

Návrh konfekčního trnu

Bc. David Hepnar

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. David Hepnar
Osobní číslo:	T18334
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní inženýrství
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Návrh konfekčního trnu

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii k danému tématu
2. Navrhněte konstrukční řešení trnu
3. Provedte praktické ověření
4. Provedte zhodnocení praktické použitelnosti

Forma zpracování diplomové práce: Tiskovaná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

Kemka, V, Barták, J, Milčák P, Žitek, P.: Stavba a provoz strojů, stroje a zařízení, Informatorium, Praha, 2009, ISBN 978-80-7333-075-0

Lukovics, I, Sýkorová, L, Volek, F: Části a mechanismy strojů, Skripta, ES VUT Brno, 2000, ISBN 80 – 214 – 1566 – 5, Ducháček V., Hrdlička J.

Gumárenské suroviny a jejich zpracování, VŠCHT 2009

White, James Lindsay

Rubber processing : technology, materials, and principles, Munich : Hanser, 1995

Vedoucí diplomové práce: **Ing. František Volek, CSc.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 18. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou 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);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne: 11.5.2020

Jméno a příjmení studenta: David Hepnar

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je vypracována na téma "Návrh konfekčního trnu". Teoretická část se zabývá skladbou gumárenské směsi, jak jednotlivé složky ovlivňují její vlastnosti. Dále pak možnostmi míchání gumárenských směsí a jejich základními fyzikálními zkouškami, kterými prochází téměř každá zamíchaná gumárenská směs. Teoretická část je zakončena popisem výroby vzduchové pružiny. Cílem praktické části je návrh konfekčního trnu, pro strojní ohrnování pogumovaného textilu okolo patkového výztužného kroužku.

Klíčová slova: složení gumárenské směsi, míchání gumárenské směsi, Shore, Mooney

ABSTRACT

This thesis is formulated on a subject: "Building drum". The theoretical part of the thesis follows up the ideal composition of the rubber compound material mixture and how particular components involve its quality. Furthermore there are other options elaborated on how to mix the rubber compound materials in general and their common physical test results. The theoretical part is concluded by the description of air springs manufactory process. The main objective of the thesis practical part is to design a building drum serving as a major component for machine folding up of rubberized textile material around a foot reinforcing ring.

Keywords: rubber compound mixture, rubber compound mixing, Shore, Mooney

Děkuji Ing. Františku Volkovi CSc. za vedení diplomové práce, kolegům v práci za vstřícný přístup a pomoc, a hlavně manželce Karolíně za její podporu v průběhu celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 SLOŽENÍ KAUČUKOVÉ SMĚSI	11
1.1 KAUČUKY	12
1.1.1 Kaučuk přírodní a syntetický	12
1.1.2 Charakteristické vlastnosti kaučuků.....	13
1.1.3 Základní rozdělení kaučuků	15
1.2 PLNIVA.....	17
1.2.1 Saze	18
1.2.2 Světlá plniva.....	18
1.3 VULKANIZAČNÍ ČINIDLA	19
1.3.1 Síra	19
1.3.2 Reaktivní pryskyřice	20
1.3.3 Peroxidy	20
1.3.4 Oxidy kovů.....	20
1.4 AKTIVÁTORY VULKANIZACE	20
1.5 URYCHLOVAČE VULKANIZACE.....	21
1.6 RETARDÉRY VULKANIZACE, INHIBITORY NAVULKANIZACE.....	22
1.7 ANTIDEGRADANTY	23
1.8 ZMĚKČOVADLA	24
1.9 ZVLÁŠTNÍ PŘÍSADY.....	24
2 MÍCHÁNÍ GUMÁRENSKÝCH SMĚSÍ	26
2.1 DVOUVÁLEC.....	26
2.2 HNĚTIČE.....	28
2.3 KONTINUÁLNÍ HNĚTIČE	29
3 FYZIKÁLNÍ ZKOUŠKY PRYŽE	31
3.1 TAHOVÁ ZKOUŠKA	31
3.2 TVRDOST.....	32
3.2.1 Metoda Shore	32
3.2.2 Metoda IRHD.....	34
3.3 ZKOUŠKA MOONEY	36
3.3.1 Viskozita Mooney	39
3.3.2 Navulkanizování Mooney	40
3.3.3 Delta Mooney.....	41
4 TECHNOLOGIE VÝROBY VZDUCHOVÉ PRUŽINY	42
4.1 PŘÍPRAVA PRO KONFEKČIONOVÁNÍ	42

