

Možnosti vstřikování kaučukových směsí

Veronika Pavelková

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství polymerů
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika PAVELKOVÁ**
Osobní číslo: **T09600**
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Možnosti vstřikování kaučukových směsí**

Zásady pro vypracování:

Vypracujte rešerši na dané téma založenou na zdrojích v knihách a impaktovaných časopisech v českém i cizím jazyce. Popište současnou situaci v dané problematice.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Ducháček V. Polymery, výroba, vlastnosti, zpracování a použití, VŠCHT Praha, 80-7080-617-6

Ducháček V., Gumárenské suroviny a jejich zpracování, VŠCHT, 978-80-7080-713-2 internet, knihy, skripta, impaktované časopisy, dle doporučení vedoucího práce

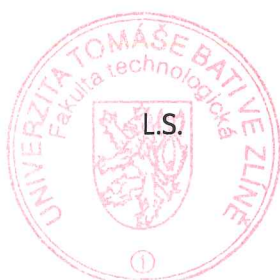
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Dagmar Měřínská, Ph.D.**
Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce: **11. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Pavelková Veronika

Obor: CHTM4

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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít 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 21.5.2013



¹⁾ 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 nevydělečně 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.*

²⁾ *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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

³⁾ *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 užit 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 jím 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Účelem této práce je seznámení s problematikou a možnostmi vstřikování kaučukových směsí. V první části jsou popsány základní pojmy, které se tohoto tématu týkají. Dále následuje popis kaučukových směsí a dalších gumárenských přísad. Největší pozornost je kladena na vstřikovací stroje a samotnou technologii vstřikování. Práce je doprovázena obrázky, které popisují jednotlivé technologie.

Klíčová slova: vulkanizace, kaučukové směsi, vstřikovací stroj, plastikace, vstřikovací forma, pryž

ABSTRACT

This work covers issues and possibilities of the rubber injection moulding. At first is description basic conception regarding of this subject. Then is description rubber compounds and rubber vulcanization additives. The thesis is mainly focusing on injection molding machine and injection molding technology. Particular technologies in this thesis are described by means of pictures.

Keywords: vulkanization, rubber compounds, injection molding machine, plastication, injection mold, rubber

Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mi pomohli získat potřebné informace k vypracování mé bakalářské práce. Především své vedoucí doc. Ing. Dagmar Měřínské, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při vypracování této práce.

Také bych chtěla poděkovat svému pracovnímu kolegovi Ing. Jiřímu Mičulkovi, za jeho trpělivost a cenné rady, a také firmě WOCO STV s.r.o Vsetín, která mi taktéž pomohla získat potřebné informace.

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

Motto:

„Představivost je počátkem tvoření. Představujete si, po čem toužíte, chcete mít to, co si představujete, a nakonec vytvoříte to, co chcete mít“

George Bernard Shaw

OBSAH

ÚVOD	10
1 VULKANIZACE	11
1.1 MOŽNOSTI VULKANIZACE	12
1.1.2 Vulkanizace sírou	12
1.1.3 Ostatní způsoby vulkanizace	13
1.2 VULKANIZAČNÍ PROCES	14
1.2.1 Vulkanizační křivka	14
1.2.2 Podmínky vulkanizace	15
1.3 PRYŽE	17
2 KAUČUKOVÉ SMĚSI	18
2.1 ZÁKLADNÍ SLOŽENÍ	18
2.1.1 Kaučuk	19
2.1.2 Vulkanizační systém	19
2.1.3 Stabilizační systém	21
2.1.4 Plnění a měkčení	22
2.2 TYPY KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ	23
2.2.1 Přírodní	24
2.2.2 Syntetické	24
2.3 PŘÍPRAVA A MÍSENÍ	28
2.3.1 Válcování	28
2.3.2 Míchání v hnětiči	28
2.3.3 Pasírování směsi	30
2.3.4 Příprava směsi k použití pro vstřikování	30
3 VSTŘIKOVÁNÍ	31
3.1 IM TECHNOLOGIE (INJECTION MOULDING)	31
3.1.1 IM - Průběh vulkanizačního cyklu	32
3.1.2 IM – Formy	33
3.2 CIM TECHNOLOGIE (COMPRESION INJECTION MOULDING)	33
3.2.1 CM - Compresion moulding	33
3.2.2 CIM - Průběh vulkanizačního cyklu	34
3.2.3 CIM – Formy	34
3.3 TIM TECHNOLOGIE (TRANSFER INJECTION MOULDING)	35
3.3.1 TM – Transfer Moulding	35
3.3.2 TIM - Průběh vulkanizačního cyklu	36
3.4 VSTŘIKOVÁNÍ NA VKLÁDANÉ DÍLY	36
3.4.1 Nástřik kaučukových směsí na plasty	37
3.4.2 Nástřik kaučukových směsí na kov	37
4 VSTŘIKOVACÍ STROJ	39
4.1 ZÁKLADNÍ POPIS VSTŘIKOVACÍHO STROJE	39
4.1.1 Nosná konstrukce a hydraulický systém	40
4.1.2 Vstřikovací jednotka	40
4.1.3 Formy	42
4.1.4 Uzavírací jednotka	44

4.2	TYPY STROJŮ PRO VSTŘIKOVÁNÍ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ.....	44
4.2.1	Stroje s jednou formou	45
4.2.2	Stroje s několika formami	45
4.2.3	Více vstřikovacích ústrojí	47
5	VÝROBKY.....	48
5.1	VADY	48
5.1.1	Vzhledové vady.....	48
5.1.2	Skryté vady.....	49
5.2	FINÁLNÍ ÚPRAVY	50
5.2.1	Opracování přetoků	50
5.3	POUŽITÍ	50
5.4	RECYKLACE	51
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	58

ÚVOD

V dnešní době produkce výrobků z polymerních materiálů rapidně narůstá. Technologií pro jejich výrobu máme několik. Záleží na typech požadovaných výrobků, požadavků na tvarovou přesnost, a možnostech provedení při jejich výrobě.

Jedním typem možné výroby těchto výrobků je vstřikování. Vstřikování je technologie, při které se roztavená směs vstříkne do formy, které dávají výrobkům finální tvar. Vstřikovat můžeme plasty i kaučuky.

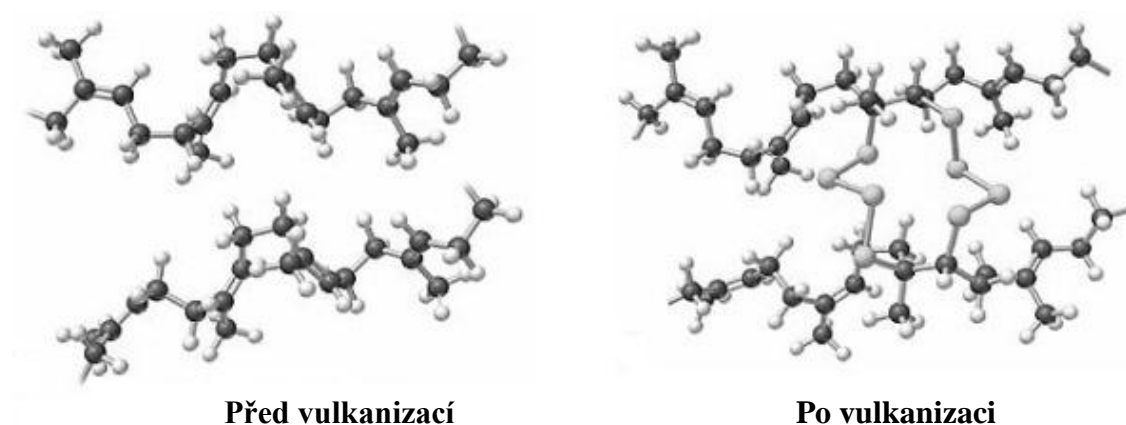
Kaučukové směsi se na rozdíl od plastů vstřikují do temperovaných forem, a to kvůli tomu, aby došlo k vulkanizaci. Vulkanizace je nejdůležitější proces, který je u výroby pryžových výrobků nepostradatelný. Velké množství druhů kaučukových směsí, nám umožňuje výrobu dílů s různými vlastnostmi, které se odvíjejí od typu použitého kaučuku.

Technologie vstřikování nám umožňuje, díky možnosti použít složitější formy, produkci výrobků různých tvarů a rozměrů.

1 VULKANIZACE

Vulkanizace je proces, při kterém dochází k přeměně kaučukové směsi na pryž. Výrobek, který projde vulkanizací, se dále nedá tavit, je nerozpustný, a své mechanické vlastnosti si dokáže udržet i při vysokých teplotách.^[1]

Z chemického hlediska zde dochází k tvorbě tak zvané trojrozměrné sítě (Obr. 1.). Makromolekuly kaučuků při vulkanizaci začnou tvořit příčné vazby, které působením vulkanizačního činidla vytvoří propletením makromolekul prostorové sítě.



Obr. 1. Struktura polymerních řetězců – před a po vulkanizaci

Aby k vulkanizaci mohlo dojít, musí se použít vulkanizační činidla. Ty vyvolávají zesíťování řetězců polymeru. Dochází ke zpevnění struktury, výrobek si po vulkanizaci udrží svůj tvar, který má převážně nevratný charakter a dobré mechanické vlastnosti.

Při vulkanizaci hrají důležitou roli vlastnosti kaučuku. Teplota skelného přechodu, viskozita, schopnost kaučuku vulkanizovat na pryž.

Kaučuková směs vulkanizuje většinou za působení tlaku. Ten není důležitý k tomu, aby proběhlo samotné zesíťování, ale kvůli tomu, aby se zabránilo vzniku možných pórů, které můžou vzniknout při vývoji plynných látek a při odpařování vody.

Při vulkanizaci dochází ke změně několika vlastností kaučuku. Vulkanizací mizí jeho rozpustnost. Zvulkanizovaný kaučuk v rozpouštědlech pouze botná. Dále se zvyšujícím se stupněm vulkanizace se zlepšuje i odolnost proti trvalé deformaci.

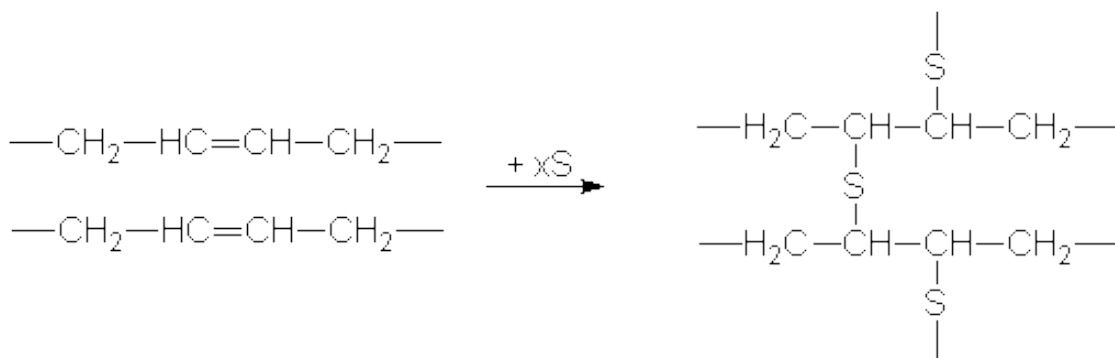
Účinnost vulkanizace nezáleží jen na použitém vulkanizačním činidle, ale i na čistotě a druhu polymerů, a dalších složek kaučukové směsi.

1.1 Možnosti vulkanizace

1.1.2 Vulkanizace sírou

Je možná jen pro kaučuky, které obsahují dvojnou vazbu (-CH=CH-). Jsou to, tzv. nenasycené kaučuky dienového typu.

Síra reaguje s řetězcí nenasycených kaučuků, a tím vytvoří různě dlouhé příčné vazby. Těmto příčným vazbám se říká sírné můstky.



Obr. 2. Struktura vulkanizovaného kaučuku pomocí síry

Síra

V chemickém průmyslu se pro vulkanizaci kaučuku používá především elementární síra. Množství síry přidané do směsi pak určuje tvrdost získaného produktu. Síra nejčastěji tvoří kovalentní vazby; v organických látkách je významná vazba koordinačně-kovalentní.^[20]

1.1.3 Ostatní způsoby vulkanizace

Dalšími způsoby, které se používají zejména u kaučuků, které neobsahují dvojnou vazbu, jsou vulkanizace pomocí peroxidů, reaktivních pryskyřic, radiačně, apod.

