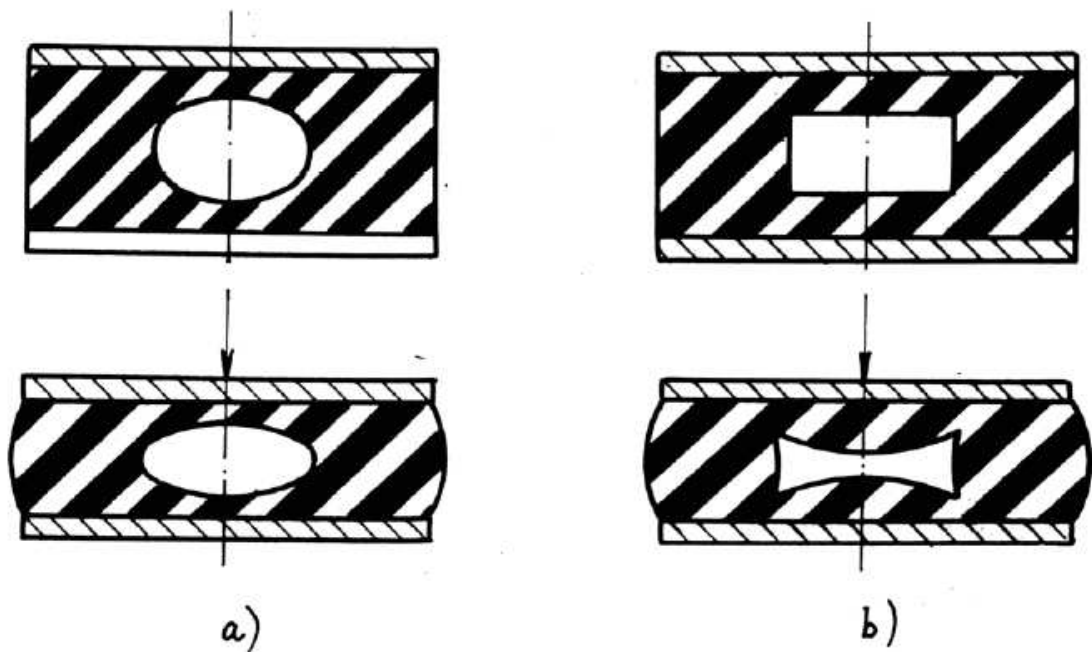
V pryžových součástech se při tváření mohou pomocí trnů vytvořit otvory různého průřezu. Při tváření kaučukové směsi je trn (jádro) namáhán značným tlakem, který musí být řízen tak, aby se trn nevychýlil z předepsané polohy. Pro bezpečnou výrobu otvorů platí tyto zásady:

- u průchozích otvorů, kde je jádro podepřeno na dvou koncích, má být průměr $D = 0,2$ hloubky otvoru, nejméně však 1mm a tloušťka stěny mezi otvory má být minimálně 2 mm - viz obrázek (Obr. 12)

- u slepých otvorů, kde je jádro uchyceno letmo, má být $D = 0,4$ hloubky, nejméně však 1 mm a tloušťka stěny mezi otvory má být minimálně 2 mm - viz obrázek (Obr. 12)
- u výstřiků s většími dutinami, než je uvedeno v předchozím bodu, musí být stěny silnější, protože jinak by se trn tlakem a tokem kaučukové směsi vychýlil ze své osy.
- s ohledem na funkci dílce jako pružiny se musíme vyhnout ostrým koutům z důvodu místní koncentrace napětí - viz obrázek (Obr. 13)
- otvory pro šrouby se volí vždy s dostatečnou vůlí [5]



Obr. 12. Otvory v pryžových výrobcích. [5]

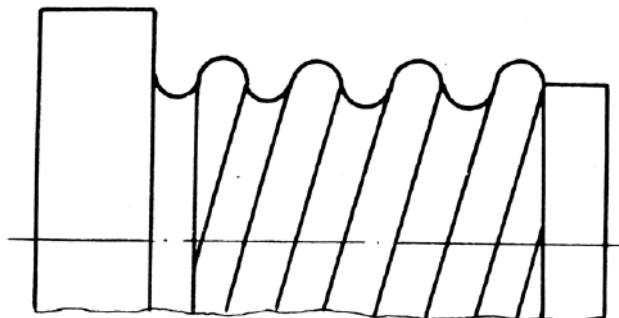


Obr. 13. Otvory v pryžových výrobcích.

a) správně - otvor nemá ostré kouty; b) špatně - v ostrých koutech se při deformaci pružiny, zvětšuje napětí [5]

2.7 Závity

Vnitřní i vnější závity se tváří závitovými trny nebo závitovou maticí. Součásti z pryže, jejichž tvrdost není větší než 90° Shore, se nedoporučuje upevňovat pomocí závitů tvářených v pryži, protože pevnost spoje je příliš malá. Ve výrobcích z tvrdé pryže lze závity tvářet od průměru 6 mm do 30 mm. Závit má být zaoblen, jak naznačuje obrázek (Obr. 14). [5]



Obr. 14. Zaoblení závitů. [5]

2.8 Okraje, obruby

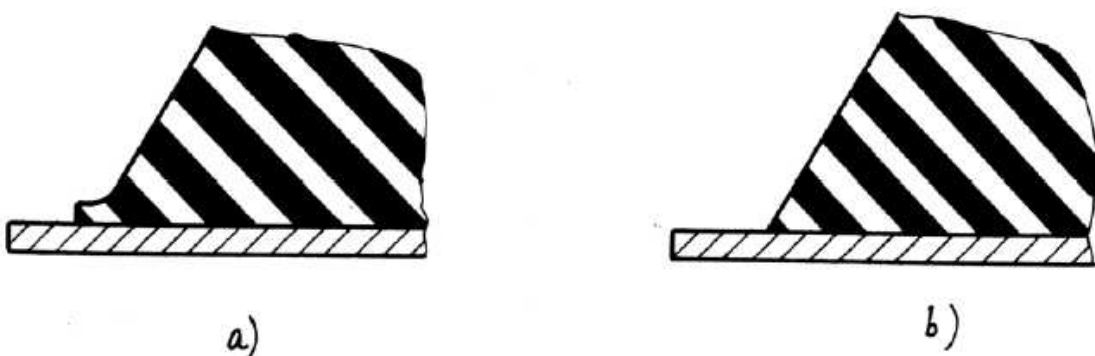
V dělicí rovině se okraje výrobku zpravidla vyztužují. Jestliže se má dosáhnout vyšší tuhosti výrobku, může se vytvořit obruba, jak ukazuje obrázek (Obr. 15). Jednak se tím chrání okraj proti roztržení (vzhledem k malé strukturní pevnosti pryže dochází po nepatrném narušení okraje k postupnému trhání i působením malých sil), jednak se takový okraj nemůže zaměnit s přetokem, který se odděluje od výstřiku.



Obr. 15. Okraje pryžových výrobků.

a) správně - tenký okraj vyztužen, b) špatně - možnost záměny okraje s přetokem [5]

U pryžových výrobků může nevhodně ukončený okraj pryže způsobit vážné poruchy v provozu. Při namáhání pryžokovových výrobků jsou zpravidla nejvíce namáhána okrajová a povrchová vlákna. Proto musí být zakončení takové, aby se v pryži nekoncentrovalo napětí - viz obrázek (Obr. 16). [5]



Obr. 16. Odlehčení okrajových vláken.

a) správně - okrajová vlákna odlehčena, b) špatně - při zatížení se pryž v okrajích snadno odtrhne [5]

2.9 Rýhování a vroubkování

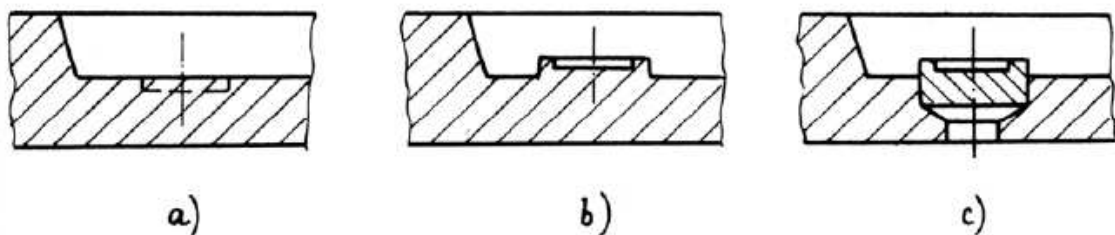
Návrh rýhování, vroubkování nebo jiných úprav povrchu pryžových výrobků musí být řešen tak, aby bylo snadné vyjmout výrobek z formy a také, aby se dala dutina formy jednoduše obrobit. Rýhování má být přímé nebo kruhové a rovnoběžné se směrem vyhazování s roztečí nad 2 mm. [4]

2.10 Znaky, symboly a značky

Při tváření pryžového výrobku ve vulkanizační formě lze na jeho povrchu vytvořit libovolné značky, čísla a písmena.

Pro usnadnění výroby se zpravidla značka vyhlubuje pod povrch tvářecí plochy formy. Po ztvárnění obrysy nápisů a značek vyčnívají nad povrch výrobku. Výška výstupku nemá být větší než 0,2 - 0,5 mm (dle velikosti výrobku).

Jestliže značka nemá vyčnívat nad povrch výrobku, je možné připravit její negativ do výměnné vložky, která vyčnívá nad tvářecí plochu formy, jak je znázorněno na obrázku (Obr. 17). Výhodou tohoto řešení je, že značky lze libovolně měnit. Mimo to je značka na výrobku trvanlivější, protože je chráněna před mechanickým opotřebením zahluobením. Značky se nesmějí umísťovat na dosedací plochy, na kluzné, nebo těsnící plochy nebo na místa s velkým napětím povrchových vláken. Umístění značky na výstřiku vyznačí na výkrese konstruktér. [5]



Obr. 17. Výrobní varianty značek.

- a) značka zahlubena do povrchu formy - vystoupí na výrobku, b) značka vystupí ve formě - pod povrchem výrobku, c) výměnná značka [5]

2.11 Provedení a vzhled výrobku

Požadavky na provedení a vzhled se uvádí na výkrese výrobku. Zde se také vyznačí plocha pro umístění značky nebo evidenčního čísla součásti. V případě potřeby se provede na výkrese výstřiku označení plochy důležité pro vzhled nebo funkční plochu. [5]



Obr. 18. Vyznačení vzhledové a funkční plochy výrobku. [5]

2.12 Elastomery

Elastomery jsou makromolekulární látky schopné přecházet vulkanizací ze stavu převážně plastického do stavu převážně elastického.

Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování neboli vulkanizace. Při nadměrném ohřevu se přetrhají chemické vazby, hmota se rozruší a ztrácí pevnost. Tomuto procesu říkáme degradace. Tento proces je nevratný a další zpracování takto degradované hmoty je bezpředmětné.

Přyz je použitelná v relativně úzkém intervalu teplot. Vliv času na její vlastnosti je poměrně velký. Tyto jsou z hlediska použití nevýhodné. Převažují však její přednosti. Jsou to zejména:

- vysoká elasticita ($\approx 100 - 1000\%$)
- schopnost snášet bez poškození relativně velké opakované deformace
- schopnost přeměňovat ve velké míře mechanickou energii v tepelnou (tlumení)
- chemická stabilita
- elektroizolační vlastnosti
- nepropustnost pro plyny a vodu

Kaučuky jsou nejdůležitější složkou gumárenských směsí. V rámci každého typu kaučuku často existuje řada druhů s poněkud odlišnými vlastnostmi. Některé vlastnosti kaučuku můžeme ovlivnit pomocí přísad. Přísady často ovlivňují řadu vlastností současně.

Mnoho informací o kaučucích, jejich vlastnostech a použití je možno získat od dodavatelů kaučuků. Vlastnosti kaučuků jsou zpravidla uváděny pro vulkanizované směsi. Výběr kaučuku pro uvažovanou aplikaci se provádí na základě profilu vlastností a na základě jeho ceny. [6] [7] [8]

2.12.1 Skladba směsí

Při skladbě směsí je cílem vypracovat směsi, které lze zpracovávat na dosavadních zařízeních a které vulkanizací dávají pryž požadovaných vlastností. Přitom je nutno mít na zřeteli i ekonomii výroby. Nejlevnější směsi nemusí být vždy neekonomičtější. Velmi důležitý faktor je životnost pryže.

Přístup k sestavování směsí je různý. U některých výrobků jsou vodítka kvalita a zpracovatelnost, jinde zase cena a životnost nebo jiná vodítka. Jindy zase nemá smysl dosáhnout vysoké kvality, např. u málo namáhaných dílců a především u výrobků složených z různých materiálů a komponent. Kvalita a životnost všech komponent musí být přibližně stejná, aby po opotřebení jedné nezůstala druhá nevyužita.

Kaučuková směs obsahuje zpravidla tyto složky:

- elastomer - kaučuk přírodní, syntetický nebo jejich směs
- vulkanizační činidlo - nejčastěji na bázi síry
- urychlovač (nebo směs urychlovačů) vulkanizace
- aktivátor vulkanizace
- ochranné látky proti stárnutí a únavě (antioxidanty)
- plniva - aktivní nebo neaktivní

Dále může směs obsahovat:

- pigmenty
- změkčovadla

- zvláštní přísady

Základní složkou směsi je kaučuk. Kaučuky se z hlediska použití dělí na kaučuky pro všeobecné použití (např. přírodní - NR, butadienstyrenový - SBR,...) a kaučuky speciální (např. chloroprenový - CR, butadienakrylonitrilový - NBR,...). Po zvolení základního elastomeru nebo elastomerů je třeba uvážit jejich obsah ve směsi, tzv. gumovitost - liší se především podle aplikace.

Přísady upravují jak vlastnosti zpracovatelské tak také užité. V první řadě jsou to vulkanizační činidla. Vulkanizační činidla jsou látky schopné vytvářet chemickou reakcí příčné vazby mezi řetězcí kaučukového uhlovodíku, čímž dojde v nepříliš dlouhém čase k zesíťování. Nejčastěji používaným vulkanizačním činidlem je síra.

Dalšími významnými přísadami jsou urychlovače a aktivátory. Ty upravují průběh vulkanizace, její stupeň a do značné míry i mechanické vlastnosti vulkanizátu. Aktivátory vulkanizace zajišťují účinnost zesíťování, tj. za stejných podmínek vulkanizace zvyšují koncentrace příčných vazeb. Jako aktivátor se používá oxid zinečnatý.

Podle povahy výrobku a způsobu použití je třeba pryž chránit proti přirozenému stárnutí nebo i proti destrukci způsobené vnějšími vlivy, např. světlem, teplem, opakovaným mechanickým namáháním apod. K tomuto účelu slouží antidegradanty, antioxidanty a anti-ozonanty.

Základní vlastnosti směsi se upravují plněním a tím se činí vhodnými k použití. Plněním se rozumí přidavek většího množství nejčastěji práškových, ale i vláknitých přísad. Přítomnost plniv má významný vliv na veškeré vlastnosti vulkanizátu. Aktivní plniva jsou ztužovadla, která přechodně zlepšují pružnost, pevnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení. Nejznámější jsou saze. Neaktivní plnidla zpravidla zvětšují objem, zlevňují výrobek. V praxi se nejvíce používají kaolin a křída.

Použití pigmentů na vybarvení pryží je pro všechny elastomery stejné. U pryží bílých nebo světlých (pastelových barev) se musí použít elastomerů a antioxidantů na světle nebarvících. Jasně a pastelové barvy vyžadují vždy bílý základ. Jako bílý základ je vhodný litopon nebo titanová běloba, která je však drahá a stopy olova v ní obsaženého způsobují zžednutí při vulkanizaci (vzniká sulfid olovnatý). K vybarvování se používá nejčastěji vulkánových barev.

Změkčovadla jsou kapaliny nebo nízkomolekulární pryskyřice, které se rozpouštějí v daném kaučuku, snižují mezimolekulární síly mezi jeho řetězci a zvyšují jeho deformovatelnost. Při vyšším dávkování snižují změkčovadla viskozitu a elasticitu směsi a tím snižují spotřebu energie při zpracování. Přidávají se také k některým tvrdým polymerům pro získání měkkosti a ohebnosti. [6]

2.12.2 Volba kaučukové směsi

Při návrhu vhodné směsi pro konstruovanou součást, je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také k výrobě vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu.

Optimální volba gumárenské směsi se pak posuzuje z následujících podmínek:

- funkce součásti musí splňovat veškeré požadavky
- volba směsi musí být ekonomická z hlediska technologie výroby součásti i formy
- zvolená technologie výroby součásti musí být reálná a na určeném stroji snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů

Zhodnocením uvažovaných hledisek může konstruktér stanovit vhodnou směs nebo i více podobných nebo i alternativních směsí. Je třeba si také uvědomit, že správná volba směsi může být znehodnocena nesprávným technologickým postupem.

Obecně lze říct, že vlastnosti a tvar výrobku musí odpovídat použité gumárenské směsi a zvolené technologii. [6]

2.12.3 Vulkanizace

Při vulkanizaci se váže síra na kaučuk a tvoří se síťová struktura. Zesíťováním - vulkanizací - se stává z kaučukové směsi technicky použitelný materiál - pryž.

Vulkanizační systém, který ovlivňuje průběh a stav vulkanizace, se zpravidla skládá z vulkanizačního činidla, urychlovače a aktivátoru. Vulkanizační činidlo vulkanizaci umožňuje, urychlovač a aktivátor upravují její průběh a stupeň a do značné míry i mechanické vlastnosti vulkanizátu.