4.1.1	Příprava pryžových polotovarů	42
4.1.2	Příprava pogumovaného textilu	42
4.2	KONFEKČNÍ PRÁCE	43
4.4	OPRACOVÁNÍ A KONTROLA	46
4.5	KOMPLETACE	46
II	PRAKTICKÁ ČÁST	48
5	CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI	49
6	POPIS SOUČASNÉHO STAVU.....	50
7	NÁVRHY ŘEŠENÍ.....	52
7.1	VARIANTA 1 – MECHANICKÉ ROZPÍNÁNÍ TRNU	52
7.2	VARIANTA 2 – PNEUMATICKÉ ROZPÍNÁNÍ TRNU	53
7.3	ZHODNOCENÍ VARIANT.....	53
8	NÁVRH KONSTRUKCE KONFEKČNÍHO TRNU.....	55
8.1	VNITŘNÍ HŘÍDEL.....	55
8.2	PRYŽOTEXTILNÍ MĚCH.....	55
8.3	VODÍCÍ LIŽINY	56
8.4	ÚCHYT LIŽIN	57
9	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI A ÚPRAVY KONFEKČNÍHO TRNU.....	60
10	VYHODNOCENÍ A DISKUZE	65
	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	67
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	73
	SEZNAM PŘÍLOH.....	74

ÚVOD

V gumárenském průmyslu se pohybuji již 15 let. Na pozici dělníka či mistra konfekce jsem se vždy setkával s hotovými pryžovými výrobky, nebo s polotovary pro jejich výrobu jako jsou folie z gumárenské směsi, pásy do vytlačovacího stroje, pogumovaným textilem a dalšími. Nyní na pozici vývojového technologa jsem se začal setkávat i více se samotnými směsmi a mimo jiné jsem začal spolupracovat při vývoji nových směsí. Ne s jejich samotnou skladbou, ale přípravě zkušebních těles pro akreditované laboratoře, či zkoušky výrobků z těchto nových směsí vyrobených. Proto jsem se začal zajímat, proč je někdy tak obtížné přijít s funkční směsí, která v aplikaci jako vzduchová pružina bude odolávat teplotám 135 °C, nebo bude splňovat normu ČSN EN 45-545 Protipožární ochrana drážních vozidel. Co je příčinou kyselých sazí a jak ovlivňují vlastnosti gumárenské směsi, jak účinné jsou urychlovače vulkanizace a další.

Proto jsem se rozhodl v teoretické části diplomové práce věnovat skladbě, výrobě a základním zkouškám gumárenské směsi. Díky tomu jsem mohl zkombinovat studium literatury a současně navázat užší spolupráci s kolegy z jiných oddělení. Zjistit, že díky Evropské unii a její chemické legislativě (REACH) jež zakázala nebo omezila používání velké řady chemických látek, nelze porovnávat vnitřní skladbu tytéž směsi před 15 lety a nyní. Nebo když jsem se vedoucího zkušebny byl zeptat na nejasnosti u zkoušky viskozity Mooney a ten mi radostně odpověděl: „A nechcete se jít na zkoušky podívat?“ A já jsem tak mohl zkoušku provést sám, a tak si osahat a lépe upevnit další, pro mne nové informace.