Peroxidy

Nenasycené kaučuky nejdou vulkanizovat sírou, proto se síra v těchto případech nahrazuje peroxidy. Peroxidy v tomto případě nahrazují celý vulkanizační systém. Používají se zejména organické peroxidy, které se při teplotě vulkanizace snadno rozpadají. Jednou z výhod vulkanizace peroxidy je vysoká rychlost vulkanizace při vysokých teplotách.

Peroxidy obsahují peroxidickou vazbu O-O, která se za zvýšených teplot štěpí na volné radikály, a ty pak iniciují síťovací reakce. Nejpoužívanějšími peroxidy jsou dialkylperoxydy, t-butyl peroxiketaly, diacyl a peroxiesterové peroxidy.^[9]

Reaktivní pryskyřice

Používáme je při vulkanizaci kaučuků s nízkým obsahem dvojných vazeb. Při vulkanizaci pomocí reaktivních pryskyřic získáváme vulkanizáty odolné vyšším teplotám a také vodní páře.

K vulkanizaci používáme fenolické pryskyřice. Fenolformaldehydové pro teplovzdorné vulkanizáty z butylkaučuku, bromfenolové ty jsou tzv. samoaktivující, a epoxidové, které se používají pro kapalné kaučuky.^[22]

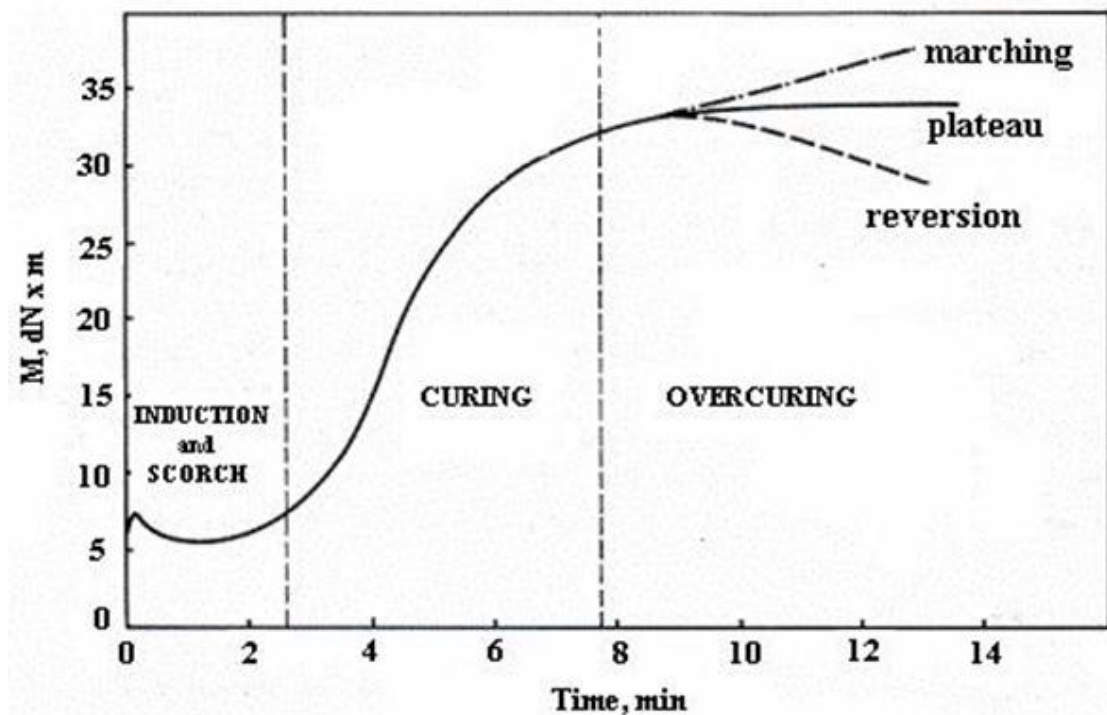
1.2 Vulkanizační proces

Po nástřihu kaučukové směsi do formy začíná vulkanizace neboli vulkanizační proces. Při tomto procesu se mění několik vlastností, jako je např. viskozita a síťování v závislosti na čase a teplotě.

1.2.1 Vulkanizační křivka

Průběh vulkanizace můžeme sledovat pomocí vulkanizační křivky. Průběh vulkanizační křivky určujeme na reometru. To je přístroj, který je založen na principu změn smykového modulu ve směsi v průběhu vulkanizace.

Při vulkanizaci sledujeme změnu torze neboli krouticího momentu, nebo také pevnosti, v závislosti na čase. To je znázorněno na průběhu vulkanizační křivky. Je rozdělena na tři části (Obr. 3).



Obr. 3. Vulkanizační křivka

1. část – je výrobní část, při které dochází k plastikaci a nástřiku kaučukové směsi do formy. Nazývá se indukční perioda vulkanizace. V této části je směs bezpečná proti navulkanizování. Nástřik musí být proto proveden do této doby.

2. část – je samotná vulkanizace. Probíhá zde vlastní síťová reakce. Nástříknutá pryž zůstává ve formě a vulkanizuje. S krouticím momentem stoupá i viskozita. Dochází k vytvrzení, kaučuková směs se mění na pryž. V této části získává výrobek svůj finální tvar.

3. část – tahle část je výrobní část po vulkanizaci. Sledují se zde změny ve vytvořené struktuře. Probíhá zde např. dovulkanizace (zahřívání vulkanizátu na vzduchu). V závislosti na použité směsi, může dojít ke třem možným změnám vlastností pryže. Vždy závisí na typu kaučuku.

Pokud po vulkanizaci nedochází k žádným změnám, vlastnosti pryže se prakticky časem nemění, říkáme tomuto jevu plató. Velikost a charakter plata lze ovlivnit chemickými činidly.

V případě reverze dochází ke ztrátě požadovaných vlastností. Snižují se moduly, tvrdost, pevnost v tahu, dochází ke štěpení příčných vazeb vytvořených během vulkanizace. Tenhle jev je znatelný například u přírodního kaučuku.

U jiných materiálů může dojít ke zvýšení jejich pevnosti.

1.2.2 Podmínky vulkanizace

Kromě vulkanizačního činidla, které umožňuje síťovací reakci, hrají při vulkanizaci důležitou roli i fyzikální podmínky.

Teplota

Vulkanizace probíhá za zvýšených teplot, proto hraje při vulkanizaci teplota velkou roli. Teplota je přenášena na vstříknutý materiál pomocí formy. Formy jsou nahřívány na teplotu cca 140 – 220°C. Při této teplotě dochází k vulkanizaci.

Pokud není teplota pro danou směs optimální, je příliš vysoká, nebo naopak nízká, dochází ke vzniku nejrůznějších vad.

Čas

Průběh vulkanizace se mění s časem. Působením času dochází k vytvrzování materiálu. Doba vulkanizace závisí na typu použité kaučukové směsi. Některé směsi jsou schopny vulkanizovat za několik desítek vteřin, jiné potřebují k vulkanizaci až několik hodin. Záleží na tvaru a velikosti výrobku.

Tlak

Vulkanizace probíhá za vysokých tlaků. Ten svým působením společně s teplotou dokáže vyplnit formu. Tlak musí působit po celou dobu vulkanizace, aby se výrobek dostatečně vytvrdil. Jeho působení končí, až když je pryž dostatečně zvulkanizovaná. Při jeho zvýšení se zvýší i rychlost vulkanizace, a zároveň se sníží vulkanizační čas. Tlak má také vliv na kvalitu výrobku.

Rychlost

U vulkanizace kaučukových směsí je rychlost vulkanizace jedním z hlavních činitelů ovlivňujících produktivitu výroby pryže. Je to z toho důvodu, že náklady spojené z vulkanizací jsou poměrně vysoké, a proto je snaha, aby byla rychlost vulkanizace co největší, a tím se zkrátí i vulkanizační čas. Uplatňují se zde především řetězové reakce, jejichž průběh můžeme rozdělit na tři fáze: indukční perioda vulkanizace, vlastní síťovací reakce, změny ve struktuře. Rychlost je ovlivněna pouze druhou fází. Celková vulkanizační doba je dána součtem první a druhé fáze. ^[4]

1.3 Pryže

Pryž je polymerní materiál, který vzniká z kaučukové směsi chemickou reakcí mezi molekulami elastomeru a vulkanizačního činidla. Základní surovinou je kaučuk, který převážně rozhoduje o vlastnostech a kvalitě pryžových výrobků. Další surovinou jsou plniva, které ve směsích zmenšují spotřebu ropných produktů a ovlivňují také vlastnosti pryže.

Největším spotřebitelem je automobilový, letecký, chemický, potravinářský průmysl a zemědělství.

Důsledkem vulkanizace se kaučuková směs změní na pryž. Pryž je vulkanizovaný kaučuk. Je to materiál s vysokou elasticitou a velkou odolností proti opakovaným deformacím. Po vulkanizaci si zachovává svůj tvar, který se dá dodatečně měnit pouze opracováním, nikoliv tvářením. ^[17]

Základní vlastnosti pryže (Tab. 1), v porovnání s kaučukovými směsi jsou stejné. Jejich bližší vlastnosti, jsou různé. Je to dáno tím, že každá pryž může mít jiné složení.

pryž	kaučuková směs
je nelepivá	je lepivá
zvýšením a snížením teploty nemění tvrdost	ohřátím měkne
pouze při velmi nízké teplotě ztvrdne, je lámavá, zesklivatí	ochlazením tvrdne již při 0°C
nerozpouští se, pouze botná	je rozpustný v rozpouštědlech

Tab. 1. Porovnání vlastností pryže a kaučuku

2 KAUKUKOVÉ SMĚSI

Kaučuková neboli gumárenská směs se skládá ze souboru jednotlivých surovin, které utváří celistvou hmotu. Podle druhu a poměru jednotlivých surovin, rozlišujeme rozdílné vlastnosti jak u finálních výrobků, tak i v průběhu vlastního zpracování.

Kaučukové směsi mohou být různého složení. Základní receptura se rozděluje na čtyři složky. Tyto složky o rozlišných složeních a poměrech jednotlivých složek dávají dohromady gumárenskou směs. Aby došlo ke smísení těchto složek, musí se použít vhodný postup mísení, nejčastěji na dvouválci.

2.1 Základní složení

Základní receptura směsí se obecně skládá ze čtyř částí, jako je základ - ten tvoří kaučuk, pak vulkanizační systém, stabilizační systém a nakonec složky zaručující plnění a měkčení.

Každá složka směsi plní jinou funkci.

Tyto složky jsou dávkovány v různých poměrech. Obvykle se jejich poměr označuje zkratkou *dsk* (Tab. 1) což je počet dílů (jednotlivých složek) na sto dílů kaučuku.^[4]

			dsk
1. část	základ	kaučuk	100
2. část	vulkanizační systém	zinková běloba (ZnO)	3 - 5
		stearin	0,5 - 1,0
		síra	1,5 - 3,0
		urychlovač	0,6 - 1,5
3. část	stabilizační systém	antidegradant	1,0 - 2,0
		parafin	0,5 - 1,0
4. část	plnění a měkčení	saze	20 - 120
		změkčovadlo	5 - 30
		<i>alternativně:</i>	
		kaolin	20 - 80
		vápenec	50 - 40
		změkčovadlo	5 - 20

Tab. 2. Příklad receptury pro kaučuky vulkanizující sírou^[4]

U jednotlivých směsí hraje nejdůležitější roli základ. Při tvorbě kaučukové směsi musíme zvolit správný druh kaučuku. Ten volíme podle požadovaných a očekávaných vlastností, které klademe na budoucí vzniklé výrobky.