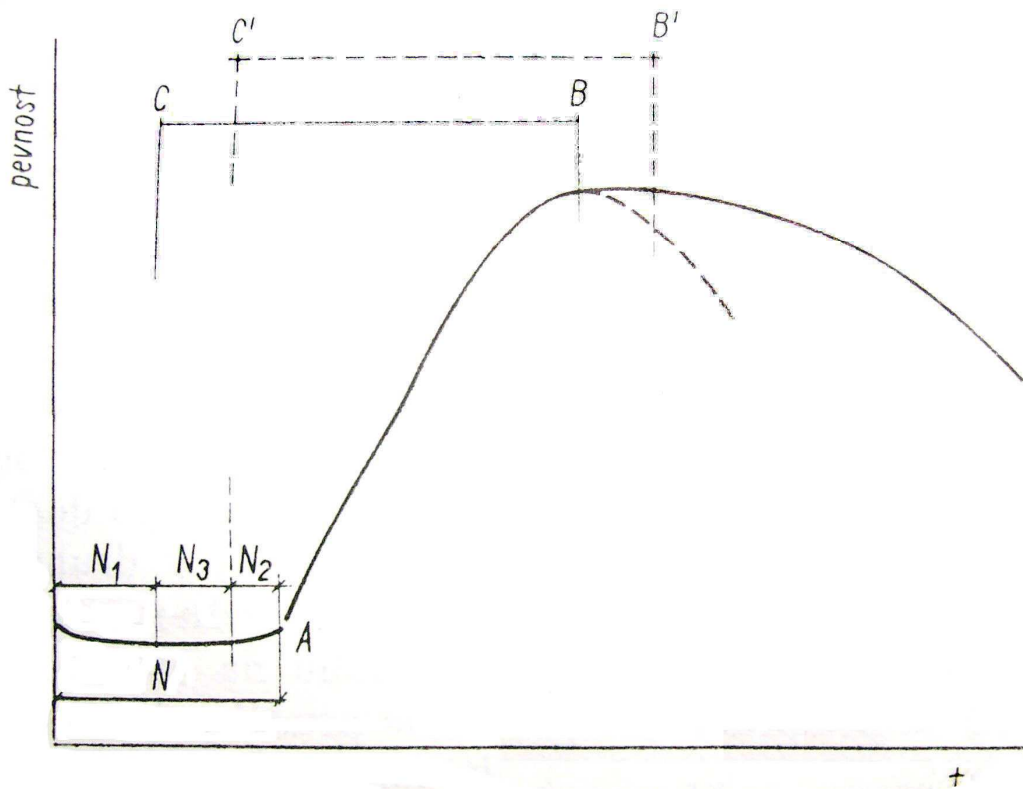
Nejčastěji používaným vulkanizačním činidlem je síra. Mohou to však být i jiné látky, např. peroxidy, oxidy kovů, pryskyřice aj. Tyto se používají především pro speciální kaučuky. Zesíťování lze dosáhnout i fyzikálními způsoby, např. radiací.

Všechny urychlovače lze zařadit do několika málo skupin, které vymezují jejich obecnou volbu a použití. Jejich vhodnou volbou a dávkováním lze splnit prakticky všechny požadavky. Při jeho volbě musíme uvažovat jak vlastnosti pryže, tak také na výrobní technologii.

Po přidání všech složek vulkanizačního systému do směsi při dostatečné teplotě nastává jeho působení. Nejdříve se vytváří aktivní meziprodukt, později vznikají příčné vazby. Jakmile tvorba příčných vazeb dosáhne určitého stupně, mění se zpracovatelské vlastnosti, indikované změnou plasticity. Doba potřebná k dosažení této změny se nazývá bezpečnost směsi. Nejčastěji se určuje vulkanometrem Mooney. Bezpečnost směsi z přírodního kaučuku se určuje zpravidla při teplotě 120 °C, pro směsi z butadienstyrenového kaučuku je vhodnější teplota 140 °C. V praxi se považuje hodnota 20 min. při 120 °C za spolehlivě bezpečnou. Hodnota 10 min. je limitní při dobré kontrole teploty, hodnota 8 min. již ale vede k nezpracovatelnosti směsi. Ekonomická hodnota se pohybuje mezi 15 a 20 min.

Změna indikovaná stoupaním viskozity se prakticky shoduje se začátkem vulkanizace. Pokračováním v zahřívání se vyvíjí příčné vazby a nastává vulkanizace. Její průběh se sleduje vulkanizační křivkou. Následující graf (Obr. 19) se skládá z úseku bezpečnosti směsi a z úseku vulkanizační křivky. Bezpečnost směsi je uvedena jako celková doba N , po které dojde ke změně zpracovatelnosti směsi. Doba bezpečnosti směsi musí být nejméně tak dlouhá, aby po veškerém nutném přípravném zpracování zůstal ještě podíl N_2 , nutný pro tok a vyrovnání tlaku ve formě, provádí-li se vulkanizace v lise. Kromě nutného tepelného zatížení N_1 a podílu N_2 je potřeba ponechat ještě rezervu N_3 , protože v praxi není možno udržovat tepelnou historii přesně na stejné hodnotě. Navíc je nutno brát v potaz rozdíl ve složení a homogenitě směsi mezi jednotlivými dávkami. Není ovšem účelné, aby hodnota N_3 byla příliš vysoká, protože se tím prodlužuje celková doba vulkanizace. Časový úsek vulkanizační křivky od začátku vulkanizace A k dosažení optima B je čistou dobou vulkanizace. Jinou hodnotou je technická doba vulkanizace ($C - B$), kde čistá doba je prodloužena podílem N_2 a N_3 . Technická doba vulkanizace se určuje pro každý výrobek zvlášť a pak jako technický předpis je konstantou. Spotřebuje-li se převážná část nebo celá doba

rezervy N_3 , může k ukončení vulkanizace dojít až za optimem vulkanizace, v úseku prodlevy. V případě celé spotřeby pak technická doba vulkanizace odpovídá úseku $C' - B'$. Průběh vulkanizace lze obecně sledovat závislostí jakékoliv vlastnosti na čase, nejčastěji pevnosti, viz obrázek (Obr. 19).



Obr. 19. Vulkanizační křivka. [6]

K plnému využití vulkanizačního činidla a urychlovače je nutná přítomnost aktivátorů. Jako aktivátoru se používá téměř ve všech směsích oxidu zinečnatého. U přírodního kaučuku je z důvodu kolísání množství mastných kyselin třeba přivádět některou organickou kyselinu, nejčastěji stearovou, aby byl převáděn zinek na formu rozpustnou v kaučuku. Obsah organických kyselin je třeba upravovat i u kaučuků syntetických. [6]

2.13 Smrštění

Smrštění je trvalá změna rozměru výrobku po jeho vyjmutí z dutiny formy. Závisí jak na druhu zpracovávané hmoty, tak také na technologických parametrech a čase. U plněných směsí je smrštění menší než u neplněných, protože plniva se zpravidla smršťují méně než samotný elastomer.

Smrštění je změna rozměru, která proběhne ve smluvním čase, nejméně však za 24 hodin od výroby příslušného dílce. Rozměrové změny však mohou probíhat i po tomto čase. Takové změny pak nazýváme dodatečným smrštěním. To souvisí s vyrovnáváním vnitřního pnutí, změnami ve struktuře apod.

Smrštění nebývá izotropní. Ve směru tečení bývá obvykle větší než ve směru na něj kolmém. Rozdíly se pohybují v desetinách %.

U kaučukových směsí je smrštění závislé zejména na druhu kaučuku, obsahu plniv a změkčovadel, jakož i vulkanizačních podmínkách. Smrštění kaučukových směsí se pohybuje nejčastěji mezi 0,8 - 2,5%.

W. Hoffmann uvádí [9] pro výpočet smrštění vztah:

$$\frac{\Delta l}{l} = \Delta T \cdot \Delta \alpha_k \cdot K \cdot \alpha'_p \cdot \alpha'_a \quad (5)$$

kde:

- Δl je rozdíl mezi původním rozměrem a rozměrem po smrštění [m]
- l je původní rozměr [m]
- ΔT je rozdíl mezi vulkanizační a pokojovou teplotou [K]
- $\Delta \alpha_k$ je rozdíl mezi teplotní roztažností kaučuku a materiálu formy [K^{-1}]
- K představuje objemový podíl kaučuku a látek rozpustných v acetonu [-]
- α_p je poměr mezi teplotní roztažností plniv a materiálu formy [-]
- α_a je poměr mezi teplotní roztažností látek rozpustných v acetonu a použitého kaučuku [-]

Plniva mají takřka stejnou roztažnost jako běžný materiál forem. Dále můžeme zanedbat vliv podílu složek rozpustných v acetonu.

Pak dostaneme vztah:

$$\frac{\Delta l}{l} = \Delta T \cdot K \cdot \Delta \alpha'_k \quad (6)$$

[4]

3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ GUMÁRENSKÝCH FOREM

Forma je nástroj, v jehož dutině (dutinách) získává materiál tvar. Často je tento tvar definitivní. Vzhledem k charakteru zpracovávaného materiálu - elastomeru - stačí formy pouze vyhřívat, protože výrobky lze vyjímat horké. [2] [4] [10]

Forma sehrává jednu z nejdůležitějších funkcí, která je rozhodující nejen pro určení tvaru hotového výrobku, ale hlavně pro následné operace a ekonomiku výroby. Forma a stroj tvoří celek a selhání jednoho z nich, případně použití nevhodné kaučukové směsi, může způsobit nezdar či obtíže spojené s ekonomickými ztrátami. [5]

Na formu jsou kladeny nejrůznější požadavky:

- technické - správná funkce formy, požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti a podmínka snadné manipulace a obsluhy při výrobě součástí
- ekonomické - co nejnižší pořizovací cena, snadná a rychlá výroba dílců při vysoké produktivitě práce
- společensko-estetické - dodržení všech bezpečnostních, vzhledových a ekologických zásad při konstrukci, výrobě a provozu formy [5] [10]

3.1 Postup při navrhování formy

Pro stanovení koncepce konstrukčního řešení formy je zapotřebí vycházet z výrobního postupu (projektu) příslušné výroby. Významným faktorem při volbě výrobního postupu je ekonomická rozvaha ve vztahu ke konstrukčnímu řešení formy. Při navrhování formy je tedy potřeba uvážit zejména množství výrobků, technické parametry výrobního zařízení a výrobní náklady. K tomu je třeba zohlednit násobnost i životnost formy. Životnost formy je počet uzavření, který forma vydrží, než se musí vyřadit. Řešením formy se rozumí hledání optima mezi nároky a možnostmi v daných výrobních podmínkách. Je tak zapotřebí zvážit:

- výkres výrobku
- výrobní postup
- velikost a typ výrobního zařízení
- materiálové parametry
- sériovost a časový plán dodávek

Z uvedených údajů lze stanovit násobnost formy jako jeden z důležitých parametrů výroby.

Rozměry výrobku jsou dány zpravidla příslušnými výkresy, funkcí výrobku a jeho konstrukcí. Při zaformování se rozměry dutiny budou lišit od rozměrů hotového výrobku, protože musíme zvážit vliv:

- smrštění zpracovávaného materiálu
- tolerance a mezních úchylek jednotlivých rozměrů tvářeného výrobku
- opotřebení činných částí formy
- přesnosti výroby formy a jejích činných částí

Nejvýznamnějším faktorem je zpravidla smrštění. [4]

3.2 Rozdělení forem

Formy můžeme dělit podle mnoha různých hledisek. Takovým hlediskem může být např. druh zpracovávaného materiálu, pracovního postupu, počet dutin, způsob upnutí, umístění dělicí roviny, způsobu zaformování nebo vyhazování. [4] [5]

Pro naše účely je vhodné formy rozdělit z hlediska pracovního postupu na:

- lisovací
- přetlačovací
- vstříkovací
- ostatní [4]

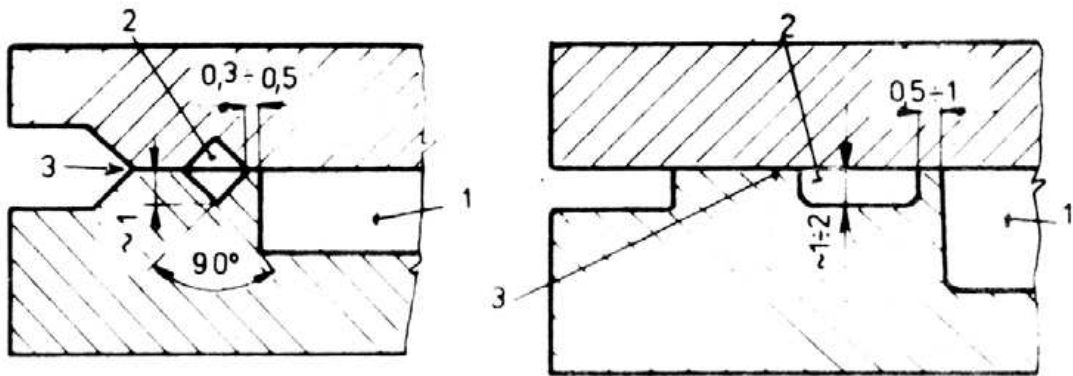
3.2.1 Lisovací formy

Lisovací formy pro kaučukové směsi se vesměs řeší jako snímací. Těžší formy, např. pro výrobky z tvrdé pryže, se na lisy upínají. [4]

3.2.1.1 Návrh dutiny formy

Zaformování výrobků se řídí v podstatě zásadami uvedenými v kapitole 2. Musíme však počítat s tím, že pružnost výlisků z měkké pryže na jednu stranu umožňuje menší citlivost vůči podkosům a zápichům, ale i snazší vyjímání jader, ale na druhou stranu vyluču-

je použití tenkých vyhazovacích kolíků. Rozměry dutiny se stanovují s ohledem na smrštění. Dělicí rovina se umísťuje tak, aby stopa po ní nevadila vzhledu ani funkci daného výrobku. Pro snazší odstraňování přetoků můžeme dosedací plochy odlehčit, jak ukazuje obrázek (Obr. 20).



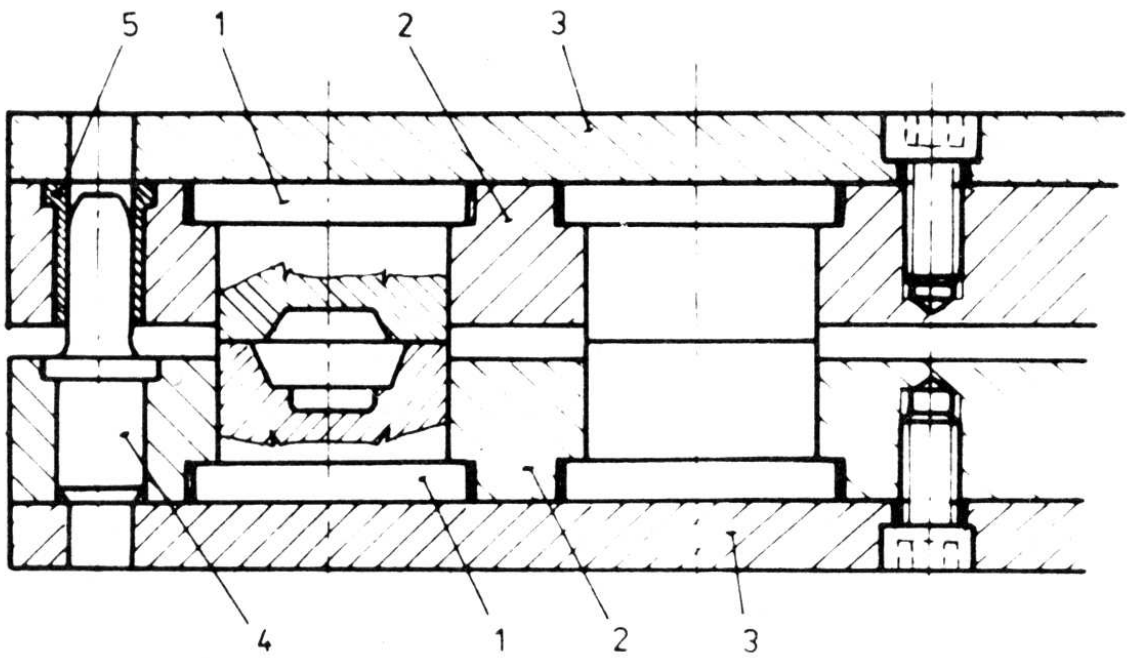
Obr. 20. Odlehčení dosedacích ploch.