Jelikož jsem byl přes 10 let mistrem konfekce a přípravy vzduchového pružení, byl jsem přizván k vývoji jednoúčelového konfekčního stroje, jež má za cíl urychlit konfekcionování, a tím zlevnit výrobek a odstranit nejnamáhavější část ruční práce. V praktické části se tedy budu věnovat vývoji, odzkoušení funkčnosti a úpravě dílčí součásti tohoto stroje, a to rozpínatelného konfekčního trnu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SLOŽENÍ KAUKUKOVÉ SMĚSI

Protože samostatný kaučuk by po své vulkanizaci dosahoval nevalných vlastností, míchá se kaučuk s dalšími přísadami, které dávají kaučukové směsi po z vulkanizování požadované vlastnosti, nebo zlepšují zpracovatelské vlastnosti směsi. Základní složkou, kolem které se staví směs, zůstává přírodní nebo syntetický kaučuk ke kterému jsou tyto přísady přimíchávány. Mezi hlavní přísady patří plniva, vulkanizační systém, změkčovadla, maziva, antidegradanty a další speciální přísady dle potřebných vlastností vulkanizátu.

Při navrhování kaučukové směsi je třeba brát v úvahu také její následné zpracování před vulkanizací, kdy například směsi, jež budou vytlačovány a je potřeba udržet přesnost vytlačovaného polotovaru, by neměla obsahovat regenerát, protože tento ovlivňuje tokové vlastnosti a nelze zaručit jeho stoprocentní pravidelné rozložení a rozmístění ve směsi. Množství jednotlivých přísad přidávaných do kaučukové směsi se v gumárenském průmyslu značí DSK – kolik hmotnostních dílů přísady připadá na sto hmotnostních dílů kaučuku. Tedy kolik kg dané přísady má být vmícháno do 100 kg kaučuku. Kromě poměru jednotlivých přísad, může být důležité i pořadí jejich vmíchávání do směsi. Každá firma míchající kaučukové směsi má portfolio směsí, které míchá a své receptury si střeží. Vývoj receptur mající specifické vlastnosti (například odpovídající některým ČSN či EN) a jejich následné zkoušení v certifikovaných laboratořích je finančně nákladné a časově náročné. Celý proces může trvat i měsíce. To jsou důvody, proč nelze v literatuře vyhledat konkrétní receptury, ale jen obecné, jako například

- 100 dsk kaučuku
- 0-4 dsk síry
- 5 dsk ZnO
- 2 dsk stearinu
- 0,5-3 dsk urychlovačů
- 1-3 dsk antioxidantů
- 0-150 dsk plniv
- 0-150 dsk změkčovadel

Jelikož například rozdíl v konfekční lepivosti při přidání kalafuny z 0,1 kg na 0,2 kg v 250 kg směsi může být značný, nelze z takovéto vzorové receptury nic konkrétního vyčíst.

Také dodavatel dané příměsi je velmi důležitý. Ačkoliv dva různí výrobci mohou dodávat zcela tutéž příměs, mohou se následné zpracovatelské vlastnosti gumárenské směsi lišit. Nelze se tedy divit, že i uvnitř firem, zabývajících se mícháním kaučukových směsí, je přístup k recepturám omezen úzkému okruhu pracovníků.

1.1 Kaučuky

Kaučuk je elastomer, který je schopný se z lineárního či rozvětveného stavu chemickou reakcí přeměnit do stavu rovnoměrně zesíťovaného. Tato reakce se u kaučuků nazývá vulkanizací a výrobek vulkanizátem. Mezi elastomery patří například také měkčený polyvinylchlorid, měkčený polyvinylbutyral, polyizobutylen a celá řada termoplastických elastomerů. Kaučuk je základní složkou kaučukové směsi a při vývoji nové směsi je volba kaučuku dle požadovaných vlastností vulkanizátu prvním krokem. Základní rozdělení kaučuků je na kaučuky přírodní a kaučuky syntetické.