Cíle při vývoji směsi jsou: dobrá zpracovatelnost na strojích, dosažení nízkých materiálových nákladů, zajištění požadovaných vlastností výrobků. Vývoj směsí probíhá v několika krocích. Nejprve v laboratoři, kde se připraví směs s požadovanými vlastnostmi. Následuje provozní zkouška, kde se směs v případě potřeby upraví. Vyrobí se zkušební série výrobků. Vývoj je ukončen, až když je možno výrobek sériově vyrábět v požadované kvalitě.^[10]

2.1.1 Kaučuk

Kaučuky jsou makromolekulární látky různého chemického složení, které síťováním dávají materiály s vysokou elasticitou při pokojové teplotě. Jsou to elastomery, které mají větší amorfní strukturu. Pro dosažení lepších vlastností se kaučuky vulkanizují.^[15]

Je to základ všech gumárenských směsí. Kaučuk může být jak přírodní, tak syntetický. Další rozdělení je z hlediska použití a vlastností. Rozlišujeme zde kaučuky pro všeobecné použití, a speciální; a ty dále na olejovzdorné a teplovzdorné.

2.1.2 Vulkanizační systém

Vulkanizací se stává z kaučukových směsí použitelný materiál nazývaný pryž. Tohoto jevu dosahujeme pomocí vulkanizačního systému, který se skládá z vulkanizačního činidla, které působí jako síťovadlo, dále z aktivátorů a urychlovačů. Tyto složky nám umožňují jak samotné zahájení vulkanizace, tak i možnost úpravy jejího průběhu.

Vulkanizační činidla

Jsou látky, umožňující vznik příčných vazeb mezi makromolekulami kaučuku, tím vzniká třírozměrná síť, tzn., že dojde k tak zvanému zesíťování. Vulkanizační činidlo je nutné domíchat do směsi jako poslední, aby během zpracování směsi nedošlo k navulkanizaci.^[4]

Mezi nejpoužívanější vulkanizační činidla patří především síra, peroxidy, a dále pak oxidy kovů a organické pryskyřice.

Síra – používá se jako vulkanizační činidlo nejčastěji. Dá se použít pouze pro kaučuky, které obsahují dvojnou vazbu. Nejvíce se používá mletá krystalická síra.

Peroxidy – k vulkanizaci nasyčených kaučuků. Rozpad peroxidických vazeb na volné radikály, které jsou schopny odtrhnout vodíkové atomy z řetězce polymeru. Vznik příčných uhlíkových vazeb. Výrobky jsou odolnější vůči stárnutí.

Reaktivní pryskyřice – fenolické pryskyřice. Reakce musí být katalyzována kvůli malé rychlosti. Pryže odolávají vysokým teplotám.

Aktivátory vulkanizace

Jsou to organické nebo anorganické přísady, které aktivují síťovací reakci a zvyšují koncentraci příčných vazeb mezi molekulami kaučuku ve vulkanizátu.

U vulkanizace sírou se používají ZnO, MgO a kombinace ZnO a stearin. Stearin zinečnatý spolu s urychlovači značně zvyšují rychlost a účinnost sírné vulkanizace.^[9]

Při síťování peroxidy jsou aktivními částicemi volné radikály, vzniklé jejich rozpadem. V polymerech, kde mají tyto radikály malou síťovací účinnost, se osvědčily přísady více-funkčních monomerů.^[4]

Urychlovače

Urychlovače mají za úkol především zvětšit rychlost vulkanizace. Dle rychlosti vulkanizace je můžeme dělit na pomalé, rychlé, velmi rychlé a ultraurychlovače.

Urychlovače sírné vulkanizace

Vulkanizace sírou je bez použití urychlovačů velmi pomalá. Proto se používají ke zvýšení rychlosti a účinnosti síťování.

Závisí nejen na povaze urychlovače, ale také na poměru koncentrací urychlovače a síry (U/S). Urychlovače jsou především organické sloučeniny.

2.1.3 Stabilizační systém

Retardéry a inhibitory

Při zpracování kaučukových směsí je třeba zvýšit zpracovatelskou bezpečnost, neboť vznikají problémy s předčasným navulkanizováním. Tyto složky brzdí nebo úplně zastavují růstové reakce.

Retardéry - zvyšují zpracovatelskou bezpečnost tím, že zpomalují průběh vulkanizace. Jsou to např. kys. benzoová, salicylová a anhydridy organických kyselin.

Inhibitory - které zlepšují bezpečnost směsi, která již prošla tepelným zpracováním a její bezpečnost poklesla pod kritickou úroveň.^[4]

Antidegradanty

U pryže dochází časem, ke změnám vlastností sítě v důsledku oxidačních procesů urychlovaných teplem, světlem a mechanickým namáháním, což způsobuje štěpení řetězců, síťování, únavové i povrchové praskání. Tento nežádoucí jev označujeme jako stárnutí. Při tomto jevu se mění celá řada vlastností, jako je pevnost, tažnost, modul a tvrdost.

Při volbě antidegradantu je nutno vzít v úvahu jak používaný typ elastomeru, tak i předpokládaný typ sítě, aplikační podmínky vulkanizátu, jeho barvu a cenu různých surovin. Dělí se podle sklonu ke zbarvování, a podle odolnosti výsledných vulkanizátů vůči únavě a ozonu.^[9]

Antioxidanty – mají za úkol navázat vznikající volné radikály, nebo rozložit vznikající peroxidy a hydroperoxidy na neškodné látky, a zpomalit tak průběh stárnutí způsobené vlivem kyslíku.^[4]

Antiozonanty – působí na povrchu vulkanizátu, kde reagují s ozonem. Na povrchu výrobku vytvoří tzv. ochranný film, který zabrání přístupu ozonu ke kaučuku.

2.1.4 Plnění a měkčení

Při přidání těchto surovin, jako jsou plniva, změkčovadla a pigmenty ke směsi docílíme ztužení materiálů.

Plniva

Jsou to látky, které tvoří až 30 hmot. % ve složení gumárenských směsí. Plniva zvyšují především tvrdost, strukturní pevnost a odolnost proti opotřebení, zlepšují tahové a dynamické vlastnosti, a také zlevňují cenu výrobku.

Nejčastěji je dělíme na ztužující, poloztužující a neztužující.

Saze - jsou nepoužívanějšími a nejdůležitějšími plnivy pro gumárenskou směs. Vyrábí se částečným spalováním organických látek v plynné fázi. V závislosti na probíhajících podmínkách spalování a typech surovin, můžou vzniknout různé druhy sazí. Dají se použít jen na tmavé výrobky.

Jsou to nepoužívanější plniva kaučukových směsí. Díky přísadce sazí se její trvanlivost a pevnost výrazně zvyšuje. Zlepšení těchto vlastností je důsledkem fyzikálních a chemických vlastností sazí. Nejdůležitější vlastnosti jsou celkový tvar (struktura), velikost částic, porovitost.

Světlá plniva – pro bílé a světlé výrobky. Mají menší ztužující účinek. Používají se anorganické látky jako je oxid křemičitý, kaolin, křída, klouzek.

Změkčovadla

Změkčovadla se přidávají do směsi především k usnadnění, nebo dokonce k umožnění jejich zpracování a ovlivňují zcela zákonitě vlastnosti pryže. Jsou to málo těžké organické látky, v tuhém, nebo kapalném stavu, které polymerům poskytují ohebnost, tvárnost, vláčnost a snižují teplotu jejich skelného přechodu a viskozitu taveniny. Musí mít schopnost pronikat mezi makromolekulární řetězce oddělovat je od sebe, tzn., že musí být pro daný polymer rozpouštědlem. Působení změkčovadla zvyšujeme Brownův pohyb částic, a tím zároveň snižujeme teplotu skelného přechodu. Mohou být syntetická i přírodní. ^[2]

Pigmenty

Pigmenty pomáhají směsi získat požadovanou barvu. Na zbarvení směsí se v gumárenském průmyslu používají anorganické pigmenty jako např. titanová běloba (TiO_2), ale také i organické pigmenty. Pokud chceme docílit jasných nebo pastelových barev, musíme vždy použít světlý základ.

2.2 Typy kaučukových směsí

Kaučuk sám o sobě se používá na výrobky velmi málo. Proto se používá ve formě kaučukové směsi. Směsi rozdělujeme podle typu zvoleného druhu kaučuku. Každá směs má pak jiné vlastnosti, což umožňuje rozmanitost užití vyráběných produktů v gumárenském průmyslu. Některé výrobky odolávají vysokým teplotám, jiné olejům, další jsou zas odolnější proti stárnutí. Různé způsoby jejich výroby a složení vedou k jejich rozmanitým vlastnostem. Každá směs má své specifické vlastnosti. Používáme jak kaučuky přírodní, tak i syntetické. Syntetických kaučuků je velké množství.

2.2.1 Přírodní

NR - Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk získáváme ve formě latexu ze stromů *Havea Brasiliensis*. Latex je mléčně bílá vodná disperze kaučukových částic. Je čepován přímo ze stromů (vytéká do sběrných nádob). Latex mimo vody obsahuje cukry, alkoholy, bílkoviny a malé množství minerálních látek. Kaučukové částice jsou chráněny vrstvou bílkovin, pryskyřičných látek a elektrickým nábojem, které zabraňují splynutí částic. Proto se koaguluje (sráží).^[5]

Nejčastěji se sráží např. kyselinou mravenčí. Vzniklý koagulát se dále propírá, suší nebo udí, a tím získáme technický kaučuk. Nejběžnějším druhem je uzený kaučuk. Bílá krepa je dalším typem kaučuku vysoké kvality. Používá se především pro pryže transparentní, bílé a na ty, u kterých se požaduje vysoká čistota kaučuku.^[4]

Mezi přednosti přírodního kaučuku patří vysoká pevnost neplněných a světlých pryží, malé trvalé deformace, výborné dynamické vlastnosti, odolnost proti nízkým teplotám, pevnost při vyšších teplotách, dobrá strukturální pevnost a výborná konfekční lepivost. Zato není vhodný pro rychlé vulkanizace při vyšších teplotách.^[14]

2.2.2 Syntetické

Syntetické kaučuky jsou připraveny uměle. Je jich velké množství. Liší se od sebe jak složením, výrobou tak i chemickými a mechanickými vlastnostmi.

IR - Izoprenový kaučuk

Izoprenový kaučuk je syntetický ekvivalent přírodního kaučuku. Jedná se o uměle připravený cis-1,4polyisopren. Jeho vlastnosti jsou podobné jako u NR, až na to, že v důsledku větší čistoty, pomaleji vulkanizuje.^[6]

BR - butadienový kaučuk

Je obtížně zpracovatelný, proto se používá se v kombinaci NR/BR nebo SBR/BR. Převážnou většinu butadienových kaučuků tvoří stereoregulární polybutadieny vyráběné roztokovou polymerací v přítomnosti Zieglerových-Nattových katalyzátorů.^[5]

SBR - Butadien-styrenový kaučuk

Je to kopolymer butadienu a styrenu. Butadien a styren jsou monomery, které ochotně polymerují a kopolymerují nejrůznějšími mechanismy a způsoby. Základními poloproducty gumárenské výroby jsou studené emulzní butadien-styrenové kaučuky, které jsou plněny sazemí, oleji, nebo pryskyřicemi.^[5]

SBR kaučuk má obecně horší zpracovatelnost než kaučuk přírodní a z toho důvodu se do těchto směsí přidává více změkčovadel. Vulkanizační systém se nejčastěji skládá ze síry, která působí jako vulkanizační činidlo, dále pak z organického urychlovače, zinkové běloby a kyseliny stearové jako aktivátorů.^[14]

EPM a EPDM – etylen-propylenový kaučuk

Etylen-propylenový kaučuk se vyrábí roztokovou polymerací. Jsou to kopolymery se statisticky nahodilým rozložením strukturních jednotek v makromolekulárním řetězci, v němž se ale vyskytují kratší bloky etylenových a propylenových jednotek. Poměr mezi nimi se pohybuje od 1:1 do 3:1.^[5]

EPDM – etylen-propylenové kopolymery

Tyto kopolymery jsou zcela nasycené, a proto jsou také velmi odolné vůči degradaci až do teplot 150°C. Rychlost vulkanizace i zpracovatelnost je horší než u EPDM. U tohoto typu musíme jako vulkanizační činidlo použít peroxidy, protože neobsahuje dvojnou vazbu. Peroxidická vulkanizace je radikálová a výsledkem síťovací reakce je vazba dvou řetězců kaučuku ve velmi stabilní příčné vazbě C-C. Reakce neprobíhá v kyselém prostředí, proto nesmíme použít např. kyselá plniva.^[4]

EPDM – etylen-propylen-dienové terpolymery

Použití EPDM kaučuků se neustále zvyšuje. Mají vynikající odolnost proti stárnutí a povětrnostním vlivům a také zároveň i výbornou zpracovatelnost. Použití těchto kaučuků hraje velkou roli zejména ve stavebním, automobilovém i elektro průmyslu. Směsi z EPDM kaučuku jsou velice vhodné pro vstřikování.

