

# Návrh technologie výroby pryžových součástí

Klára Bednářová

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Klára BEDNÁŘOVÁ  
Osobní číslo: T09067  
Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství  
Studijní obor: Technologická zařízení

Téma práce: Návrh technologie výroby pryžových součástí

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Pryž jako konstrukční materiál
2. Složení kaučukové směsi
3. Technologie zpracování kaučukových směsí
4. Stroje a nástroje pro technologii vstřikování a lisování
5. Souhrn teoretické části

### II. Praktická část

1. Cíle bakalářské práce
  - Volba výrobní technologie (lisování)
  - Konstrukční návrh výrobního nástroje ( formy)
  - Ekonomické zhodnocení

### III. Závěr

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Franta: Gumárenská technologie**

**GENT, N. Alan. Engineering with Rubber. Munich: Carl Hauser Verlag. 2001**

**ŠŮLA, Miroslav. Pojení pryže s kovem. Zlín: ČSPCH. 2007. 63 s. ISBN**

**978-80-02-01934-3**

**DUCHÁČEK, V.: Polymery- výroba, vlastnosti, zpracování, použití [online]. Verze. Praha:**

**VŠCHT. 2006. 280 s. [cit. 2009-02-10]. Dostupné na WWW:**

**[http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-80-7080-617-6](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6). ISBN 80-7080-617-6**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

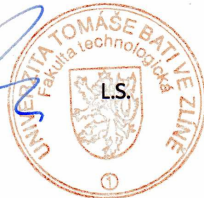
**13. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**25. května 2012**

Ve Zlíně dne 13. února 2012

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
děkan



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Klára Bednářová

Obor: Technologická zařízení

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 11.05.2012



<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávalečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.



(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na posouzení a volbu nejvhodnější výrobní technologie pro zadaný pryžový díl. Teoretická část práce obsahuje popis jednotlivých technologií, které se používají pro zpracování kaučuku. V praktické části bylo provedeno ekonomické porovnání navrhovaných technologií a po tomto porovnání byla vybrána technologie lisování. Dále se praktická část zabývá návrhem a konstrukcí lisovací formy, vypracování výkresové dokumentace, včetně 3D modelu formy a pryžového dílu. Výkresová dokumentace je vypracována v programu Solid Edge ST3.

Klíčová slova: pryž, forma, vstřikování, lisování

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is focused on assessment and choice of production technology for given rubber part. The theoretical part of the paper consists of description of particular technologies which are used for processing of natural rubber and in the practical part the economic comparison of the suggested technologies has been carried out after which the pressing technology has been chosen. Further on the practical part of the paper deals with the design and construction of the pressing tool development of the drawing documentation including the 3D model of the tool and the part. The drawing documentation has been completed in Solid Edge ST3 program.

Key words: rubber, tool, injection, pressing

## **Poděkování**

Velice ráda bych poděkovala doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc., vedoucímu mé bakalářské práce, za jeho odborné rady, připomínky a čas, které mi ochotně věnoval.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 PRYŽ JAKO KONSTRUKČNÍ MATERIÁL</b> .....	<b>12</b>
1.1    DEFINICE PRYŽE .....	12
1.2    Z HISTORIE KAUKČUKU .....	12
1.3    VŠEOBECNÉ VLASTNOSTI .....	13
<b>2 SLOŽENÍ KAUKČUKOVÉ SMĚSI</b> .....	<b>15</b>
2.1    KAUKČUKY .....	15
2.1.1    Přirodní kaučuk .....	16
2.1.2    Syntetické kaučuky .....	17
2.2    PLNIVA .....	18
2.2.1    Saze .....	18
2.2.2    Světlá plniva .....	19
2.3    VULKANIZAČNÍ ČINIDLA .....	19
2.4    AKTIVÁTORY A URYCHLOVAČE .....	20
2.5    ANTIDEGRADANTY .....	21
2.6    ZMĚKČOVADLA .....	23
2.7    NADOUVADLA .....	23
2.8    PIGMENTY .....	24
<b>3 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ KAUKČUKOVÝCH SMĚSÍ</b> .....	<b>26</b>
3.1    MÍCHÁNÍ KAUKČUKOVÝCH SMĚSÍ .....	26
3.1.1    Míchání na dvouválci .....	26
3.1.2    Míchání směsí v hnětacích strojích .....	27
3.1.3    Kontinuální hnětič .....	28
3.2    VYTLAČOVÁNÍ .....	30
3.3    VÁLCOVÁNÍ .....	32
3.4    VULKANIZACE .....	33
3.5    LISOVÁNÍ .....	35
3.6    VSTŘIKOVÁNÍ .....	37
3.7    SPOJOVÁNÍ KOVU S PRYŽÍ .....	38
<b>4 STROJE A NÁSTROJE PRO TECHNOLOGII VSTŘIKOVÁNÍ A LISOVÁNÍ</b> .....	<b>42</b>
4.1    VSTŘIKOVÁNÍ .....	42
4.2    LISOVÁNÍ .....	46
<b>5 SOUHRN TEORETICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>48</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>49</b>
<b>6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>50</b>
<b>7 VOLBA VÝROBNÍ TECHNOLOGIE</b> .....	<b>51</b>

7.1	PRYŽOVÝ DÍL .....	51
7.2	LISOVÁNÍ.....	52
7.3	VSTŘIKOVÁNÍ .....	55
<b>8</b>	<b>EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ.....</b>	<b>58</b>
8.1	TECHNOLOGIE LISOVÁNÍ.....	58
8.2	TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ .....	59
<b>9</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY.....</b>	<b>62</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>74</b>

## ÚVOD

V současné době jsou kaučuky nejpoužívanějším materiálem v mnoha průmyslových odvětvích. Nejvíce se používají v automobilovém (výroba pneumatik) a leteckém průmyslu.

Při návrhu pryžových součástí, je brán zřetel na požadované vlastnosti, provozní podmínky, dostupná technologie, ekonomické náklady apod. Požadovaných vlastností lze docílit různými přísadami, které se přidávají do kaučukových směsí.

Základem pryžových dílů je kaučuk (přírodní nebo syntetický). Do tohoto kaučuku se přidávají různé přísady, dle finálních požadavků a vlastností součástí. Nejdůležitější jsou vulkanizační činidla, která umožňují vulkanizaci gumové směsi a tím podstatně mění vlastnosti kaučuku. Z plastického stavu přechází v elastickou pryž. Tím se zlepšují vlastnosti např. pevnost, pružnost, odolnost proti vysokým a nízkým teplotám, roste tvrdost atd.

Pro zpracování kaučuku je k dispozici široká škála technologií. Výběr vhodné výrobní technologie je posuzována hlavně podle toho o jaký výrobek se bude jednat (funkční výrobek, profil, fólie apod.), tvar a rozměry dílu, požadované vlastnosti, množství, technologické možnosti apod.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**



# 1 PRYŽ JAKO KONSTRUKČNÍ MATERIÁL

## 1.1 Definice pryže

Polymery jsou látky tvořené makromolekulami s převážným obsahem prvků uhlíků C, kyslíku O, vodíku H, dusíku N, chloru Cl a jiných chemických prvků. Jejich použití je ve většině případů z hlediska fyziky ve stavu pevném a tuhém, pastovitém, ve zvláštních případech i ve tvaru tekutém. Polymery jsou děleny do dvou skupin. První je skupina elastomerů a druhá je skupina plastů. Elastomer je vysoce elastický polymer, který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž deformace je převážně vratná. Elastomery patří do hlavní skupiny polymerů, které se dále rozdělují do podskupiny přírodní a syntetické materiály. Elastomery jsou významným konstrukčním materiálem, se kterým je možné se setkat snad v každém výrobním oboru, stroji, přístroji či zařízení. Stejně jako jiné konstrukční materiály, je možné vhodnou skladbou kaučukové směsi a použitím gumárenských surovin získat materiály o potřebných, nebo speciálních vlastnostech. Elastomery jsou směsí amorfních polymerů a dalších přísad. Vulkanizací se těchto materiálů vzniká “pryž, guma, vulkanizát“. [2]

## 1.2 Z historie kaučuku

V letech 1493 až 1496 při druhé objevné výpravě do Jižní Ameriky si Kolumbovi námořníci všimli, že Indiáni si pro své hry zhotovovali míče z vyschlé kapaliny, která vytékala z poraněných stromů. Nazývali je “Hheve“, (odtud latinský název kaučukovníku “Hevea“ nebo “Cau-Uchu“ (odtud i český termín “kaučuk“), což obojí znamená “plačící dřevo“. Přírodní kaučuk dále užívali k výrobě nepromokavého plátna a obuvi. [1]

Do Evropy se přírodní kaučuk dostal r. 1736, ale k jeho prvnímu komerčnímu využití došlo až v r. 1791. Vyráběly se z něj nepromokavé lodní plachty a pytle na přepravu pošty, a to impregnací textilu roztokem kaučuku v terpentýnové silici. Kaučukové zboží však měklo a stávalo se lepivým v letních vedrech a naopak tvrdlo a křehlo v chladu zimního období. Tyto jeho nedostatky odstranili až dva nezávislí objevitelé vulkanizace kaučuku, Američan Charles Goodyear a Angličan Thomas Hancock. Zjistili, že zahříváním směsi kaučuku se sírou vzniká produkt nových vlastností, kterému dnes říkáme pryž. [1]

Skutečný rozvoj gumárenského průmyslu nastal však až po vynálezu pneumatiky, kterou r. 1845 jako první patentoval skotský inženýr Robert William Thomson ve Velké Británii. Jeho vynález našel, ale praktické uplatnění teprve po r. 1888, kdy obdobnou pneumatiku

patentoval shodou okolností rovněž Skot, veterinární lékař John Boyd Dunlop. Byl to ovšem zásadní vynález, který umožnil vývoj automobilu a další technické pokroky v dopravě. Od této doby se datující rychlý rozvoj gumárenského průmyslu a s ním související vzestup spotřeby kaučuku způsobil, že na přelomu 19. a 20. století bylo již přírodního kaučuku, získávaného z divoce rostoucích stromů, nedostatek. Ten podnítil jednak pokusy připravit kaučuk uměle, jednak vedl k zakládání plantáží na pěstování kaučukovníku a těžbu přírodního kaučuku i mimo oblast tropické Ameriky. [1]

V r. 1860 se Ganvilu Williamsovi podařilo z produktů destilace přírodního kaučuku izolovat čistou látku, kterou nazval izopren. Ten přeměnil zpět na kaučuk o 19 let později francouzský chemik Bouchardat a dal tím základ výrobě polyizoprenu, který jako jediný ze syntetických kaučuků bychom mohli nazvat kaučukem umělý. Jeho výrobu patentoval v r. 1910 Angličané Strong a Mathews a současně s nimi německá firma Bayer. [1]

Již předtím však velkého pokroku v syntéze kaučuku dosáhli ruští chemici. V r. 1900 I.L. Kondakov zjistil, že kaučukový produkt poskytuje nejen izopren, ale i dimethylbutadien, a to při zahřívání se sodíkem nebo hydroxidem draselným. S.V. Lebeděv pak r.1909 prokázal, že schopnost být přeměnitelný na kaučuk mají všechny konjugované dieny. [1]

Tato situace umožnila, aby během první světové války v Německu, které v důsledku blokády mělo přírodního kaučuku nedostatek, byla zahájena výroba polydimethylbutadienu – prvního syntetického kaučuku. Pneumatiky se z něj sice dělat nedaly, ale k výrobě ebonitových skříní pro akumulátory do ponorek se hodil dobře. Ve třicátých letech Němci průmyslově zvládli výrobu butadienového, butadien-styrenového a butadien-akrylonitrilového kaučuku. O málo později dochází k prudkému rozvoji syntetických kaučuků v USA. [1]

### 1.3 Všeobecné vlastnosti

Vlastnosti, které charakterizují materiál je možné rozdělit z hlediska jejich využití pro konstrukční prvky do dvou základních skupin. První skupinou jsou vlastnosti fyzikální (mechanická odolnost) a druhou skupinou vlastnosti chemické (chemická odolnost). Tyto vlastnosti se mohou dále měnit na základě působení zejména způsobu jejich výroby, teploty, času atd. [2]

Fyzikální vlastnosti konstrukčních materiálů v praxi charakterizují zejména vlastnosti jako je pružnost, plasticita, pevnost, tvrdost a houževnatost. Fyzikálních vlastností materiálu, které jsou konstruktéry vyhodnocovány je však mnohem více. Pro potřeby konstruktéra se

např. pružnost dále popisuje modulem pružnosti v tahu či tlaku  $E$  [MPa], objemovým modulem pružnosti  $K$  [MPa] a koeficientem příčné kontrakce  $\mu$  (Poissonovo číslo). Důvodem toho je i povaha fyzikálních experimentů a měření. Fyzikální vlastnosti materiálu se experimentálně stanovují v průběhu jejich vývoje, výroby, použití, prodej atd. Aby mohla být zkouška opakována, provádí se podle normalizovaného postupu na pracovišti vybaveným normou stanoveným zařízením. Vydavatelem norem jsou státní instituce, nebo pověřené organizace. V České republice vydává normy Český normalizační institut a normy jsou označeny ČSN. V Německu jsou normy vydávány pod označením DIN, ve Velké Británii pod označením BS, v USA pod označením ASTM atd. Evropská unie prostřednictvím CEN (Comité Européen de Normalisation) vydává normy pod označením EN. Evropské normy jsou postupně zařazovány do našich norem pod označením ČSN EN. Celosvětová organizace International Organisation for Standardization vydává normy pod označením ISO. Převzaté normy mají pak označení ČSN ISO. Zkoušky materiálu je možné rozdělit ze dvou hledisek. První je hledisko výrobce, eventuelně prodejce materiálu a druhé je hledisko konstrukční. Dále se je možné setkat se zkouškami provozními či technologickými, které již probíhají na základě dodavatelsko odběratelských dohod. [2]

Vlastnosti konstrukčních elastomerních materiálů se v mnoha směrech liší od ostatních konstrukčních materiálů. Rozdíly jsou ve fyzikálních, tak chemických vlastnostech, omezeném teplotním intervalu jejich použití, vlivu času na změny vlastností apod. Proti těmto omezujícím vlastnostem stojí řada předností. Jsou to zejména vysoká elasticita, schopnost snášet opakovaně značnou deformaci při dlouhé životnosti, schopnost tlumení (přeměňovat energii mechanickou na tepelnou), chemická stabilita v řadě prostředí, elektrické vlastnosti, nepropustnosti pro tekutiny atd. Uvedené vlastnosti lze měnit v široké škále hodnot vhodnou volbou složení elastomerní směsi. [2]

## 2 SLOŽENÍ KAUČUKOVÉ SMĚSI

Kaučukové směsi jsou směsi tvořené kaučukem a dalšími gumárenskými surovinami. Při skladbě směsi je třeba vycházet především z technických požadavků aplikace, pro kterou je daná pryž určena. Musí se přitom zvážit reálné možnosti kaučuku, jeho vlastnosti, možnosti technologického zpracování, výběr přísad z hlediska zpracování a vulkanizačního systému. K těmto závažným hlediskům přistupuje ještě otázka životnosti při používání výrobků za působení kyslíku, ozónu, tepla a dynamického namáhání. Důležitý je také vztah mezi kaučukem a plnivý. [2]

Základní kaučukovou směs tvoří:

- elastomer
- plniva
- vulkanizační činidla
- aktivátory a urychlovače
- antidegradanty (světelné stabilizátory, antioxidanty, antiozonanty)
- změkčovadla
- nadouvadla
- pigmenty

### 2.1 Kaučuky

Pod pojmem kaučuky rozumíme takové polymery, které mohou být převedeny chemickým (nebo i fyzikálním) zesíťováním v elastomery (pryže). Kaučuk je základní složkou, který dává směsi i pryži základní charakteristické vlastnosti. Existuje široká škála kaučuků s typickými vlastnostmi, podle nichž volíme vhodný kaučuk pro danou aplikaci. Po zvolení základního elastomeru je třeba uvážit jeho gumovitost, tj. obsah ve směsi. Kaučuk jako základní složka směsi se někdy doplňuje regenerátem, popř. jiným polymerem. Ten mimo svou kaučukovitou hodnotu dává směsi i další vlastnosti, usnadňuje a zkracuje míchání, což představuje úsporu energie a zvýšení kapacity zařízení. Dále ovlivňuje zpracovatelnost, tj. směs se snadno a dobře tváří, dotéká a vyplňuje formu při lisování. Je-li regenerát jemný, směs se dobře vytlačuje, méně sráží a narůstá a vytlačený profil se při volné vulkanizaci deformuje.[2]

Základní dělení elastomerů:

- přírodní kaučuk
- syntetický kaučuk

Zkratky nejběžněji používaných kaučuků:

- NR přírodní kaučuk
- IR izoprenový kaučuk
- SBR styren-butadienový kaučuk
- BR butadienový kaučuk
- EPDM ethylenpropylenový dienový kaučuk
- EPR ethylenpropylenový kaučuk
- IIR butylkaučuk
- PB butadienový kaučuk
- CR chloropernový kaučuk
- NBR akrylonitril-butadienový kaučuk
- ABR akrylátový kaučuk
- AU polyuretanový
- OT polysulfidový kaučuk
- VMQ silikonový kaučuk
- FC fluorokaučuk

### 2.1.1 Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk je obsažen v některých rostlinách v podobě mlékovité šťávy, zvané latex. Pro těžbu kaučuku má však hospodářský význam prakticky jen strom *Hevea brasiliensis* z čeledi Euphorbiaceae (pryžcovité) pěstovaných na plantážích. Latex je uložen ve zvláštních trubkovitých buňkách, které jsou umístěny ve spodní vrstvě kůry stromu po celém jeho povrchu včetně kořenů a větví. Získává se tzv. čepováním. To se provádí tak, že pod šikmý zářez v kůře stromu se umístí nádobka, do níž odtéká latex vytlačovaný vnitřním tlakem. Složení přírodního latexu není zcela stálé. Záleží na druhu a stáří stromu, způsobu

čepování, počasí, ročním obdobím a dalších okolnostech. Během několika hodin stání přírodní latex samovolně koaguluje. Aby bylo možno jej delší dobu uchovávat ve stavu rovnoměrné disperze, potom koncentrovat (na padesáti až šedesátiprocentní obsah kaučukového uhlovodíku), dopravovat a zpracovávat, je nutno jej napřed stabilizovat (konzervovat). K tomu účelu se používá nejčastěji amoniaku. [1]

Přímé zpracování latexu má mnoho výhod. Kvalita produktů, zejména mechanické vlastnosti a odolnost vůči stárnutí, je značně lepší než zboží vyrobeného z roztoků. Latex umožňuje také některé technologické postupy, které nejsou použitelné při zpracování suchého kaučuku nebo jeho roztoků, např. při výrobě pěnové pryže. [1]

Suchý kaučuk lze z latexu získat vysrážením, vymrazením nebo odpařením vody. Na plantážích se vyrábí kaučuk téměř výhradně srážením kyselinou mravenčí nebo octovou. Sražené bloky se pak perou vodou a dále zpracovávají na celou řadu druhů přírodního kaučuku, z nichž klasickými jsou uzový kaučuk a světlá krepa. [1]

Rozvoj automobilového průmyslu a s ním rostoucí spotřeba kaučuku na výrobu pneumatik přiměl chemiky k hledání odpovídající náhrady přírodního kaučuku. I když se dnes vyrábí desítky druhů různých syntetických kaučuků, přírodní kaučuk se používá stále, protože dodává směsím žádané vlastnosti. [2]

### 2.1.2 Syntetické kaučuky

Butadien-styrenový kaučuk (SBR) - je to univerzální kaučuk, který představuje asi 60% světové výroby syntetických kaučuků. Používá se pro běhouny pneumatik a pro tzv. technickou pryž. [2]

Polybutadienové kaučuky (BR) – vyrábí se především roztokovou polymerací pomocí Ziegler-Nattových katalyzátorů, kdy vznikají produkty s vysokým podílem 1,4-butadienových jednotek. Polybutadieny s vysokým podílem cis-1,4-butadienových jednotek se vyznačují vysokou odolností proti oděru, vzniku trhlin a také vyšší odrazovou pružností, než přírodní kaučuk. Mimoto dobře snášejí plniva. Aplikují se hlavně v průmyslu k výrobě pneumatik.

Butadien-akrylonitrilový kaučuk (NBR) – vyrábí se radikálovou kopolymerací butadienu s 18 až 49% akrylonitrilu, nejčastěji však v rozmezí 28 až 33% akrylonitrilu. Se vzrůstajícím obsahem akrylonitrilu stoupá  $T_g$  (teplota skelného přechodu) a tvrdost, klesá elasticita a botnavost v pohonných látkách a olejích. Hlavní oblastí použití jsou benzínové hadice, těsnění, klínové řemeny, dopravní pásy, válce pro tiskařský, textilní a papírenský průmysl.

Polyisopren (IR) – syntetický polyisoprenový kaučuk IR je stereospecifický, roztokově polymerovaný cis-1,4-polyisopren, jehož struktura a vlastnosti jsou natolik podobné kaučuku přírodnímu, že je lze ve většině aplikací zaměnit. NR i IR krystalizují tažením za pracovních teplot, což vede k vysokým pevnostem v tahu. Tuto vlastnost nemají SBR, BR ani NBR, jejichž pevnost v tahu lze zlepšit aktivními sazezi. [2]

## 2.2 Plniva

Plniva jsou důležité přísady, které významně ovlivňují vlastnosti směsí a ještě více vlastnosti výrobků, jež právě máme možnost volbou kvality a kvantity plniva upravovat v širokých mezích. Jsou to většinou tuhé látky používané ve formě prášku nebo krátkých vláken (milimetrové délky). Za účelem snížit prášivost a umožnit automatické navažování se prášková plniva stále častěji granulují. Jejich dávkování se pohybuje ve velmi širokých mezích, od jednotek někdy až do stovek hmotnostních dílů (dsp nebo disk). [1]

Obecně je možno říci, že plniva lze zlepšovat mechanické vlastnosti materiálu (např. zvyšovat pevnost, odolnost vůči oděru, houževnatost, tuhost), jeho odolnost vůči teple, ohni, korozi, stárnutí, ovlivňovat vzhled výrobků, ale i jejich cenu. [1]

Gumárenská plniva lze rozdělit podle barvy na saze a světlá plniva. Podle jejich vlivu na vlastnosti pryže pak plniva aktivní, poloaktivní a tzv. neaktivní. Toto druhé dělení není přesné. [1]

### 2.2.1 Saze

Hlavním druhem gumárenských plniv jsou saze. Jsou obsaženy v převážné většině pryžových výrobků. Jako gumárenské se vyrábějí speciální typy sazí, které mají svoji klasifikaci a názvosloví. Všechny jsou složeny z 96% až 99% uhlíku, 0,1% až 3,5% kyslíku a 0,3% až 0,6% vodíku. Čím více obsahují kyslíku, tím jsou kyselejší. Kyselé saze zpomalují sirnou vulkanizaci. Obecně vznikají saze nedokonalým hořením organických látek. Nejběžnější surovinou pro výrobu gumárenských sazí jsou odpadní oleje a dehty z tepelného zpracování ropy a uhlí. [1]

Jednotlivé typy sazí lze zařadit mezi aktivní nebo poloaktivní plniva. Zvyšují tuhost pryže, její pevnost, odolnost vůči oděru a botnání, ale zhoršují většinou zpracovatelnost kaučukových směsí, a to tím více, čím jsou aktivnější. Speciální typy tzv. vodivých sazí propůjčují pryži elektrickou vodivost, od úrovně antistatických materiálu až téměř po úroveň kovových vodičů elektrického proudu. [1]



### 2.2.2 Světlá plniva

Pro bílé a světle zbarvené gumárenské výrobky se k přípravě kaučukových směsí používají anorganická plniva o různém chemickém složení. Velký ztužující účinek, srovnatelný s aktivními sazezi, vykazují speciální typy oxidu křemičitého. Svou značnou kyselostí zpomaluje sirnou vulkanizaci. Používá se hlavně do silikonového kaučuku. Poněkud méně aktivním plnivem na základě oxidu křemičitého je český Siloxid. Odolnost k oděru zvětšuje méně než podobně aktivní saze. Ještě méně aktivní oxid křemičitý je křemelina. Nachází se v přírodě jako zbytek po jednobuněčných organismech. Dále se v gumárenství používá kaolin (hydratovaný křemičitan hlinitý), křemičitan vápenatý vyráběný srážením a řada dalších. Prakticky neaktivním a také nejlevnějším světlým plnivem je mletá křída (přírodní uhličitan vápenatý). Mletý baryt (síran barnatý) je plnivo o velké hustotě ( $4\,400\text{ kg/m}^3$ ). Proto se používá především k výrobě ochranných pomůcek (rukavic, zástěr apod.) pro práci se zářením o vysoké energii, např. radioaktivním zářiči a rentgenovými přístroji. [1]

### 2.3 Vulkanizační činidla

Obecně patří mezi vulkanizační činidla všechny látky, které mají schopnost vytvářet chemickou reakci mezi řetězcí kaučukového uhlovodíku příčné vazby. Tuto schopnost má v určité míře větší množství látek, ale prakticky se osvědčily pouze některé. Přesto, že s nástupem nových syntetických kaučuků se objevila i nová vulkanizační činidla, zůstala nejpoužívanějším elementární síra. [1]

Pro gumárenské účely se používá hlavně přírodní mletá síra krystalická, jejíž molekuly jsou tvořeny osmičlennými kruhy nebo v menší míře polymerní forma, tzv. síra nerozpustná. Nerozpustná síra je dobře snášitelná s kaučuky a na rozdíl od síry krystalické nemigruje na povrch kaučukových směsí ani při jejich dlouhodobém skladování. Při vulkanizační teplotě rychle depolymeruje a reaguje proto stejně jako síra krystalická. [1]

Síry slouží jako vulkanizační činidlo pro řadu nenasycených kaučuků, jako je kaučuk přírodní, butadienstyrenový, butadienakrylonitrilový, butadienový, butylkaučuk a některé další syntetické kaučuky. Pro měkkou pryž se dávkuje v množství 0,5 dsk až 4 dsk. Pro tvrdou pryž se ke kaučuku přidává 35 dsk až 50 dsk síry. [1]

Pro některé kaučuky se jako vulkanizační činidla používají reaktoplastické pryskyřice, např. fenolformaldehydové k vulkanizaci butylkaučukových směsí určených pro výrobu teplovzdorné pryže, nebo epoxidové, hlavně k vulkanizaci kapalných kaučuků s řetězcí

končenými karboxylovými skupinami a k vulkanizaci fluorokaučkových směsí určených na výroby, které mají vykazovat malou trvalou deformaci při namáhání za zvýšených teplot. [1]

I když peroxidy jsou schopny síťovat i nenasycené kaučuky, začaly se jako vulkanizační činidla prakticky používat až k vulkanizaci nasycených kaučuků, které není možno vulkanizovat sírou. Používají se zejména pro vulkanizaci ethylenpropylenových a silikonových kaučuků. [1]

K vulkanizaci fluorouhlíkových kaučuků se rozšířilo používání diaminů s blokovanými aminoskupinami. [1]

Oxidy kovů jsou nejběžnější pro vulkanizaci chloroprenového kaučuku, a to většinou v kombinaci 5 dsk oxidu zinečnatého a 4 dsk oxidu hořečnatého. Oxidy olova zlepšují odolnost pryže k vodě. Hlavní použití však nacházejí při vulkanizaci polysulfidového kaučuku. Přidávají se rovněž do směsí ethylenpropylenových kaučuků vulkanizovaných peroxidy ke zlepšení tepelné odolnosti pryže. Jsou však jedovaté. Oxid hořečnatý je vhodným vulkanizačním činidlem také pro chlorsulfonovaný polyetylen. [1]

Jsou známa ještě další vulkanizační činidla, např. diizokyanáty pro polyuretanový kaučuk, bisfenoly nebo alkylfenolsulfidy, které v kaučukových směsích působí zároveň jako změkčovadla a zlepšují konfekční lepivost směsí, ale žádné z nich se proti síře a ostatním výše uvedeným látkám zatím tak významně neuplatnilo, hlavně pro jejich značně vysoké ceny.[1]

## 2.4 Aktivátory a urychlovače

Další složkou každé směsi je urychlovač, který upravuje průběh vulkanizace a určuje do značné míry i fyzikální vlastnosti vulkanizátu. Při volbě urychlovače musí být brán zřetel nejen na vlastnosti výrobku, ale i na způsob, kterým může být vyroben. Do směsi, která musí být zpracována stříkáním, může být použit jen takový urychlovač, který takové zpracování snese. [3]

Při vulkanizaci probíhají dva procesy: oxidačně termické odbourávání molekuly kaučuku, vlivem při vulkanizaci přiváděného tepla, a zlepšování vlastností kaučuku způsobené vázáním síry. Z kvalitativních a ekonomických důvodů je snahou, aby vulkanizační doba byla co nejkratší a teplota co nejnižší. Toho se dosahuje použitím organických urychlovačů. [3]

Dobry urychlovač má být:

- bezpečný při zpracování
- co nejrychlejší při vulkanizaci
- dodávat příznivé vlastnosti vulkanizátu
- být levný
- nemá být jedovatý nebo dráždivý
- nemá pokud možno zbarvovat vulkanizát

Urychlovače možno klasifikovat buď dle složení nebo dle účinnosti. Dle účinnosti:

- pomalé (aminy, guanidiny)
- rychlé (tiazoly, sulfonamidy)
- velmi rychlé (tinamy a kombinace urychlovačů)
- ultraurychlovače (ditiokarbamáty, xantogenáty)

Jednotlivým skupinám přísluší zhruba optimální množství síry a optimální vulkanizační teplota. Čím je urychlovač účinnější, tím vyžaduje méně síry a tím nižší je teplota vhodná k dosažení optimálních vlastností. Urychlovače čtvrté skupiny nižší teplotu přímo vyžadují, protože při vyšších teplotách se rozkládají a ztrácejí na účinnosti. Množství urychlovače a síry (v běžně používaných mezích) nemá příliš velký vliv na konečnou pevnost a protažení, ale ovlivňuje modul, tuhost pryže či stárnutí. [3]

Urychlovače vyžadují k plnému využití přítomnost tzv. aktivátorů. Jsou to převážně kovyvé kysličníky a funkčně se k nim řadí kyselina stearová, případně některé jiné mastné kyseliny schopné převádět kovové kysličníky v kaučuku rozpustnou formou. Aktivační účinek na vulkanizaci projevují různé kysličníky, prakticky se však používá pro měkkou pryž jen kysličník zinečnatý, který je v každé směsi. Pro některé urychlovače je dobrým aktivátorem klejt olovnatý PbO, má ale některé nepříznivé průvodní vlastnosti: je jedovatý, drahý, dochází k navulkanizování směsi a konečně v některých případech je na závadu i tmavnutí směsi vlivem vznikajícího sirníku. [3]

## 2.5 Antidegradanty

Jako antidegradanty se označuje skupina přísad, které dlouhodobě chrání výrobky před vnějšími vlivy během jejich používání. K těmto vlivům patří především účinek slunečního

světla, atmosférického kyslíku a ozonu. Proto je rozdělujeme na světelné stabilizátory, antioxidanty a antiozonanty. [1]

Jako světelné stabilizátory se uplatňují přísady, které absorbují ultrafialové záření, tj. tu část světelného spektra, jejíž energie je dostatečně velká, aby způsobovala degradaci polymeru. Proto se někdy nazývají absorbéry ultrafialového záření. [1]

Vzdušný kyslík způsobuje degradaci polymeru. Za běžné teploty se toto tzv. oxidační stárnutí projeví až po velmi dlouhé době, např. po deseti a více letech. Za zvýšené teploty se však významně urychluje a pak jde o tzv. tepelně-oxidačním stárnutí. Podléhají mu nejvíce nenasyčené polymery, v jejichž makromolekulárních řetězcích vznikají reakcí s kyslíkem na atomech uhlíku sousedících s uhlíkovými atomy, z nichž vychází dvojná vazba, hydroperoxidové skupiny -O-O-H. Ty se pak snadno štěpí na radikály, které zahajují řetězovou oxidační reakci vedoucí k degradaci polymeru. Ochrana polymerů proti stárnutí spočívá hlavně v zabránění řetězovému průběhu oxidace, která má v nechráněném polymeru autokatalytický průběh. Látky, které zpomalují tepelně-oxidační stárnutí polymerů, se nazývají antioxidanty. [1]

Ozon napadá prakticky pouze pryže, a to jen vyrobené z nenasyčených kaučuků. Ze všech degradačních faktorů má však na pryž největší účinek. I když je přítomen ve vzduchu jenom ve velmi nepatrné koncentraci, reaguje velmi snadno s dvojnými vazbami makromolekulárního řetězce kaučukové sítě. Váže se na ně za vzniku velmi křehkého ozonidu, kterým pokrývá povrch vysoce elastické pryže. Proto slouží-li pryž v napnutém stavu, a to je skoro vždy, vrstva ozonidu praskne, odhalí se nový povrch pryže a ten je znovu napaden ozonem. I když ozon vzhledem ke své vysoké reaktivitě degraduje pouze povrch pryže, poměrně velmi rychle ji mechanicky poškodí stále rostoucími prasklinami, jejichž směr je charakteristicky kolmý ke směru působení napětí. Přísady, které brání praskání pryže ozonem, se nazývají antiozonanty. Vůči ozonu lze pryž chránit také přísadou vosků nebo parafinů. Při míchání kaučukové směsi za zvýšené teploty se v kaučuku rozpustí, ale za běžné teploty jsou v pryži rozpustné daleko méně a proto vykvétají na její povrch a vytvářejí tam spojitou vrstvičku, kterou ozon neproniká. Protože však nejsou elastické, mohou ochraňovat pouze výrobky používané za statických podmínek (např. různá těsnění). [1]