1.1.1 Kaučuk přírodní a syntetický

Přírodní kaučuk (Natural Rubber – NR) je cis-1,4-polyisopren získávaný srážením a následným zpracováním latexu. Ekonomicky nejvýznamnější rostlina, ze které se získává latex, je hevea brasiliensis pěstovaná převážně v Thajsku, Indonésii, Malajsii, Indii a Vietnamu. Přírodní kaučuky obsahují přibližně 94 % poly-isoprenu. Zbytek tvoří přírodní pryskyřice, proteiny, popel, voda a nečistoty. Tyto příměsi jsou důvodem, proč se vlastnosti přírodního kaučuku mohou mírně lišit dle původu, ale i podle ročního období sklizně latexu. Z vyschlého latexu si míče vyráběli američtí Indiáni již před více než 500 lety. Po objevení Jižní Ameriky se začala z kaučuku vyrábět nepromokavá obuv a plachty. Vulkanizaci objevili nezávisle na sobě američan Charles Goodyear a angličan Thomas Hancock mezi roky 1839 a 1844.

První syntetický kaučuk „umělý isopren“ zpolymeroval francouzský chemik Bouchardat roku 1879. Obdobný syntetický kaučuk získal roku 1884 Tilden, kdy mu monomerní isopren při skladování nezamýšleně samovolně zpolymeroval. Výrobou syntetického kaučuku se zabývali také ruští chemici I. L. Kondakov a S. V. Lebeděv. Samotná podstata polymerace však byla objasněna až v roce 1910 angličany Strangem a Matthewsem a nezávisle na nich také firmou Bayer. K většímu rozvoji došlo za 1. světové války, kdy došlo k blokádě Německa, a toto se muselo spoolehnout na výrobu syntetického kaučuku. Největší rozvoj ale nastal v Německu ve 30. letech 20. století. V současné době se syntetický kaučuk vyrábí

polymeraci a kopolymeraci z nenasycených mastných uhlovodíků. Nejčastějšími syntetickými kaučuky jsou butadien-styrenový kaučuk, butadienový kaučuk a ethylpropylenový kaučuk. [7] [8]

1.1.2 Charakteristické vlastnosti kaučuků

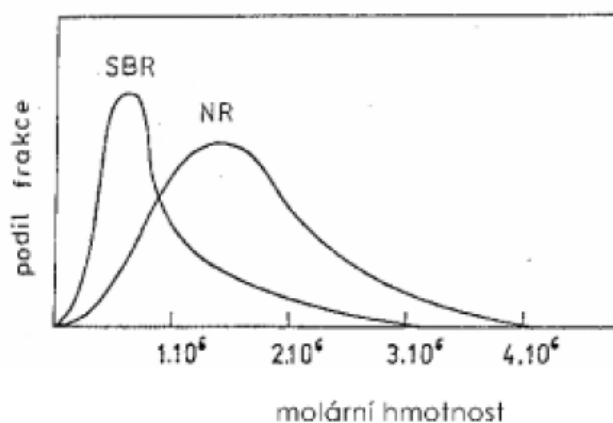
Charakteristickými vlastnostmi kaučuků jsou teplota skelného přechodu T_g , viskozita a vulkanizovatelnost. Tyto vlastnosti je třeba před zpracováváním kaučuku znát a případně je upravit pro lepší míchání gumárenské směsi nebo pro potřebné vlastnosti vulkanizátu.