EPDM obsahují dvojně vazby jen na postranních substituentech, tzn., že hlavní řetězec jejich makromolekul je také plně nasycený.

Terpolymer EPDM lze vulkanizovat sírou nebo donory síry, peroxidy, reaktivními pryskyřicemi ale i radiačně. Nejběžnější je vulkanizace sírou.

IIR – butylkaučuk

Butylkaučuk je charakteristický výbornou odolností proti chemickým činidlům, ozonu, oxidaci a zvýšené teplotě. Má také výbornou nepropustnost pro plyny a páry. Zároveň má i výborné elektroizolační vlastnosti. Jako vulkanizační činidla používáme síru, nebo reaktivní pryskyřice.^[14]

Modifikací butylkaučuku halogeny získáme Chlorovaný butylkaučuk (CIIR) a Bromovaný butylkaučuk (BIIR). Tyto modifikované kaučuky mají lepší vulkanizační charakteristiky.

NBR – butadien-akrylonitrilový kaučuk

Tyto kopolymery dělíme dle obsahu vázaného akrylonitrilu do tří skupin: s nízkým obsahem do 25%, se středním obsahem 30 – 35 % a s obsahem vysokým až do 50 %. Obsah akrylonitrilu totiž ovlivňuje především olejovzdornost. Čím je jeho obsah větší, tím je olejovzdornější. Současně se ale mění i jiné vlastnosti. Při stárnutí má tento typ kaučuku sklon k tvrdnutí.^[5]

XNBR – karboxylované butadien-akrylonitrilové kaučuky

Karboxylace se vnáší karboxylové skupiny –COOH do řetězců kaučukových makromolekul. Tím se rozšiřuje možnost chemických reakcí.^[5]

NBR/PVC - směsi butadien-akrylonitrilového kaučuku s polyvinylchloridem

Jedná se o modifikaci nitrilkaučuku polyvinylchloridem. Výrobky z této směsi jsou odolné olejům a ozonu, jelikož PVC ve směsi působí jako polymerní antiozonant.

HNBR - hydrogenované butadien-akrylonitrilové kaučuky

Hydrogenace NBR kaučuku směřuje ke zvýšení nasycenosti a tím ke zvýšené odolnosti pryže proti stárnutí.

CR – chloroprenový kaučuk

Chloroprenový kaučuk má výbornou odolnost proti ozonu a povětrnostnímu stárnutí, odolný vůči organickým rozpouštědlům a olejům, střední odolnost proti botnání, je nehořlavý a má dobré mechanické vlastnosti, je vysoká pevnost vulkanizátu, a zpracovává se poměrně dobře.^[14]

MQ – silikonový kaučuk MQ, VMQ, PVMQ, FVMQ

Hlavní specifickou vlastností silikonových pryží je malá závislost jejich fyzikálních vlastností na teplotě ve velmi širokém teplotním rozmezí.

Nejběžněji používaným typem silikonových kaučuků je vinylmethylpolysiloxan (VMQ). Umožňují výrobu pro explorační teploty až do 200°C. Pro explorační teploty do -90°C se používají fenylylmethylpolysiloxany (PVMQ). Dalším druhem silikonových kaučuků jsou trifluoropropylvinylmethylpolysiloxany (FVMQ) které dokážou odolávat řadě rozpouštědel a raketovým palivům.^[5]

Fluorohlíkaté kaučuky – FPM, FKM, FFKM, CFM

Pryže z těchto kaučuků se vyznačují nejvyšší odolností k vysoké teplotě. Jsou také nejlépe odolné vůči olejům i značně agresivním chemikáliím, jak aromatického charakteru, tak i silným kyselinám a mírně alkalickým roztokům. Mají také vynikající odolnost vůči páře, účinku oxidačních látek, jako je kyslík a ozon, ale i koncentrovaná kyselina dusičná. Tyto kaučuky ovšem patří k nejdražším speciálním druhům kaučuků.^[5]

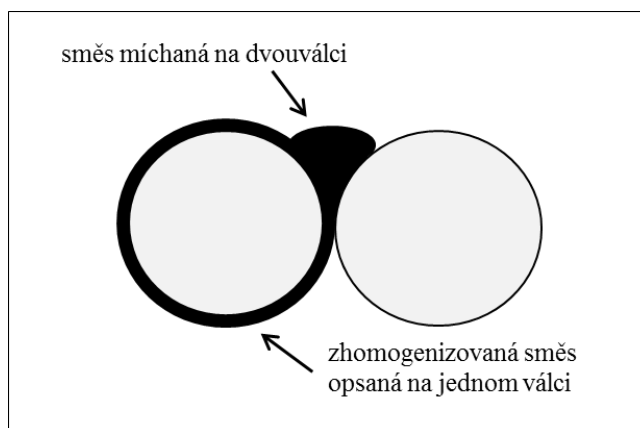
2.3 Příprava a mísení

Abychom mohli směs použít, musíme dát dohromady jednotlivé suroviny. Toho docílíme, použitím vhodného postupu míchání. V procesu míchání jsou ke kaučuku přidány různé přísady, a tím dostáváme nevulkanizovanou kaučukovou směs. Kvalita směsi nám může ovlivnit do značné míry také vlastnosti a zpracování. Základními postupy míchání jsou:

2.3.1 Válcování

Dochází k mísení surovin na dvouválci (Obr. 4). Dvouválců se sestávají ze dvou horizontálních vzájemně rovnoběžných válců, které se točí proti sobě. Vzdálenost mezi válci tzv. štěrbinou, a někdy i rychlost válců je nastavitelná. Průchodem směsi štěrbinou, dochází k mísení materiálů za vysokých smykových rychlostí. K temperaci válců se používá voda, nebo také pára. ^[7]

Tímto způsobem přípravy, dosáhneme pouze malých dávek směsi. Používá se také na směsi světlé a můžeme je použít i na předehtání neboli plastikaci směsi.



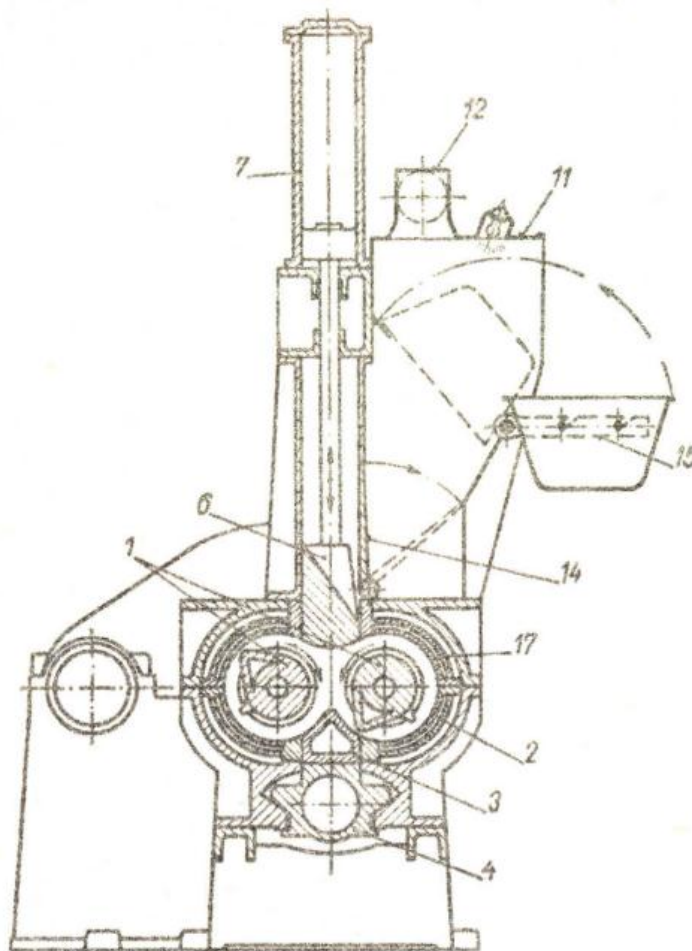
Obr. 4. Zjednodušené schéma dvouvalce

2.3.2 Míchání v hnětiči

Používá se na plastikaci kaučuku a hlavně k míchání směsí. Hnětič (Obr. 5) je míchací stroj, u kterého se v pancéřové komoře otáčejí proti sobě dva profilované rotory.

K vlastnímu mísení dochází především mezi hnětadly a stěnou komory hnětiče. Hmota se hnětadly roztírá po stěně komory. Předností těchto strojů je rychlost, výkonnost, čistota a bezpečnost práce. Nevýhodou je rychlé zahřívání směsi. Proto musí být hnětič chlazen vodou.^[3]

Míchání v hnětiči zajišťuje maximální bezpečnost práce a to kvůli tomu, že míchání směsí, oproti dvouválcí, probíhá v uzavřeném prostoru. Po mísení v hnětiči pak ještě obvykle následuje homogenizace směsi na dvouválcích.



Obr. 35. Hnětací stroj typu Banbury (Werner a Pfeleiderer)

1 – hnětadla, 2 – hnětací komora, 3 – spodní uzávěr, 4 – pneumatický válec, 6 – horní uzávěr, 7 – pneumatický válec, 11 – násypka, 12 – odsávací potrubí, 14 – klapka, 15 – výklopné ústrojí, 17 – prostor pro temperovací médium

Obr. 5. Hnětací stroj^[3]

2.3.3 Pasírování směsi

Je to finální potup, kdy se přes jednotlivá síta propasíruje nahřátá směs, a tím se docílí lepší homogenizace a čistoty směsi. Jednotlivá síta jsou vmontována do hlavy vytlačovacího stroje.

2.3.4 Příprava směsi k použití pro vstřikování

Gumárenskou směs je nutno, pro lepší dávkování směsi do vstřikovacího stroje, připravit. Nejčastěji se upravuje do formy pásku, který umožňuje snadné dávkování.

Řezání naválcovaných plátů na pásy

Kaučuková směs se po smísení na dvouválci nařezává pomocí rotačních nožů na pásy o požadované šířce. Za dvouválci je většinou odtahovací a chladicí zařízení, kterým prochází pásek směsi odtahovaný z dvouválce. Pásek prochází přes vodní lázeň opatřenou separační vrstvou, poté se zchladí na pokojovou teplotu a po usušení se dále skladuje na palety. ^[7]

Vytlačování požadovaných pásů přes profilovanou hlavici vytlačovacího stroje

U automatizovaných míchacích linek se používá místo dvouválce intenzivně chlazený vytlačovací stroj. Používá se buďto paletizační hlava, nebo se směs vytlačuje ve formě pásku. Ten pak také prochází odtahovacím a chladicím zařízením. ^[7]

3 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je technologie, při které dochází k nástřiku roztavené hmoty do forem, které nám dávají finální tvar výrobku. Je to cyklický tvářecí proces, který nám umožňuje vytvářet výrobky, které vyžadují ve většině případů jen malé, nebo téměř žádné finální úpravy.

Tento proces můžeme rozdělit do tří procesních kroků:

- Plastikace
- Nástřik
- Vulkanizace

U vstřikování kaučukových směsí se musí vstřikovat směs do temperovaných forem, kde se teplota pohybuje v rozmezí 180 – 220°C. Je to kvůli tomu, že ve fázi, kdy je směs nástřiknuta do formy, dochází k procesu vulkanizace.