## 2.6 Změkčovadla

Změkčovadla zvyšují plasticitu a usnadňují tak mechanické zpracování. Používají se různé minerální oleje. Všeobecně směs obsahující větší množství elastomeru vyžaduje k zpracování více změkčovadel, než směs středně plněná. Změkčovadla mají ve směsích různé funkce:

- usnadňují disperzi plnidel
- snižují spotřebu energie při zpracování
- snižují teploty při zpracování
- upravují zpracovatelnost směsí
- upravují lepivost směsí
- upravují některé fyzikální vlastnosti pryže
- doplňují nedostatek mastných kyselin elastomeru a tak ovlivňují průběh vulkanizace
- doplňují v určitých případech elastomer a tak zlevňují směsi

Nejstarší rozdělení změkčovadel je na pravé a nepravé. První skupina- změkčovadla pravá, má obsahovat změkčovadla, která se v kaučuku zcela rozpouštějí a tento zbotnávají, zvyšují plasticitu směsí a někdy zvyšují i elasticitu vulkanizátu. Druhá skupina změkčovadel – nepravá, působí jen mechanicky a jsou mazadlem mezi molekulami kaučuku. Usnadňují tak skluz molekul, zvyšují plasticitu, zlepšují zpracovatelnost např. stříkatelnost. Tyto změkčovadla nemají neomezenou mísitelnost s elastomery a mají sklon k vystupování (vykvétání).[3]

Další způsob dělení změkčovadel přihlíží k složení. Změkčovadla jsou rozdělována na polární a nepolární. Typicky nepolárním změkčovadlem je parafin, polárním změkčovadlem je kyselina stearová. Polární změkčovadla svou povahou podporují disperzi plnidel a použity v menším množství zlepšují i některé fyzikální vlastnosti. Nepolární změkčovadla neovlivňují disperzi a fyzikální vlastnosti pryže zhoršují. [3]

## 2.7 Nadouvadla

Jedním ze způsobů zpracování polymerů na lehčené hmoty je použití nadouval, tj. přísady, které se při teplotě tváření polymerní směsi rozkládají za vzniku plynných produktů,

jež pak ve výrobku vytvoří uzavřené nebo otevřené póry. Plynnou složkou jejich rozkladu bývá nejčastěji dusík nebo oxid uhličitý. V současné době k výrobě lehčených polymerních materiálů používají převážně organická nadouvadla, která jsou v polymerních směsích rozpustná a mohou proto také poskytnout jemnější póry. Umožňují rozšířit paletu vyráběných hmot. Splňují většinu požadavků, které jsou na nadouvadla kladeny:

- nadouvadlo má být cenově dostupné, stabilní při skladování a snadno a dokonale dispergovatelné v polymerní směsi.
- rozklad nadouvadla by neměl být významně exotermický, závislý na tlacích používaných při tváření polymeru a měl by probíhat v určitém, krátkém teplotním intervalu odpovídajícím zpracovatelské teplotě.
- vznikající plyn nemá být korozivní ani jedovatý či zapáchající.
- rozkladné produkty nemají ovlivňovat fyzikální ani chemické vlastnosti lehčeného materiálu a mají být snášitelné s polymerem, aby nevykvétaly na jeho povrch. [1]

## 2.8 Pigmenty

Pigmenty (práškové barvy) jsou barevné prášky nerozpustné v polymerech, kterým jako přísada propůjčují příslušný barevný odstín a kryvost. Rozdělují se podle původu na anorganické, organické a bronze (práškové kovy). Z přírodních anorganických pigmentů jsou to např. křída, sádrovec, nebo grafit. K synteticky připraveným patří původně hlavní bílý pigment litopon (směs sulfidu zinečnatého a síranu barnatého), zinková běloba (oxid zinečnatý), které se však již vzhledem k její ceně a menší kryvosti jak pigmentu nepoužívá, ale zůstala aktivátorem sirné vulkanizace, dnes základní bílý pigment titanová běloba (oxid titaničitý tzv. rutilového typu), citronová žluť (směs oxidů železa, hliníku a křemíku), červeně H (oxid železitý), ultramarín (modrý pigment získávaný tavením kaolín, uhličitanu sodného a síry, jeho podstatou je komplex silikátů), saze (používané jednak samostatně jako černý pigment, jednak ve velmi malých koncentracích, v kombinaci s titanovou bělobou k dosažení šedých odstínů, případně s červenými pigmenty pro tmavé odstíny hnědi).[1]

Anorganické pigmenty jsou levné, většinou dobře (beze změny odstínu) snášejí podmínky zpracování polymerních směsí, ale nedávají polymerním výrobkům často požadované živé (pastelové) odstíny. Proto se v současné době, s výjimkou titanové běloby, používají hlav-

ně pro technickou pryž a plasty. Zboží, které má mít atraktivní vzhled, se vybarvuje do pastelových odstínů dražšími organickými pigmenty, zejména na základě azobenzenu. [1]



### 3 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ

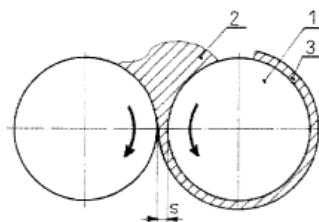
#### 3.1 Míchání kaučukových směsí

Příprava směsí a zvláště jejich míchání je jedním z nejdůležitějších procesů v gumárenském průmyslu. Gumárenské směsi je možno připravovat na dvouválcových strojích, v hnětičích či v kontinuálních hnětičích. Surový kaučuk, který přichází do gumárenských provozů, je nutno před dalším zpracováním plastifikovat do určitého stupně, aby byl schopen přijímat přísady a byl dobře zpracovatelný danou technologií. [2]

##### 3.1.1 Míchání na dvouválci

Dvouválcové válcovací stroje, tzv. dvouválce, mají velmi široké použití. V gumárenském průmyslu se používají k míchání a předehřívání směsí, k válcování pásů, folií a k mletí pryžového odpadu. Podle průměru a pracovní délky se dělí na malé ( $D < 315 \text{ mm}$ ) a velké ( $D > 315 \text{ mm}$ ). Pracovní délka bývá v rozmezí 1,4 až 3 D. Válce mají rozdílné obvodové rychlosti. Jejich poměr je označován jako skluz a pohybuje se mezi 1:1 až 1:2. Větší skluz způsobuje zvýšené smykové namáhání míchaného materiálu což ovlivňuje dobu míchání, dispergační účinek i spotřebu energie. Míchací dvouválce mají obvykle skluz 1: 1,05 až 1:1,3. V závislosti na druhu míchaného materiálu musí dvouválce umožňovat snadnou změnu skluzu. V nejjednodušším případě se toho docílí výměnou ozubených kol, u modernějších strojů zvláštním pohonem každého válce s možností regulace otáček. Maximální obvodová rychlost válců se volí s ohledem na bezpečnost práce. [4]

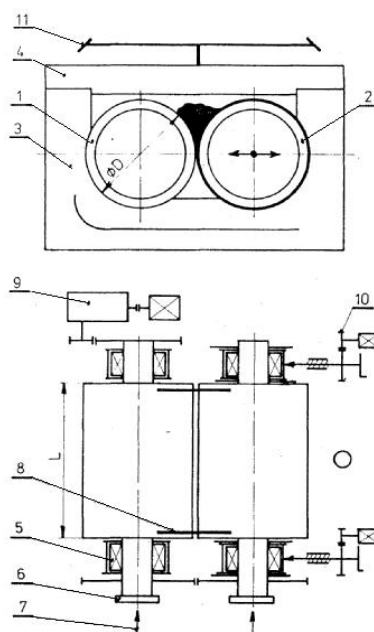
U válcovacích strojů dochází k tváření kaučukových směsí v úzké štěrbině  $s$  (skusu) mezi dvěma sousedními otáčejícími se válci. Princip válcování je znázorněn na obr. 1. Přebytek materiálu nad štěrbinou se vytváří návalek 2. souvislá vrstva válcovaného materiálu 3 dopravovaná u dvouválce přímo nebo přes pomocné válečky zpět do skusu (u víceválců do další štěrbiny) se nazývá opásání. [4]



Obr. 1 Princip válcování

1 – válec, 2 – návalek, 3 – opásání

Celkové uspořádání dvouválce je na obr. 2, válce 1 a 2 jsou uloženy v postranicích 3 spojených třmenem 4. Přední válec je ručně nebo motoricky stavitelný prostřednictvím převodů 10. Pohon válců zajišťuje pohonná jednotka 9. Přívod temperačního media se uskutečňuje přes topnou hlavu 6. Nouzové zastavení stroje umožňuje bezpečnostní vypínání 11 umístěné na obou stranách stroje. Hlavními konstrukčními celky dvouválce jsou: rám, válec s ložiskovými tělesy, topné hlavy, pohonná jednotka, zařízení na stavení předního válce a bezpečnostní zařízení pro nouzové zastavení. [4]



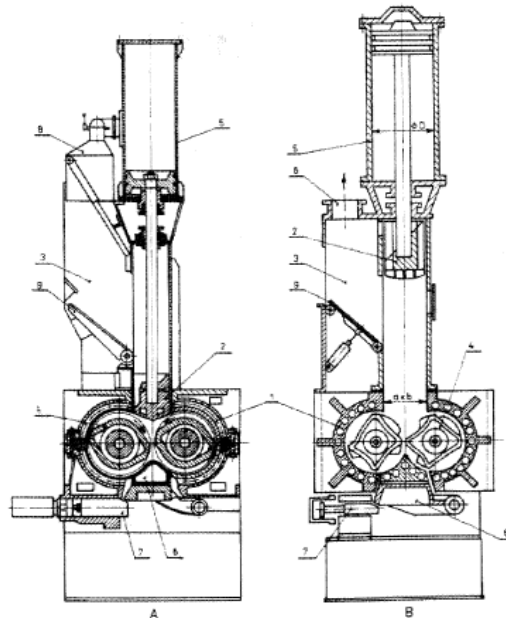
Obr. 2 Dvouválec

- 1 – zadní válec, 2 – přední válec, 3 – postranice, 4 – třmen, 5 - ložisko, 6 – topná hlava,  
 7 – přívod temperačního media, 8 – hradítko, 9 – pohon, 10 – stavění válce,  
 11 – bezpečnostní vypínání

### 3.1.2 Míchání směsí v hnětacích strojích

Hnětiče byly vyvinuty především pro míchání kaučukových směsí, když míchání na dvouválcích nestačilo plnit požadavky výroby. Hnětiče nebo též hnětací stroje jsou robustní stroje na míchání a plastikaci makromolekulárních látek s přísadami hnětacími profilovanými rotory, otáčejícími se v uzavřeném prostoru. Podle tlaku působícího na hnětený materiál se rozlišují beztlaké, nízkotlaké a vysokotlaké. Podle počtu otáček se rozdělují na hnětače na pomaloběžné a rychloběžné. Obvyklé typy hnětačů ukazuje schematicky obr. 3. Hnětač se obvykle skládá z míchací komory 1, ve které se otáčejí protiběžné rotory 4. Komora se uzavírá shora klátem 2 a vyprazdňuje spodním uzávěrem 7. Materiál se plní

násypkou 3 s využitím odklápěcích dvířek. Prostor násypky je připojen na odsávání 8. Materiál je hněten jednak mezi rotory, jednak mezi rotory a stěnami komory. Tlak vyvozovaný klátem hnětení zintenzivňuje. [4]



Obr. 3 Schéma hnětičů

A – rotory dvojbřité, B - rotory hnětičů

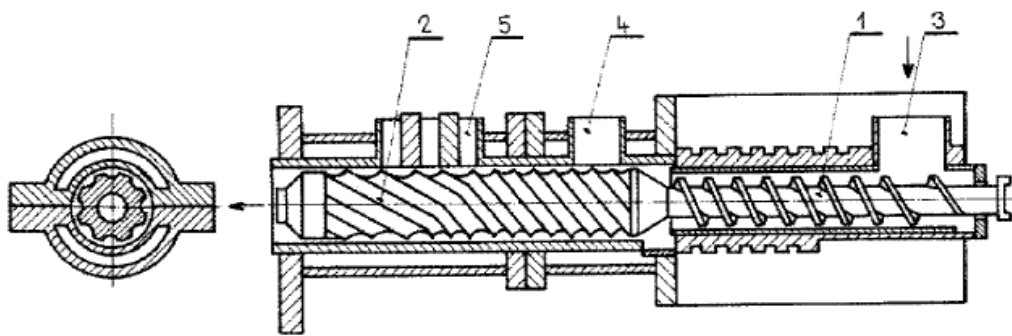
1 – komora , 2 – klát, 3 – násypka, 4 – rotor, 5 - pneumatický válec,  
6 – odklopný uzávěr, 7 – závora, 8 – psávání, 9 – dvířka

### 3.1.3 Kontinuální hnětič

Požadavky na zvyšování produkce i kvality při přípravě směsi a úspor energie vedly k vývoji hnětičů a míchaček s plynulým provozem. V podstatě jde vesměs o jednošnekové či vícešnekové stroje, které však s ohledem na druhy zpracovávaných materiálů mají různé konstrukční provedení. [4]

#### Hnětič „Rotomil“

K přípravě kaučukových směsí byl vyvinut jednošnekový hnětič Rotomil (obr. 4). Kaučuk vstupuje násypkou 3 do šneku 1, ve kterém se rozpracuje a dopraví do míchacího šneku 2, který má závity s velkým úhlem stoupání. Potřebné složky směsi se dávkuje pomocnými plnicími otvory 4 a 5. Zamíchaná směs se plynule dodává do vytlačovací hlavy, kde se formuje do vhodné formy (pás, granule apod.). [4]

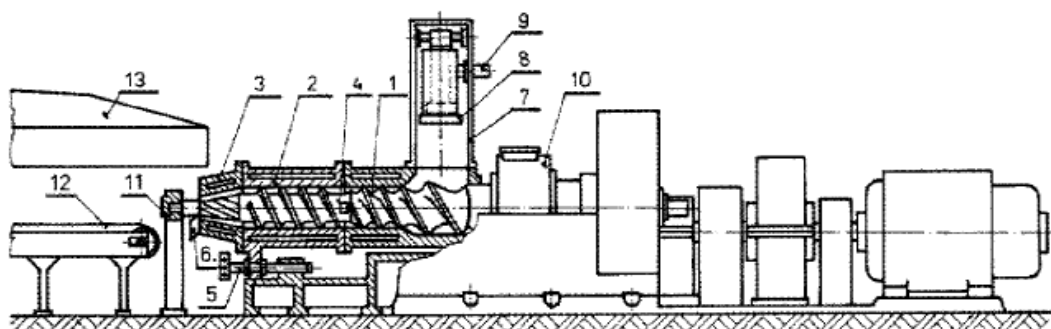


Obr. 4 Schéma hnětače Rotomil

1 – šnek, 2 – míchací šnek, 3 – násypka, 4, 5 – pomocné plnicí otvory

### Hnětič „Gordon“

K plastikaci přírodního kaučuku se používá šnekový hnětič Gordon (obr. 5). Šnek 1 se otáčí v pracovním válci 2, který má chladicí komory. Šnek 1 má vrtání pro vodní chlazení, je uložen v robustním ložisku 10 a pomocném ložisku 11. Asi v polovině je závit šneku přerušen a do tohoto prostoru zasahují profily 4, které překládají kaučuk před vstupem do druhé části šneku. Šnek přechází do kuželového zakončení, kde se axiálním posuvem může nastavit vůle, a tím ovlivnit poměry po délce šneku. K nastavování polohy hlavy slouží pohybový šroub 5. Nucené podávání kaučuku do šneku 1 zajišťuje pneumaticky ovládaný beran 8. K zajištění polohy ve zvednuté poloze slouží západka 9, nezávisle na tlaku v potrubí pro rozvod stlačeného vzduchu. Plastikovaný kaučuk vystupuje z hlavy 3 ve tvaru hadice, která se ihned rozřezává nožem 6 a rozvinuje do pásu. Pás se dále chladí na dopravníku 12. [4]

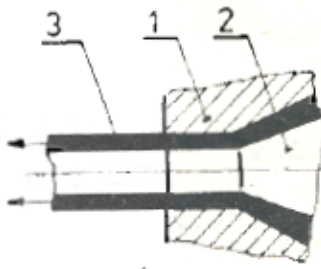


Obr. 5 Schéma hnětiče Gordon

1 – šnek, 2 – pracovní válec, 3 – hlava, 4 – profil, 5 – pohybový šroub, 6 – nůž, 7 - násypka,  
8 – beran, 9 – západka, 10 – ložisko, 11 – pomocné ložisko, 12 – dopravník,  
13 - odsávací kryt