1.1.2.1 Teplota skelného přechodu

Zatímco reaktoplasty a amorfní polymery se používají pod teplotou skelného přechodu T_g , protože nad touto teplotou měknou a jsou tzv. kaučukovité, vulkanizáty vyrobené z kaučukové směsi se používají nad teplotou skelného přechodu T_g . Pod touto teplotou kaučuky krystalizují a ztrácí své vlastnosti, pro které se používají. Teplota skelného přechodu u většiny kaučuků je od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pokud použitý kaučuk má nevhodnou teplotu skelného přechodu, lze tuto upravit přidáním vhodného změkčovadla. Například polynorboren kaučuk má $T_g +35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Avšak přidáním 200 dsk oleje, sníží jeho teplotu skelného přechodu na $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

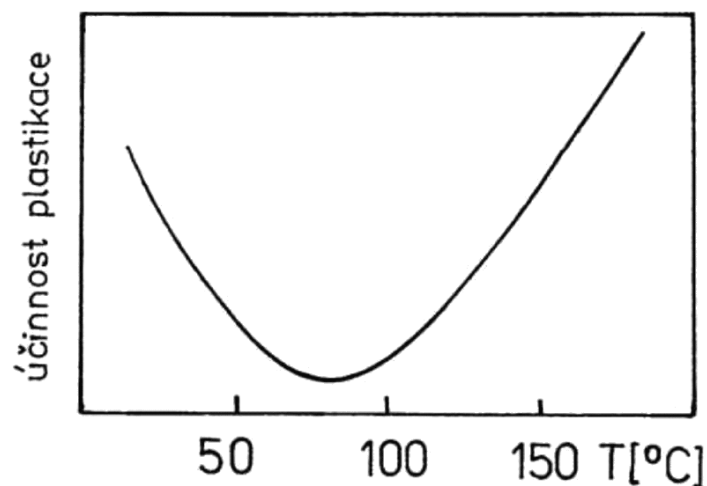
1.1.2.2 Viskozita

Viskozita vyjadřuje schopnost kaučuku být mechanicky hněten. Viskozita kaučuků je závislá na jejich molární hmotnosti a jejímu stupni rozptýlení. S tímto souvisí i jejich zpracovatelnost. Střední molární hmotnost a stupeň rozložení molární hmotnosti je závislá na způsobu výroby kaučuku a průběhu jeho zpracování.



Obrázek 1 Typické distribuční křivky molárních hmotností kaučuků NR a SBR [1]

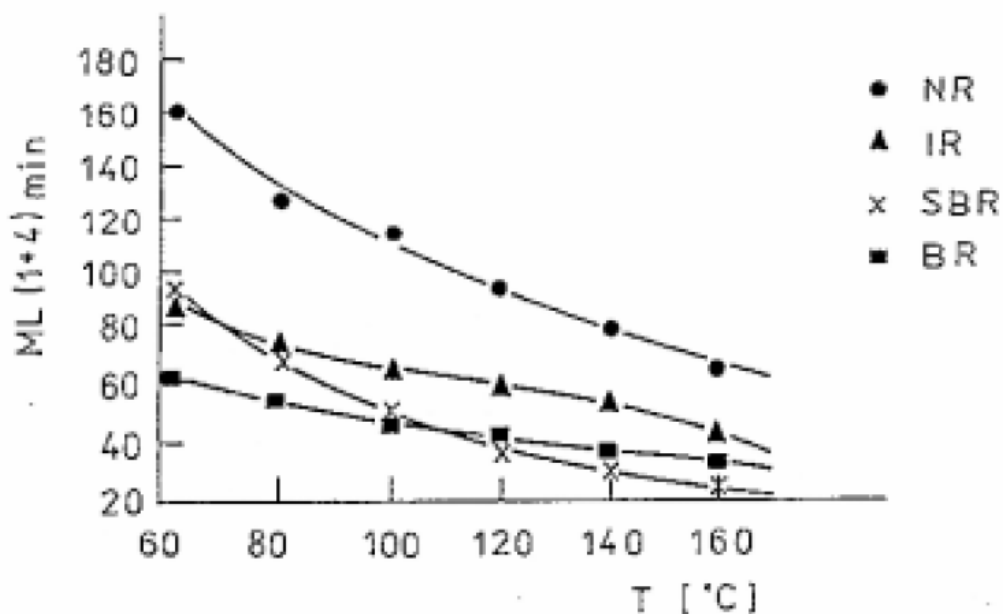
S vysokou střední molární hmotností přímo souvisí zpracovatelnost směsi. Se zvyšující se střední molární hmotností se výsledné vlastnosti vulkanizátu zlepšují, ale tím hůře se do kaučuku vmíchávají plniva a další přísady. Proto se před samotným mícháním směsi provádí u kaučuků takzvaná plastikace. Plastikace přírodního kaučuku se nazývá jako lámání kaučuku, plastikace syntetických kaučuků se označuje jako jejich odbourávání. Syntetické kaučuky se v dnešní době častokrát dodávají ve zpracovatelném stavu, s požadovanou střední molární hmotností. Principem plastikace je za pomoci intenzivního mechanického hnětení štěpit makromolekuly na části zakončené volným radikálem. K plastikaci dochází, pouze pokud jsou přítomny látky schopné stabilizovat vznikající polymerní radikály. Takovou látkou je běžně kyslík. Účinnost plastikace závisí na teplotě.