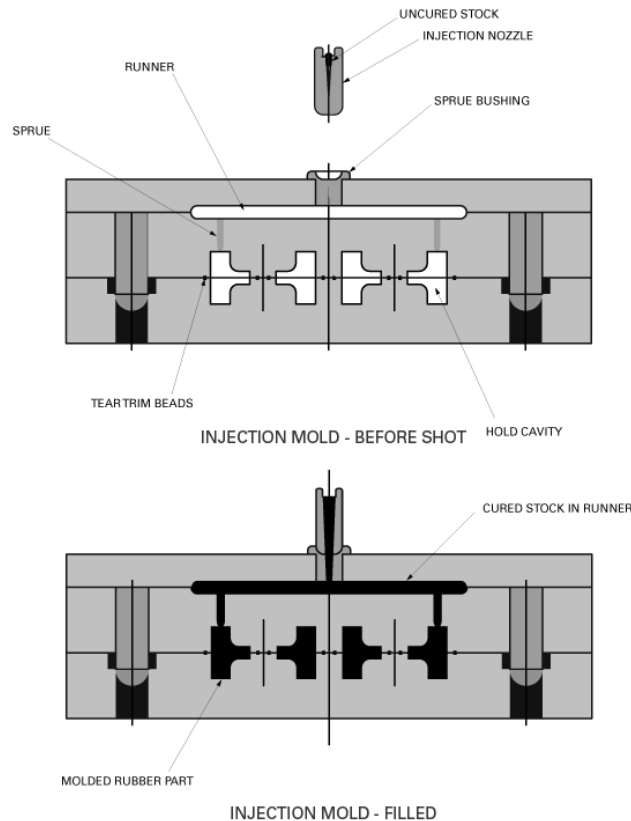
Kromě vysokých teplot se zde používají vysoké uzavírací síly a vstřikovací tlaky. Ty se pohybují okolo 100 – 200 MPa. Vysoké uzavírací síly, zabraňují výskytu nežádoucích vzduchových vad, které mohou vzniknout v důsledku vzniku plyných látek. ^[4]

Kaučukovou směs můžeme nástřikovat také na nejrůznější materiály, jako jsou kovy, plasty, aj. Důležité je použití spojovacího prostředku.

Možností vstřikování výrobků z kaučukových směsí je několik.

3.1 IM technologie (Injection Moulding)

IM je zkratka pro Injection moulding - injekční tváření neboli vstřikování. Jedná se o vstřikování taveniny do uzavřené formy vstřikovacího stroje. Umožňuje nám výrobu i takových dílů, které jsou tvarově náročné. Při této nástřikové technologii dále vzniká jen malé množství odpadu, tzv. přetoků. To je dáno především konstrukcí forem.



Obr. 6. Injection molding – vstřikování ^[19]

3.1.1 IM - Průběh vulkanizačního cyklu

Začíná plastikací, to znamená, že se směs převede do plastického stavu. Tohoto jevu se dosahuje pomocí otáčejícího se šneku, který přivádí směs do komory. Jakmile je potřebné množství směsi v komoře vstřikovací jednotky, následuje u strojů s pohyblivou nástřikovou jednotkou, nebo s otočnými formami, přisunutí jednotky k ústí formy, a vstříknutí taveniny dovnitř uzavřené nahřáté formy. Poté následuje dotlak pístem, a zároveň působení uzavírací síly. Ve fázi, kdy je kaučuková směs nastříknutá ve formě, probíhá vulkanizační proces. Během této vulkanizace probíhá již plastikace nové nástřikové dávky. Po vulkanizaci dojde k odsunutí vstřikovací jednotky a otevření formy. Vyrobené díly se odformují, a cyklus se opakuje.

3.1.2 IM – Formy

U injekčního vstřikování musíme používat formy, které jsou přizpůsobeny pro použití IM technologie. Tenhle postup nám umožňuje také výrobu tvarově složitějších výrobků.

Jelikož se dávka směsi vstřikuje do formy, která je uzavřená, musí být ve formě vtokové kanálky. Ty nám umožní transport taveniny do jednotlivých hnízd, neboli cavit.

Vzniklé přetoky jsou proto jen tence spojeny s výrobky, a dají se poměrně snadno opracovat.

3.2 CIM technologie (Compression Injection Moulding)

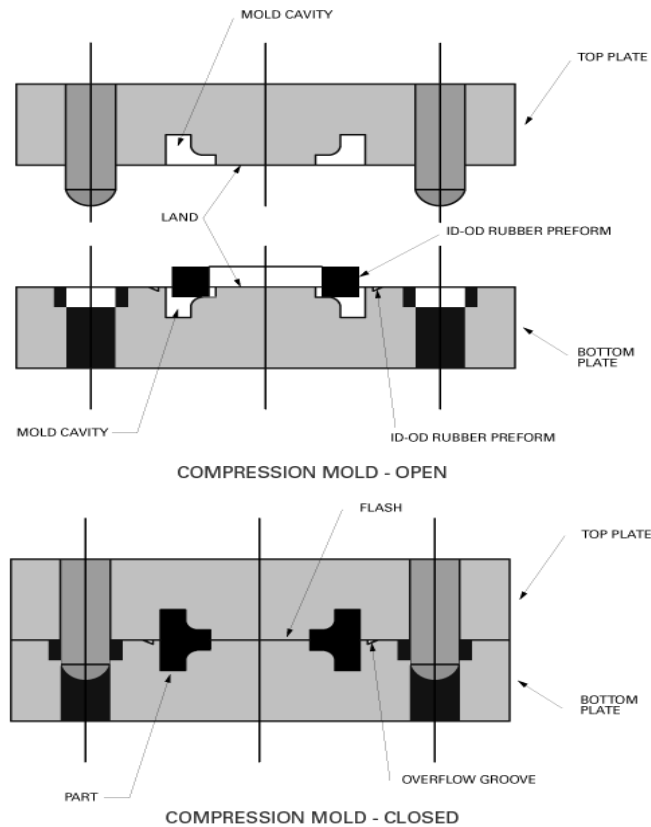
CIM – Compression injection moulding, neboli tlakové injekční vstřikování, je kombinace CM a IM technologie. Proces probíhá do určité chvíle stejným způsobem jako u IM. Rozdíl nastává v okamžiku nástřiku taveniny do formy a v samotné konstrukci forem.

Touto technologií získáváme jen tvarově jednodušší výrobky.

3.2.1 CM - Compression moulding

CM - Compression moulding, je čistě tlakové lisování, při kterém se směs, neboli konfekce vkládá přímo do temperovaných forem (Obr. 7.). Lisovací formy jsou jednoduché a relativně levné. Vstřikovací jednotka zde úplně chybí. Použití pro malosériové výroby.

Tlakové lisování má spoustu nevýhod. Jednou z nevýhod je to, že konfekce se vkládají ručně a jsou studené. Kvalita konfekce velmi ovlivňuje kvalitu výrobku. Plnění forem je zdoluhavé a nepřesné, čímž dochází ke vzniku různě velkých přetoků. Výrobky se pak musí upravovat.^[4]



Obr. 7. Compression molding – tlakové tváření (lisování)^[19]

3.2.2 CIM - Průběh vulkanizačního cyklu

Po plastikaci směsi dochází k nástřiku. Ten se ale na rozdíl od IM technologie provádí do pootevřené formy a až následně se provede zalisování pomocí uzavírací síly. Forma je pootevřená a nástřik se provádí ze středu formy přímo do této pootevřené mezery. Proto se tyto dvě technologie liší hlavně v konstrukci forem. Po nástřiku směsi se forma úplně uzavře a tavenina se tlakem rozlisuje po ploše formy.

3.2.3 CIM – Formy

Konstrukce forem se významně liší oproti IM, a to hlavně tím, že tyto formy nemají vtokové kanálky. Mají pouze jeden vtokový kanál ve středu formy, který nástříkne potřebné množství směsi na jeden zális.

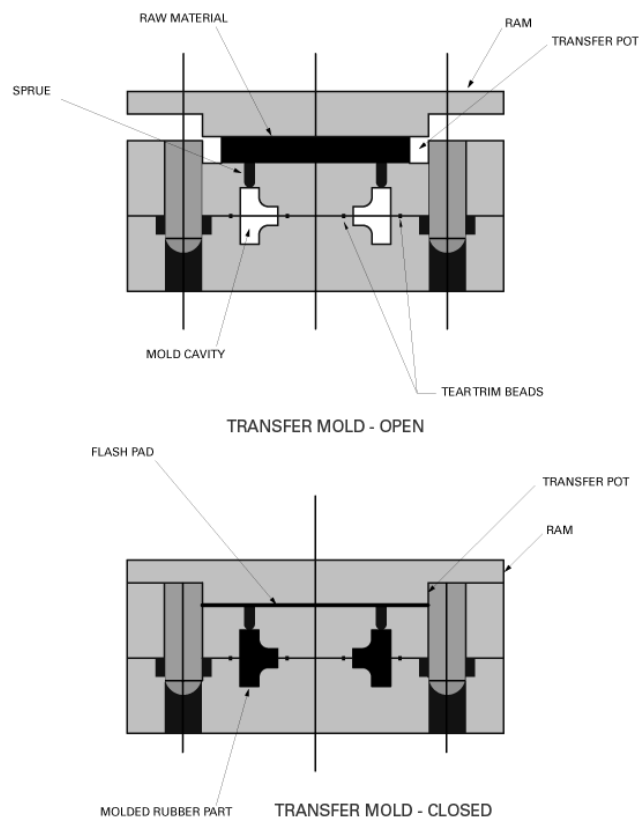
V důsledku toho, že forma nemá vtokové kanálky, se netvoří samostatné přetoky. Vylisované výrobky jsou ve formě plachty, tzn., že přebytečný materiál je s nimi spojen v dělicí rovině. Výrobky pak potřebují pracnější způsob finálního opracování.

3.3 TIM technologie (Transfer Injection Moulding)

TIM je zkratka Transfer injection moulding, což lze vyjádřit slovy - přenosové injekční tváření nebo vstřikování. Je to kombinace TM a IM.

3.3.1 TM – Transfer Moulding

Tak zvané přetlačování. Směs je zde kladena do přetlačovací komory, a přetlačena pístem do formy (Obr. 8.). Směs se do formy dostane přes tenké kanálky. Odpadá zde řešení vtokových kanálů a složité vkládání předlisků do formy.



Obr. 8. Transfer Moulding - přetlačování^[19]

Nevýhodou této technologie je větší materiálová spotřeba a to z toho důvodu, že v komoře zůstává poměrně velké množství materiálu.

Tato technologie je vhodná zejména pro výrobu menších dílů, s malými přetoky.

3.3.2 TIM - Průběh vulkanizačního cyklu

U TIM technologie vstřikovací jednotka působí jako dávkovač potřebného množství směsi. To řeší manipulaci se směsí při dávkování do přetlačovací komory. Vhodné pro silikonové směsi.

Tato technologie se podstatně liší od předešlých dvou technologií. Nástřik směsi se provádí do transferové komory, ze které se pak směs přetlačuje do formy. Proto se této nástřikové technologie používá u přetlakových lisů.

3.4 Vstřikování na vkládané díly

Vstřikování kaučukových směsí je možné provádět i na díly různých druhů materiálů. Nástřik může být proveden jak po celém povrchu dílu, tak i jen z části. Nejčastěji se používají kovové, plastové, nebo textilní vkládané díly. Aby díly dobře držely na jednotlivých materiálech, musí být opatřeny zvláštní separační vrstvou.

Vkládané díly různých materiálů, jsou vkládány do forem vstřikovacích strojů před uzavřením formy. Díly jsou ve formách umístěny a ustáleny tak, aby v důsledku toku taveniny nedošlo k jejich pohybu. Poté se do forem nastříkne kaučuková směs, a nastává vulkanizace. Po ukončení vulkanizačního cyklu se nástřiky vyjmou a vloží se do forem nové vkládané díly.

Aby došlo ke spojení povrchu vkládaného dílu s povrchem pryže, musí být vkládaný díl opatřen speciální spojovací vrstvou, která předtím se nanáší na dokonale čisté díly.

3.4.1 Nástřik kaučukových směsí na plasty

Plastové vkládané díly se požívají také jako náhrada kovů, kvůli nízké ceně, hmotnosti, a lepším mechanickým vlastnostem. Jejich výroba je jednodušší, a lze z nich vyrobit i tvarově složitější díly.

Při výběru plastového vkládaného dílu je třeba dbát na to, aby byly tyto materiály odolné vůči vysokým vulkanizačním teplotám. Mezi hlavní používané typy plastů patří: polyamidy, polyestery, polyuretany, polykarbonáty.