1 - tvarová dutina, 2 - přetoková drážka, 3 - dosedací plocha [4]

Velikost dosedací plochy je třeba stanovit tak, aby zachytila plnou lisovací sílu. Lisovací tlaky se volí podle druhu zpracovávaného materiálu. Formy musí být dostatečně tuhé, aby tolerance rozměrů i velikost přetoků byly v povolených mezích. [4]

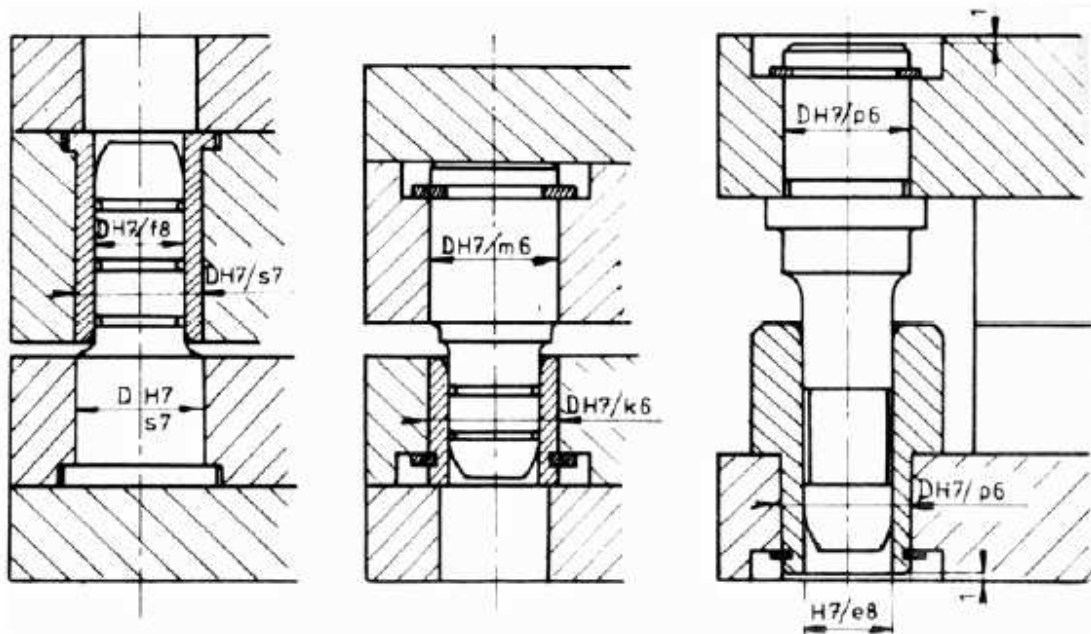
3.2.1.2 Součásti formy

Lisovací formy jsou obvykle vícenásobné s tvarovými vložkami, upevněnými v kotevní desce a zezadu zajištěny opěrnou deskou, která může plnit zároveň funkci desky upínací. Příklad vícenásobné formy můžeme vidět na obrázku (Obr. 21). V případě jednoduché nebo jednonásobné formy je tato zhotovena bezvložkově. Tvarové části se středí kuželovými plochami nebo pomocí vodících čepů. Vodící čepy se umísťují nesouměrně, aby se nemohly části formy pootočit. Příklady provedení středění pomocí vodících čepů ukazuje obrázek (Obr. 22).



Obr. 21. Vícenásobná forma.

1 - tvarová vložka, 2 - kotevní deska, 3 - opěrná (upínací deska), 4 - vodící čep, 5 - vodící pouzdro [4]



Obr. 22. Příklady středění pomocí vodících čepů. [4]

Při koncepci návrhu formy musíme respektovat způsob vkládání dávky směsi.

Obvykle, bývá forma vybavena i vyhazovacím zařízením. Často se výlisek vyhazuje vyhazovacími kolíky. Ty se umísťují symetricky, aby se nemohly přičít. Výlisek se při vyhazování nesmí deformovat. Pohyblivé části formy nesmějí být vedeny po dlouhé dráze. [4]

3.2.1.3 Ohřev formy

Dimenzování ohřevu formy musí respektovat především tepelné ztráty během lisovacího cyklu. Dále pak musí brát ohled na přiměřené doby roztápění formy. Kromě tohoto musí zaručovat co nejrovnoměrnější teplotní pole v dutině formy.

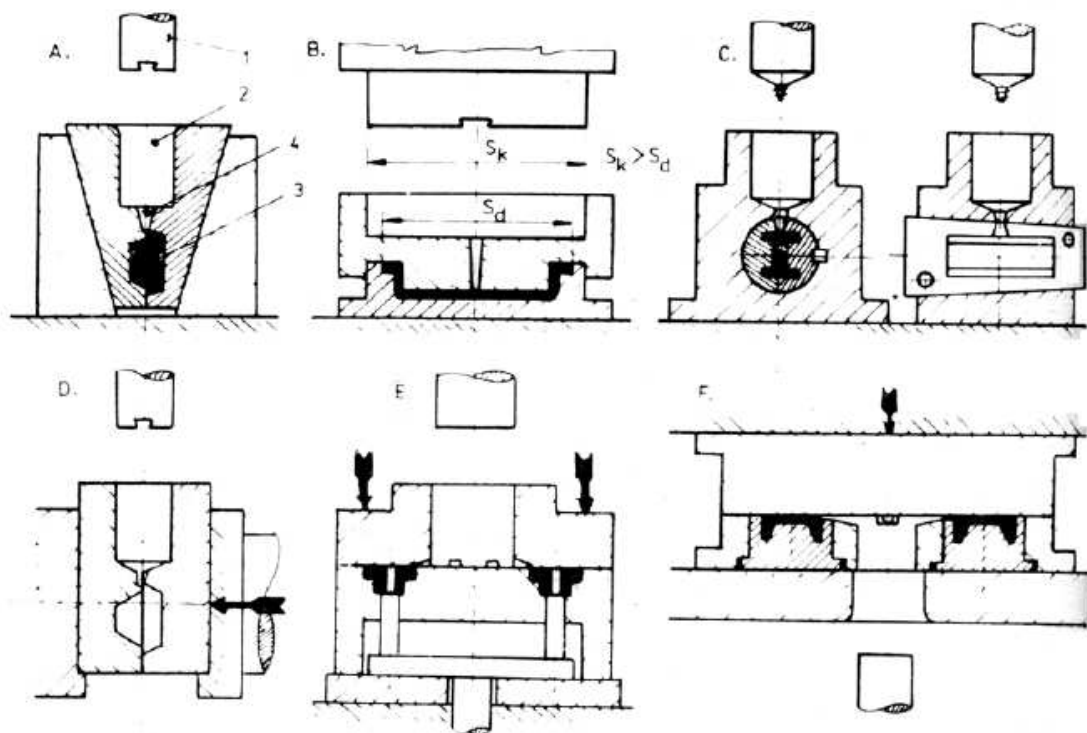
Formy se mohou ohřívat ve vulkanizačních kotlích, autoklávech, nebo přímo v lisech. Vulkanizační formy se často ohřívají od topných desek lisu.

Při ohřevu materiálu na vulkanizační teplotu začne probíhat vulkanizace, která je exotermní reakcí. Uvolněné teplo se musí odvést do hmoty formy, případně kondenzátem. Vulkanizační teplo u měkké pryže se obvykle zanedbává. U tvrdé pryže může být významné, což vede k ohřevu formy teplotnějším médiiem.

Hmotnost formy má být mnohonásobně větší, než hmotnost výlisku (více než 300x). [4]

3.2.2 Přetlačovací formy

Přetlačovací formy se řeší v různých provedeních podle druhu používaných lisů. Některé typy forem zobrazuje obrázek (Obr. 23). Formy A až C jsou určeny pro jednopístové lisy, formy D až F jsou určeny pro dvoupístové lisy, u nichž jeden píst slouží jako uzavírací a druhý pak jako přetlačovací. Formy A, C a D mají osu přetlačovacího pístu v dělicí rovině, zatímco formy B, E a F mají osu přetlačovacího pístu kolmou k dělicí rovině. Toto řešení má vliv na uzavírání formy i odstraňování materiálového zbytku z přetlačovací komory i přetlačovacích kanálků. S ohledem na tuhost se formy rozlišují na typy s horním plněním (E) a spodním plněním (F). [4]



Obr. 23. Přetlačovací formy.

1 - přetlačovací píst, 2 - přetlačovací komora, 3 - dutina formy, 4 - přetlačovací kanálek [4]

Přetlačovací formy mohou být upínací nebo snímací. Používají se především pro materiály, jejichž tokové vlastnosti jsou časově omezené. [4]

Přetlačovací formy se liší od lisovacích forem tím, že lisovaná hmota se nelisuje tvárníkem přímo v dutině formy. Směs je vložena do přetlačovací komory, odkud je v plastickém stavu pístem přetlačena kanálky do dutiny formy. [2]

Pro výrobu malých součástí jsou používány násobné formy, někdy i s více přetlačovacími písty. Dosáhne se tak krátkých tokových drah a tím současného plnění všech dutin, což vede ke snížení počtu neshodných výrobků. [2]

Přetlačovací komora je součástí formy. Tento způsob výroby vyžaduje předběžný ohřev gumárenské směsi. [2]

3.2.2.1 Návrh vtokových kanálků, vtokových ústí a dutiny formy

U přetlačovacích forem, zejména násobných, je velmi důležitá konstrukce vtokových kanálků. Ty mají většinou půlkruhový nebo obdélníkový tvar (z výrobních důvodů). Nema-

jí být příliš dlouhé. Průřez kanálků se ve směru toku zmenšuje, aby se tok materiálu zrychloval. Velikost jejich průřezu závisí na hmotnosti výrobku. Minimální hloubka h ústí bývá kolem 0,25mm. Pro materiály s plnivý se průřezy ústí zvětšují až na šestnásobek. Délka kanálku nemá překročit 40 až 50-ti násobek tloušťky ústí kanálku. Vtokové kanálky podléhají nejvíce opotřebení v důsledku abraze zpracovávaných materiálů. Proto se také leští a vložkují se. [4]

Pro úspěšnou funkci formy je nezbytná správná volba umístění, velikosti a tvaru ústí kanálků do dutiny formy. Je výhodné umístit ústí do nejtlustší části budoucího výlisku na snadno přístupné místo. Pak nedělá začištění místa odstranění vtoku problém. Velikost ústí závisí na materiálu, velikosti výrobku a přetlačovacím tlaku. Tvar ústí bývá obvykle kruhový nebo obdélníkový. Kruhové ústí umožňuje optimální plnění dutiny, ale zanechává nesnadno začistitelné stopy. Uplatňuje se též vějířovité ústí, široké i několik cm o tloušťce pouze 0,025 - 0,25 mm. Toto ústí umožňuje čisté ulomení vtoku, často nevyžadující další začištění dílce. [2] [4]

Dutina formy musí odpovídat základním zásadám pro zaformování výrobku. Musíme opět počítat s příslušným smrštěním. Můžeme však volit i velmi tlusté stěny. Dutina formy se orientuje tak, aby se plnila rovnoměrně od ústí přetlačovacího kanálku. [4]

3.2.2.2 Návrh odvzdušnění a přetokových kanálků

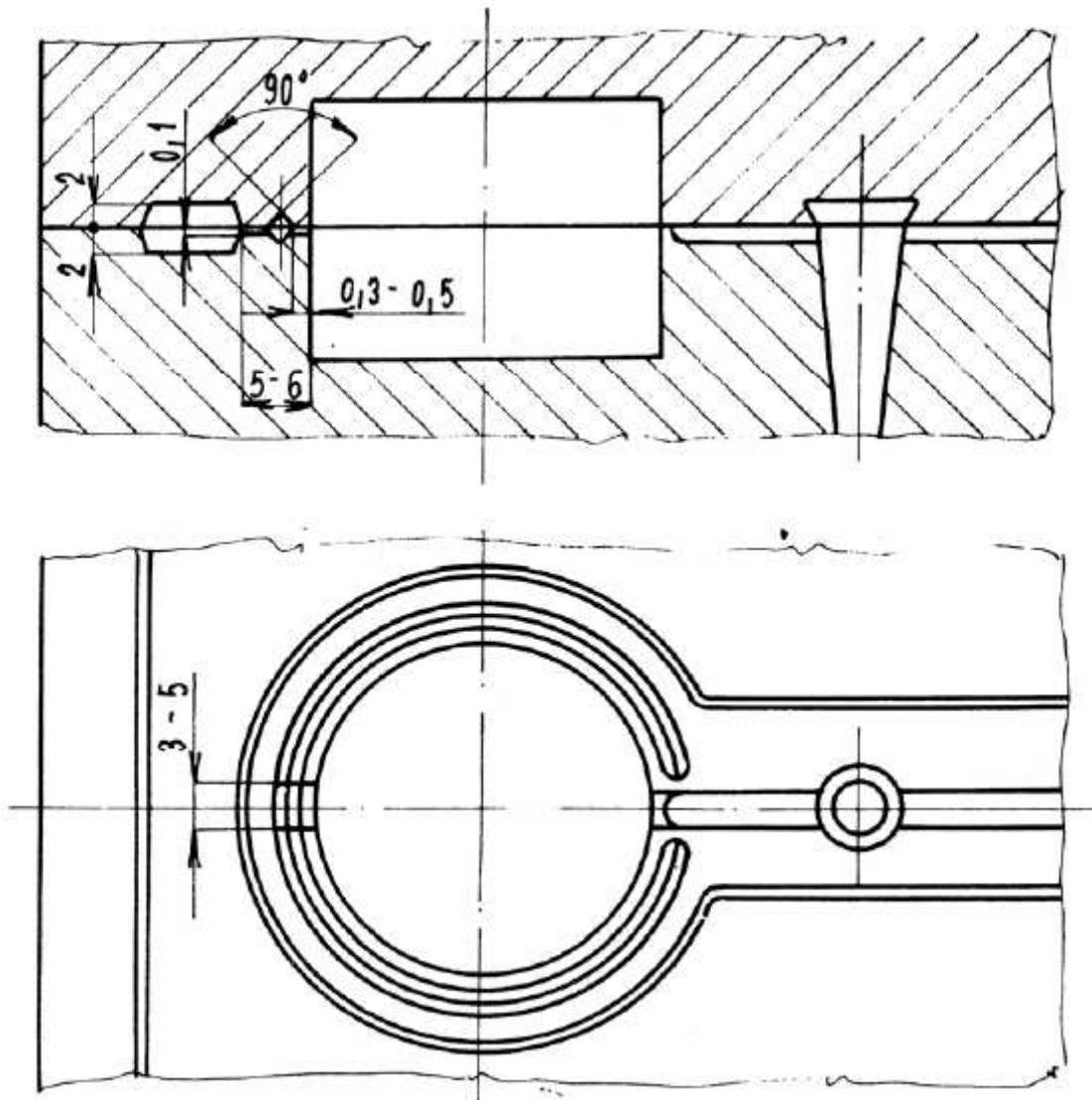
Konstrukce odvzdušňovacích kanálků přetlačovací formy je velmi důležitá. Odvzdušnění umožňuje únik vzduchu, vlhkosti a těkavých produktů při plnění dutiny formy. Jakost výrobků je závislá na stejnoměrném a rychlém naplnění dutiny formy. Při zkoušení formy se mohou průřezy vtokových kanálků dodatečně upravovat.

Nevhodně dimenzované odvzdušňovací kanálky jsou často příčinou nedokonalého plnění dutiny formy a to i tehdy, je-li k dispozici dostatečně vysoký přetlačovací tlak. Následkem jsou pak nejrůznější vady na dílci.

Odvzdušňovací kanálky jsou umístěny ve stejné polorovině formy jako rozváděcí kanálky, ale na opačné straně než ústí a jsou vyvedeny k vnějšímu povrchu formy.

Tlakové změny v dutině formy souvisí s teplotní roztažností zpracovávaného materiálu, protože jeho teplota při naplnění formy bývá nižší než teplota samotné formy. Přebytková hmota odtéká přetokovým kanálkem, a tím zabraňuje vzniku vysokých tlaků v dutině

formy. Příklad konstrukce přetokových kanálků s odlehčením dělicí plochy ukazuje následující obrázek (Obr. 24).



Obr. 24. Přetokové kanálky odvzdušňovací štěrby. [5]

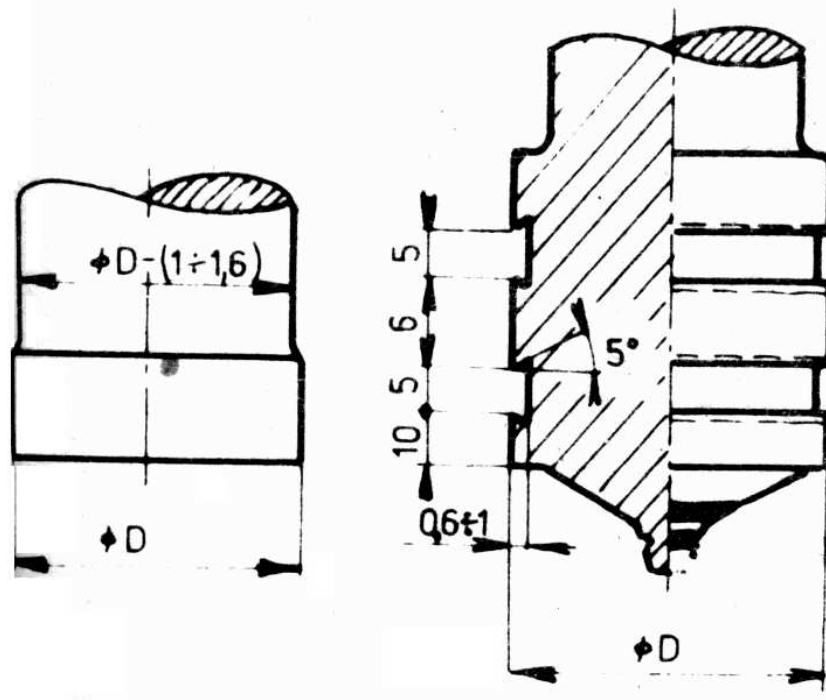
Pro samotné odvzdušnění dostačují štěrby o hloubce 0,05 - 0,1 mm a šířce 3 až 6 mm.

K odvzdušnění lze také použít vůle kolem vyhazovacích kolíků nebo jader. Odvzdušňovací kanálky se umísťují všude tam, kde hrozí, že by se mohl uzavřít vzduch. Tenkostěnné výrobky, které by se mohly při vyjímání z formy poškodit vznikajícím podtlakem vyjímáme pomocí pneumatického vyhazování. [4]

3.2.2.3 Přetlačovací komora

Objem přetlačovací komory se volí s ohledem na objem potřebné náplně. Hmotnost náplně se skládá z hmotnosti výrobku a přetlačovacího zbytku. Přetlačovací zbytek se skládá se zbytku v přetlačovacích kanálech a zbytku v přetlačovací komoře. Zbytek v přetlačovací komoře činí 5 – 10% z navážky a odpovídá asi 2 – 8 mm výšky. Stanovená hmotnost náplně se přepočte na objem za použití objemového součinitele pro sypký nebo tabletovaný materiál. Hloubka přetlačovací komory bývá 2 – 3 násobek jejího průměru. V některých případech může být i menší.