Obrázek 2 Závislost účinnosti plastikace přírodního kaučuku na teplotě [2]

Plastikace se provádí buď na chlazených dvouválcích pod teplotou 90 °C, nebo v hnětacích strojích za teplot okolo 140 °C. Aby při míchání gumárenské směsi nedocházelo k dalším nadměrné plastikaci kaučuku, mají se gumárenské směsi míchat v teplotách okolo 90 °C až 100 °C. Z ekonomických důvodů se stále častěji zahrnuje plastikace kaučuku a míchání gumárenské směsi do jedné technologické operace.

Se snižující se teplotou viskozita kaučuků roste, a to tím více, čím se blížíme k teplotě skelného přechodu. S růstem teploty jejich viskozita v důsledku poklesu mezimolekulárních soudržných sil klesá. [1] [2]



Obrázek 3 Závislost viskozity Mooney na teplotě [3]

1.1.2.3 Vulkanizovatelnost

Kaučuky o požadované střední molární hmotnosti a jejich směsi s přísadami se vyznačují schopnostmi měnit snadno tvar působením napětí. Deformace je plastická, nevraná zejména při vyšších teplotách. Vulkanizát však musí mít tvar stabilní, který kaučuk (kaučuková směs) získá vulkanizací.

Vulkanizát má oproti kaučuku rozdílné vlastnosti. Vymizí plastická deformace a vulkanizát se stává extrémně elastickým – hyperelastickým. Také v rozpouštědlech pouze bobtnají a nerozpouští se. Teplota skelného přechodu vulkanizátu je o málo vyšší než T_g použitého kaučuku a sklon k samovolné krystalizaci je nižší [16]

1.1.3 Základní rozdělení kaučuků

Podle hlavních oblastí použití kaučuků se dělí na kaučuky všeobecné, kaučuky olejovzdorné a kaučuky teplovzdorné. Tabulka č. 1 zobrazuje rozdělení jednotlivých kaučuků do těchto skupin, jejich procentuální spotřebu a zkratku, pod kterou se mezinárodně označují.

Tabulka 1 Hlavní kaučuky, jejich značení a určení a relativní spotřeba [2]