Příprava povrchu

Povrch plastových dílů musí být schopen přilnout ke kaučukové směsi. To se provádí zdrsněním povrchu. Ty mohou být ošetřeny mechanicky (v případě tvrdších plastů) nebo také chemicky.

Po zdrsnění povrchu je díl odmaštěn a zbaven nečistot, a to použitím vhodných rozpouštědel. Dále se zvolí vhodný spojovací prostředek. Spojovací prostředek může být přidán ve směsi, nebo je nanesen na vkládaném díle. Častěji se používá druhá varianta. Spojovacím prostředkům se říká primery, které mohou, nebo nemusí tvořit příčné vazby. Nejčastěji používané jsou primery s obsahem polární vulkanizační pryskyřice a méně polární kaučukové polymery. Čím je primer více reaktivní, tím je lepší soudržnost a odolnost proti působení vnějšího prostředí.^[18]

3.4.2 Nástřik kaučukových směsí na kov

Kovové vkládané díly mohou sloužit také jako vnitřní výztuha. Aby se mohl takový materiál použít, je potřeba zajistit pevné spojení. To je zajištěno chemickou reakcí spojovacího prostředku s kovem a kaučukovou směsí v průběhu vulkanizace.

Příprava povrchu

Povrch se musí vyčistit, zdrsnit a poté je také nanesen spojovací materiál. Zdrsnění povrchu může být také jak mechanické, tak i chemické. Při mechanickém zdrsnění se kovové díly oprýskávají, za použití drtí s vysokou tvrdostí (ocelové), vhodného zrnění a tvaru. Dále mohou být povrchy zdrsněny kartáčováním, obrušováním, apod.

Chemické zdrsňování se provádí fosfátováním, chromátováním, eloxováním (hliník).^[18]

Po čištění a zdrsnění se také nanese spojovací prostředek, který zaručí soudržnost s kovem. Pro soudržnost pryže a kovu se používají např. roztoky tvrdé pryže, izokyanáty nebo halogenové deriváty kaučuku.^[4]

Kromě vnitřního síťování, které probíhá uvnitř primeru, organická pryskyřice obsažená v primeru reaguje s oxidy kovů na povrchu kovu a tvoří s ním velmi silné kovalentní vazby.
[18]

U soudržnosti těchto materiálů má velkou roli polarita kaučuků. Polární kaučuky mají soudržnost nejvyšší, naopak silikonové směsi se spojují obtížně.

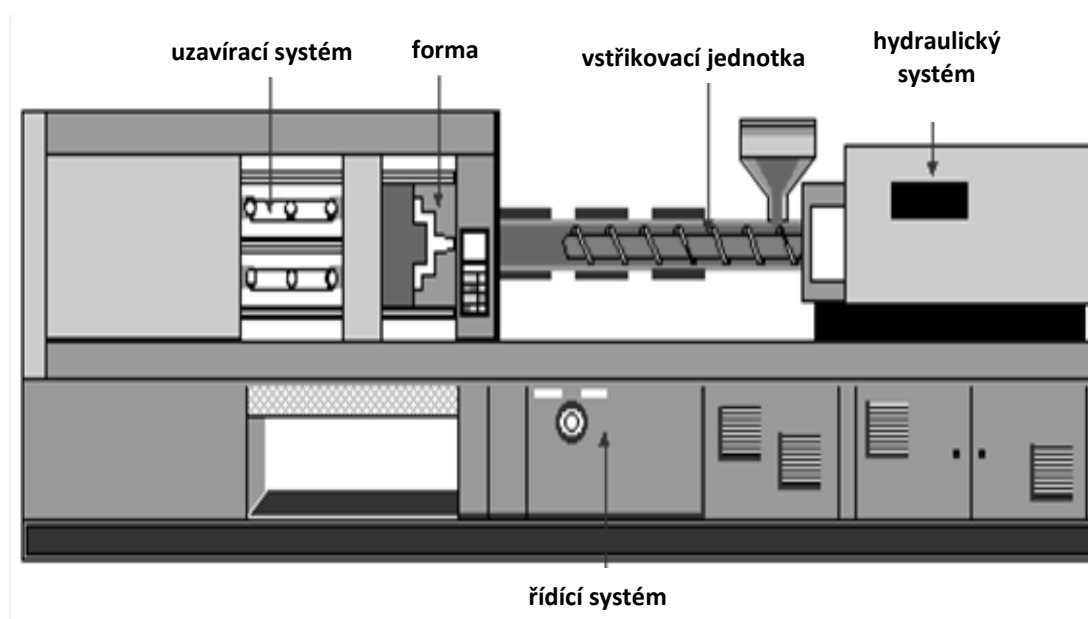
4 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroje můžeme použít pro výrobu dílů jak kaučukové směsi, tak i reaktoplasty a termoplasty. Stroj se obecně skládá z plastikační jednotky, šneku, formy, uzavírací jednotky a vstřikovací trysky. Princip vstřikovacího stroje, pro výrobu pryžových výrobků, spočívá v tom, že našnekovaná, přehřátá kaučuková směs se pomocí tlaku nastříkne do nahřáté formy, ve které proběhne v důsledku vulkanizačních činidel a vysokých teplot vulkanizace. Následně se vylisované kusy odformují a začíná další cyklus.

4.1 Základní popis vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroje mohou být jak horizontálního, tak i vertikálního typu. Záleží na způsobu umístění forem. Pokud se jedná o formu, která se otevírá vertikálně (dělicí rovina formy je ve vodorovném stavu), jedná se o vertikální vstřikovací stroj. U horizontálních strojů je dělicí rovina ve svislé poloze a formy se otevírají horizontálně.

Základní složení vstřikovacího stroje je definováno na tomto obrázku (Obr. 9).



Obr. 9. Základní popis vstřikovacího stroje

Stroj pro vstřikování kaučukových směsí se obecně skládá z:

- Hlavní nosná konstrukce lisu
- Forma
- Vstřikovací jednotka – plastikační jednotka
- Uzavírací jednotka

4.1.1 Nosná konstrukce a hydraulický systém

U vstřikovacího stroje je nosná konstrukce většinou sloupová. U velkých strojů čtyřsloupová, u malých dvousloupová. Různé pohyblivé části jsou vedeny těmito sloupy.

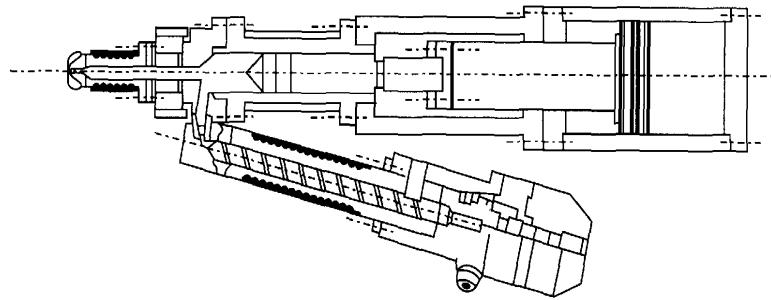
Většina vstřikovacích strojů je hydraulického typu. Mají vesměs elektrohydraulický systém řízený buď tlačítky, nebo je zcela automatický. Tyto velké stroje vyžadují velmi výkonné agregáty. Oběh provozní kapaliny je značný, a proto musí být objemový výkon čerpadla velký. Jeden pracovní cyklus zahrnuje: uzavření formy, přísun vstřikovacího ústrojí, vstřik, odsun vstřikovacího ústrojí, otevření formy, vyhození výlisků.^[3]

4.1.2 Vstřikovací jednotka

Umožňuje plastikaci a dopravu směsi do forem.

Kaučuková směs se pomocí šneku dopraví do komory vstřikovací jednotky. Do komory se naženkuje jen takové množství směsi, které je potřeba na jeden nástřik. Dále se pomocí tlaku pístu provede samotný nástřik do formy. Z komory se směs přesouvá přes trysku do formy.

Vstřikovací jednotka se skládá z plastikační jednotky (šnek), pístu, komory a trysky. Každá část je jinak temperovaná. Tato jednotka může být umístěna třemi způsoby (Obr. 13). Vertikálně, i horizontálně. U horizontálního umístění jednotky, může docházet k nástřiku do formy přes spodní desku, a u horizontálních vstřikovacích lisů z obou stran forem.



Obr. 10. Vstřikovací jednotka

Šnek

Šnek otáčením přesouvá kaučukovou směs do komory, tlačí ji v prostoru před sebou a zároveň se odsouvá dozadu. Konec šneku je opatřen klapkou, která zabraňuje při tlakovém nástřiku toku taveniny zpět do válce šneku.

Dochází zde k plastikaci kaučukové směsi. Plastikací směsi se změní viskozita, a tím se usnadní vstřikování do forem.

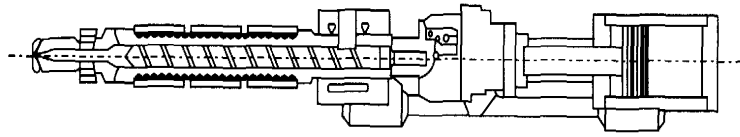
Píst

Píst pomocí tlakové síly natlačí plastikovanou směs přes vstřikovací trysku do formy. Píst se pohybuje určitou rychlostí do bodu, kde se rychlost zastaví, působí už jen dotlak.

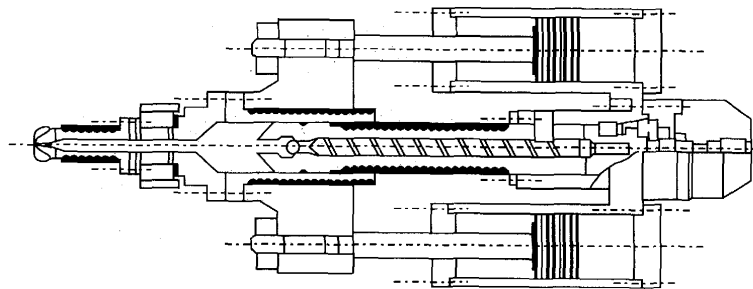
Šnekopíst

Kombinace šneku a pístu. Je zde zaručeno, že materiál, který vstoupí do komory jako první, je jako první nastříknut do formy. Je zde dodržen systém FIFO – First in first out (První dovnitř, první ven).

Šnek působí jako dopravník hmoty, a zároveň má vlastnosti pístu.



Obr. 11. Šnekopíst pro horizontální vstřikovací stroje



Obr. 12. Šnekopíst pro vertikální vstřikovací stroje

Vstřikovací tryska

Dosedá na sedlo formy. Převádí našnekovaný materiál z komory do formy přes hlavní kanál formy. Umožňuje nástřik materiálu působením vysokého tlaku.

4.1.3 Formy

Moderní technologie vstřikování dokáže uspokojit zvyšující se poptávku na vysokou kvalitu výrobku. Je to dáno především schopností vyrobit tímto způsobem rozměrově přesné výrobky.

Pro vstřikování se používají formy z vysoce odolných materiálů. Jsou drahé a konstrukčně náročné. Formy se vyrábí z odolných kovů. Cavity, neboli jednotlivá hnízda otisků jsou obvykle vyrobeny z jiných materiálů. Je to z toho důvodu, že mají složitější tvar, a jejich výroba je daleko náročnější, jelikož se zde dbá na přesnost provedení. ^[12]

Formy dávají tvar finálnímu výrobku. Nejjednodušší a nejzákladnější formy se skládají pouze ze dvou dílů. U tvarově náročnějších výrobků je forma složena z několika dílů. Jednotlivé části, s kterých se forma skládá, do sebe zapadají. Plochám, na které na sebe doseďají, říkáme dělicí roviny. Přítomnost dělicí roviny je zřatelná i na finálním výrobku.

Vstřikování může být prováděno buďto ze středu formy nebo přímo do dělicí roviny. Nastříknutý materiál je pomocí vtokových kanálků dopraven do jednotlivých cavit.

Teplota forem – aby došlo k vulkanizaci, musí být formy temperovány. Zahřívají se na teplotu cca 140 - 220°C (dle typu směsi).