Přetlačovací píst se ukládá H7/f6 nebo H7/g6, pro zvýšení těsnosti se opatřuje někdy drážkami - viz obrázek (Obr. 25). Čelo trnu se upravuje s ohledem na snazší vyjímání zbytku, zvláště pak pokud není komora dělená. Pro odstraňování přetlačovacího zbytku se na přetlačovacím trnu mohou použít rybinové drážky nebo otvory s vyhazovacími kolíky.



Obr. 25. Příklady přetlačovacích trnů. [4]

Ústí přetlačovacího kanálku se upravuje tak, aby se výrobek při odstraňování zbytku nepoškodil. [4]

3.2.2.4 Ohřev formy

Přetlačovací formy mohou mít vlastní ohřev elektrický odporový nebo topným médiem. Jeho dimenzování je analogické jako u lisovacích forem. U snímacích forem se však používá nejčastěji topných desek. Ty se izolují od stolu lisu izolačními deskami.

Formy mohou obsahovat i vyhřívaná jádra. [4]

3.2.3 Vstřikovací formy

Vstřikovací formy jsou často komplikovaná technická zařízení, která musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výstřiky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyhazování výstřiků a přitom musí většinou pracovat automaticky. Jejich konstrukce a výroba je proto náročná na odborné znalosti i na finanční náklady. [2]

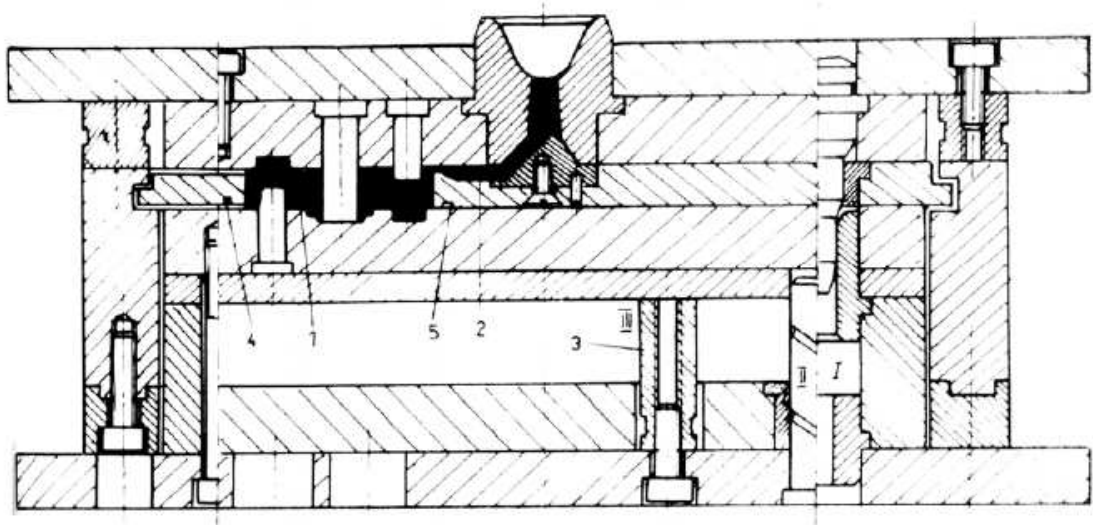
Řešení vstřikovací formy vychází z technologického projektu příslušného výstřiku. Musí se respektovat jak vlastnosti zpracovávaného materiálu, tak také možnosti výrobního zařízení a požadavky na kvalitu výstřiků a produktivitu práce. Zpravidla se požaduje, aby výstřiky nevyžadovaly náročné dokončovací operace. [4]

Mnohoznačnost požadavků vede k různým řešením forem. Používané typy forem mají zpravidla tyto hlavní části:

- tvarové části
- vtokový systém
- temperační systém
- vyhazovací systém
- upínací a vodící elementy [4]

Formy jsou udržovány na vulkanizační teplotě, která je vždy vyšší než teplota vstřikovací. To má vliv na proudění ve vtokových kanálech a na zaplňování dutiny formy. [4]

Příklad vstřikovací formy pro vstřikování kaučuku je uveden na následujícím obrázku (Obr. 26). [4]



Obr. 26. Gumárenská vstřikovací forma.

1- tvarová dutina, 2 – rozváděcí kanál, 3 – podpěra, 4 – odvodušňovací drážka, 5 - přetoková drážka [4]

3.2.3.1 Návrh dutiny formy

Návrh dutiny formy probíhá v podstatě podle zásad uvedených ve 2. kapitole. Rozměry dutiny formy se určují s ohledem na smrštění, které je větší než u lisování. Dosedací plochy formy se často vylehčují. [4]

3.2.3.2 Vtokový systém

Složité poměry při vyplňování dutiny formy, zejména otázka změny viskozity kaučukové směsi, zúžení profilu průtoku, ohřívání a obtížně nastavitelné odpory při plnění dutin nedávají možnost stanovit vtokové poměry přesným matematickým vztahem, proto se používá hodnot zjištěných z praxe.

Při řešení vtokového systému je třeba dodržovat především tyto zásady:

- dosáhnout co nejrovnoměrnějšího plnění tvarových dutin formy
- správně volit vtokové ústí tak, aby bylo snadné vyjímání výstříků, nedocházelo k uzavírání vzduchu v dutině formy a aby bylo možné snadno odstranit vtok z výstříku
- zvážit závislosti ovlivňující konstrukci systému jako druh kaučukové směsi, vstřikovací tlak nebo profil kanálků [5]

3.2.3.3 *Odvzdušnění tvarových dutin*

Pokud vzduch může některým místem z dutiny formy unikát, a to jsou většinou stopy po obrábění dělicí roviny, pak kaučuková směs bez potíží vyplní celou tvarovou dutinu.

Přestože lze veškeré problémy odstranit vhodnou konstrukcí formy, používají se dva základní způsoby odvzdušnění - pootevření formy brzy po zaplnění dutiny, a to i vícekrát nebo evakuace dutiny v průběhu nástřiku směsí. Tyto metody jsou však pouze východiskem z nouze, kdy při její konstrukci byly opomenuty některé zásady pro odvzdušnění tvarových dutin.

Dobré odvzdušnění formy je především dáno vhodnou volbou dělicích rovin. Při symetrickém tvaru výstřiku umístíme proti ústí odvzdušňovací kanálek, který je vyveden buď do odvzdušňovací jámky nebo do okolní atmosféry. [5]

3.2.3.4 *Temperace forem*

Temperace je prováděna vytápěním formy a to převážně elektricky, neboť tato energie je u každého vstřikovacího stroje k dispozici. Teploty dosahované při vytápění jsou 140 - 200 °C a jsou regulovány termostatickými přístroji. [5]

3.2.3.5 *Vyhazovací systémy*

Výstřiky se vyhazují z formy mechanicky nebo pneumaticky. Některé výrobky je vhodné vyjímat z formy i s jádry. Vytahování jader se pak zabezpečuje mimo formu ve speciálních přípravcích. [5] [10]

3.3 **Výroba forem**

Při navrhování formy je nutno vedle ostatních aspektů vzít v úvahu i příslušné výrobní možnosti. Způsoby uplatňované při výrobě forem ovlivňují totiž jak kvalitu výrobků, tak také samotnou ekonomii výrobního procesu.

Při výrobě forem lze aplikovat řadu postupů vázaných na požadovanou přesnost, materiál nebo výrobní zařízení. Uplatňují se zde obráběcí, tvářecí i speciální výrobní postupy. [4]

3.3.1 Materiály forem

Forma musí zajistit opakovanou, věrnou a mnohonásobnou reprodukci pryžového výrobku. Proto jsou na ni kladeny velké požadavky ohledně pevnosti, houževnatosti, stability, životnosti nebo tepelné vodivosti. [5]

Formy a jejich součásti se nejčastěji vyrábějí z kovových materiálů, mezi nimiž převládají ocele. Požaduje se, aby ocele byly vysoce homogenní a měly přiměřenou tvrdost, která by s ohledem na možnost leštění neměla klesnout pod 30 HRc. Pro zpracovávání materiálů s abrazivními účinky musíme volit oděruvzdorné ocele o tvrdosti 62 - 64 HRc. Zpracovávané materiály s agresivními účinky vyžadují antikorozi ocele, případně povrchové úpravy běžných druhů ocelí. Dává se přednost ocelím univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. [4] [10]

Převážnou část spotřeby ocelí pro výrobu forem tvoří oceli konstrukční, třídy 11 podle ČSN. Vyrábí se z nich méně namáhané díly. Jsou to především oceli 11 373, 11 500, 11 523, 11 600, 11 700. Z třídy 12 jsou to především 12 050, 12 060, 12 061. Tyto se používají na výrobu desek s vyšší pevností. Zušlechťují se na tvrdost až 55 HRc. Pro části forem jako vložky, pouzdra, čepy nebo palce se používají ocele 14 220, 14 221, 15 260, 19 015, 19 436, 19 437, 19 486, 19 550, 19 552, 19 786. Tyto se používají ve stavu přírodním nebo zušlechtěném. Jako antikorozi ocel se nejčastěji používá 17 029 s výslednou tvrdostí po kalení až 51 HRc. [5] [10]

Některé části forem se vyrábějí také z litiny, lité ocele nebo barevných kovů. Například lisovací formy na pryž se mohou vyrábět ze slitiny Al-Mg-Si. [4]

3.3.2 Způsoby výroby forem

Nejběžnější metodou je třískové obrábění, kterého lze využít u 80 % částí forem. Způsob obrábění se volí podle tvaru a rozměru obráběných ploch, podle předepsané přesnosti a drsnosti, obrobiteľnosti materiálu a sériovosti výroby.

Hojně se využívá též protlačování a vlačování. Je to metoda produktivní a využívá se pro tvarové části forem. Skutečný přínos těchto metod je ale závislý na tvaru dutiny a počtu vyráběných kusů.

Vhodné pro výrobu komplikovaných dutin, opracování tvrdých a kalených součástí forem, opravu a úpravu kalených dutin a jader je elektrojiskrové obrábění. Lze vyrobit i velmi komplikované tvary.

Elektrochemické obrábění je beztržková metoda obrábění elektricky vodivých kovových materiálů, při kterém dochází k usměrněnému tváření kovů pomocí elektrolýzy. [5]

3.3.3 Metalurgické úpravy

Požadavky na povrchové vlastnosti některých částí forem vyžadují jejich zvláštní úpravy. Metalurgické úpravy povrchu spočívají ve změně jeho chemického složení po tepelně-chemickém zpracování.

Základem všech metalurgických úprav je difúze. Vlastnosti kovu se proto plynule mění s koncentrací difundující látky. U forem se používá zejména cementování a nitridování.

Dosahovaná hloubka nauhličení závisí na způsobu a době cementace a pohybuje se obvykle v desetinách mm. Po cementaci se součásti kalí a popouštějí. Cementací se povrch mění a musí se dodatečně opracovávat. Má-li se dosáhnout vysoké odolnosti proti opotřebení, je třeba volit cementační ocele s vyšším obsahem uhlíku.

Při nitridování se povrch ocelové součásti sytí dusíkem. Tloušťka nitridované vrstvy bývá menší než při cementování. Povrchová tvrdost je pak vysoká a prakticky nezávislá na teplotě oproti cementaci. Protože nitridační proces probíhá za nižších teplot a rozměrové změny jsou zanedbatelné, mohou se součásti opracovat na hotovo před nitridací. Nitridovaná vrstva také vykazuje zvýšenou odolnost proti korozi. [4]

3.3.4 Dokončovací operace

Obrobené součásti forem se dokončují tak, aby se zvláště na činných plochách odstranily všechny stopy po obrábění. Používá se k tomu leštění, a to např. galvanické, proudem kapaliny s brusivem, superfiniš, lapování aj. Složité tvary a členité plochy se leští zpravidla ručně měkkými pryžovými kotouči a leštícími prášky nebo pastami. Dosavadní praxe je taková, že se činné plochy leští ve směru vyjímání výrobku z formy.

Při dokončovacích pracích se hrany ručně zaoblují tvarovými rydly, sekáčky a jemnými pilníky. Zároveň se ryjí nápisy a znaky.

Dokončovací práce vyžadují vysoce kvalifikované pracovníky. Podíl práce na dokončovací operace dosahuje průměrně 20 % celkové pracnosti. Snížení tohoto podílu vede k velkým ekonomickým úsporám. [5]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

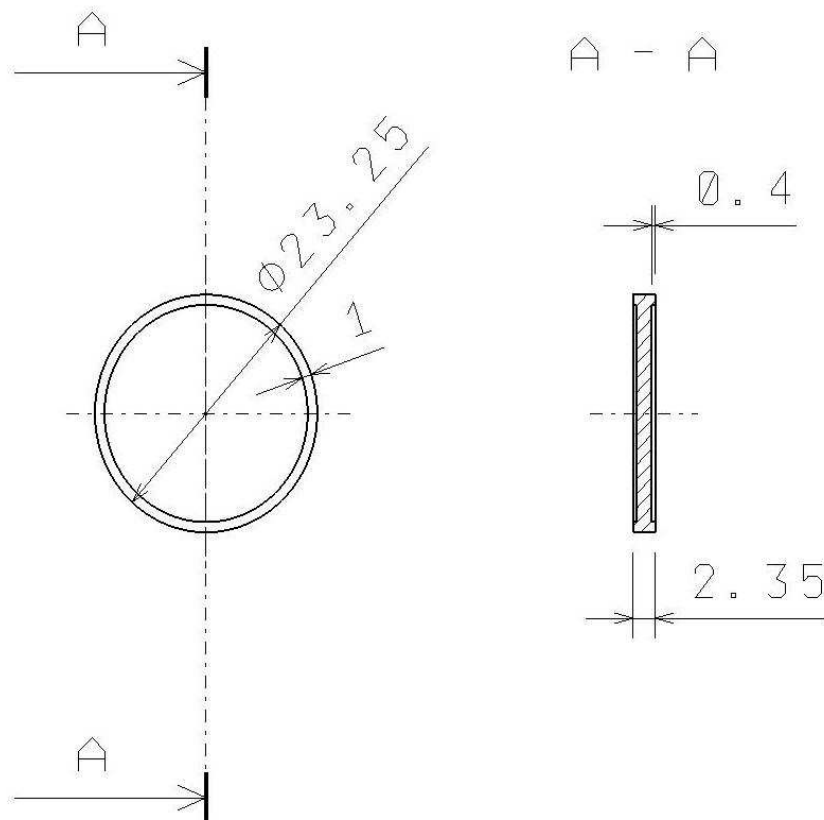
4 PROPAGAČNÍ ŠTÍTEK

Propagační štítek je propagačním předmětem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Slouží tedy k její propagaci. Je určen k odemykání nákupních vozíků u supermarketů jako náhražka standardní kovové mince nebo jako upomínkový předmět. Jsou tedy na něj kladeny vysoké požadavky na estetičnost, ale také funkčnost a odolnost. Proto byla jako jeho materiál zvolena tvrdá pryž a jeho výroba byla zvolena ve formě pomocí vulkanizace.

Tvar a rozměry propagačního štítku odpovídají tvaru a rozměrům mince 1 Euro. Reliéfy jsou umístěny na líci i rubu propagačního štítku uvnitř obruby. Po zvulkanizování reliéfy vyčnívají nad povrch výrobku. Dominuje jim znak Univerzity, který je umístěný uprostřed. Tento znak je dokola lemován nápisem. Nápis na rubu obsahuje plný název Univerzity, na líci plný název fakulty.

4.1 Tvar a rozměry

Referenčním vzorkem propagačního štítku je mince 1 Euro. Jeho tvary a rozměry jsou uvedeny na obrázku (Obr. 27).



Obr. 27. Tvar a rozměry referenčního vzorku.

Rozměry byly změřeny posuvným měřítkem SUPER INOXVDABLE s rozsahem měřených rozměrů 0 - 150 mm a přesností 0,05 mm.