### 3.2 Vytlačování

Vytlačovací stroje jsou určeny ke kontinuální nebo diskontinuální výrobě desek, folií, tyčí, profilů, trubek a jiných výrobků z plastů nebo kaučukových směsí. Princip vytlačování spočívá v převedení materiálu do plastického stavu a vytlačování taveniny profilovacím otvorem do volného prostoru (obr. 6). Po vytlačení následují další operace jako fixace tvaru a rozměru (kalibrace), chlazení, ev. vulkanizace a chlazení. [5]



Obr. 6 Princip vytlačování

1 – vytlačovací hubice, 2 – trn, 3 – profil

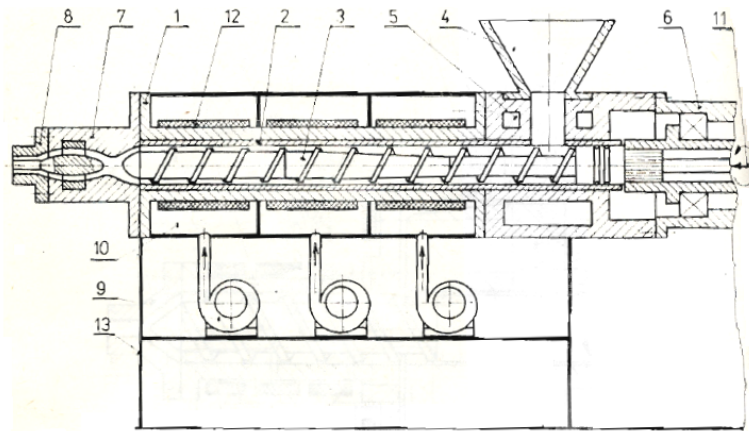
Vytlačovací stroje se dělí podle hlavní pracovní části:

- pístové
- diskové
- šnekové (jednošnekové, dvoušnekové, vícešnekové)
- speciální

#### Šnekové vytlačovací stroje

Jedná se o nejpoužívanější vytlačovací stroje pro zpracování kaučukových směsí. Šnekové vytlačovací stroje se vyrábějí v mnoha rozmanitých provedeních, které se od sebe mohou lišit různým provedením pracovní komory a šneku a vybavením. Schéma jednošnekového vytlačovacího stroje ukazuje obr. 7. Surovina vstupuje do vytlačovacího stroje násypkou 4 opatřenou chladícími kanálky 5. Šnek 3 dopravuje hmotu do pracovního válce 1. Průchodem pracovním válcem se materiál mísí, hněte, homogenizuje a plastikuje. Teplo potřebné k plastikaci je dodáváno přeměnou mechanické energie i topnými pásy 12 umístěnými na obvodu pracovního válce 1. Na požadované hodnotě je teplota udržována taky chlazením vzduchem proudícím v chladících kanálech 10. Vzduch dodávají ventilátory 9. Tavenina

prochází dále vytlačovací hlavou 7 a vytlačovací hubicí 8, kde získává tvar budoucího výrobku. [5]

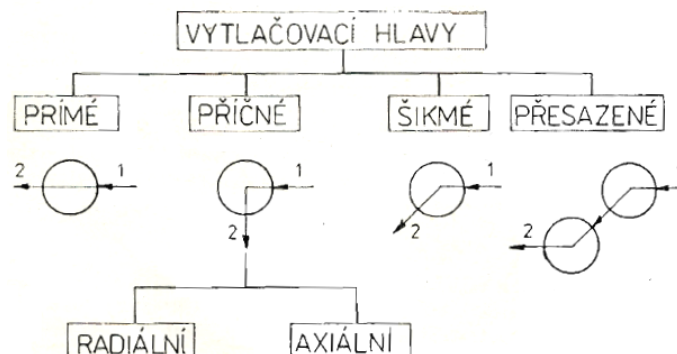


Obr. 7 Jednošnekový vytlačovací stroj

- 1 – pracovní válec, 2 – vložka pracovního válce, 3 – šnek, 4 – násypka,  
 5 – chladicí kanálky, 6 – ložisková skříň, 7 – vytlačovací hlava, 8 - vytlačovací hubice,  
 9 – chladicí ventilátor, 10 – chladicí kanály, 11 – přívod temperančního media,  
 12 – topné pásy, 13 – stojan

### Konstrukce vytlačovacích hlav

Vytlačovací hlavy jsou připojeny k pracovnímu válci. Vzhledem k rozsáhlému sortimentu výrobků, které lze na vytlačovacích strojích vyrábět budou konstrukce vytlačovacích hlav velmi rozmanité. Rozdělení vytlačovacích hlav podle polohy osy šneku a osy vytlačovací hubice je na obr. 8. [5]



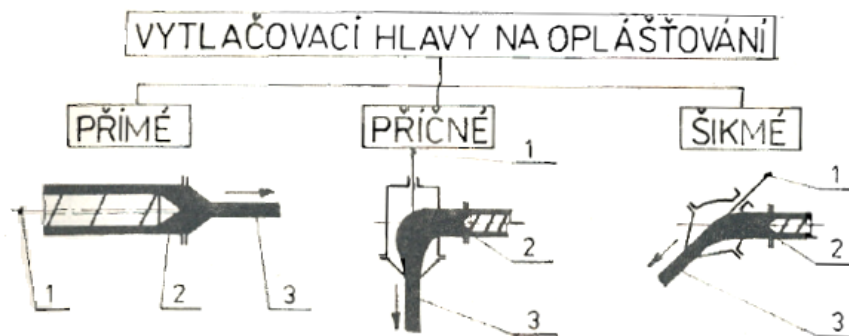
Obr. 8 Rozdělení vytlačovacích hlav

- 1 – osa šneku, 2 – osa vytlačovací hubice

Přímé vytlačovací hlavy se obvykle používají při výrobě tyčí, trubek, profilů a folií. Příčné vytlačovací hlavy nacházejí uplatnění u vyfukování folií a opláštění, šikmé při výrobě

tenkých folií. Přesazené vytlačovací hlavy se používají např. při výrobě trubek s vnitřní kalibrací. [5]

Rozsáhlé použití mají vytlačovací hlavy na oplášt'ování. Rozdělení podle vzájemné polohy osy šneku a osy oplášt'ovaného materiálu je na obr. 9. [5]



Obr. 9 Oplášt'ovací hlavy

1 – polotovar, 2 – vytlačovaný materiál, 3 – oplášt'ovaný výrobek

### 3.3 Válcování

Válcování neboli kalandrování je způsob tváření polymerů, kterého se používá k výrobě fólií a desek a k nanášení polymerů na textilní podložky mezi vyhřívanými válci válcovacích strojů neboli kalandrů. Na nich tedy, na rozdíl od míchacích dvouválců, se provádí přesné operace vedoucí hlavně ke konečným výrobkům – např. podlahovinám nebo koženkám. V případě kaučukových směsí je válcování vedle výroby finálních produktů (fólie, podlahoviny, oprýžovaný textil) charakteristické pro přípravu plošných polotovarů k výrobě zboží tzv. konfekci, zejména pneumatik a dopravních pásů. [1]

Princip válcování je následující: prvá štěrbinu mezi válci je zásobována páskem polymerní směsi z míchacího dvouválců nebo kontinuálního hnětače. Všechna přiváděná hmota však nemůže projít úzkou štěrbinou a hromadí se před ní v otáčející se roličce. Proudění v ní je takové, že spodní část fólie vystupuje ze štěrbinu prakticky nezměněna, zatímco horní část je strhávána do středu roličky a znovu hnětena. Intenzita hnětení je tím větší, čím větší je rozdíl v obvodových rychlostech válců. Protože roličky vznikají před všemi štěrbinami kalandru, vytváří se průchodem mezi každou dvojicí válců na fólii kvalitnější povrch. Kvalita povrchu válcovaného materiálu tedy závisí na počtu roliček, resp. Na počtu štěrbin mezi válci, kterými projde. [1]



K nejrůznějším účelům se vyrábějí různé typy kalandrů, které lze nejjednodušeji klasifikovat podle počtu válců. [1]

- dvouválcové kalandry (zdvojování fólií, k leštění jejich povrchu, k želatovací fólií a nánosů, drénování koženek
- tříválcové kalandry (válcování fólií, jednostrannému nánosování polymerních směsí na textilní podložku)
- čtyřválcové kalandry (jsou nejrozšířenější, jsou rozděleny dle tvaru písmen I, L, F, Z)
- pětiválcové kalandry (válece jsou uspořádány ve tvaru písmene C

### 3.4 Vulkanizace

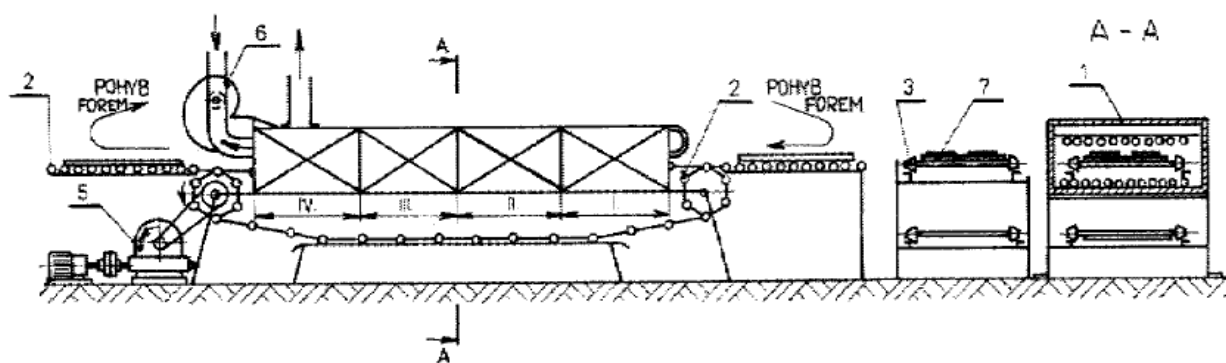
Vulkanizační zařízení se používají k vulkanizaci kaučukových výrobků různých druhů i velikostí. Vulkanizací se rozumí druh sírování, při němž působením vulkanizačního činidla nebo energie nastávají strukturní změny, které mění kaučuk s převážně plastickým charakterem v pryž s převážně elastickým charakterem. Výjimkou je tvrdá pryž. Vulkanizační zařízení se mohou podle konstrukce dělit na vulkanizační komory, tunely, lázně, kotle, lisy apod. Podle způsobu ohřevu můžeme rozlišovat ohřev parní nebo elektrický, který dále může být přímý nebo nepřímý. V prvním případě zdroj tepelné energie sděluje teplo přímo ohřívanému předmětu, zatímco v druhém případě se teplo mezi zdrojem a ohřívaným předmětem sdílí prostřednictvím teplotonosného média. Některá zařízení pracují za zvýšeného, jiné za atmosférického tlaku. Podle toho se pak rozlišuje tlaková a beztlaková vulkanizace. [4]

#### Vulkanizační komory

Vulkanizační komory jsou jednoduchá zařízení, která zpravidla pracují při atmosférickém tlaku. U vulkanizačních komor jde o prostý ohřev bez nároku na snižování obsahu těkavých látek v ohřívaném materiálu. To umožňuje pracovat s ohřevem v uzavřených okruzích. Vzduch se ohřívá ve svazcích žebrovaných parních trubek. [4]

#### Vulkanizační tunely

Na rozdíl od vulkanizačních komor pracují vulkanizační tunely kontinuálně. Tunel je pak přizpůsoben druhu vulkanizovaného materiálu. Vulkanizační tunel na oprýžovaný textil je nakreslen schematicky na obr. 10. [4]

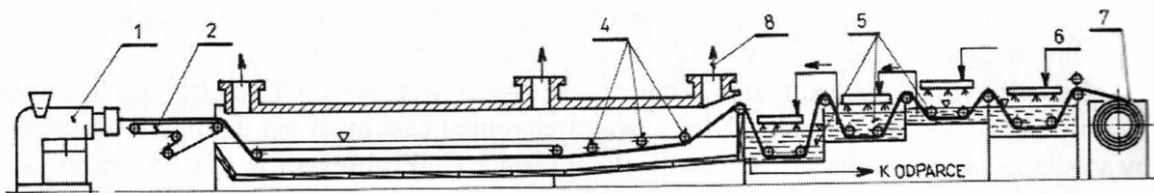


Obr. 10 Vulkanizační tunel na technické výrobky

1 – těleso tunelu, 2 – vulkanizační dopravník, 3 - chladič dopravník,  
4 – oblouková válečková dráha, 5 - pohon dopravníků, 6 - ventilátor, 7 – rám s formami

### Vulkanizační lázně

K vulkanizaci vytlačovaných profilů se rovněž používají vulkanizační lázně. V podstatě jde o ohřev profilu v kapalině. Přímé použití vody je zde omezeno teplotou bodu varu, která závisí na tlaku. Tlakové lázně jsou sice navrhovány, ale jejich praktické využití je značně omezeno. Použije-li se místo vody jiné látky, musí být jistota, že teploty vulkanizace se dosáhne za přiměřených podmínek a vulkanizovaný materiál nebude použitou látkou narušován. Takovým požadavkům vyhovují např. solné lázně. Jako teplonosné médium se používá eutektická směs dusičnanu draselného, dusitanu sodného a dusičnanu sodného, která má bod tání 141°C. Solná lázeň je zabudována ve vytlačovací lince na profily. Vana s eutektickou solnou směsí má elektrický odporový ohřev. Vana je z nerez. Vytlačovaný profil se vzhledem k rozdílnosti hustot musí do solné lázně ponořit. Používá se k tomu ocelového pásu, který se v tažné i ochablé části pohybuje v solné lázni. Tím se zároveň dosáhne mechanického promíchávání lázně. Pás vede vulkanizovaný profil asi po dvě třetiny délky vany. V poslední třetině jsou hnané vodící válečky, které mají větší rychlost než ocelový pás, aby se kompenzovalo případné prodloužení profilu. Na konci vystupuje profil z lázně, zbavuje se přebytku soli a zbylý film soli se odstraňuje v pracích lázních. Tři lázně v protiproudovém uspořádání zbavují profil posledního zbytku soli praním v horké vodě. Poslední čtvrtá lázeň slouží jen k oplachování profilu chladnou vodou. Koncentrovaný solný roztok z první prací lázně se odvádí k odparce, kde se odstraňuje voda a získaná sůl se po roztavení v zásobníku vrací zpět do vulkanizační vany. Opraný profil se ofukováním zbaví přebytečné vody a navíjí se do balíku na navíjecím zařízení. Solná lázeň je celá krytá a výpary se odsávají, aby pracovní prostor nebyl znečišťován. [4]



Obr. 11 Solná vulkanizační lázeň

- 1 – vytlačovací stroj, 2 – pásový dopravník, 3 – solná lázeň, 4 – hnané válečky,  
5 – kaskáda pracích lázní, 6 – vodní lázeň, 7 – navíjení, 8 – odsávání

### Vulkanizační kotle

Vulkanizační kotle jsou zpravidla tlakové nádoby s možností ohřevu případně i chlazení. Za tlakovou nádobu podle ČSN 860 010 se považuje nádoba, na jejíž stěny působí plyny a páry tlakem větším než atmosférickým, nebo kapaliny o tlaku větším než hydrostatickém. Přitom výpočtový tlak je větší než 0,07 MPa a součin objemu v litrech a tlaku v MPa překročí hodnotu 10. Druh pracovní látky ve vulkanizačním kotli souvisí se způsobem ohřevu vulkanizovaného zboží. Nejjednodušší je ohřev přímou parou, tj. vulkanizovaný materiál se bezprostředně stýká s kondenzující parou. Nepřímý ohřev vyžaduje zařazení teplotonosného média. Bývá jim nejčastěji vzduch, někdy však také inertní plyn, případně voda. [4]

### Vulkanizační autoklávy

Vulkanizační autoklávy představují v podstatě kombinaci vulkanizačního kotle a hydraulického lisu. Osa kotle může být vertikální nebo horizontální. Autoklávy se hlavně dříve používaly k vulkanizaci pláštěů pneumatik a duší. Vulkanizační autoklávy představují starší typ zařízení, jejichž použití je značně omezeno pro těžkopádnost konstrukce a náročnost pro obsluhu. [4]

### Ostatní vulkanizační zařízení

K vulkanizaci výrobků se používají další zařízení, jako lisy, vstřikovací stroje atd., ale jejich zatřídění odpovídá jiným hlediskům a vulkanizace je u nich proces doplňkový. [4]

## 3.5 Lisování

Lisování je nejstarším způsobem zpracování polymerů. Jeho počátky spadají do posledních desetiletí 19. Století. Lisování je tváření polymerů při zvýšených teplotách a tlacích, při čemž žádaný tvar dává materiálu forma. Podle velikosti použitých tlaků se rozlišuje liso-