Zkratka	Název	Spotřeba [%]	Určení
NR	přírodní kaučuk	31	pro všeobecné použití
IR	izoprenový kaučuk	2	
SBR	butadien-styrenový kaučuk	36	
XSBR	karboxylovaný SBR		
YSBR	termoplastický SBR		
BR	butadienový kaučuk	16	
XBR	karboxylovaný BR		
EPM	ethylen-propylenový kaučuk	7	
EPDM	ethylen-propylendienový kaučuk		
IIR	butylkaučuk	3	
CIIR	chlorbutylkaučuk		
BIIR	brombutylkaučuk		
NBR	butadien-akrylonitrilový kaučuk	2	olejovzdorné
XNBR	karboxylovaný NBR		
CR	chloroprenový kaučuk	1	
XCR	karboxylovaný CR		
CSN	chlorsulfonovaný polyetylen		
AU (polyester)	uretanový kaučuk	1	
EU (polyester)			
ACM	akrylátový kaučuk	0,5	
OT	polysulfidový kaučuk	0,1	
MQ	silikonový kaučuk	0,1	
MVQ			
MPVQ			
FPM, FKM	fluorouhlíkový kaučuk	0,1	
FFKM, CFM			
CO	epichlorhydrinový kaučuk	0,01	
ECO	etylenoxidchlorhydrinový kaučuk		
GPO	propylenoxidový kaučuk		

1.1.3.1 Kaučuky pro všeobecné použití

Z těchto kaučuků se vyrábí většina pryžových výrobků pro běžné užití – pneumatiky, hadice, dopravníkové pásy, a další. U těchto kaučuků jsou nejčastějším plnivem saze. V hlavním řetězci svých makromolekul obsahují dvojné vazby, proto se nazývají nenasycenými a k jejich vulkanizaci se používá síra. Tato dvojná vazba způsobuje jejich snadnou degradaci

a je proto nutné použít ve směsi antidegradanty. Kaučuky EPM tuto dvojnou vazbu neobsahují vůbec a kaučuky EPDM pouze v pobočných řetězcích. Především u butylkaučuků se pro lepší odolnost vůči zvýšeným teplotám používají jako vulkanizační činidlo pryskyřice. Pro kaučuky EPM a EPDM se pro zvýšenou odolnost za tepla jako vulkanizační činidlo používají dialkylperoxydy. Takto z vulkanizované EPDM (s užitím nadouvadla) se užívá například jako těsnění dveří a oken u automobilů.

Kaučuky pro všeobecné použití jsou rozpustné v aromatických uhlovodících a chlorovaných rozpouštědlech, avšak vulkanizáty v nich botnají. Taktéž botnají v olejích, avšak v kaučukových směsích fungují oleje jako změkčovadla.

1.1.3.2 Olejovzdorné kaučuky

Olejovzdornost těmto kaučukům dává jejich polárnější charakter, přičemž čímž polárnější kaučuk je, tím polárnějším olejům odolává. Od nepolárního chloroprenového kaučuku, přes polárnější butadien-akrylonitrilové kaučuky, chlorsulfonovaným polyethylenem, epychlorované polymery až po nejodolnější fluorouhlíkové kaučuky, které jsou odolné prakticky všem tekutým palivům a olejům. Jsou však také nejdražší.

1.1.3.3 Teplovzdorné kaučuky

Nejpoužívanějším teploodolným kaučukem jsou kaučuky silikonové. Jedná se o kaučuky mající v hlavním řetězci skupinu -Si-O-. Jsou použitelné od teplot $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ až po $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Speciální typy až do teploty $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž jejich vlastnosti se s teplotou mění jen nepatrně. Používají se k izolaci tepelně namáhaných vodičů a pro tepelně namáhané pryžové součásti. Pro jejich dobrou snášenlivost s lidským organismem se používají i ve zdravotnictví, nebo jako dudlíky, kousátka a podobně. Nejodolnější jsou fluorouhlíkové kaučuky se speciálním vulkanizačním systémem a následně stabilizované dovulkanizací. Takovéto pryže lze dlouhodobě zatěžovat až do $230\text{ }^{\circ}\text{C}$. [2][3]

1.2 Plniva

Jedná se většinou o látky tuhé konzistence, jež významně mění vlastnosti gumárenské směsi i vlastnosti vulkanizátu. Plniva mají velmi malé částice o velkém povrchu a musí být dobře dispergovatelné v kaučukové směsi. Jejich koncentrace je v řádech desítek dsk, není výjimkou ani 150 až 200 dsk. Z hlediska jejich vlivu na vlastnosti pryže se dělí na plniva aktivní, poloaktivní a neaktivní. Jejich druh a množství ovlivňují tvrdost, modul, pevnost, odolnost k oděru a botnání. Hlavní dělení je na saze a světlá plniva.