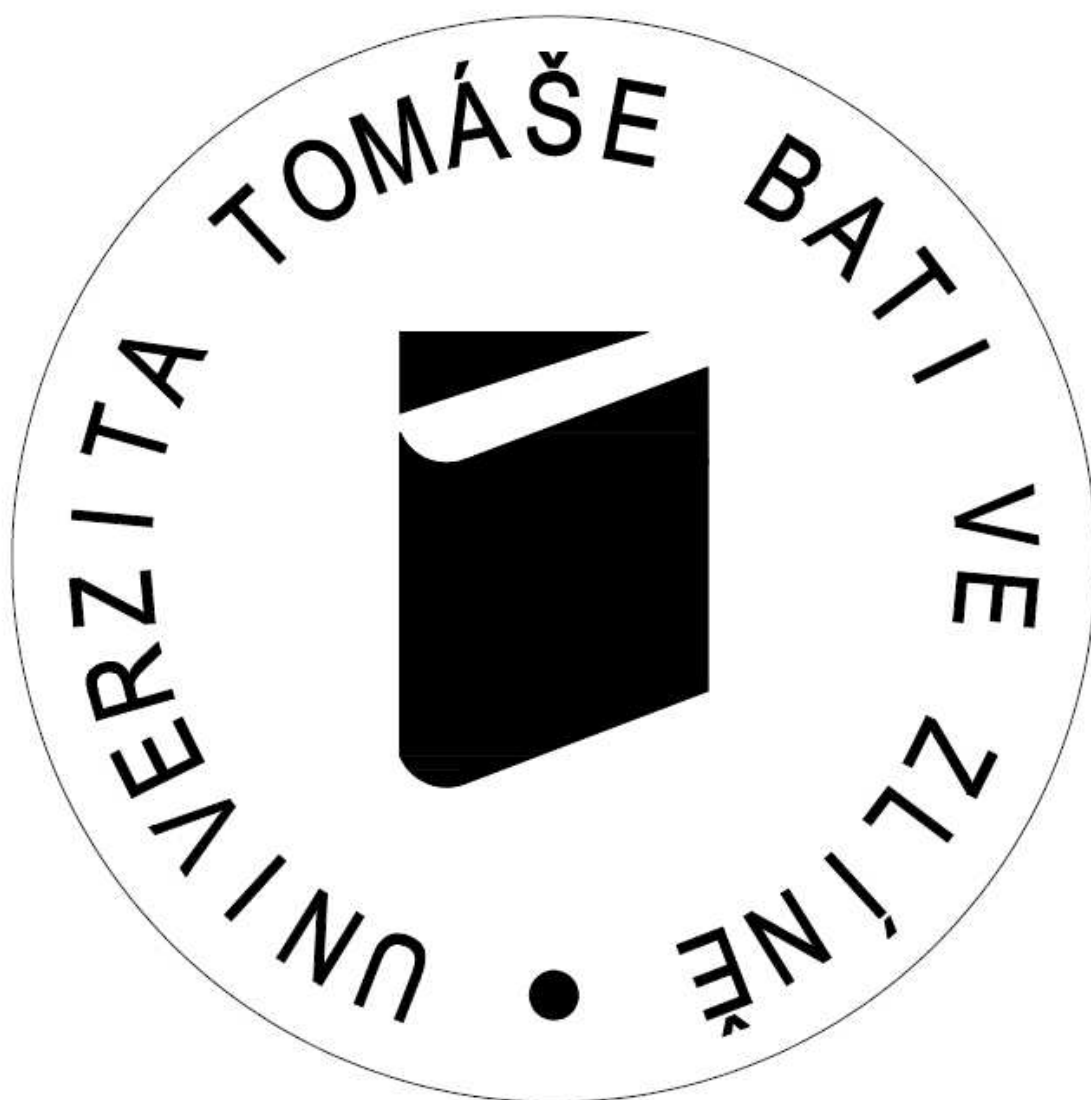
Tvar a rozměry propagačního štítku odpovídají tvaru a rozměrům referenčního vzorku.

4.2 Reliéfy

Reliéf je na propagačním štítku vyroben zaujmutím tvaru materiálu (pryže) při jeho tváření) v negativu reliéfu. Pro usnadnění výroby se reliéf vyhlubuje pod povrch tvářecí plochy formy. Děje se tak chemickým obráběním. Po zvulkanizování reliéf vyčnívá nad povrch výrobku.

Reliéfy jsou umístěny na líci i rubu propagačního štítku uvnitř obruby. Negativ reliéfu je obroben v tvarových vložkách, mezi kterými propagační štítek při výrobě vzniká. Hloubka úběru materiálu chemickým obráběním je 0,2 mm.

Reliéf na rubu propagačního štítku je pro všechny štítky stejný (Obr. 28). Obsahuje znak Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, který je umístěný uprostřed. Tento znak je dokola lemován nápisem představujícím název Univerzity: UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. Tento nápis je řešen fontem písma Arial Narrow a jako dělicí znak je zvolen černý kruh z téže znakové sady. Znak Univerzity, font písma i způsob rozmístění je v souladu s Manuálem jednotného vizuálního stylu Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně [11].



Obr. 28. Reliéf rubu propagačního štítku.

Reliéfy na líci propagačního štítku obsahují znak Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, který je umístěný uprostřed. Tento znak je dokola lemován nápisem představujícím název té které fakulty Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Jsou to tyto nápisy: FAKULTA TECHNOLOGICKÁ (Obr. 29), FAKULTA MANAGEMENTU A EKONOMIKY, FAKULTA MULTIMEDIÁLNÍCH KOMUNIKACÍ, FAKULTA APLIKOVANÉ INFORMATIKY, FAKULTA HUMANITNÍCH STUDIÍ. Tyto nápisy jsou řešeny fontem písma Arial Narrow a jako dělicí znak je zvolen černý kruh z téže znakové sady. Znak Univerzity, font písma i způsob rozmístění je v souladu s Manuálem jednotného vizuálního stylu Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně [11].



Obr. 29. Reliéf líce propagačního štítku - Fakulta technologická.

4.3 Materiál

Jako materiál propagačního štítku byla navržena silikonová pryž. Ta je charakteristická vazbou -Si-O- v hlavním řetězci.

Předsměsi ze silikonových kaučuků, které obsahují všechny potřebné přísady s výjimkou barviva a vulkanizačního systému, obvykle připravují výrobci kaučuků, protože jejich příprava vyžaduje speciální zařízení. Jako vulkanizační činidlo se používají peroxidy.

Pevnost silikonů je poměrně nízká, zato v širokém rozmezí teplot se jen málo mění. Běžně se tato pryž používá při teplotách od -60 do +180 °C. Má vynikající odolnost proti

povětrnostním vlivům, odolnost proti hoření a elektroizolační vlastnosti. Její cena je poměrně vysoká. [3]

4.3.1 Vulkanizace

Pro dodaný vzorek gumárenské směsi na silikonové bázi v barvě Fakulty technologické - FT dark blue [11] byla provedena měření vulkanizačních parametrů kaučukové směsi (Obr. 30) při teplotě vulkanizace 165 °C. Pro naše účely je nejdůležitější vulkanizační křivka, která je zobrazena na prvním grafu modrou čarou. Měření probíhalo na přístroji RP 2000.

Dále byly zvulkanizovány 2 vzorky směsi v ručním vulkanizačním lisu v rámečku o rozměrech tvarového okna čtvercového průřezu 2 x 120 x 120 mm při shodné vulkanizační teplotě a čase 18 min. Zvulkanizované desky silikonové pryže byly dále použity pro měření smrštění a tvrdosti materiálu.

Result print

Page 1 of 1

Test results

Test Name : Wilczynski - cure 175

Description : Try to modificate this

Status : Completed

Batch Dvorak
Compound Wilczynski
Order TEST

Date : 2008-05-07
Time : 11:44
RPA : modified

Subtest 0 - RPA Ready Subtest

Completed

Ready Temp=165 C Ready Temp Range=0.3 C Ready Time=0.5 min

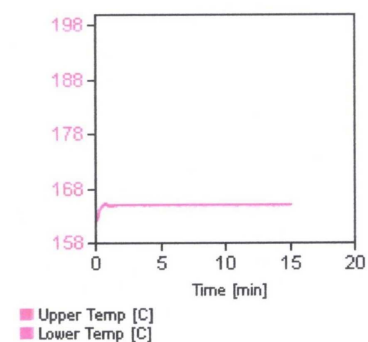
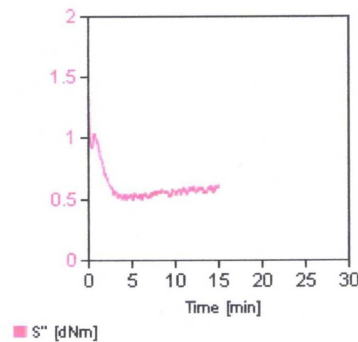
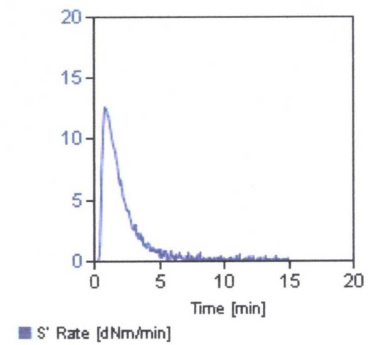
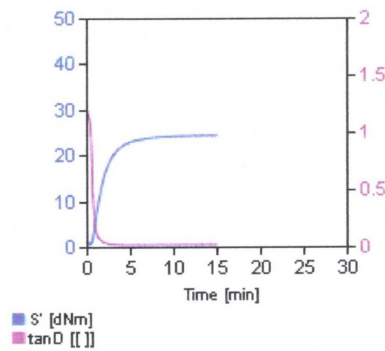
Subtest 1 - RPA

Completed

Cure Subtest

Smoothing=5 [] I-Filter=0.08 min Stop at Scorch=197.724 dNm Interpolate=0 [] Rate Window=11 [] Time=20 min Temp=165 C
Freq=1.667 Hz Angle=6.975 %

Min S' (ML) 0.843 dNm
Max S' (MH) 24.513 dNm
S'' at Min S' (ML) 0.946 dNm
S'' at Max S' (MH) 0.568 dNm
tanD at Min S' (ML) 1.121 []
tanD at Max S' (MH) 0.023 []
ts1 0.63 min
ts2 0.74 min
t'10 0.74 min
t'50 1.59 min
t'90 4.05 min



4.3.2 Smrštění

Pro dodaný vzorek gumárenské směsi (viz 4.3.1) bylo nutno provést měření smrštění materiálu. Jeho velikost je zásadní při navrhování tvarových částí formy. Měření probíhalo na ručním vulkanizačním lisu s topnými deskami a automatickou regulací teplot jeho desek za podmínek viz 4.3.1. Byly zvulkanizovány dvě desky. 24 hodin po jejich vyjmutí z lisu byly změřeny jejich rozměry. Výsledky měření jsou shrnuty v tabulce (Tab. 1).

Tab. 1. Naměřené hodnoty při měření smrštění.

deska	1	2
č. m.	l_{vm} [mm]	
1	115,51	116,01
2	115,75	115,92
3	115,64	116,19
4	116,02	116,01
5	115,97	115,79
6	115,91	115,42
průměr	115,85	

- l_{vm} je délka strany desky po smrštění

Rozměry byly změřeny digitálním posuvným měřítkem Mitutoyo s rozsahem měřených rozměrů 0 - 150 mm a přesností 0,01 mm.

Odečtením průměru z měření délky strany desky po smrštění l_{vm} [mm] od původní délky l_v [mm] je získána absolutní velikost smrštění Δl_v [mm]:

$$\Delta l_v = l_v - l_{vm} \quad (7)$$

Dosazením do rovnice (7):

$$\Delta l_v = 120 - 115,85 = 4,16 \text{ mm} \quad (8)$$

Průměrná velikost smrštění s [%] se stanoví výpočtem:

$$s = \frac{\Delta l_v}{l_v} \cdot 100 \quad (9)$$

Dosazením do rovnice (9):

$$s = \frac{4,16}{120} \cdot 100 = 3,46\% \quad (10)$$

je stanovena průměrná velikost smrštní dodané gumárenské směsi po zvuikanizování.

4.3.3 Tvrdost

Pro správnou funkci propagačního štítku je důležitá tvrdost použitého materiálu. Dodaná gumárenská směs byla zvuikanizována podle podmínek viz 4.3.1 v ručním vulkanizačním lisu s topnými deskami. Zvuikanizované pryžové desky byly navrstveny tak, aby byla splněna podmínka minimální výšky zkoušeného materiálu (6 mm). Výsledky měření jsou shrnuty v tabulce (Tab. 2).

Tab. 2. Naměřené hodnoty tvrdosti.

č. m.	tvrdost [Shore A]
1	71,1
2	71,1
3	71,7
4	71,1
5	72,2
6	71,1
průměr	71,4

Tvrdost byla změřena digitálním tvrdoměrem HPE DMG 9318389.5 (Obr. 31) s přesností 0,1 Shore A podle metodiky normy ISO 868.



Obr. 31. Tvrdoměr HPE DMG 9318389.5.

4.4 Volba technologie výroby propagačního štítku

Výrobu propagačního štítku lze realizovat v zásadě třemi výrobními technologiemi. Jsou to technologie lisování, přetlačování a vstřikování. Jedná se o cyklické metody výroby výrobků z pryže.

Vzhledem k zamýšlené prototypové výrobě propagačního štítku a požadované přesnosti výroby, její ekonomičnosti a rychlosti byla zvolena technologie přetlačování. Tato technologie navíc není náročná na vybavení dílny - výroba je realizována na vulkanizačním lisu za použití relativně jednoduchých nástrojů. Zvolený způsob výroby také umožňuje pomocí jednoduché výměny tvarových vložek vyrábět různé výrobky a to až do maximálního použitelného objemu přetlačovací komory. Komora spolu s přetlačovacím pístem se navíc řeší jako univerzální.

5 FORMA

Forma pro výrobu výše popsaného propagačního štítu je uvažována pro vulkanizační lis vybavený topnými deskami. Forma je určena pro výrobní technologii přetlačování. Její ohřev je realizován přestupem tepla z topných desek vulkanizačního lisu. Je řešena jako čtyřnásobná. Výroba štítu je prototypová, ale přetlačovací komoru i píst lze využít jako univerzální součásti i pro jinou výrobu. Také lze vyměnit tvarové vložky za jiné, ať už při výrobě výše uvedeného propagačního štítu nebo také pro výrobu tvarově a rozměrově podobného výrobku.

5.1 Výpočet spolehlivého uzavření formy

Velikost plochy průřezu přetlačovací komory S_k se stanoví dle rovnice (4). Při použití rovnice (3) musí platit:

$$S_k \geq k \cdot n \cdot (S_f + S_p) \quad (11)$$

Úpravou nerovnice (11) se určí podmínka spolehlivého uzavření formy:

$$\frac{S_k}{n \cdot (S_f + S_p)} \geq k \quad (12)$$

Velikost plochy průřezu přetlačovací komory S_k se stanoví výpočtem:

$$S_k = \frac{\pi D_k^2}{2} \quad (13)$$

kde:

- D_k je průměr přetlačovací komory [m]

Dosazením do rovnice (13):

$$S_k = \frac{\pi \cdot (10^{-1})^2}{2} = 1,571 \cdot 10^{-2} m^2 \quad (14)$$

Velikost plochy průmětu dutiny formy do dělicí roviny S_f se stanoví výpočtem:

$$S_f = \frac{\pi D_f^2}{2} \quad (15)$$

kde:

- D_f je průměr dutiny formy [m]

Dosazením do rovnice (15):

$$S_f = \frac{\pi \cdot (2,34 \cdot 10^{-2})^2}{2} = 8,310 \cdot 10^{-4} m^2 \quad (16)$$

Velikost plochy průmětu tokových kanálků do dělicí roviny formy S_p se stanoví výpočtem:

$$S_p = D_p \cdot l_d + \frac{(a+c)v}{2} \quad (17)$$

kde:

- D_p je šířka drážky [m]
- l_d je délka drážky [m]
- a je delší základna lichoběžníku (průřez vějířovitě rozšířeného vtokového ústí) [m]
- c je kratší základna výše zmíněného lichoběžníku [m]
- v je výška výše zmíněného lichoběžníku [m]

Dosazením do rovnice (17):

$$S_p = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 9,96 \cdot 10^{-3} + \frac{(1,463 \cdot 10^{-3} + 10^{-3}) \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}}{2} = 3,148 \cdot 10^{-5} m^2 \quad (18)$$

Dosazením do rovnice (12):

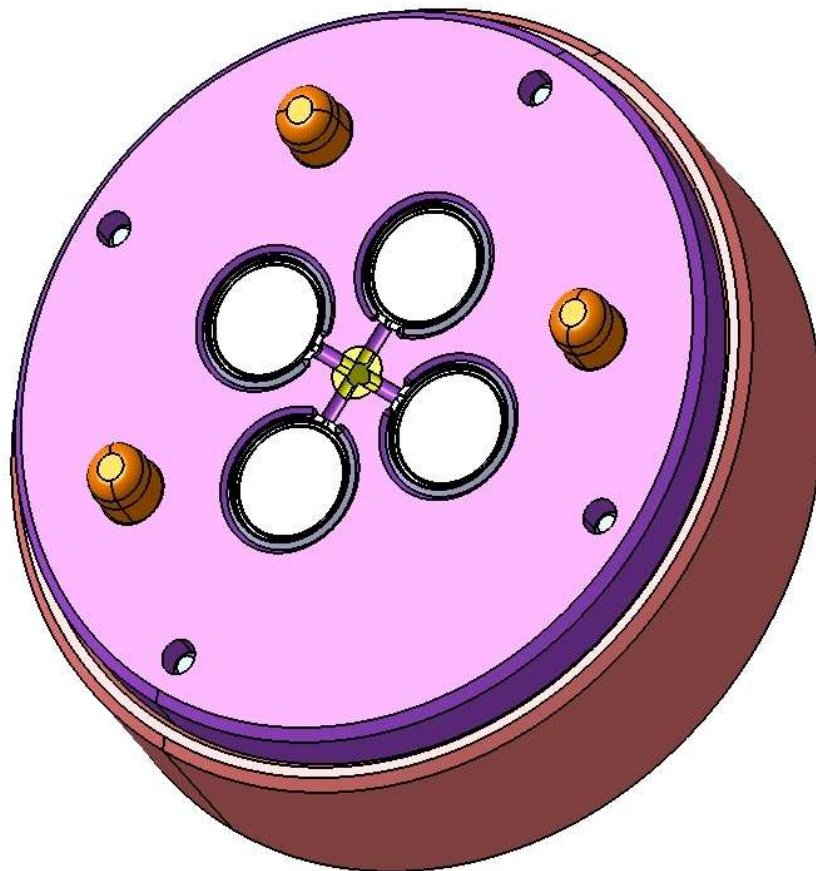
$$\frac{1,571 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot (8,31 \cdot 10^{-4} + 3,148 \cdot 10^{-5})} \cong 4,6 \geq 1,3 \quad (19)$$

je splněna podmínka spolehlivého uzavření formy.