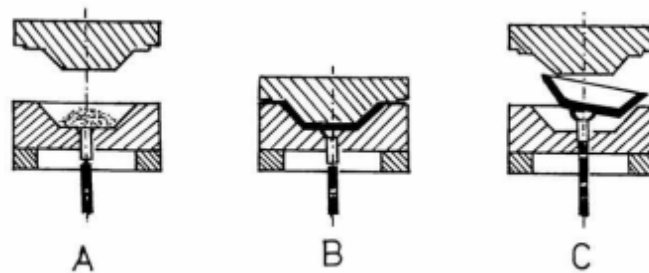
vání vysokotlaké a nízkotlaké. Jako vysokotlaké se označuje lisování při tlacích nad 3 MPa. [1]

### Vysokotlaké lisování

Vysokotlaké lisování rozdělujeme podle způsobu provádění

- přímé (lisování rázem)
- nepřímé tzv. přetlačování

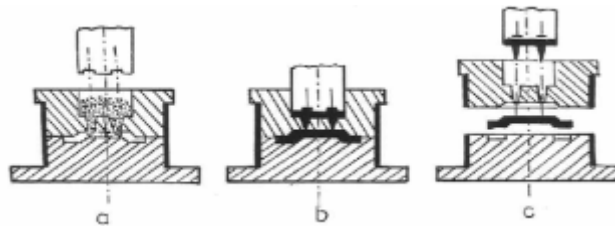
K vysokotlakému přímému lisování se používají téměř výhradně pístové hydraulické lisy. Tvar vylisku vymezuje lisovací forma, která je vhodným způsobem umístěna v lise. Jedna část formy je např. uchycena na desce pístu a tvoří tzv. patrici a druhá, tzv. matrice, je spojena s podstavcem. K zajištění dokonalého vyplnění formy se vyžaduje takové množství materiálu, aby vznikly vždy tzv. přetoky. Tvárnice formy se před naplněním opatří jemným nánosem separačního činidla, aby se vylisek z formy snáze vyjímal. Pro menší vylisky se používají formy několikanásobné. [1]



Obr. 12 Princip vysokotlakého přímého lisování

A – plnění formy, B – vlastní lisování, C – vyjímání vylisku z formy

Při nepřímém lisování neboli přetlačování, je forma na začátku výrobního cyklu uzavřena a materiál do ní vtéká značnou rychlostí jedním nebo více malými kanálky. Důležité je však ohřát napřed polymerní směs na správnou teplotu. Děje se tak jednak v předehřívacích komorách, které jsou součástí vyhřívané formy, jednak přeměnou mechanické energie na tepelnou při průtoku materiálu vstřikovacím kanálkem. Princip přetlačování je patrný na obr. 13. [1]



Obr. 13 Princip přetlačování

a – otevřená forma s polymerním materiálem v přetlačovací komoře,

b – uzavřená forma s materiálem přetlačeným do tvářecího prostoru,

c – otevřená forma s vyjímáním vyliskem

Pro přetlačování se používá lisů, které kromě potřebných rozměrů a nezbytných tlaků mají i dostatečnou rychlost zdvihu. Vyhovující rychlost je kolem 5m/min. Vzhledem k potřebě značné velikosti zdvihů se téměř výhradně používají hydraulické lisy. [1]

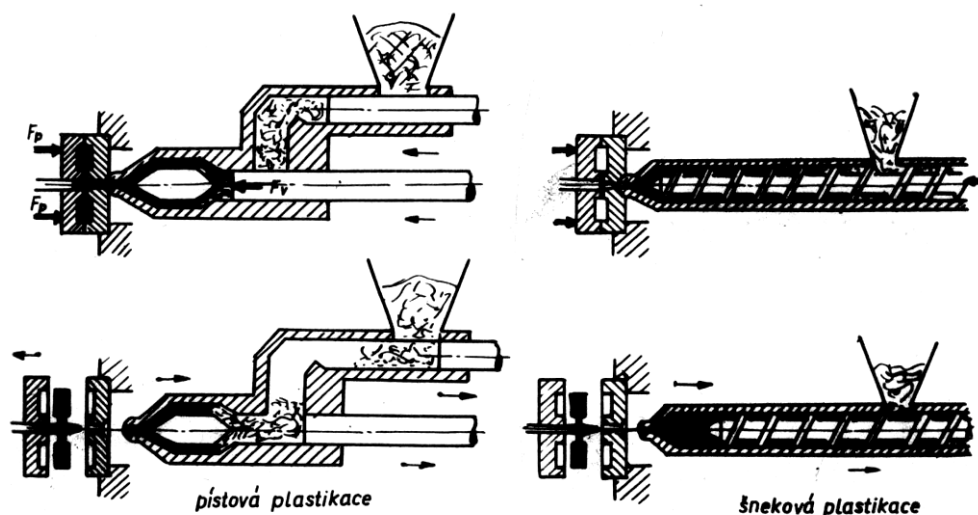
Výhodou přetlačování proti přímému lisování je, že polymerní směs přichází do tvárnice formy již v plastickém stavu a méně je opotřebovává. Především však, že poskytuje velmi homogenní vylisky přesných rozměrů a umožňuje lisovat výrobky s kovovými zálisky, které by se při přímém lisování tlakem zdeformovaly než by polymer přešel do plastického stavu. Nevýhodou přetlačování je složitější forma a větší spotřeba lisovací hmoty. Proto používáme přetlačování jen tam, kde je to vzhledem k charakteru vylisku nezbytné. [1]

### Nízkotlaké lisování

Nízkotlakého lisování se používá hlavně k tváření reaktoplastů. [1]

## 3.6 Vstřikování

Je to takový způsob tváření, kdy se zplastikovaný materiál plní (vstřikuje) vysokou rychlostí do dutiny formy, která je temperovaná. Materiál se plastikuje v plastikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Plastikací rozumíme převedení materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla. Princip plastikačních jednotek s pístovou a šnekovou plastikací zobrazuje obr. 14. [2]



Obr. 14 Principy vstřikování

Tento způsob se nejdříve uplatňoval pro zpracování plastických hmot. Gumárenský průmysl musel změnit teplotní režimy se zřetelem na reologické vlastnosti gumárenských směsí a její vulkanizační schopnost. [2]

Gumárenské směsi pro vstřikování se liší především průběhem vulkanizačních křivek. Požaduje se přiměřená indukční perioda s konstantní plasticitou a vysoká rychlost vulkanizace. Dosahuje se toho vhodnou kombinací urychlovačů a retardérů vulkanizace ve zvoleném vulkanizačním systému. Při vstřikování kaučuku se používají šnekové plastikační jednotky. Materiál se do šneku plní buď jako pásek nebo jako granulát. Vzhledem k vlastnostem gumárenských směsí probíhá plastikace ve šneku za výrazného přispění disipované energie. [2]

### 3.7 Spojování kovu s pryží

Problematika pojení pryže s kovy byla dříve specializovanou oblastí gumárenské technologie, kterou se zabývala pouze úzká skupina specialistů. V současné době dochází v naší republice k rozšíření počtu firem a institucí, které se zabývají jak teorií pojení, tak i výrobou pryžokovových výrobků. Pryžokovové výrobky se začaly používat postupem času s rozvojem průmyslu – strojírenství a hlavně automobilního průmyslu. Zpočátku se používaly hlavně celopryžové díly, které byly zamontovány do montážních celků. Konstrukce těchto celků byla mnohdy složitá a díly byly náročné na montáž a neplnily často spolehlivé nároky na ně kladené. Proto byla snaha co nejvíce díly konstrukčně zjednodušit a přitom vytvořit kvalitní spoje. [6]

*Typy spojů mezi pryží a zálisky můžeme rozdělit do několika kategorií*

## Spoje dle pevnosti

– v zásadě se dá za vyhovující považovat taková pevnost spoje, která umožňuje spolehlivou funkci daného výrobku. Kvalitní pevný spoj má vyšší pevnost než je pevnost použité pryže. [6]

## Spoje dle typu vazby

- na čistě mechanické bázi (pryž je zakotvena v prolisech nebo otvorech v zálisku a pevnost spoje je závislá pouze na tření a mechanické pevnosti pryže proteklé otvory v zálisku. Pryžová část může být na zálisek dokompletována dodatečně.
- lepením ( spoj mezi záliskem a z vulkanizovanou pryží je vytvořen dodatečně pomocí lepidla).
- vulkanizací (spoj mezi záliskem a pryží je vytvořen speciálním postupem při vulkanizaci ve formě. Je nutná správná předúprava zálisků.

## Spoje dle technologie vzniku vazby (úzce souvisí i s typem vytvořené vazby)

- při vytváření spoje na mechanické bázi se používá dodatečná montáž předlisovaného pryžového dílu na zálisek
- navulkanizování pryže na zálisek bez jakékoliv povrchové úpravy. Na zálisku jsou otvory, kterými pryž při vulkanizaci proteče a tímto způsobem zakotví na zálisku
- dodatečné lepení předlisovaných pryžových dílů na zálisek pomocí speciálních lepidel. Zálisek i výlisek mají již provedeno povrchovou úpravu.
- vulkanizace rozměrných dílů v kotli. Zálisek je již povrchově upraven, je na něj nanesena nezvulkanizovaná pryž a požadovaného tlaku pro vulkanizaci je dosaženo bandážováním.
- vulkanizací ve vulkanizační formě. Zálisek je speciálním postupem povrchově upraven, je k němu přiložena nezvulkanizovaná pryž a během vulkanizace dochází k vytvoření spoje mezi pryží a záliskem. Tímto způsobem dosahujeme nekvalitnějších spojů. [6]

## *Technologie spojování*

### Mechanické spojování

- požadovaný pryžokovový díl se získá mechanickým upevněním pryže na kovový díl. Typ upevnění je dán celkovou konstrukcí dílu, zpravidla je pryž navlečena na kovový díl. Při tomto způsobu spojování se může uplatnit robotizace či automatizace, pokud to velikost série umožňuje.

### Spojování lepením

- při tomto typu spojování pryže se zálisky je spoj vytvořen mezi záliskem s povrchovou úpravou a z vulkanizovaným pryžovým výliskem v následující operaci. Vzniká spoj mezi oběma díly v celé styčné ploše. Je založen na fyzikálních a chemických vazbách. Pro vytvoření vazeb se používá speciální typ lepidla. Díly musejí být pro vytvoření kvalitní vazby napřed povrchově upraveny. Bez této povrchové úpravy není možno dosáhnout kvalitního spoje. Povrch z vulkanizovaných pryžových výlisků je nutno před lepením zdrsnit, čímž se zvětší styčná plocha vhodná k zakotvení lepidla a současně mechanicky odstraní z povrchu nečistoty a produkty stárnutí pryže. Následující operací je ještě očištění povrchu organickými rozpouštědly, kdy dochází k naleptání povrchu pryže a odstranění chemických nečistot.

### Spojování vulkanizací

- při tomto typu spojování pryže se zálisky dochází k tvorbě velmi kvalitního spoje mezi záliskem a pryží v jedné jediné operaci (při vulkanizaci). Povrch zálisků je přitom opatřen povrchovou úpravou, kaučuková směs se dostává do kontaktu se záliskem ještě v nezvulkanizovaném stavu. Během vulkanizace ve vulkanizačních formách se vytvářejí fyzikální a chemické vazby mezi záliskem a vznikající pryží. [6]

### *Povrchová úprava zálisků*

Zálisky vytvářejí pevnou výztužnou část na výlisku a jsou svými mechanicko-fyzikálními vlastnostmi odlišné od pryže. Zpravidla jsou kovové nebo plastové, v případě plastů se používají pouze typy schopné snášet bez tvarových deformací podmínky vulkanizace. Obecně se dá říci, že pro pojení lze použít každého kovu, musí ale projít vhodnou povrchovou úpravou. Nejvhodnější a nejpoužívanější k pojení jsou oceli a hliníkové slitiny. Při



povrchové úpravě dochází k odstranění chemických a mechanických nečistot z povrchu zálisků a k nánosu speciálního spojovacího prostředku. [6]

Mechanické nečistoty – prach, zamaštění povrchu nebo jiným způsobem ulpělé cizorodé částice na povrchu zálisku. [6]

Chemické nečistoty – korozní zplodiny na povrchu zálisku vzniklé při výrobě zálisku či jeho polotovaru nebo vzniklé působením chemikálií na povrch zálisku (např. znečištěného ovzduší). [6]

Při vlastních povrchových úpravách je nutno z povrchu odstranit veškeré korozní zplodiny i ulpěné nečistoty. Korozní zplodiny se odstraňují otryskáním, možením nebo fosfátováním, ulpěné nečistoty odmašťováním. [6]

## 4 STROJE A NÁSTROJE PRO TECHNOLOGII VSTŘIKOVÁNÍ A LISOVÁNÍ

### 4.1 Vstřikování

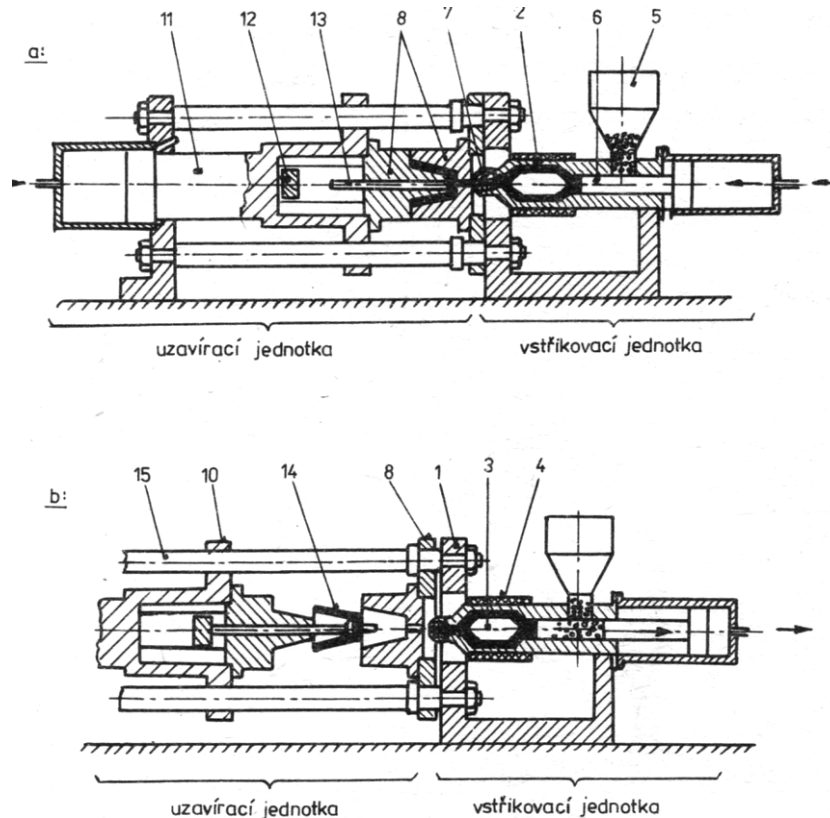
Na vstřikovacích strojích se dají zpracovávat plasty i kaučukové směsi. Na vstřikovacích strojích lze vyrábět i výrobky velmi složitých tvarů v úzkých výrobních tolerancích a v obrovských sériích. Vstřikované výrobky nacházejí využití v domácnostech, ve spotřebním průmyslu, strojírenském, automobilovém průmyslu, elektrotechnice a elektronice i v optice. [7]

Celý vstřikovací cyklus realizují vstřikovací stroje. Musí tedy mít uzavírací jednotku ovládající formu (uzavírání, otevírání, vyhazování výstřiku) a vstřikovací jednotku zajišťující přípravu taveniny a její vstříknutí do uzavřené formy. [7]

Nosná konstrukce vstřikovacích strojů bývá nejčastěji sloupová. Sloupy 15 (obr. 16) nejen spojují jednotlivé části stroje, ale zároveň slouží k vedení jeho pohyblivých částí. U malých vstřikovacích strojů bývá nosná konstrukce dvousloupová, u velkých pak čtyřsloupová. Fréma 1 vstřikovacích strojů, která bývá nejčastěji litá, je opatřena ložem s vodicími plochami, po kterých se pohybuje vstřikovací jednotka. Uzavření o otevření formy zajišťuje uzavírací ústrojí. Požaduje se, aby forma 8 byla dokonale těsná během celého vstřikovacího cyklu. Potřebná uzavírací síla je přímo závislá na průmětu plochy výstřiku do dělicí roviny a na velikosti vstřikovacího tlaku. Na těsnost formy má současně vliv tuhost celého uzavíracího systému. [7]

Uzavírací jednotku lze rozdělit podle druhu pohonu na:

- hydraulická (přímá, se závorováním)
- hydraulicko-mechanická
- elektromechanická



Obr. 15 Schéma vstřikovacího stroje

a – vstřikování, b – vyhození výstřiku

- 1 – fréma, 2 – plastikací komora, 3 – torpédo, 4 – topné těleso, 5 – násypka,  
 6 – vstřikovací trn, 7 – vstřikovací tryska, 8 – vstřikovací forma, 9 – přední upínací deska,  
 10 – zadní upínací deska, 11 – uzavírací píst, 12 – doraz, 13 – vyhazovač, 14 – výstřik,  
 15 – sloup

Vstřikovací jednotka musí zajistit dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny a dostatečně vysoký vstřikovací tlak. Vstřikovací jednotky se obvykle dělí podle způsobu plastikace:

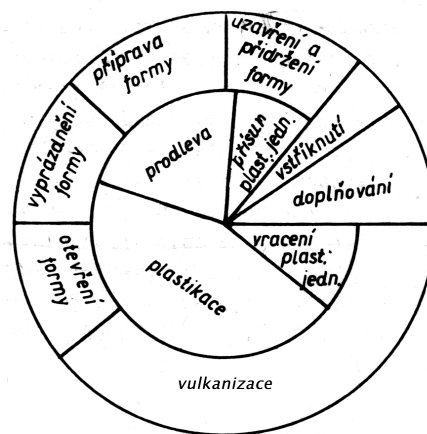
- bez předplastikace – plastikace v tavicí komoře vstřikování pístem
  - plastikace a vstřikování šnekem
- s předplastikací – předplastikace v tavicí komoře
  - předplastikace šnekem [5]

Vstřikování probíhá do uzavřených forem za vysokého uzavíracího a vstřikovacího tlaku. Účinky obou tlaků jsou oddělené, přičemž uzavírací tlak působí dříve, což umožňuje do-

konalé bezpřetokové lisování i u velkých a tlustých výrobků. Směs se před vlastním vstříkáním ohřívá, což vede ke zkrácení doby vulkanizace. [2]

### Vstříkovací cyklus

Vstříkovací cyklus zahrnuje dvě oblasti, jedna se vztahuje k plastikaci a druhá k formě. Z tohoto plyne poměrně velká produktivita této metody zpracování polymerních a gumárenských směsí. Vstříkovací cyklus popisuje obr. 15. [2]



Obr. 16 Vstříkovací cyklus

Plastikovaný materiál se často dopravuje do vstříkovacího válce, ze kterého se pak vstříkuje do dutiny formy. Při plnění formy materiál teče i v povrchové vrstvě, protože teplota formy je vyšší, než teplota vstříkovaného materiálu. Vyžaduje to volbu dostatečných průřezů vtokových kanálů i dutiny formy. Forma musí být dokonale od vzdušná. Vyhazovací systém musíme volit s ohledem na vysokou pružnost a malou pevnost hotových výstřiků.