Odvzdušnění – přebytečný vzduch zůstává po uzavření ve formě, a proto je potřeba ho odstranit, aby nedošlo ke vniku nežádoucích vad. Odstraňuje se pomocí vakua.

Cavity – jsou jednotlivé otisky neboli hnízda pro výrobky. Jsou z celé formy nejdůležitější, protože právě ony nám dávají tvar výrobku. Existují formy jednotiskové i víceotiskové. Rozložení cavit ve formě může být různé.

Separace – mají za úkol usnadnit vyjímání výrobků z forem. Separátory zabraňují přilnavosti zpracovaného materiálu k povrchu formy. Nanášejí se přímo na formu.

Separáční prostředky rozdělujeme na jednorázové, vnitřní a semipermanentální. ^[4]

Vtokové kanálky – umožňují transport materiálu do příslušných hnízd formy. V místech vtokových kanálků materiál zůstává i po dobu vulkanizace. Tento navulkanizovaný odpadní materiál se nazývá vtoková soustava.

Tok materiálu do jednotlivých cavit vtokovými kanálky musí mít vždy stejně dlouhou cestu. Je to kvůli tomu, aby byl nastříknutý materiál v jednotlivých otiscích ve stejnou dobu. Pokud by byly dráhy různé, docházelo by k nerovnoměrné vulkanizaci.

Vtokové kanálky mohou být vypadat v řezu různě. Záleží na provedení a konstrukci formy.

Studený kanál – aby nedocházelo k velkému množství odpadního těžce recyklovatelného materiálu, používá se v některých případech tzv. studený kanál. Je v něm skryta převážná část vtokové soustavy. Je chlazen a nedochází v něm k vulkanizaci materiálu.

Odformování – může být ruční, poloautomatické nebo automatické (pomocí vyrážeců). K ručnímu odformování se používají různé pomocné přípravky, jako jsou např. vzduchové pistole, aj.

Čištění forem – po dlouhodobém nebo nešetrném užívání forem dochází k jejich špinění. Formy se dají čistit chemicky i fyzikálně. Chemické čištění provádíme čistící gumárenskou směsí, nebo louhováním (v roztoku KOH nebo NaOH). Fyzikální čištění se provádí otryskáváním (pískováním), suchým ledem nebo ultrazvukem. ^[4]

4.1.4 Uzavírací jednotka

U většiny strojů je deska, která se nachází u vstřikovacího ústrojí nepohyblivá. Protěžší deska je pohyblivá a uzavírá formu před vstříknutím plastikované hmoty. Je zde potřeba velkého průměru uzavíracího válce a pístu. Aby mohl válec rychle uzavírat formu, a nemusel hydraulický agregát dodávat tak velké množství provozní kapaliny, má uzavírací ústrojí různě kombinované mechanismy. ^[3]

Uzavírací síla souvisí jak s násobností formy, tak i se vstřikovacím tlakem. Běžně leží vstřikovací tlak mezi 35 až 50MPa. Může však dosáhnout až 180MPa.

4.2 Typy strojů pro vstřikování kaučukových směsí

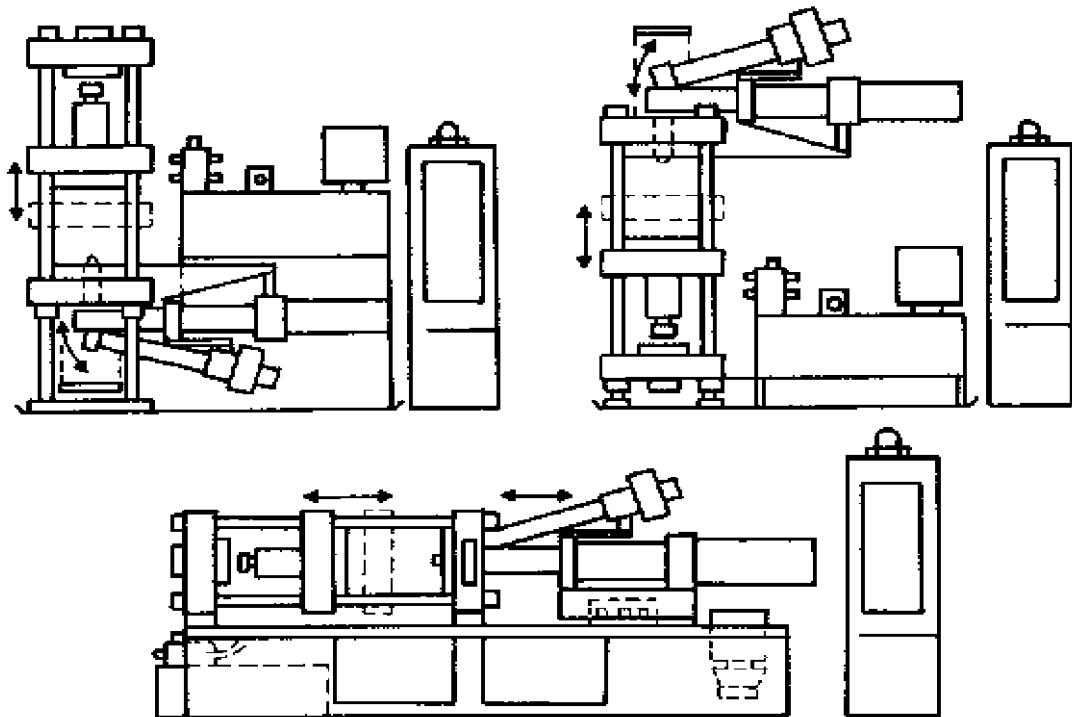
Máme několik možností, jak vstřikování kaučukových směsí provádět. Základní sestava i princip vstřikovacích strojů je stejná. Rozdíl je jen v rozložení forem, vstřikovacích jednotek a ve stavbě strojů celkově.

4.2.1 Stroje s jednou formou

Jsou to stroje, které mají pevnou konstrukci s jednou formou a jednu vstřikovací jednotku.

V porovnání se vstřikovacími stroji s více formami jsou stroje s jednou formou méně ekonomicky výhodné. V porovnání s nimi, jsou stroje s jednou formou, co se týče produkce, méně výkonné.

Vstřikovací stroje mohou být, v závislosti na poloze forem, vertikální nebo horizontální. Můžou mít také různě umístěnou vstřikovací jednotku (Obr. 13.).



Obr. 13. Možnosti umístění vstřikovacích jednotek

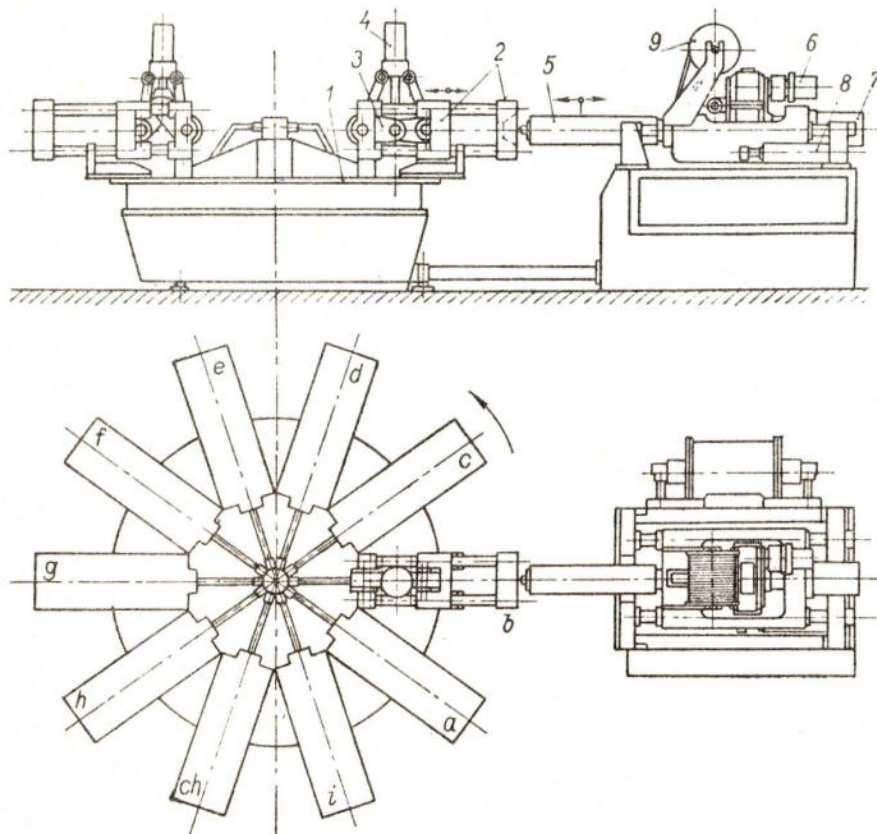
4.2.2 Stroje s několika formami

Vstřikovací stroje mohou mít více forem. Vstřikovací jednotka zůstává jedna. U těchto strojů se plní postupně každá forma zvlášť. Každá jednotka má svůj vlastní nezávisle pracující uzávěr formy.

Tyto stroje jsou výhodnější, díky své vyšší produktivitě a zároveň se postupným plněním získá dostatek času na vulkanizaci. V důsledku nepřetržité výroby zaniká možnost předčasné vulkanizace ve vstřikovací jednotce.

Stroje karuselového typu, pohyblivé formy

Tyto typy jsou výhodnější pro menší výstřiky. Uzavírací jednotky jsou umístěny na rotoru, který se otáčí po jednotlivých nástřících. V tomto případě je nepohyblivá vstřikovací jednotka. Během nástřiku dochází v každé poloze formy k jiné operaci (Obr. 14).^[3]



Obr. 431. Rotorový vstřikovací stroj (Stübbe)

a – uzavírání formy, *b* – vstřikování, *c* až *h* – vulkanizace, *ch* – otevírání formy, *i* – vyprazdňování formy,
1 – rotor, *2* – upínací desky, *3* – klouby, *4* – uzavírací válec, *5* – plastikační a vstřikovací komora,
6 – hydromotor, *7* – vstřikovací válec, *8* – válec pro přísun a odsun, *9* – cívka s páskem směsi

Obr. 14. Karuselový vstřikovací stroj^[3]

Stroje s pohyblivou vstřikovací jednotkou

Používají se pro větší výstřiky. Uzavírací jednotky s formami jsou umístěny v řadě vedle sebe. U řadových typů jsou uzavírací jednotky nepohyblivé a vstřikovací ústrojí pojíždí po kolejnicích podél nich a jednotlivě je plní.

4.2.3 Více vstřikovacích ústrojí

Pro vstřikování kaučukových směsí je možné použít stroje s více vstřikovacími jednotkami. Stroje s více vstřikovacími jednotkami jsou vhodné na vícebarevné výstřiky. Uplatňují se např. při výrobě celopryžové obuvi, hraček, aj.

U tohoto typu vstřikování mají formy složitější konstrukce.

5 VÝROBKY

Pryžové výrobky zhotovené metodou vstřikování se nemusí dále pracně opracovávat. Jsou to výrobky s velkou rozměrovou přesností, vhodné pro přímé použití, nebo jako polotovary pro další zpracování jako je např. montáž.

5.1 Vady

Při procesu vulkanizace se uvolňuje jak voda, tak vznikají i plynné látky různého původu, a to může vést ke vzniku různých vad. Proto tyto výrobky podstupují řádnou kontrolou před dodáváním.

5.1.1 Vzhledové vady

Vady, které jsou znatelné na první pohled. Vzhledové vady mohou být různého původu.

Deformace – výrobky nemají požadovaný tvar. Deformace mohou být různého původu. Např. při nástřiku do studené formy, při odformování, v důsledku nerovnoměrné vulkanizace nebo rozdílných teplot.

Vzduchové vady – jako jsou puchýře, póry, bubliny, aj. Většinou jsou způsobené vzduchem nebo vodou ve směsi. Vzduch se do směsi může dostat např. rychlými otáčkami šneku.

Praskliny – mohou být mechanického původu při odformování, nebo působením pnutí.

Zborcení výlisku okolo vtoku – bývá způsobeno příliš velkou dávkou směsi, dlouhým působením vstřikovacího tlaku, nebo expanzí kaučukové směsi během vulkanizace.