5.2 Kontrola na otláčení

Forma je při svých rozměrech namáhána především na tlak. Aby bylo možné určit maximální přítlačnou sílu vulkanizačního lisu, musí se provést kontrolní výpočet na otláčení. Kontrola je provedena v dělicí rovině formy, kde jsou relativně malé plochy součástí přicházejících do tlakového styku a použité materiály mají relativně nízká dovolená napětí v tlaku. Jsou to tvarová vložka horní i dolní, vtoková vložka, vodící pouzdro a tvarová deska horní i dolní.

Velikost plochy v dělicí rovině formy horní tvarové desky S_{hd} byla odečtena v programu CATIA z 3D modelu součásti: $S_{hd} = 11000 \text{ mm}^2$. Velikost plochy v dělicí rovině formy horní tvarové vložky S_{hv} byla odečtena v programu CATIA z 3D modelu součásti: $S_{hv} = 26,07 \text{ mm}^2$. Velikost plochy v dělicí rovině formy vtokové vložky S_v byla odečtena v programu CATIA z 3D modelu součásti: $S_v = 28,44 \text{ mm}^2$.



Obr. 32. Horní část formy - pohled zdola.

Sečtou-li se zjištěné údaje (s ohledem na počet jednotlivých komponent), je zjištěna celková velikost plochy horní části formy v dělicí rovině S_h :

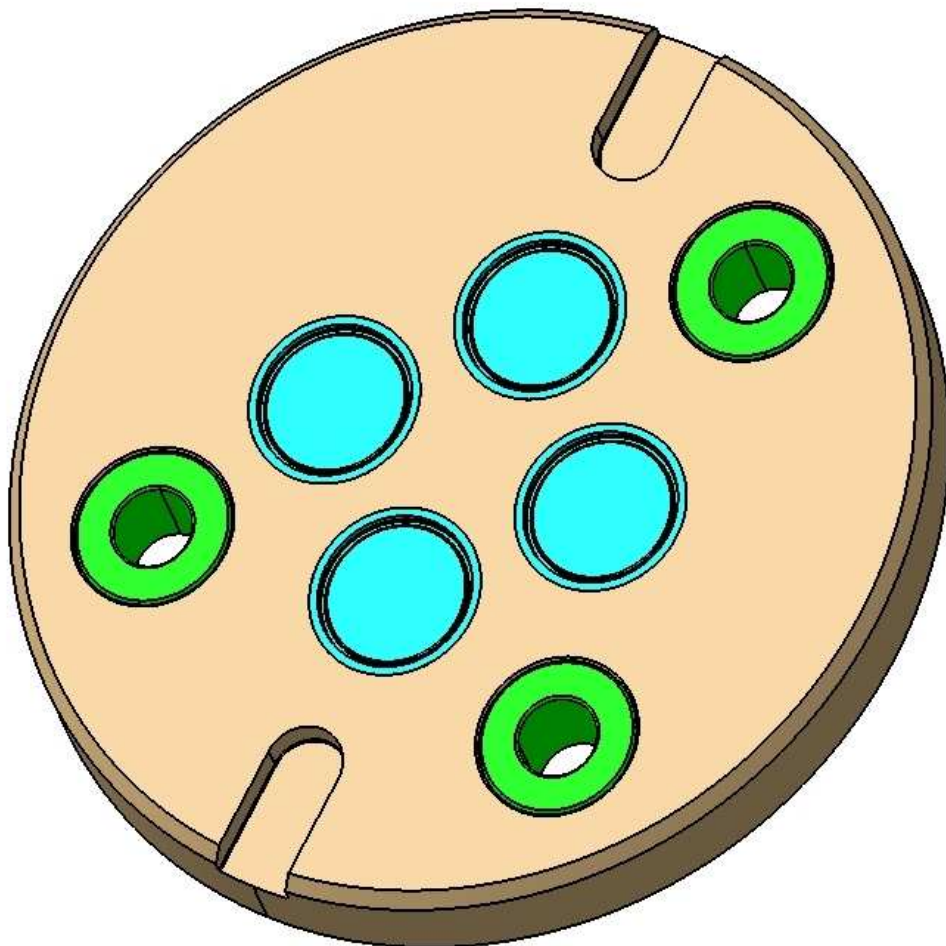
$$S_h = S_{hd} + (4 \cdot S_{htv}) + S_v \quad (20)$$

Dosazením do rovnice (20):

$$S_h = 11000 + (4 \cdot 26,07) + 28,44 = 11132,72 \text{ mm}^2 \quad (21)$$

je zjištěna velikost plochy horní části formy v dělicí rovině.

Pro zjištění velikosti styčné plochy v dělicí rovině formy je nutno od této hodnoty odečíst velikost drážek pro usnadnění otevírání formy S_d vyfrézovaných v dolní tvarové desce: $S_d = 490,7 \text{ mm}^2$.



Obr. 33. Dolní část formy - pohled shora.

Velikost styčné plochy v dělicí rovině formy S_s je:

$$S_s = S_h - S_d \quad (22)$$

Dosazením do rovnice (22):

$$S_s = 11132,72 - 490,7 = 10642,02 \text{ mm}^2 \quad (23)$$

je zjištěna velikost styčné plochy formy v dělicí rovině.

Pro výpočet velikosti maximální síly aplikovatelné vulkanizačním lisem F_{max} je vzato nejnižší dovolené napětí v tlaku z použitých materiálů v dělicí rovině, tedy 11 373,0. Dovolené napětí v tlaku σ_{DD} bylo pro tento případ určeno: $\sigma_{DD} = 95 \text{ MPa}$ [12]. Pro stanovení maximální síly F_{max} aplikovatelné na uvedenou plochu S_s platí:

$$\sigma_{DD} \geq \frac{F_{max}}{S_s} \quad (24)$$

Po úpravě:

$$F_{max} \leq \sigma_{DD} \cdot S_s \quad (25)$$

Dosazením do rovnice (25):

$$F_{vp} \leq 95 \cdot 10642,02 = 1010992 \text{ N} \quad (26)$$

Velkost síly vulkanizačního lisu tedy nesmí překročit hodnotu 1010992 N.

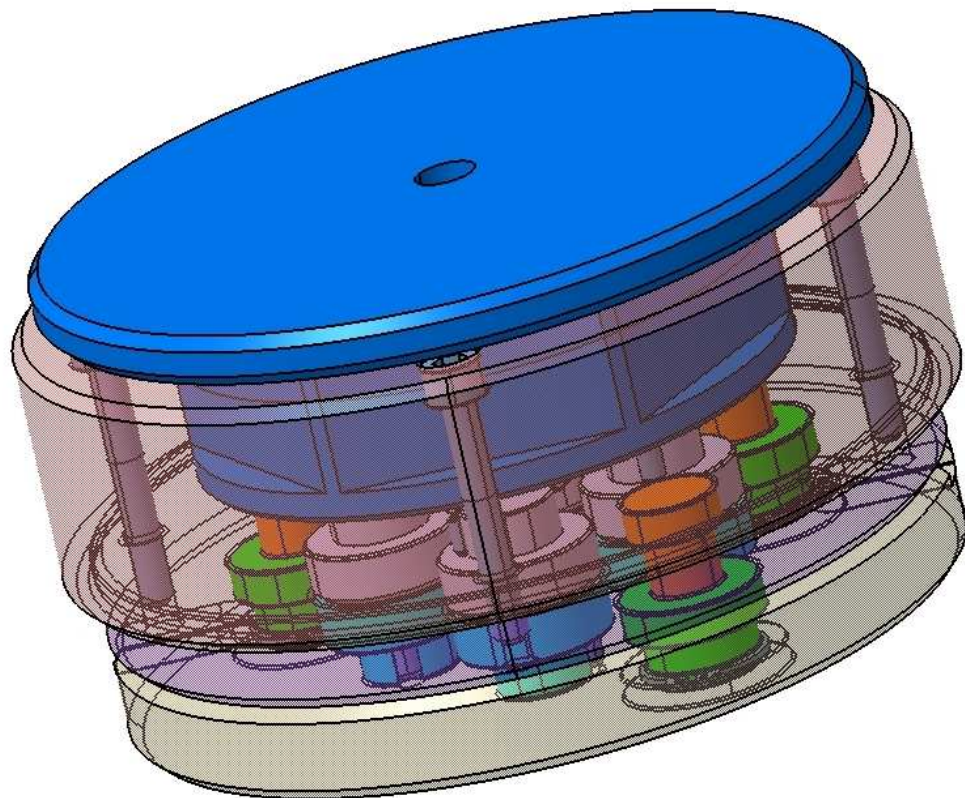
5.3 Konstrukční uspořádání formy

Forma je z důvodů ekonomických a s ohledem na délku pracovního cyklu řešena jako kruhová. Maximální průměr formy je 150 mm v oblasti přetlačovací komory. Celková výška formy je 76 mm a pro maximální použitelný objem nálože v přetlačovací komoře je požadován minimální zdvih vulkanizačního lisu 85 mm.

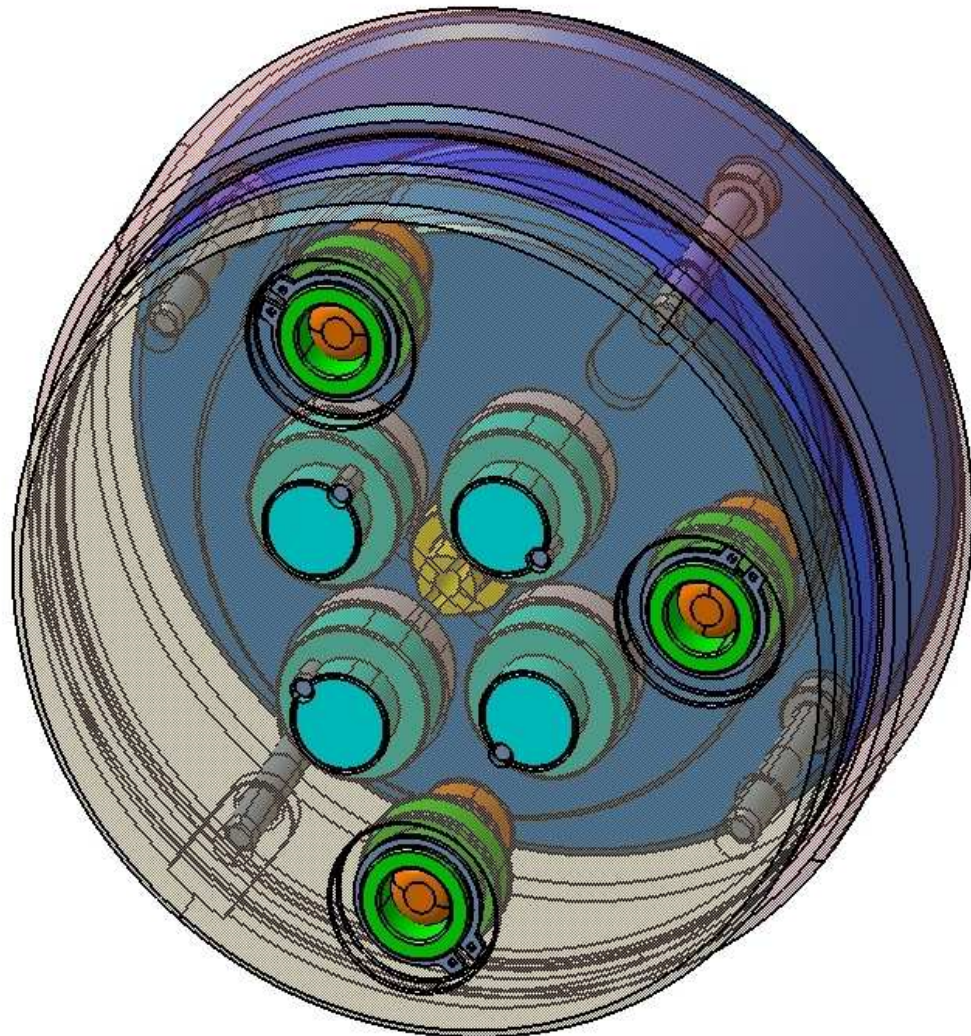
Dělicí rovinu formy obklopují dvě tvarové desky. Podle svojí pozice jsou to horní a dolní tvarová deska. V těchto deskách jsou uloženy tvarové vložky. Dolní tvarové vložky jsou zajištěny proti pootočení kolíky a horní jsou zajištěny pomocí šroubů. Rozváděcí kanálky jsou vyfrézovány do horní tvarové desky a vtokové vložky, která je pojištěna kolíkem proti pootočení. Ústí vtoku je v dělicí rovině formy. Vedení desek je zajištěno vodícími čepy a pouzdry. Na horní tvarové desce je nasazena a přišroubována přetlačovací komo-

ra, ve které je umístěn přetlačovací píst. Snadné otevření formy je umožněno pomocí meze-
ry mezi pístem a komorou a také vyfrézovanými drážkami v dělicí rovině formy.

Odvzdušnění formy je realizováno prostřednictvím dělicí roviny. Výrobky se vyjíma-
jí ručně pomocí jednoduchých nástrojů. Forma je vytápěna externě, pomocí topných desek
vulkanizačního lisu.



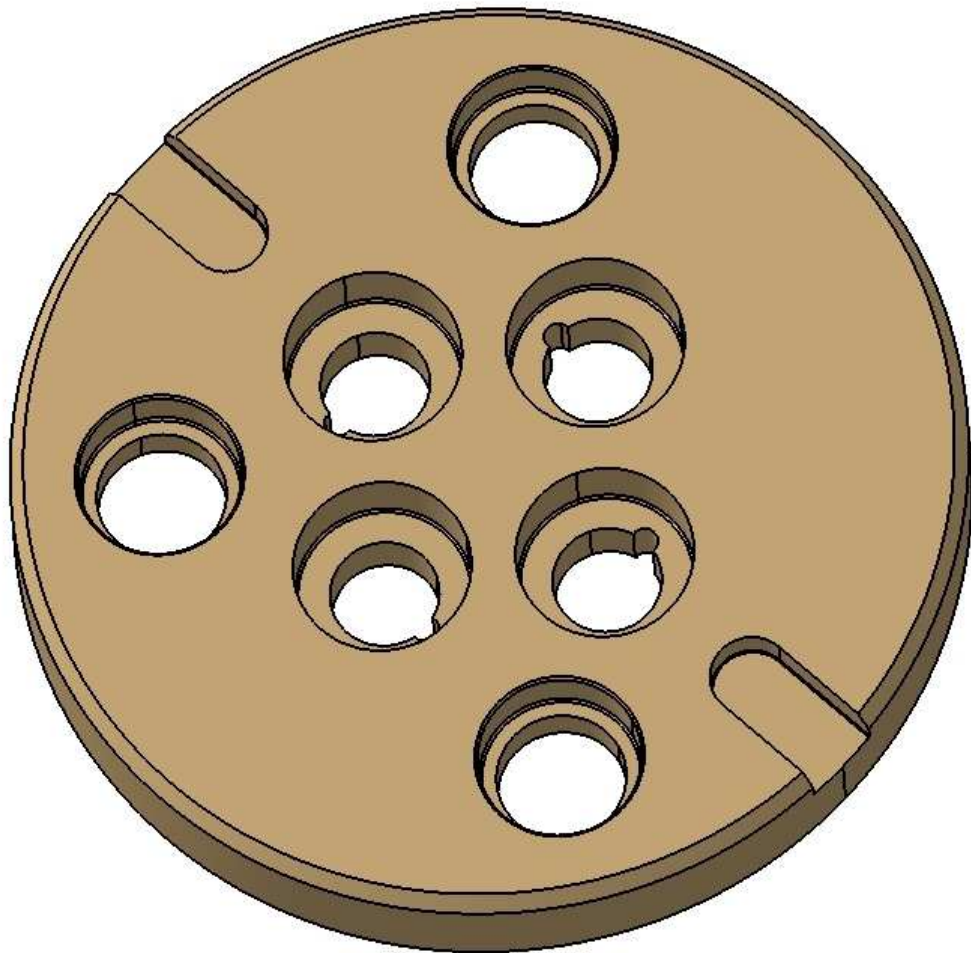
Obr. 34. Pohled do sestavené formy.