Vstříkování gumárenských směsí umožňuje výrobu tlustostěnných výrobků při zkrácené době a zvýšené kvalitě vulkanizátu. Vyžaduje však náročnější výrobní zařízení a je méně vhodné pro kusovou výrobu na rozdíl od předchozích technologií. [2]

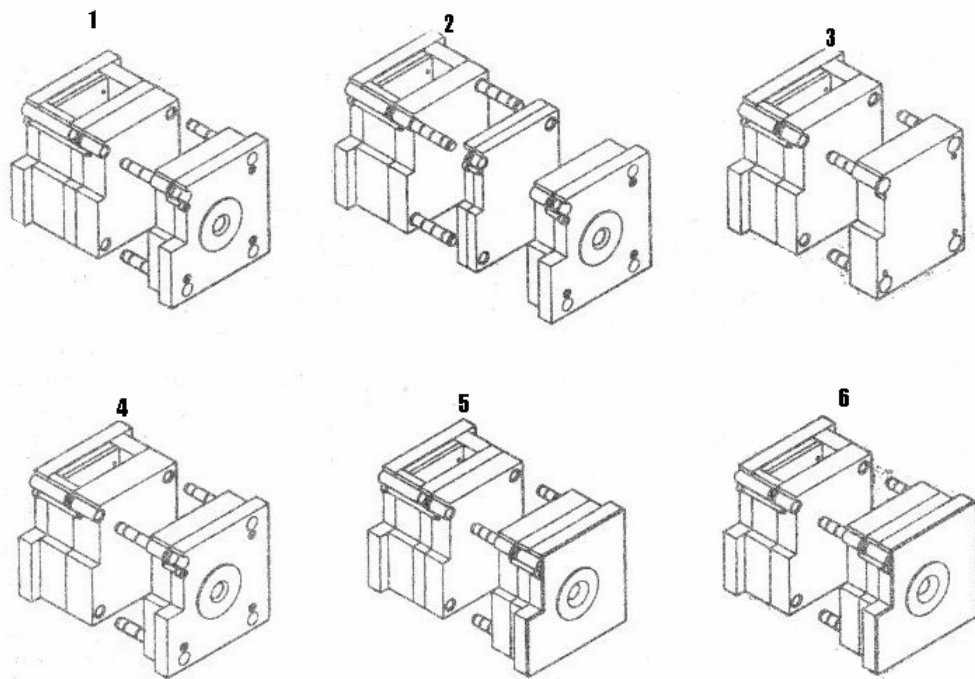
Výhody:

- poměrně velká produktivita (materiál se ve šneku připravuje už ve fázi kdy výrobek chladne či vulkanizuje ve formě)
- jednoduché dávkování materiálu
- snadná automatizace tohoto procesu
- menší materiálové ztráty než při přetlačování

Nevýhody:

- složitější, dražší zařízení – vstřikovací stroj
- složitější, náročnější výroba formy

**Formy:**



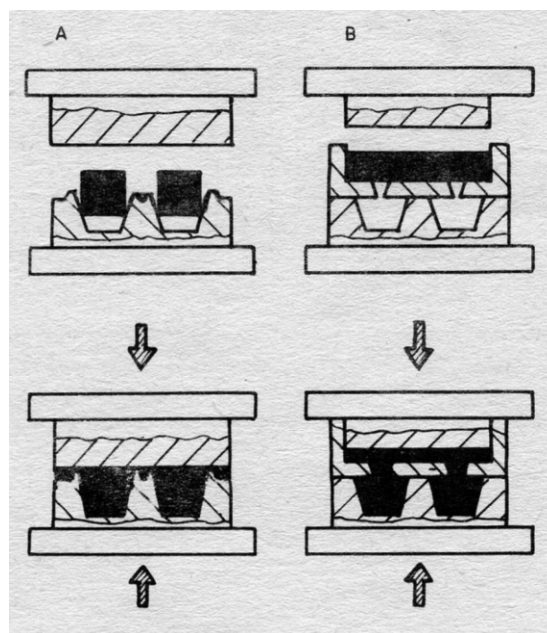
Obr. 17 Příklady běžných ráků forem

- 1 – rám s jednou dělicí rovinou, s opěrnou deskou a vyhazováním,
- 2 - rám se dvěma dělicími rovinami, se stírací deskou a vyhazováním,
- 3 – rám s jednou dělicí rovinou bez opěrné a upínací desky,
- 4 – rám s jednou dělicí rovinou bez opěrné desky,
- 5 – rám s jednou dělicí rovinou s vyhazováním a možným vytápěním rozvodu,
- 6 – rám s jednou dělicí rovinou bez opěrné desky s vyhazováním a možným vytápěním rozvodu

Velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se dnes využívá nejrůznější nabídky normálií jednotlivých dílů.

## 4.2 Lisování

Mezi lisy zařazujeme tvářecí stroje, které tlakem pohyblivé desky působí na tvářený materiál. Pohyblivá část lisu obvykle vykonává přímočarý vratný pohyb. Lisy jsou využívány pro různé operace. Podle použití rozeznáváme lisy montážní, prostřihovací, přetlačovací, tabletovací, vulkanizační aj. Obrázek č. 18 ukazuje rozdíl mezi lisováním a přetlačováním. Při lisování je materiál vložen do dutiny formy, kterou vyplňuje při její uzavírání. Při přetlačování se materiál vkládá do pomocné komory, ze které je přetlačován do dutiny formy. [7]

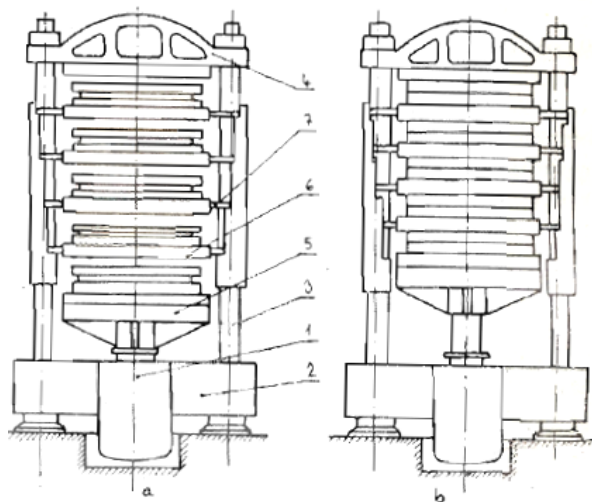


Obr. 18 Schéma lisování (A) a přetlačování (B)

Podle způsobu vyvození lisovací síly rozdělujeme na mechanické, hydraulické a pneumatické. Velikost lisu je určena jeho výkonovými a rozměrovými parametry. Výkonové parametry jsou obvykle dány lisovací silou, rychlostí pracovního pohybu, jmenovitým tlakem apod. Rozměrové parametry určující rozměry upínacích ploch, zdvihy, počet etáží aj. [7]

Z hlediska přístupu k pracovní ploše rozeznáváme konstrukci lisů otevřenou, sloupovou a rámovou. Otevřená konstrukce umožňuje přístup k pracovnímu místu ze tří stran, zatímco sloupová a rámová pouze zepředu a zezadu. [5]

Při lisování plochých výrobků se používají tzv. etážové lisy (obr. 19). Topné medium se přivádí do pohyblivých desek pomocí přípojek, které mohou být hadicové, kloubové nebo teleskopické. [5]



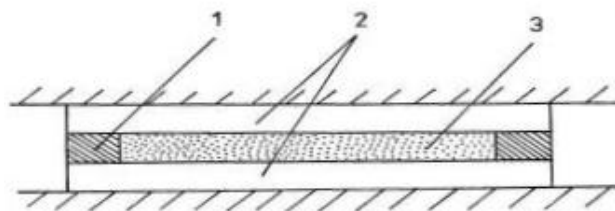
Obr. 19 Etážový hydraulický lis

a – otevřený, b – uzavřený,

1 – pracovní válec, 2 – spodní třmen, 3 – sloup, 4 – horní třmen, 5 – lisovací deka,

6 – etáž, 7 – čep a narážka

Formy jsou jednoduchého tvaru. Schéma takové formy skládající se z lisovacích desek a rámu ukazuje obr. 20. [1]



Obr. 20 Schéma formy pro lisování desek

1 – lisovací rám, 2 – příložné desky, 3 – lisovaný polymerní materiál

## 5 SOUHRN TEORETICKÉ ČÁSTI

Byly představeny základní technologie pro zpracování pryžových výrobků. Mezi hlavní se řadí míchání směsí, válcování, vytlačování, vstřikování, lisování atd.

Byly představeny také přísady, které se zamíchávají do kaučuků. Každá přísada je specifická a dává finálnímu výrobku určitou vlastnost.

Při výrobě vstřikování, lisování a tvarováním jsou zapotřebí nástroje (formy). Formy se vyrábí v nástrojárnách. Pro lisování a tvarování jsou formy jednodušší a levnější než pro vstřikování.

Pro zmíněné technologie je na trhu široký sortiment strojního zařízení od různých dodavatelů.

(DESMA, RUTIL, RIMM, ENGEL, SUB, MASL, REP atd.).



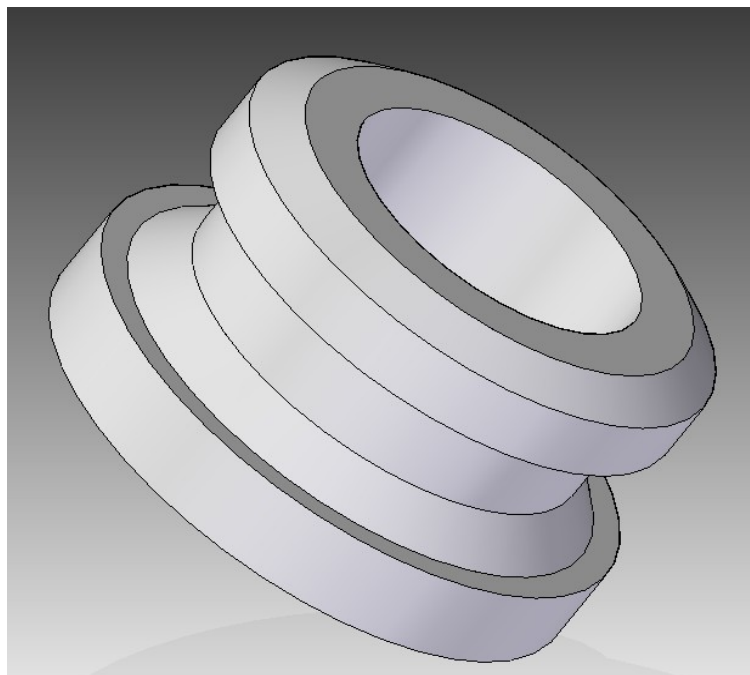
## **I. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma
- Volba výrobní technologie pro zadaný pryžový díl
- Ekonomické porovnání
- Konstrukce formy
- Závěr
- Zhotovení 2D a 3D výkresu dílu
- Vypracování 2D a 3D sestavy formy a jednotlivých dílů

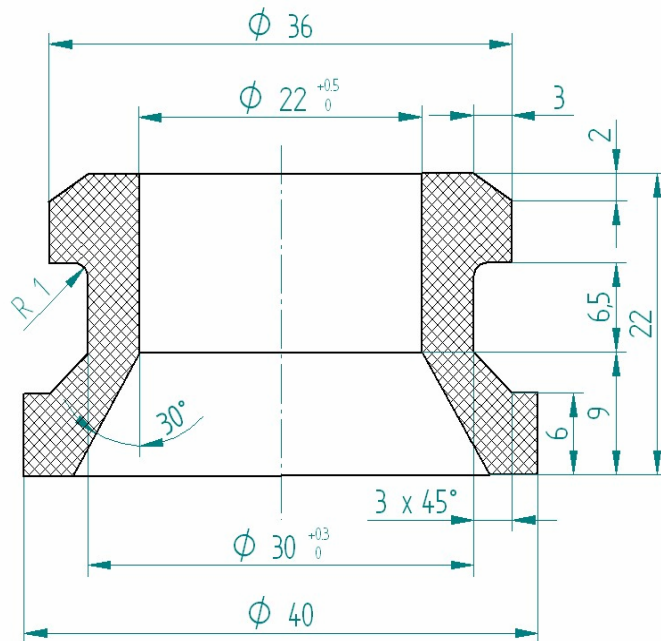
Konstrukce formy a výkresová dokumentace byla vypracována v programu Solid Edge ST3.



Obr. 21 Pryžový díl

## 7 VOLBA VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

Pro zadaný pryžový díl obr. 22 bude posouzena a zvolena výrobní technologie.



Obr. 22 Pryžový díl a jeho rozměry

### 7.1 Pryžový díl

Pryžový díl slouží jako průchodka kabelů.

Požadavky kladené na zadaný pryžový díl jsou:

- Výlisek dle normy ČSN 620011
- Materiál EPDM 50ShA
- Teplotní odolnost -40°C až 125°C
- Výlisek bez propadlin a vzhledových vad
- Tolerance dle normy DIN 7715 M3
- Výlisek v dělicí rovině bez přetoků
- Požadované množství 10 000 ks

Pro pryžový díl je zvolen materiál EPDM 50ShA, který splňuje požadavky pro díl.

Hustota tohoto materiálu, která je uvedena v materiálovém listu je 1,14g/cm<sup>3</sup>.

Objem dílu zjištěn z 3D výkresu dílu v programu Solid Edge ST3 je 10,8cm<sup>3</sup>.

Hmotnost dílu je 12,31 g (hustota materiálu x objem dílu).

Na základě materiálového listu pro EPDM bude zvolena vulkanizační doba 5 minut při teplotě 180°C.

Díl může být vyroben vstřikováním nebo listováním.

## 7.2 Lisování

**Výrobní postup u lisování je:**

- příprava materiálu na dvouválci
- výroba náloží o požadované hmotnosti
- lisování
- dokončovací operace
- kontrola

### ***Výroba náloží:***

U výroby pryžového dílu na lisovacích strojích je nutná příprava materiálu ve formě náloží, které se vkládají do dutiny formy.

Nálož se volí podle rozměru a hmotnosti dílu, ke které je připočtena rezerva na přetoky cca 15%. Hmotnost nálože bude 14,16g.

Na dvouválci (kalandru) je provedena příprava kaučukové směsi, která je dále zpracována na vytlačovací stroji Barwell, kde se vytlačí válec o požadovaném průměru a zároveň je sekán na určitou délku. Celkově pak má nálož požadovanou hmotnost. Tyto nálože jsou následně vloženy do emulze a poté sušeny.



Obr. 23 Příprava směsi na dvouválci

### *Volba stroje pro lisování*

Pro lisování pryžového dílu byl zvolen lisovací stroj DANIELS.