Studený spoj – vzniká při malé dávce materiálu, nebo pomalému nástříku do formy. Na výrobku je patrný spoj nastříknutého materiálu.

Barevné rozdíly – mohou být způsobené nehomogenitou směsí, nebo případnými nečistotami v materiálu.

5.1.2 Skryté vady

Skryté vady poznáme většinou až po analýze směsi (špatné složení), nebo na zkouškách hotových výrobků. Existuje velké množství nejrůznějších zkoušek.

Hustota – hustotní zkouškou zkontrolujeme dodržení dávkování komponent v kaučukové směsi. Provádí se vážením vzorku na vzduchu a v destilované vodě. Obvykle se hustota pryže pohybuje od 1,10 až 1,5 g/cm³. Vysoce plněné pryže mají hustotu až 2 g/cm³.^[4]

Tvrдост – odolnost nebo odpor materiálu při stlačení hrotem tvrdoměru. Máme dvě metody měření Shore a IRHD. Metody se liší použitým druhem hrotu tvrdoměru.

Tahové vlastnosti – jde o stanovení pevnosti, tažnosti, modulu při prodloužení a trvalé deformaci po přetržení. Provádí se na trhacím stroji.

Trvalá deformace – provádí se při zatížení pryžového vzorku na určité procento stlačení, při předepsané teplotě a času. Při této zkoušce zjišťujeme, o kolik se nám pryž vrátí zpět.

5.2 Finální úpravy

Pryžové výrobky zhotovené vstřikováním se dále nemusí pracně dopracovávat. Je to způsobeno i tím, že vstřikovací formy jsou natolik přesné, že nám umožní výrobu dílů s přesnými rozměry.

Opracování probíhá tak, že se odstraní přetoky z dílu. Přetoky se odstraňují ručně, strojně, nebo pomocí různých pomůcek, např. kleští. Dále probíhá kontrola a další možné operace.

Výrobky se mohou dále dopracovat různými způsoby, jako je vysekávání otvorů, děrování, montáže, atd.

5.2.1 Opracování přetoků

Přetoky se z výrobků odstraňují nejlépe ještě za tepla, protože v této fázi je jejich opracování nejsnadnější. Pro odstranění drobnějších přetoků se používají různé kleště, pinzety nebo nůžky. Přetoky mohou být odstraněny ořezáváním pomocí nahřátých nožů.

Omražování

Tato operace se provádí u malých, nebo těžce opracovatelných výrobků. Provádí se také u výrobků, kde je kladen velký důraz na kvalitu a i malé přetoky na dílech by mohly způsobit funkční problémy.

Omražování se provádí za nízkých teplot, a použitím dusíku a někdy také i plastového granulátu. Důsledkem toho je, že se kus zmrazí, a dočasně se ztratí jeho pružnost. Operace se provádí v rotačních bubnových omražovacích zařízeních. Tím, že jsou díly zmražené, a zároveň v důsledku rotace bubnu, omíláním o sebe přetoky odpadnou.

5.3 Použití

Kvůli rozmanitosti používaných směsí se vstřikováním vyrábí výrobky různého druhu. Vlastnosti těchto výrobků jsou odvozeny od vlastností jednotlivých pryží. Můžeme tak vyrobit díly s vysokou tepelnou odolností, vysokou odolností vůči olejům a rozpouštědlům, atd.

Nejvíce se vyrábí komponenty pro automobilový průmysl, letecký průmysl, těsnění do elektrospotřebičů, obuvnictví, spotřební průmysl, ale i stavebnictví.

5.4 Recyklace

Pryž je materiál, který se těžce recykluje. Pryž je téměř nedegradovatelná a její využití jako druhotné suroviny je problematické. Proto se pryžový odpad stává světovým problémem. Je to kvůli jeho velké objemnosti a technicky náročné recyklaci.

Pryžový odpad je veden v zeleném seznamu odpadů OECD pod kódy GK010, GK020 a GK030 Odpady pryže. Z ekologického hlediska spočívá nebezpečí těchto odpadů v jejich hořlavosti, kdy vznikají toxické plyny a dým, dále v obsahu toxických látek a pomalé biodegeneraci.

S rostoucím hromaděním pryžového odpadu, se hledá jeho další využití. Zpracování tohoto odpadu lze shrnout do těchto technologií:

- Další využití opotřebovaných výrobků z pryže
- Spalování pro energetické využití
- Mechanické zpracování
- Regenerace
- Pyrolýza

Odpadní pryž se většinou zpracovává jen v rozdrčeném stavu. Její využití je v gumárenském průmyslu omezeno. V poslední době se rozvíjí oblast využití odpadní pryže rozemleté na velmi jemné částice, které se dají použít jako plnivo do kaučukových směsí. Pryžová drť se dá využít i v stavebním, obuvním nebo textilním průmyslu. Nejekonomičtější cestou využití odpadní pryže je energické zhodnocení ve formě paliva. ^[21]

ZÁVĚR

Vstřikování kaučukových směsí je ekonomicky náročný proces, který nám ale dokáže zaručit kvalitu, a přesnost pryžových výrobků. Přesnost výrobků nám zaručují konstrukčně složité formy, a správně nastavené parametry při procesu. Několik technologií možných pro výrobu vstřikováním, nám dává možnost vyrobit díly nejrůznějších tvarů, rozměrů a vlastností. Vstřikování kaučukových směsí je oblíbeno hlavně v automobilovém průmyslu, kvůli rozměrovým přesnostem výrobků.

Vulkanizace probíhá přímo ve formě při samotném tváření, a proto zde není potřeba vytvrzovat výrobky zvlášť v pecích. Průběh vulkanizace můžeme ovlivňovat nastavením a korigováním parametrů.

Tato technologie má nespočet možností, které je možné využít k výrobě různých pryžových výrobků. Vstřikování nám také umožňuje spojit pomocí spojovacích prostředků plátové nebo kovové díly dohromady s pryží.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STOKLASA, Karel, 2005, *Makromolekulární chemie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati
- [2] DUCHÁČEK, Vratislav, 2010, *Změkčovadla*. Zlín: ČSPCH. ISBN 978-80-02-02287-9.
- [3] JAHELKA, Miroslav, 1974, *Gumárenské a plastikářské stroje*. 2. vyd. Praha: SNTL.
- [4] *Výukové texty*: upravil: Ing. Stanislav KLIBÁNI, zpracovali: Ing. Miroslav Bábek, Ing. Jozef Staňo. *Gumárenská technologie a výroba technické pryže*. 2012. Zlín: ČSPCH.
- [5] DUCHÁČEK, Vratislav, 2006, *Přírodní a syntetické kaučuky termoplastické elastomery*. Zlín: ČSPCH. ISBN 80-02-01784-6
- [6] STOKLASA, Karel, 2005, *Makromolekulární chemie II*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati
- [7] MALÁČ, Jiří, *Gumárenská technologie – 5. Procesy*. [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupný z WWW: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/procesy.pdf>
- [8] MALÁČ, Jiří, *Gumárenská technologie – 2. Kaučuky*. [online]. [cit. 2013-03-27]. Dostupný z WWW: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/kaucuky.pdf>
- [9] MALÁČ, Jiří, *Gumárenská technologie – 3. Přísady*. [online]. [cit. 2013-04-07]. Dostupný z WWW: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/prisady.pdf>
- [10] MALÁČ, Jiří, *Gumárenská technologie – 4. Směsi*. [online]. [cit. 2013-04-07]. Dostupný z WWW: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/smesi.pdf>
- [11] MALÁČ, Jiří, *Gumárenská technologie – 9. Gumárenské materiály*. [online]. [cit. 2013-04-05]. Dostupný z WWW: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/materialy.pdf>
- [12] MENGES, Georg, 1986, *How to Make Injection Molds*. New York: Hanser. ISBN 0-19-520744-0
- [13] DILINGER, Josef, 2007, *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. 1. vyd. Praha 10: Europa-Sobotáles cz. s.r.o. ISBN 978-80-86706-19-1

- [14] FRANTA, Ivan, 1966, *Skladba směsí*. 1.vyd. Praha VŠCHT: Státní nakladatelství technické literatury
- [15] MALÁČ, Jiří, *Gumárenská technologie – 1. Úvod*. [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupný z WWW: http://web.ft.utb.cz/cs/docs/GT1-_vod.pdf
- [16] Interní materiály firmy WOCO STV s.r.o. Vsetín
- [17] PREZENTACE PRYŽ, [online]. [cit. 2013-03-19]. Dostupný z WWW: <http://www.ateam.zcu.cz/download/pryz.pdf>
- [18] HLAVA, Miroslav, 2007, *Spojování kovů a plastů s pryží – spojovací prostředky*. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupný z WWW: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/4105/hlava_2007_bp.pdf?sequence=1
- [19] TIMCO RUBBER, *Rubber molding proces* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.timcorubber.com/rubber-resources/rubber-molding.htm>
- [20] *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. Sulfur: Wikipedia Foundation, last modified on 27. 4. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur>
- [21] *SMEP: systém multimediální elektronické publikace* [online]. Pryžový odpad. [cit. 2013-05-09]. Dostupný z WWW: http://etext.czu.cz/img/skripta/64/tf_43d-1.pdf
- [22] DUCHÁČEK, Vratislav, HRDLIČKA, Zdeněk, 2009, *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. Praha: VŠCHT. ISBN 979-80-7080-713-2. [online]. [cit. 2013-04-14]. Dostupný z WWW: http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid_isbn-978-80-7080-713-2/

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
Aj.	A jiné
Např.	Například
Atd.	A tak dál
Tzv.	Tak zvané
Apod.	A podobně
dsk	X dílů na 100 dílů kaučuku
Tzn.	To znamená
-CH=CH-	Dvojná vazba
ZnO	Zinková běloba
MgO	Oxid manganičitý
(U/S)	Urychovač / síra
Hmot.	Hmotnost
TiO ₂	Oxid titaničitý
NR.	Přírodní kaučuk
IR	Izoprenový kaučuk
BR	Butadienový kaučuk
SBR	Butadien styrenový kaučuk
EPM	Etylen-propylenové kopolymery
EPDM	Etylen-propylen-dienové terpolymery
C-C	Jednoduchá vazba mezi uhlíky
IIR	Butylkaučuk

BIIR	Bromovaný butylkaučuk
CIIR	Chlorovaný butylkaučuk
-COOH	Karboxylová skupina
NBR	Butadien-akrylonitrilový kaučuk
XNBR	Karboxylované butadien-akrylonitrilové kaučuky
PVC	Polyvinylchlorid
HNBR	Hydrogenované butadien-akrylonitrilové kaučuky
CR	Chloroprenový kaučuk
MQ	Silikonový kaučuk
VMQ	Vinylmethylpolysiloxan
PVMQ	Fenylvinylmethylpolysiloxany
FVMQ	Trifluorpropylvinylmethylpolysiloxany
FIFO	First in first out
KOH	Hydroxid draselný
NaOH	Hydroxid sodný
MPa	Megapascal
IM	Injection moulding - Vstřikování
CM	Compression moulding - Lisování
CIM	Compression injection molding
TM	Transfer moulding – Přetlačování
TIM	Transfer injection moulding
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Struktura polymerních řetězců – před a po vulkanizaci.....	11
Obr. 2. Struktura vulkanizovaného kaučuku pomocí síry.....	12
Obr. 3. Vulkanizační křivka.....	14
Obr. 4. Zjednodušené schéma dvouválce.....	28
Obr. 5. Hnětací stroj.....	29
Obr. 6. Injection molding – vstřikování.....	32
Obr. 7. Compression molding – tlakové tváření (lisování).....	34
Obr. 8. Transfer Molding – přetlačování.....	35
Obr. 9. Základní popis vstřikovacího stroje.....	39
Obr. 10. Vstřikovací jednotka.....	41
Obr. 11. Šnekopíst pro horizontální vstřikovací stroje.....	42
Obr. 12. Šnekopíst pro vertikální vstřikovací stroje.....	42
Obr. 13. Možnosti umístění vstřikovacích jednotek.....	45
Obr. 14. Karuselový vstřikovací stroj.....	46

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Porovnání vlastností pryže a kaučuku.....	17
Tab. 2. Příklad receptury pro kaučuky vulkanizující sírou.....	18