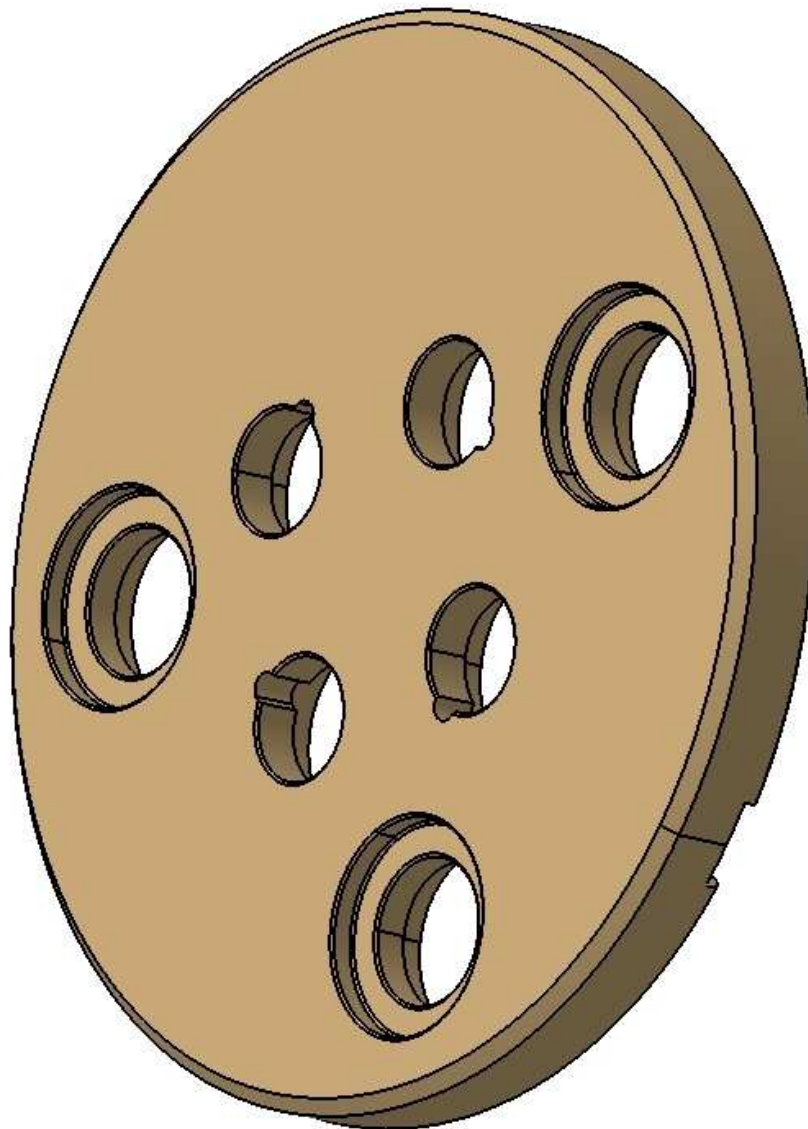
Obr. 35. Pohled do sestavené formy.

5.3.1 Dolní tvarová deska

Dolní tvarová deska je řešena s ohledem na prototypovou výrobu z konstrukční oceli 11 373.0. Jsou v ní umístěny tvarové vložky a vodící pouzdra. Tvarové vložky jsou zajištěny proti pootočení pomocí kolíků. Deska je slícována s tvarovými vložkami a vodícími pouzdry a celá plocha dělicí roviny je broušena na $Ra = 0,4 \mu\text{m}$. Deska umožňuje výměnu tvarových vložek za jiné. Jsou to především vložky stejné výroby s jiným reliéfem. Umožňuje však i výměnu za vložky pro tvarově a rozměrově podobný výrobek (v omezeném rozsahu).



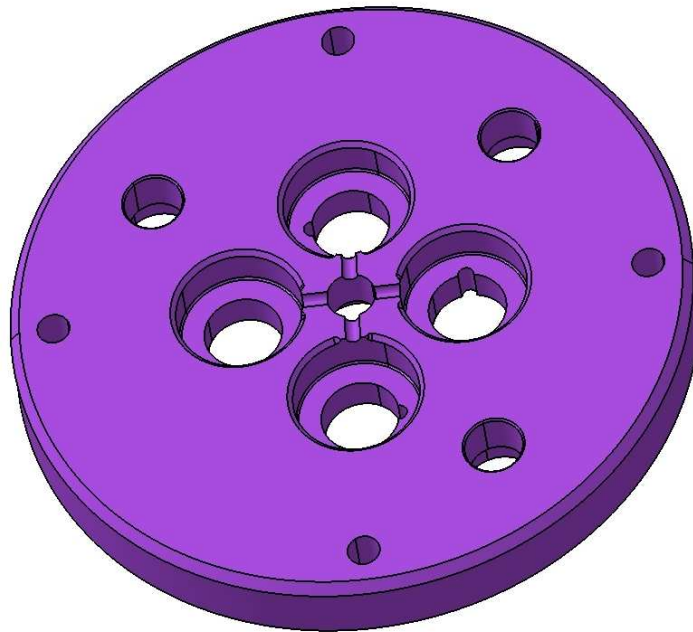
Obr. 36. Dolní tvarová deska - pohled shora.



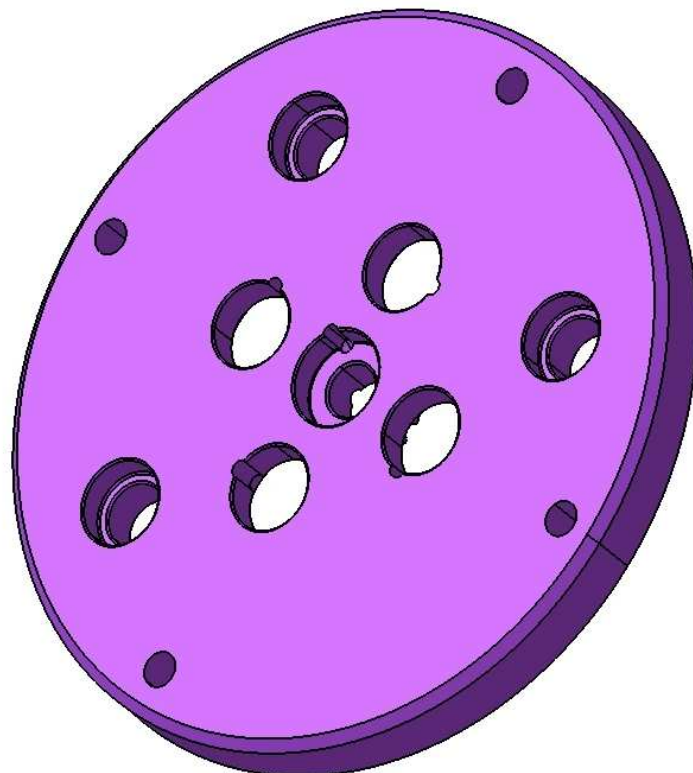
Obr. 37. Dolní tvarová deska - pohled zdola.

5.3.2 Horní tvarová deska

Horní tvarová deska je řešena s ohledem na prototypovou výrobu z konstrukční oceli 11 523.0. Jsou v ní umístěny tvarové vložky, vtoková vložka a vodící čepy. Tvarové vložky jsou zajištěny proti pootočení pomocí šroubů, vtoková vložka pomocí kolíku. V desce jsou vyfrézovány rozváděcí kanálky a část přetokových kanálků. Deska je slícována s tvarovými vložkami a vtokovou vložkou a celá plocha dělicí roviny je broušena na $Ra = 0,4 \mu\text{m}$. Deska umožňuje výměnu tvarových vložek za jiné (v omezeném rozsahu).



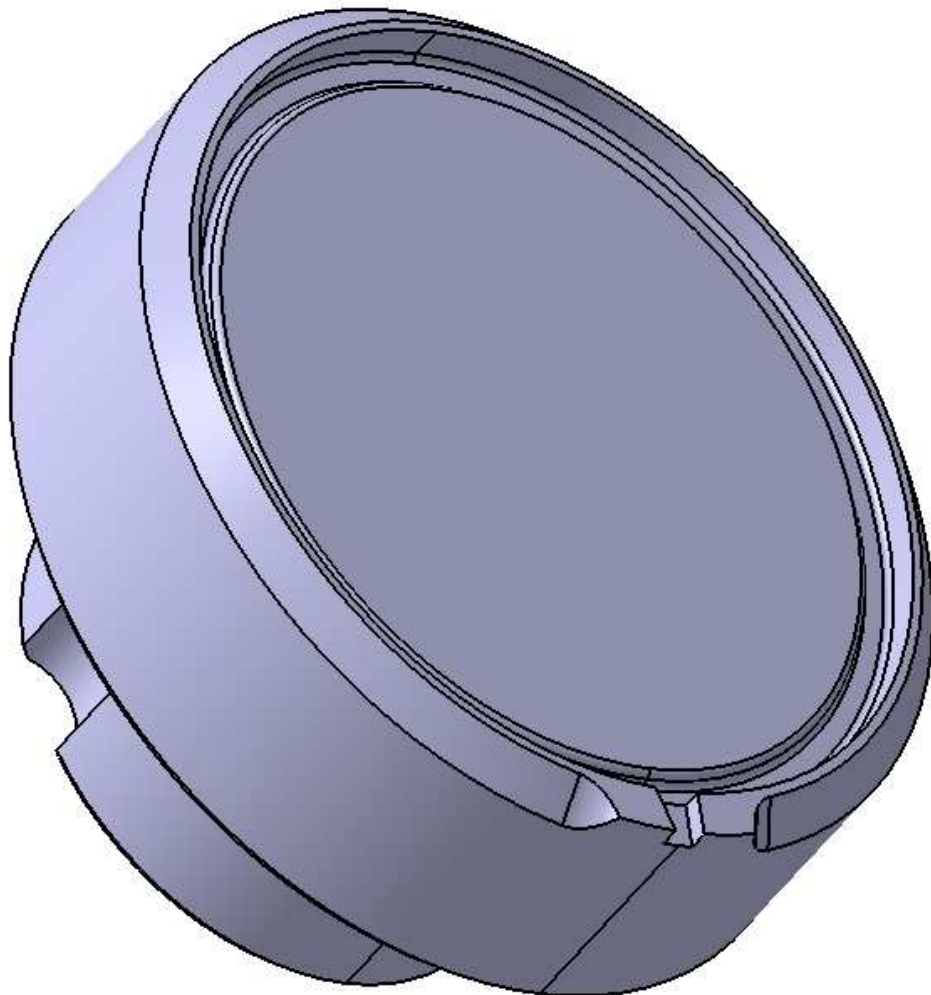
Obr. 38. Horní tvarová deska - pohled zdola.



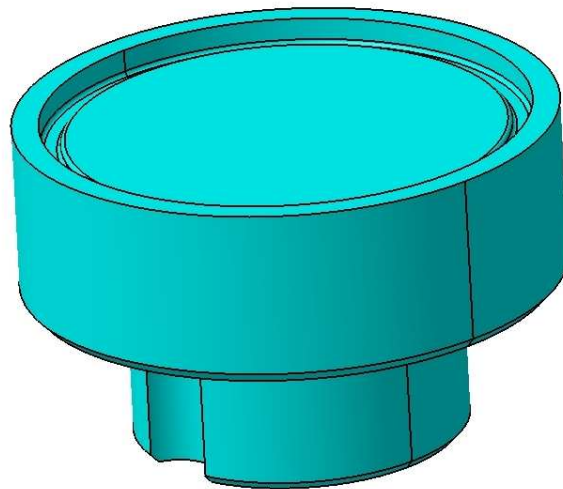
Obr. 39. Horní tvarová deska - pohled shora.

5.3.3 Tvarové vložky

Tvarové vložky dělí tvarovou dutinu na dvě poloviny v dělící rovině formy. Vzhledem k prototypové výrobě jsou vložky řešeny z konstrukční oceli 11 523.0. Ve vložce je vyfrézováno vějířovitě rozšířené vtokové ústí, které je umístěno v dělící rovině. Také se zde nachází druhá část přetokových kanálků. Tvarové vložky jsou lícovány s deskami, ve kterých jsou umístěny. Tvarové části a plocha dělící roviny je broušena na $Ra = 0,4 \mu\text{m}$. Negativ reliéfu štítku je vyroben chemickým obráběním. Dolní tvarová vložka je zajištěna proti pootočení kolíkem, horní pak šroubem.



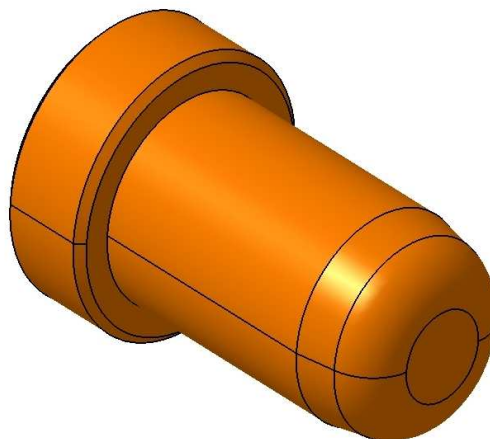
Obr. 40. Tvarová vložka horní.



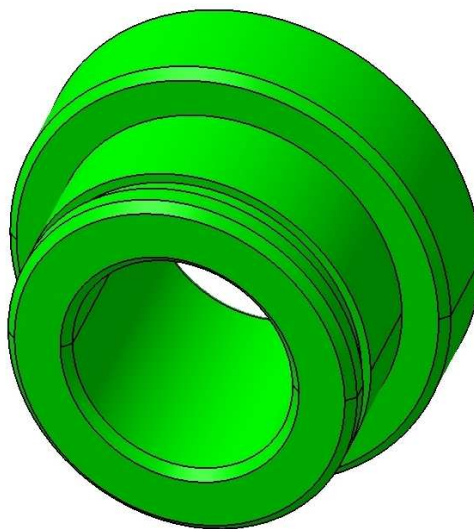
Obr. 41. Tvarová vložka dolní.

5.3.4 Vodící prvky

Správné vedení desek je zajištěno vodícími čepy s pouzdry. Tyto prvky jsou řešeny s ohledem na prototypovou výrobu z oceli 12 060.1 a zušlechťeny na tvrdost 57 ± 3 HRC [13]. Jejich rozmístění je asymetrické, aby nemohlo dojít k záměně stran při sestavování formy. Vodící čepy jsou umístěny v horní tvarové desce a pouzdra v dolní. Vodící čepy jsou zajištěny proti axiálnímu posuvu svými osazeními a sešroubováním horní tvarové desky s přetlačovací komorou. Vodící pouzdra jsou zajištěna proti axiálnímu posuvu pojistnými kroužky.



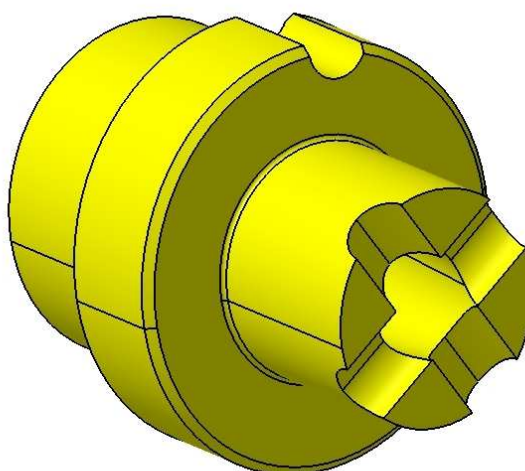
Obr. 42. Vodící čep.



Obr. 43. Vodící pouzdro.

5.3.5 Vtoková vložka

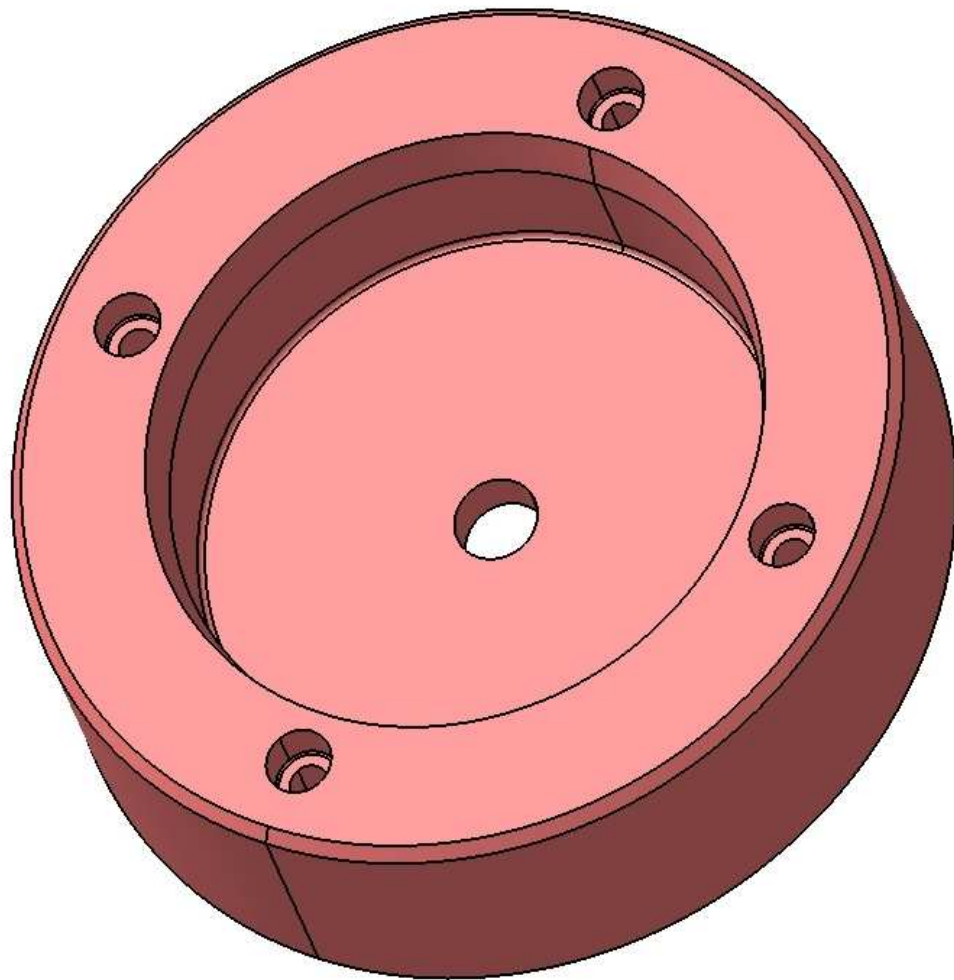
Vtoková vložka spojuje přetlačovací komoru s rozváděcími kanály realizovanými v horní tvarové desce. Průřez kanálku je kruhový a ve směru toku materiálu se kuželovitě zužuje pod úhlem 8° . Umožní se tak snadné vytažení vtokového zbytku z kanálku. Na spodní straně vložky jsou vyfrézovány rozváděcí kanálky. Proto je také vtoková vložka zajištěna proti pootočení kolíkem. Vložka je uvažována z oceli 11 523.0 vzhledem k předpokládané prototypové výrobě štítu.