Obr. 24 Lisovací stroj Daniels

**Technické parametry:**

Lisovací síla.....1000kN

Zdvih lisu.....300 mm

Horní deska.....490x380 mm

Deska stolu.....490x380 mm

Příkon .....4kW

Rozměry:.....šířka 1500 mm x hloubka 900 mm x výška 2060 mm

Hmotnost cca.....3000 kg

**Výpočet výrobního cyklu:**

- vkládání náloží do dutiny formy.....0,5 minut
- lisování, vulkanizační čas.....5,5 minut
- vyjímání dílů z formy.....1,5 minutu

Celkově výrobní cyklus je 7,5 minut.

Po vyjmutí vylisku z formy jsou na dílech přetoky, které se odstraní dodatečným opracováním tzv. trimováním (ručním odtržením přetoků) nebo můžou být otřepy odděleny v kryogenickém zařízení. Při této dokončovací operaci proběhne zároveň vizuální kontrola.

**Možná technologická rizika:**

- špatná konstrukce formy – velké přetoky, které mohou být špatně odstranitelné a tudíž nebude splněn požadavek na výkresu
- nedostatečná doba vulkanizace
- dlouhá doba vulkanizace – dochází k degradaci materiálu
- velká hmotnost nálože – vyšší spotřeba materiálu a velké přetoky
- malá hmotnost nálože – nedolisky



Obr. 25 Kryogenické zařízení

### 7.3 Vstřikování

Výrobní postup u vstřikování je:

- vstřikování
- dokončovací operace
- kontrola

Při vstřikování je kaučuková směs dodávána přímo od dodavatele ve formě pásků cca 8cm široké tzv. WIG WAG, které jsou přes šnek přímo dopravovány do vstřikovacího stroje.

Spotřeba materiálu u technologie vstřikování je počítána s rezervou na vtok a hmotnostní polštář, která může být až 30% hmotnosti dílů.

Pro vstřikování bude zvolen vstřikovací stroj Rutil 250.



Obr. 26 Vstřikovací stroj Rutil 250

***Předpokládaný výrobní cyklus:***

- vstřikování, vulkanizační čas.....5,5 minut
- vyjímání dílů z formy.....0,5 minut

Celkově výrobní cyklus je 6 minut.

I u vstřikování jsou po vyjmutí vylisků z formy na dílech přetoky, které se opět odstraní dodatečným opracováním. Při této dokončovací operaci proběhne zároveň vizuální kontrola. Dokončovací operace bude provedena přímo u stroje.

Ceny vstřikovacích forem je od 150 000,-CZK dle složitosti tvaru dílu a počet otisků.

***Možná technologická rizika:***

- špatná konstrukce formy – velké přetoky, které mohou být špatně odstranitelné a tudíž nebude splněn požadavek na výkresu



- nedostatečná doba vulkanizace
- dlouhá doba vulkanizace, vysoká teplota formy – dochází k degradaci materiálu
- nízká teplota formy – nedolisky
- nedostatečné odvzdušnění

## 8 EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ

Aby byla potvrzena volba technologie, budou porovnání ekonomické náklady na vstříkávání a lisování pro 10 000 ks pryžových dílů.

### 8.1 Technologie lisování

Pro výpočet výrobních nákladů u lisování byla použita následující data:

- Příkon lisovacího stroje Daniels 4kW
- Počet otisků formy 9
- Počet kusů vyrobených na lisovacím stroji 72 ks/hod (8 cyklů/hod)
- Mzdové náklady pro lisovací stroj 135,-Kč/hod
- Příkon pro kalandr 86,26kW
- Počet kusů vyrobených na kalandru 14 000 ks/hod (200kg/hod)
- Mzdové náklady pro kalandr 170,-Kč/hod
- Příkon pro vytlačovací stroj Barwell 0,84kW
- Počet kusů vyrobených na Barwellu 6 000 ks/hod (85kg/hod)
- Mzdové náklady pro Barwell 150,-Kč/hod
- Cena materiálu EPDM 50ShA je 50,-Kč/kg
- Tarif pro spotřebu elektrické energie 5,-Kč/kW
- Výtěžnost 70ks/kg
- Cena formy cca 150 000,-Kč
- Provozní režie 290,-Kč/hod

Tab. 1 Výrobní náklady na lisování

<b>LISOVÁNÍ</b>			
<i>Náklady na el.energii</i>			
<i>Stroj</i>	<i>Cena Kč/hod</i>	<i>Počet ks/hod</i>	<i>Cena Kč/ks</i>
Kalandr	431,30 Kč	14 000	0,03 Kč
Barwell	4,20 Kč	6 000	0,001 Kč
Daniels	20,00 Kč	72	0,28 Kč
Celkem náklady na el.energii			0,31 Kč
<i>Mzdové náklady</i>			
<i>Stroj</i>	<i>Kč/hod</i>	<i>Počet ks/hod</i>	<i>Cena Kč/ks</i>
Kalandr	170,00 Kč	14 000	0,01 Kč
Barwell	150,00 Kč	6 000	0,03 Kč
Daniels	135,00 Kč	72	1,88 Kč
Celkem mzdové náklady			1,91 Kč
<i>Materiálové náklady</i>			
<i>Materiál</i>	<i>Kč/kg</i>	<i>Výtěžnost ks/kg</i>	<i>Cena Kč/ks</i>
EPDM 50ShA	50,00 Kč	70	0,71 Kč
Celkem materiálové			0,71 Kč
	<i>Kč/hod</i>		<i>Cena Kč/ks</i>
<i>Provozní režie</i>		290 Kč	4,10 Kč
<b>Celkem výrobní náklady</b>			<b>7,03 Kč</b>
Celkem výrobní náklady pro 10 000ks			70 325 Kč
Cena formy			150 000 Kč
<b>CELKOVÉ NÁKLADY NA LISOVÁNÍ</b>			<b>220 325 Kč</b>

## 8.2 Technologie vstřikování

Pro výpočet výrobních nákladů u vstřikování byla použita následující data:

- Příkon vstřikovacího stroje Rutil 250 14kW
- Počet otisků formy 9
- Počet kusů vyrobených na vstřikovacím stroji 90 ks/hod (10 cyklů/hod)

- Mzdové náklady pro vstřikovací stroj 170,-Kč/hod
- Cena materiálu EPDM 50ShA je 50,-Kč/kg
- Tarif pro spotřebu elektrické energie 5,-Kč/kW
- Výtěžnost 62,5ks/kg
- Cena formy cca 280 000,-Kč
- Provozní režie 290,-Kč/hod

Tab. 2 Výrobní náklady na vstřikování

<b>VSTŘIKOVÁNÍ</b>			
<b><i>Náklady na el. energii</i></b>			
<i>Stroj</i>	<i>Cena Kč/hod</i>	<i>Počet ks/hod</i>	<i>Cena Kč/ks</i>
Vstřikovací stroj Rutil	70,00 Kč	90	0,78 Kč
Celkem výrobní náklady			0,78 Kč
<b><i>Mzdové náklady</i></b>			
<i>Stroj</i>	<i>Kč/hod</i>	<i>Počet ks/hod</i>	<i>Cena Kč/ks</i>
Vstřikovací stroj Rutil	170,00 Kč	90	1,89 Kč
Celkem mzdové náklady			1,89 Kč
<b><i>Materiálové náklady</i></b>			
<i>Materiál</i>	<i>Kč/kg</i>	<i>Výtěžnost ks/kg</i>	<i>Cena Kč/ks</i>
EPDM 50ShA	50,00 Kč	62,5	0,80 Kč
Celkem materiálové náklady			0,80 Kč
	<i>Kč/hod</i>		<i>Cena Kč/ks</i>
<b><i>Provozní režie</i></b>	290 Kč		3,22 Kč
<b>Celkem výrobní náklady</b>			<b>6,69 Kč</b>
Celkem výrobní náklady pro 10 000ks			66 889 Kč
Cena formy			280 000 Kč
<b><i>CELKOVÉ NÁKLADY NA VSTŘIKOVÁNÍ</i></b>			<b>346 889 Kč</b>

Pro porovnání nákladů na výrobu 10 000 ks pryžového dílu je zřejmé, že nejvhodnější výrobní technologie je lisování. Pokud by byla vybrána technologie vstřikování, požadovaný počet kusů by musel být vyšší, aby se navrátily vyšší investice do nástroje a výrobní proces byl více produktivní.

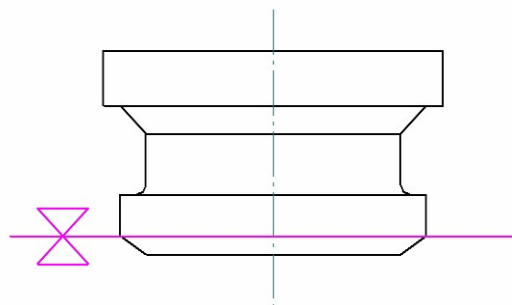
## 9 KONSTRUKCE FORMY

Návrh konstrukce formy byl vypracován v programu Solid Edge ST3.

### *Volba dělicí roviny:*

Vhodná volba dělicí roviny je důležitá nejen pro snadné odformování dílů, ale i při otevírání formy. Dělicí rovina je umístěna tak, aby stopy po dělicí rovině byly nepatrné nebo nebyly umístěny na funkčních částech dílu.

Na obr.27 je zobrazeno, jak bude zvolena dělicí rovina pro zadaný pryžový díl.



Obr. 27 Dělicí rovina

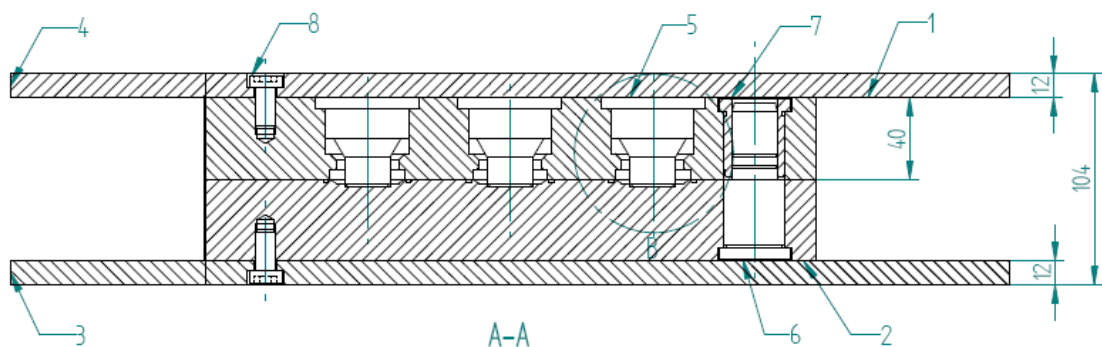
### *Smrštění:*

Při konstrukci dutiny formy musí být počítáno se smrštěním materiálu. Smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem dílu. Smrštění pro zvolený materiál je 2,25%.

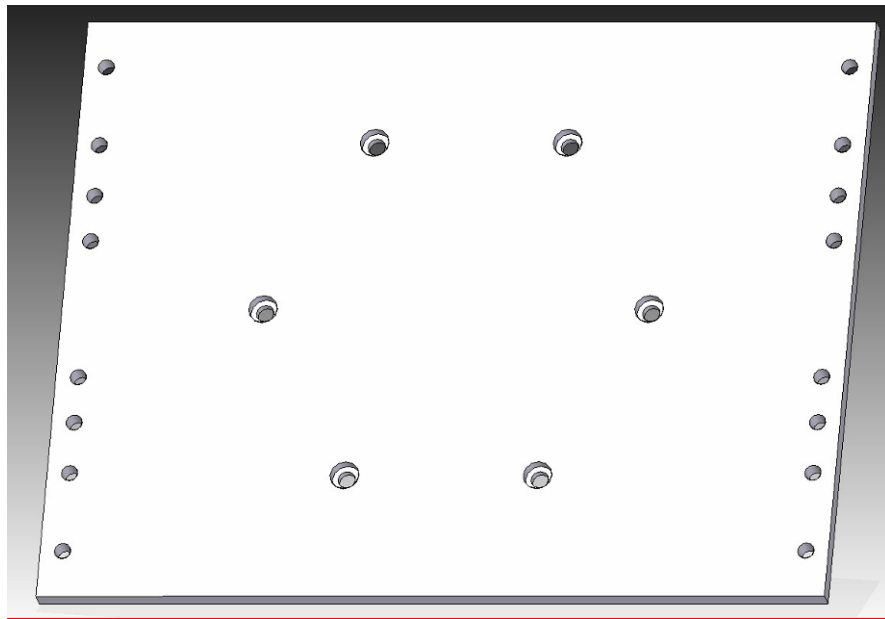
### *Forma:*

Násobnost formy byla navržena 9 otisků.

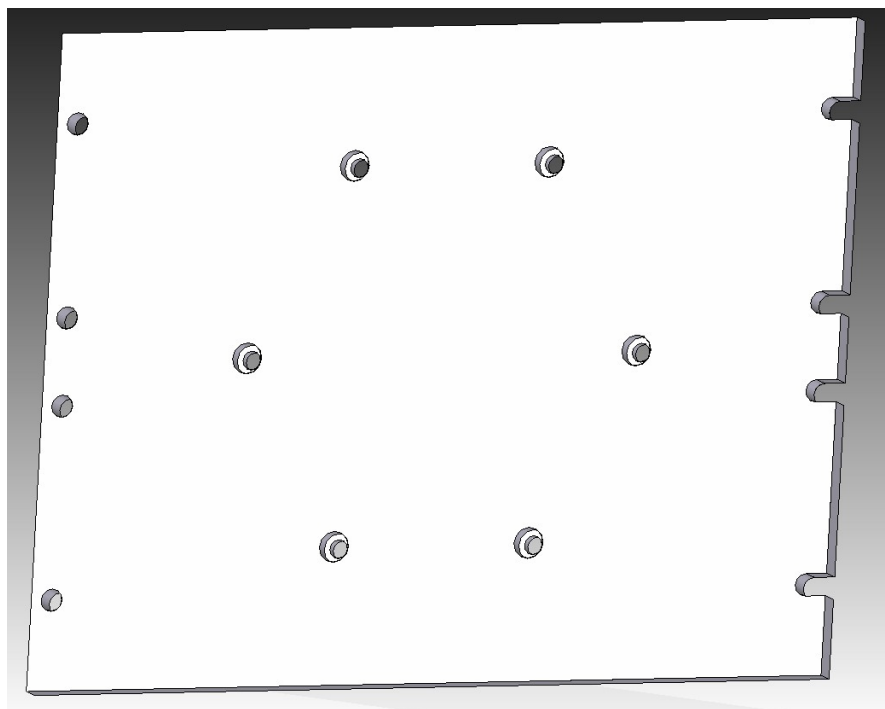
Forma pro lisovací stroj se skládá z následujících částí: horní nosná deska, spodní nosná deska, horní deska, spodní deska, jádra, pouzdra, čepy, upínací šrouby.



Obr. 28 Sestava formy

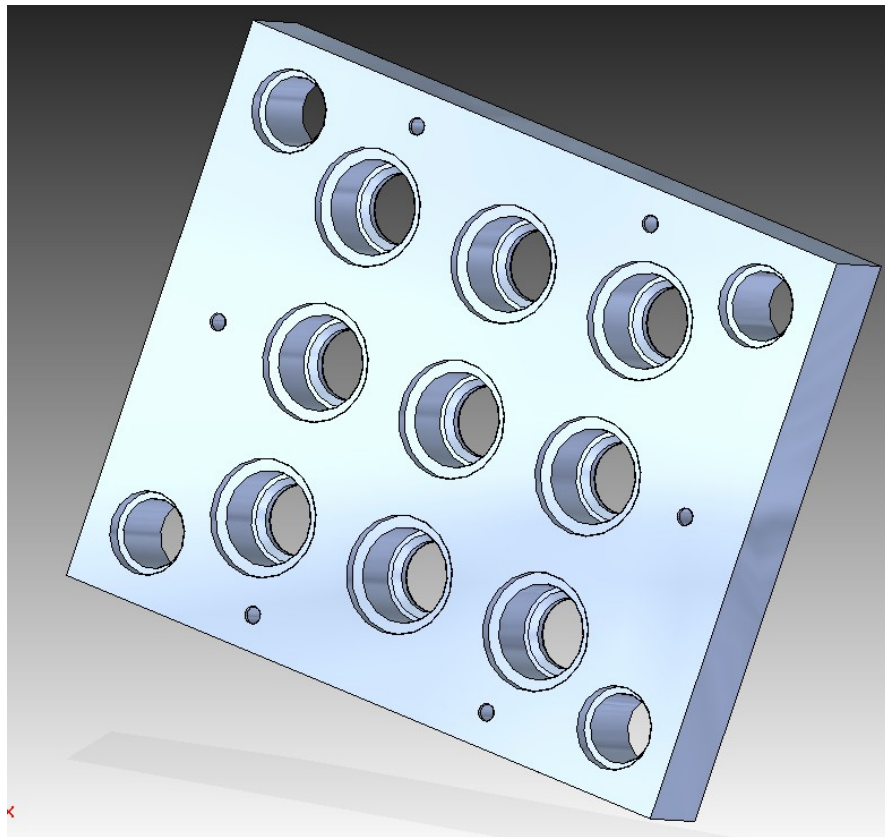


Obr. 29 Horní nosná deska



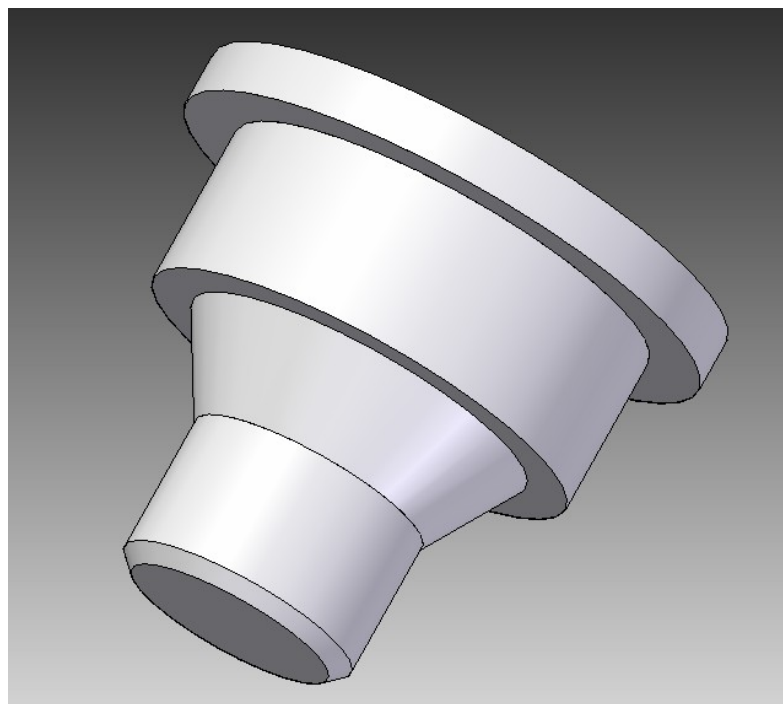
Obr. 30 Spodní nosná deska

Horní a spodní nosná deska slouží k upnutí formy do lisu.



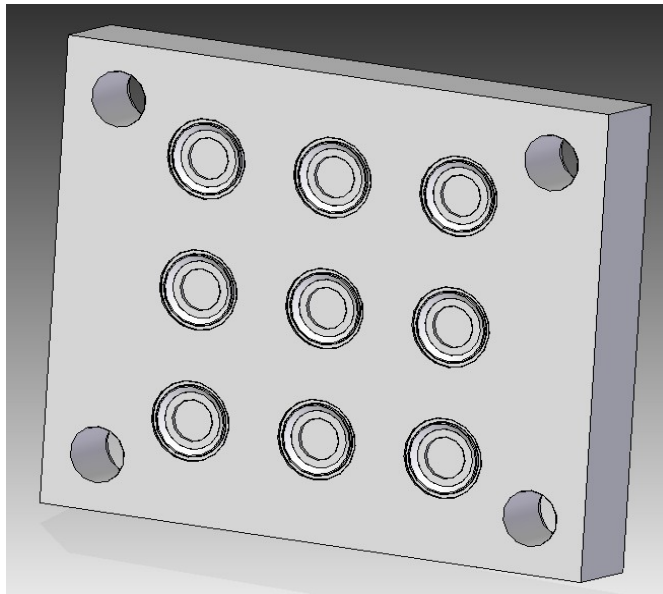
Obr. 31 Horní deska

Horní deska slouží k upnutí a ukotvení jader. Při návrhu formy byla hnízda rozložena tak, aby byla plocha upínacích desek maximálně využita.



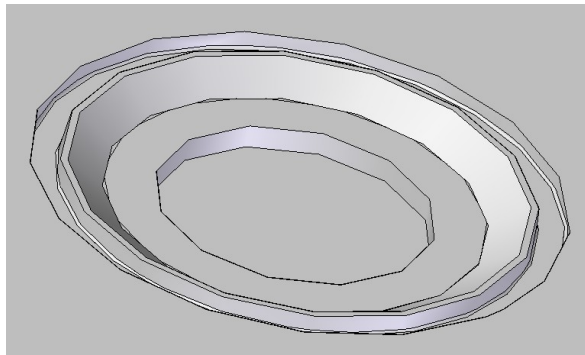
Obr. 32 Jádro



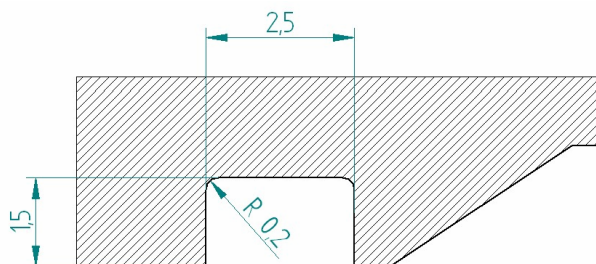


Obr. 33 Spodní deska

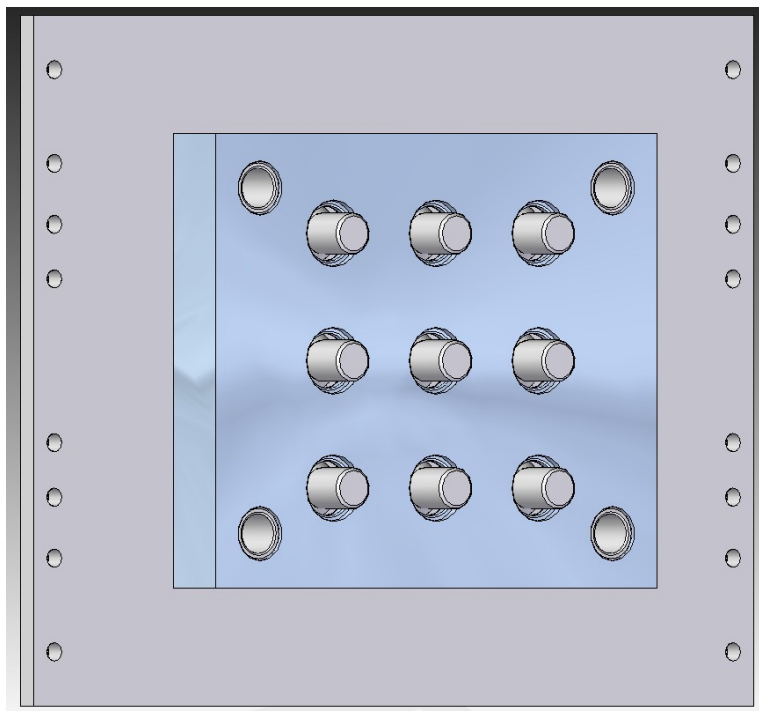
Spodní deska nám dává tvar výrobku. Pro lepší odstraňování přetoků byla dosedací rovina odlehčena přetokovými kanálky, které slouží i jako odvzdušňovací drážky obr.27. Při každém cyklu musí být dutina formy vyčištěna a nanесena separačním přípravkem pro snadnější vyjímání dílů z formy.



Obr. 34 Odlehčení dosedací roviny přetokovými kanály

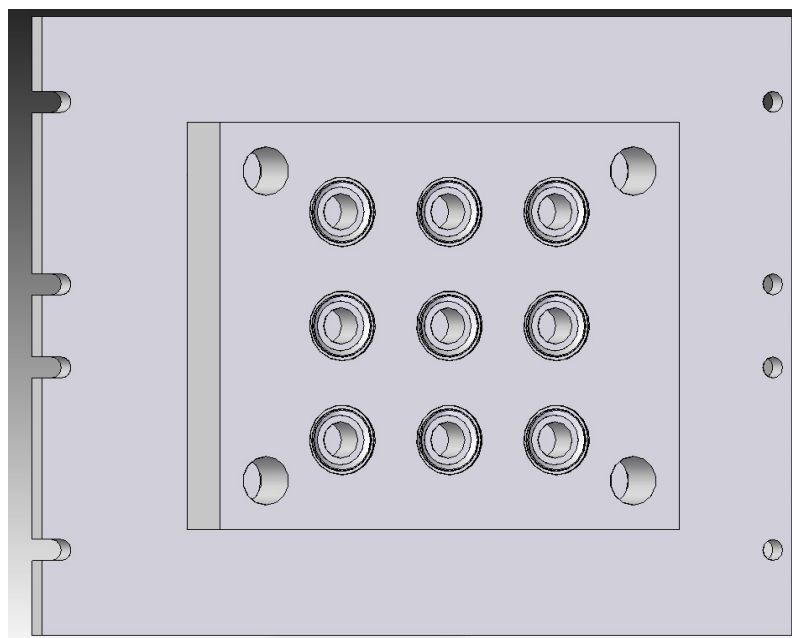


Obr. 35 Detail přetokového kanálu



Obr. 36 Pohled na horní polovinu formy

Při otevření formy díly zůstanou na jádru a následně je operátor z nich stáhne nebo vyfoukne vzduchem.



Obr. 37 Pohled na spodní polovinu formy

Do spodní poloviny formy budou vloženy nálože.

## ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla navržena výroba pryžového dílu technologií lisováním, která byla vybrána na základě vstupních požadavků, které byly kladeny na díl a následným ekonomickým porovnáním možné výrobní technologie lisování a vstřikování.

Teoretická část práce popisuje základní vlastnosti kaučuků a jejich využití. Zabývá se přísadami, které se přidávají do kaučukových směsí a jaké mají tyto přísady vliv na vlastnosti směsí. Popisuje možná technologická zpracování kaučuků např. lisování, vstřikování, vytlačování, válcování apod., popisuje strojní zařízení a nástroje pro tyto technologie, možné vady, které se mohou vyskytnout.

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout nejvhodnější výrobní technologii pro zadanou pryžovou součást s ročním objemem 10000ks, z materiálu dle normy ČSN 620011.

V praktické části byly využity poznatky z teoretické části. Byly popsány potřebné operace u vstřikování a lisování, které by byly potřebné pro výrobu zadaného dílu. Pro ověření výběru technologie bylo provedeno ekonomické porovnání. Při ekonomickém porovnání bylo vycházeno z údajů v teoretické části a předpokládaných hodnot pro jednotlivé výrobní postupy u lisování a vstřikování. Pro určení vulkanizační doby bylo vycházeno z materiálového listu pro kaučukovou směs. Předpokládaná doba vulkanizace byla stanovena na 5 minut při 180°C. V ekonomickém porovnání byla uvedena spotřeba el. energie u jednotlivých strojů, mzdové náklady, materiálové náklady, provozní náklady a předpokládané ceny forem. Na základě tohoto ekonomického porovnání byla pro pryžový díl vybrána technologie lisování.

Po výběru technologie byla navržena a zkonstruována lisovací forma. Pro vypracování výkresové dokumentace a 3D modelů byl použit program Solid Edge ST3.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **DUCHÁČEK, V.** *Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. [online]. 2006 [cit.2012-02-01].ISBN-80-7080-617-6. Dostupné z : [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-80-7080-617-6](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6)
- [2] **DVOŘÁK, Z.**, *Zpracovatelské procesy gumárenské pro konstrukční směry*. Zlín :UNIVERZITA Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2011. Dostupné z: <http://www.ft.utb.cz/czech/uvi/czech/index.htm>
- [3] **FRANTA, Ivan.** *Skladba kaučukových směsí*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1955.
- [4] **MAŇAS, M., STANĚK, M., MAŇAS, D.** *Výrobní stroje a zařízení I, Stroje gumárenské a plastikářské I*. 1. vydání. Zlín : UTB ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-596-1.
- [5] **MAŇAS, M., HELŠTÝN, J.** *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vydání. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2006. p. 199. ISBN 80-214-0213-X.
- [6] **ŠŮLA, M.**, *Pojení pryže s kovem*. Zlín : Česká společnost průmyslové chemie místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2007. ISBN 978-80-02-01934-3.
- [7] **TOMIS, F., RULÍK, F.** *Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vydání. Praha : Vysoké učení technické v Brně, 1981. p. 216. ISBN 05-105-81.
- [8] **DVOŘÁK, Z.**, *Základy výrobních procesů-Konstrukce gumárenských výrobků a forem pro jejich výrobu*. Zlín : UNIVERZITA Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2007. Dostupné z: [http://web.ft.utb.cz/cs/docs/T1PR\\_konstrukce\\_gumarenskych\\_vyrobku\\_a\\_forem.pdf](http://web.ft.utb.cz/cs/docs/T1PR_konstrukce_gumarenskych_vyrobku_a_forem.pdf)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\mu$	Koeficient příčné kontrakce
ABR	Akrylonitril-butadienový kaučuk
ASTM	Americká norma
AU	Polyuretanový kaučuk
BR	Butadienový kaučuk
BS	Britská norma
C	Uhlík
CEN	Evropský výbor pro normalizaci (Comité Europé de Normalisation)
Cl	Chlór
CR	Chloroprenový kaučuk
ČSN	Norma zavedená Českým normalizačním institutem
D	Průměr
DIN	Norma vydaná Německým ústavem pro průmyslovou normalizaci
E	Modul pružnosti [MPa]
EN	Evropká norma
EPDM	Ethylenpropylenový deimový kaučuk
EPR	Ethylenpropylenový kaučuk
FC	Fluorokaučuk
H	Vodík
IIR	Butylkaučuk
IR	Izoprenový kaučuk
ISO	Norma zavedená Mezinárodní organizací pro normalizaci se sídlem v Ženevě
K	Objemový modul pružnosti [MPa]
N	Dusík

---

NBR	Akrylonitril-butadienový kaučuk
NR	Přírodní kaučuk
O	Kyslík
OT	Polysulfidový kaučuk
PB	Butadienový kaučuk
PbO	Oxid olovnatý
s	Skus
SBR	Styren-butadienový kaučuk
Tg	Teplota skelného přechodu
VMQ	Silikonový kaučuk

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Princip válcování.....	26
Obr. 2 Dvouválec .....	27
Obr. 3 Schéma hnětičů .....	28
Obr. 4 Schéma hnětače Rotomil .....	29
Obr. 5 Schéma hnětiče Gordon.....	29
Obr. 6 Princip vytlačování.....	30
Obr. 7 Jednošnekový vytlačovací stroj.....	31
Obr. 8 Rozdělení vytlačovacích hlav .....	31
Obr. 9 Oplášťovací hlavy .....	32
Obr. 10 Vulkanizační tunel na technické výrobky.....	34
Obr. 11 Solná vulkanizační lázeň.....	35
Obr. 12 Princip vysokotlakého přímého lisování.....	36
Obr. 13 Princip přetlačování .....	37
Obr. 14 Principy vstřikování.....	38
Obr. 15 Schéma vstřikovacího stroje .....	43
Obr. 16 Vstřikovací cyklus .....	44
Obr. 17 Příklady běžných rámců forem .....	45
Obr. 18 Schéma lisování (A) a přetlačování (B).....	46
Obr. 19 Etážový hydraulický lis .....	47
Obr. 20 Schéma formy pro lisování desek.....	47
Obr. 21 Pryžový díl .....	50
Obr. 22 Pryžový díl a jeho rozměry .....	51
Obr. 23 Příprava směsi na dvouválci.....	53
Obr. 24 Lisovací stroj Daniels .....	53
Obr. 25 Kryogenické zařízení .....	55
Obr. 26 Vstřikovací stroj Rutil 250.....	56
Obr. 27 Dělicí rovina.....	62
Obr. 28 Sestava formy.....	62
Obr. 29 Horní nosná deska .....	63
Obr. 30 Spodní nosná deska .....	63
Obr. 31 Horní deska .....	64
Obr. 32 Jádro.....	64

---

Obr. 33 Spodní deska .....	65
Obr. 34 Odlehčení dosedací roviny přetokovými kanály .....	65
Obr. 35 Detail přetokového kanálu .....	65
Obr. 36 Pohled na horní polovinu formy.....	66
Obr. 37 Pohled na spodní polovinu formy .....	66



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Výrobní náklady na lisování .....	59
Tab. 2 Výrobní náklady na vstřikování .....	60

## SEZNAM PŘÍLOH

**PI** – Materiálový list EPDM

**PII** – Výkresová dokumentace lisovací formy obsahující výrobní výkresy:

- Výrobní výkres sestavy
- Výrobní výkres horní nosné desky
- Výrobní výkres spodní nosné desky
- Výrobní výkres horní desky
- Výrobní výkres spodní desky
- Výrobní výkres jádra
- Výrobní výkres čepu
- Výrobní výkres pouzdra

**PIII** – CD disk obsahující:

- 3D výkres sestavy a dílu
- Výrobní výkresy sestavy formy a jednotlivých částí
- Textová část bakalářské práce