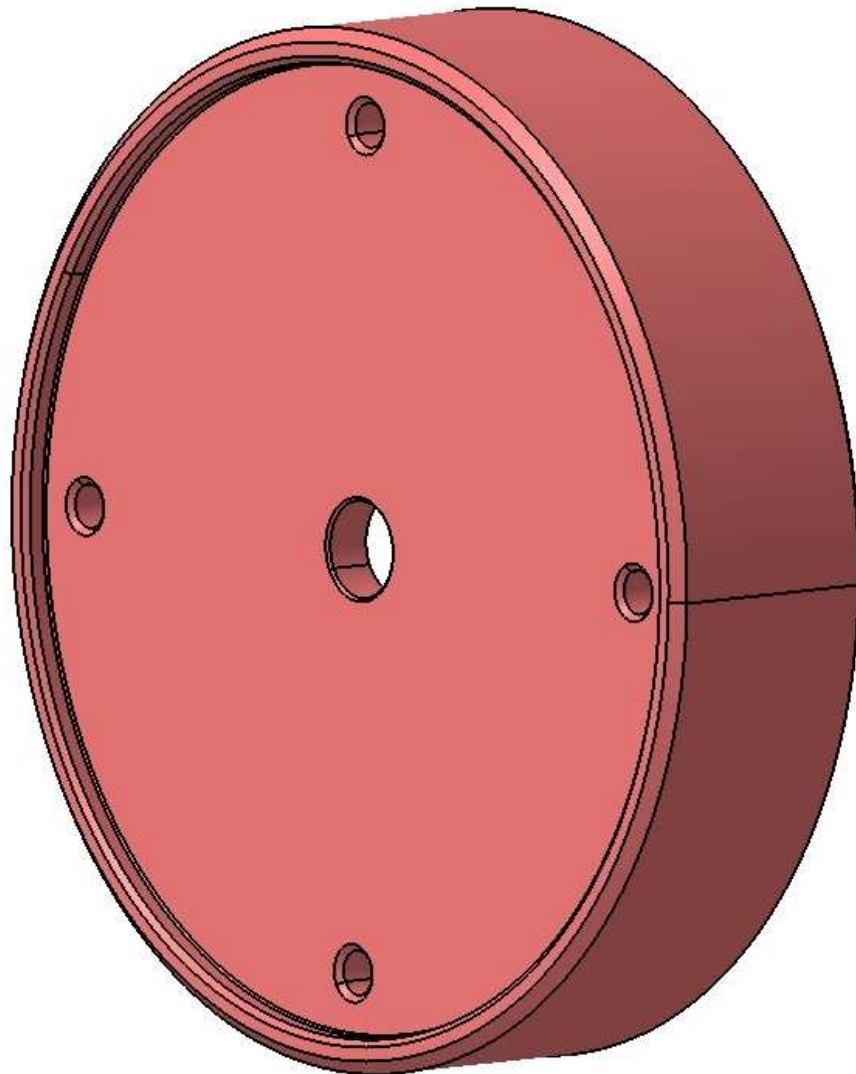
Obr. 44. Vtoková vložka.

5.3.6 Přetlačovací komora

Přetlačovací komora je konstruována jako univerzální. S jejím použitím lze tedy vyrábět i jiné gumárenské výrobky. Proto je uvažována s materiálu 12 060.1, který je nutno zušlechtit na tvrdost 57 ± 3 HRC [13]. Rezerva v ploše průřezu komory postačuje k použití pro výrobky s plochou průmětu do dělicí roviny (včetně kanálků) až 3,5 - 3,8 x větším, tzn. přibližně $5,800 \cdot 10^{-2}$ - $6,298 \cdot 10^{-2} m^2$. Použitelný objem komory je $7,069 \cdot 10^{-5} m^3$. Komora je vystředěna na horní tvarové desce, se kterou je sešroubována.



Obr. 45. Přetlačovací komora - pohled shora.



Obr. 46. Přetlačovací komora - pohled zdola.

5.3.7 Přetlačovací píst

Přetlačovací píst je konstruován jako univerzální. Je proto z materiálu 14 220.3, který je před dokončením broušením cementován do hloubky 0,8 mm, kalen a popuštěn. Tvrdost cementované vrstvy je předepsána na 63 ± 3 HRC [13]. Lícovaná plocha pístu je odlehčena šestihranem, aby se omezila možnost zadření pístu v komoře. Píst je na své horní ploše vybaven závitem pro usnadnění otevření komory a připojení k vodící desce. Ve své spodní ploše má píst díru, která slouží pro vytvoření výstupku na vtokovém zbytku pro jeho snadnější odstranění.



Obr. 47. Přetlačovací píst - pohled zdola.



Obr. 48. Přetlačovací píst - pohled shora.

6 VOLBA VULKANIZAČNÍHO LISU

Forma je řešena jako kruhová. Maximální průměr formy je 150 mm v oblasti přetlačovací komory. Celková výška formy je 76 mm a pro maximální použitelný objem nálože v přetlačovací komoře je požadován minimální zdvih vulkanizačního lisu 85 mm.

Dle kontroly na otláčení, provedené v kapitole 5, nesmí velikost síly vulkanizačního lisu překročit hodnotu 1010,992 kN.

K dispozici jsou 3 vulkanizační lisy. Jejich parametry jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 3).

Tab. 3. Přehled parametrů vulkanizačních lisů.

lis	v_{min} [mm]	v_{max} [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	F_{lmax} [kN]
A	115	430	350	350	57
B	0	150	400	400	300
C	0	170	240	300	50

- v_{min} je minimální výška formy
- v_{max} je maximální výška formy
- l_1 je šířka plochy desky vulkanizačního lisu
- l_2 je hloubka plochy desky vulkanizačního lisu
- F_{lmax} je maximální síla vulkanizačního lisu

Z uvedených údajů vyplývá, že forma je použitelná pro vulkanizační lisy B a C. Vulkanizační lis A nevyhovuje, protože forma má menší výšku než je jeho minimální rozpětí mezi deskami a formu by tedy neuzavřel.

ZÁVĚR

V práci byly popsány cyklické metody výroby elastomerních výrobků a specifika těchto metod. Byly zde řešeny metody použitelné pro výrobu zadaného výrobku - propagačního štítku - z tvrdé pryže: technologie lisování, přetlačování a vstřikování. Dále zde byly popsány zásady pro návrh výrobků z elastomerů, vlastnosti pryže včetně vulkanizace a smršťení a její zpracovatelský postup. Bylo také zmíněno konstrukční řešení gumárenských forem, postup při jejich konstrukci, rozdělení podle technologie výroby a také výroba forem.

Cílem bakalářské práce bylo zkonstruovat přetlačovací gumárenskou formu propagačního štítku, zhotovit její výrobní dokumentaci a zvolit vhodný vulkanizační lis pro jeho výrobu.

Propagační štítek je určen k odemykání nákupních vozíků u supermarketů jako náhražka standardní kovové mince nebo jako upomínkový předmět.

Vzhledem k vysokým požadavkům na estetičnost, ale také funkčnost a odolnost byla jako materiál propagačního štítku zvolena tvrdá pryž a jeho výroba vulkanizací ve formě. Pro dodanou gumárenskou směs na bázi silikonového kaučuku byla provedena měření vulkanizačních parametrů. Dále byly z vulkanizovány 2 vzorky směsi v ručním vulkanizačním lisu, které byly použity pro měření smršťení této pryže a její tvrdosti, důležitého faktoru, ovlivňujícího její použitelnost.

Vzhledem k zamýšlené prototypové výrobě propagačního štítku a požadované přesnosti výroby, její ekonomičnosti a rychlosti byla zvolena technologie přetlačování.

Podle tvaru a rozměrů referenčního vzorku - mince 1 Euro - byl s přihlédnutím k naměřené hodnotě smršťení dodané pryže a zvolené technologii výroby vytvořen 3D model formy v programu CATIA, stejně jako všech jejích součástí. Forma byla řešena jako prototypová, ale přetlačovací komoru i píst lze využít jako univerzální součásti i pro jinou výrobu. Z těchto modelů byla vytvořena výrobní dokumentace a také z ní byly odečítány hodnoty pro konstrukční výpočty.

Reliéf, část propagačního štítku mající za úkol propagovat Univerzitu, byl umístěn na líci i rubu propagačního štítku uvnitř obruby. Jako dominantní prvek reliéfu byl zvolen znak Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, který je umístěný uprostřed rubu i líce. Tento znak

je dokola lemován nápisem představujícím na rubu název Univerzity a na lici název té které fakulty. Jako technologie jeho obrobění vyhlubováním pod povrch tvářecí plochy formy bylo zvoleno chemické obrábění. Reliéfy byly vytvořeny v programu AutoCAD.

Nakonec byly provedeny základní konstrukční výpočty: výpočet spolehlivého uzavření formy a kontrola na otačení v dělicí rovině formy.

Přínosem práce je zlepšení možností propagace Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Úkolem propagačního štítku je vhodným způsobem na Univerzitu upozornit a především zaujmout cílové skupiny osob.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Tomis, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. Brno: VUT. 1980. 278 s. ISBN 55-599-80.
- [2] Kuta, A. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. Praha: VŠCHT. 2007. 203 s. ISBN 80-7080-367-3.
- [3] Maláč, J. *Gumárenská technologie - přednášky*. Zlín. 2007.
- [4] Tomis, F., Helštýn, J., Kaňovský, J. *Formy a přípravky*. Brno: VUT. 1979. 278 s. ISBN 55-635-79.
- [5] Růžička, K., Pospíšil, L. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*. Zlín: VÚGPT. 1979. 202 s.
- [6] Franta, I. a kol. *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*. Praha: SNTL. 1969. 540 s. ISBN 04-626-69.
- [7] Čermák, R. *Konstrukční polymery - přednášky*. Zlín. 2006.
- [8] Holub, J. *Gumárenská technologie VII: Pryž jako konstrukční materiál*. Praha: SNTL. 1967. 268 s. ISBN 04-611-67.
- [9] Hoffmann, W. *Vulkanisation & Vulkanisationshilfsmittel*. Stuttgart: Verlag Berliner Union GmbH. 1965
- [10] Staněk, M., Šanda, Š. *Konstrukce forem - přednášky*. Zlín. 2007.
- [11] *Manuál jednotného vizuálního stylu Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně*. [online] [cit. 2008-05-12] Dostupný z WWW: <http://web.fmk.utb.cz/cs/docs/manual_utb_loga.pdf>.
- [12] Leinveber, J., Vávra, P. *Strojnické tabulky*. Úvaly: ALBRA - pedagogické nakladatelství. 2005. 908 s. ISBN 80-7361-011-6
- [13] Fuerbacher, I., Macek, K., Steidl, J. a kol. *Lexikon technických materiálů se zahraničními ekvivalenty*. Praha: Odborné nakladatelství technické literatury. 1999. ISBN 80-86229-02-5

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a	delší základna lichoběžníku (průřez vějířovitě rozšířeného vtokového ústí) [m]
c	kratší základna výše zmíněného lichoběžníku [m]
D_f	průměr dutiny formy [m]
D_k	průměr přetlačovací komory [m]
D_p	šířka drážky [m]
F_{lmax}	maximální síla vulkanizačního lisu [kN]
F_{max}	velikost maximální síly aplikovatelné vulkanizačním lisem [N]
$F_{př}$	přetlačovací síla [N]
F_{uz}	uzavírací síla [N]
k	koeficient vyjadřující spolehlivé uzavření formy [-]
K	objemový podíl kaučuku a látek rozpustných v acetonu [-]
l	původní rozměr [m]
l_1	šířka plochy desky vulkanizačního lisu [mm]
l_2	hloubka plochy desky vulkanizačního lisu [mm]
l_d	délka drážky [m]
l_v	původní délka strany desky [mm]
l_{vm}	délka strany desky po smrštění [mm]
n	násobnost formy [-]
N	bezpečnost [min.]
$p_{př}$	přetlačovací tlak [Pa]
s	velikost smrštění [%]
S_d	velikost plochy drážek pro usnadnění otevírání formy v dělicí rovině [mm ²]
S_f	průmět dutiny formy do dělicí roviny [m ²]
S_h	celková velikost plochy horní části formy v dělicí rovině [mm ²]

S_{htd}	velikost plochy v dělicí rovině formy horní tvarové desky [mm^2]
S_{htv}	velikost plochy v dělicí rovině formy horní tvarové vložky [mm^2]
S_k	průřez přetlačovací komory [m^2]
S_p	průmět tokových kanálků do dělicí roviny formy [m^2]
S_s	velikost styčné plochy v dělicí rovině formy [mm^2]
S_v	velikost plochy v dělicí rovině formy vtokové vložky [mm^2]
v	výška výše zmíněného lichoběžníku [m]
v_{max}	maximální výška formy [mm]
v_{min}	minimální výška formy [mm]
α_a	poměr mezi teplotní roztažností látek rozpustných v acetonu a použitého kaučuku [-]
α_p	poměr mezi teplotní roztažností plniv a materiálu formy [-]
Δl	rozdíl mezi původním rozměrem a rozměrem po smrštění [m]
Δl_v	absolutní velikost smrštění [mm]
ΔT	rozdíl mezi vulkanizační a pokojovou teplotou [K]
$\Delta \alpha_k$	rozdíl mezi teplotní roztažností kaučuku a materiálu formy [K^{-1}]
σ_{DD}	dovolené napětí v tlaku materiálu 11 373.0 [MPa]
ΣS	průmět ploch všech dutin do dělicí roviny včetně spojovacích kanálků, případně i kalíšku [m^2]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Princip lisování.	11
Obr. 2. Princip přetlačování. [1]	15
Obr. 3. Silové poměry při přetlačování. [1]	16
Obr. 4. Princip vstřikování. [1]	19
Obr. 5. Vstřikovací stroj s plastikačním šnekem a vstřikovacím pístem.	19
Obr. 6. Vstřikovací cyklus.	20
Obr. 7. Řešení dělicích rovin.	24
Obr. 8. Konstrukční řešení tlouštěk stěn.	26
Obr. 9. Konstrukční řešení tlouštěk stěn.	26
Obr. 10. Konstrukční řešení tlouštěk stěn.	26
Obr. 11. Zaoblení hran.	27
Obr. 12. Otvory v pryžových výrobcích. [5]	29
Obr. 13. Otvory v pryžových výrobcích.	30
Obr. 14. Zaoblení závitů. [5]	30
Obr. 15. Okraje pryžových výrobků.	31
Obr. 16. Odlehčení okrajových vláken.	31
Obr. 17. Výrobní varianty značek.	32
Obr. 18. Vyznačení vzhledové a funkční plochy výrobku. [5]	33
Obr. 19. Vulkanizační křivka. [6]	38
Obr. 20. Odlehčení dosedacích ploch.	42
Obr. 21. Vícenásobná forma.	43
Obr. 22. Příklady středění pomocí vodících čepů. [4]	43
Obr. 23. Přetlačovací formy.	45
Obr. 24. Přetokové kanálky odvzdušňovací štěrby. [5]	47
Obr. 25. Příklady přetlačovacích trnů. [4]	48
Obr. 26. Gumárenská vstřikovací forma.	50
Obr. 27. Tvar a rozměry referenčního vzorku.	56
Obr. 28. Reliéf rubu propagačního štítku.	58
Obr. 29. Reliéf líce propagačního štítku - Fakulta technologická.	59
Obr. 30. Protokol vulkanizační zkoušky.	61
Obr. 31. Tvrdoměr HPE DMG 9318389.5.	63

Obr. 32. Horní část formy - pohled zdola.	67
Obr. 33. Dolní část formy - pohled shora.	68
Obr. 34. Pohled do sestavené formy.	70
Obr. 35. Pohled do sestavené formy.	71
Obr. 36. Dolní tvarová deska - pohled shora.	72
Obr. 37. Dolní tvarová deska - pohled zdola.	73
Obr. 38. Horní tvarová deska - pohled zdola.	74
Obr. 39. Horní tvarová deska - pohled shora.	74
Obr. 40. Tvarová vložka horní.	75
Obr. 41. Tvarová vložka dolní.	76
Obr. 42. Vodící čep.	76
Obr. 43. Vodící pouzdro.	77
Obr. 44. Vtoková vložka.	77
Obr. 45. Přetlačovací komora - pohled shora.	78
Obr. 46. Přetlačovací komora - pohled zdola.	79
Obr. 47. Přetlačovací píst - pohled zdola.	80
Obr. 48. Přetlačovací píst - pohled shora.	80

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Naměřené hodnoty při měření smrštění.....	62
Tab. 2. Naměřené hodnoty tvrdosti.....	63
Tab. 3. Přehled parametrů vulkanizačních lisů.....	81

SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkresová dokumentace:

- výrobní výkres sestavy formy vč. soupisu položek
- výrobní výkres přetlačovacího pístu
- výrobní výkres přetlačovací komory
- výrobní výkres sestavy formy vč. soupisu položek
- výrobní výkresy horní a dolní tvarové desky
- výrobní výkresy horní a dolní tvarové vložky vč. reliéfů
- výrobní výkres vtokové vložky
- výrobní výkres vodícího čepu
- výrobní výkres vodícího pouzdra

PII Disk CD:

- Bakalářská práce ve formátu pdf
- výkresová dokumentace ve formátu pdf
- 3D modely vytvořené v programu CATIA (typ souboru CATIA P3 V5R17)
- výrobní výkresy reliéfů vytvořených v programu AutoCAD (typ souboru AutoCAD 2000)