1.2.1 Saze

V gumárenském průmyslu se nepoužívají kterékoliv saze, ale saze speciálně vyráběné pro toto průmyslové odvětví. Získávají se nedokonalým spalováním organických látek. Neobsahují anorganické nečistoty a extrahovatelné organické látky, které jsou obsaženy v sazích vznikajících hořením dřeva, uhlí a motorových paliv. Mají své názvosloví, kvalifikaci, dané vlastnosti, které musí splňovat. Jde o téměř čistý uhlík s malým podílem kyslíku a vodíku. Složení gumárenských sazí:

- 95 % až 99 % uhlíku
- 0,1 % až 3,5 % kyslíku
- 0,3 % až 0,6 % vodíku

Jelikož je kyslík obsažen převážně ve formě kyselých fenolických, karboxylových a dalších skupin, se stoupajícím obsahem kyslíku stoupá i kyselost sazí. Zvýšená kyselost zpomaluje sirnou vulkanizaci a je na toto nutné myslet při skladbě a množství vulkanizačního systému.

Saze jsou dodávány buď ve formě prachu, nebo z důvodu lepší manipulace a snížení prašnosti při jejich následném zpracovávání se čím dál častěji lisují do pelet či granulují. Dle způsobu výroby se značí C – saze kanálové, F – saze retortové, T – saze termické.

Kanálové saze – výtěžnost výroby je velmi nízká, proto je tento postup výroby na ústupu. Obsahují nejvíce kyslíku, jejich kyselost je až 4 pH. Jedná se o aktivní saze s dobrými ztužujícími vlastnostmi.

Retortové saze – nejpoužívanější gumárenské saze. Retortové saze tvoří okolo 95 % sazí používaných v gumárenském průmyslu. Vyrábí se v širokém sortimentu jako aktivní i poloaktivní a výtěžnost při výrobě těchto sazí je mnohem větší než u sazí kanálových.

Termické saze – mají velké částice, jde o saze neaktivní nebo málo aktivní

Mezi hlavní vlastnosti gumárenských sazí, které ovlivňují vlastnosti kaučukové směsi i vulkanizátu jsou struktura, povrch částic a chemický charakter povrchu. Chemický charakter ovlivňuje průběh vulkanizace a schopnost interakce sazí s kaučukem při míchání. Struktura a povrch částic ovlivňují hlavně vulkanizát. [1]

1.2.2 Světlá plniva

Pro světlé a bílé výrobky se používají tzv. světlá plniva. Jedná se o anorganické sloučeniny, které však oproti sazím mají nižší ztužující účinek. Výjimkou je speciální typ oxidu

křemičitého. Jako světlá plniva se užívají křemičitany, uhličitany a sírany – mletý křemen, křemelina, kaolín, slída, klouzek, mletý vápenec, křída a mnoho dalších. [2]

1.3 Vulkanizační činidla

Za vulkanizační činidla lze označit všechny chemické látky, jež chemickou reakcí vytváří příčné vazby mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. V praxi se používají jen některé – síra, reaktivní pryskyřice, peroxidy či oxidy kovů. Jejich objem v gumárenských směsí není velký, obvykle v jednotkách dsk.

1.3.1 Síra

Síra je nejpoužívanějším vulkanizačním činidlem. Uplatňuje se s přírodními kaučuky, butadienovými, butylkaučuky a některými syntetickými kaučuky. Pro získání tvrdé pryže se dává 35 až 50 dsk. Používá se krystalická křída nebo v menší míře křída polymerní, tzv. nerozpustná. Mezi sirné vulkanizační činidla lze zařadit také donory síry.

Rozpustná síra je žlutavý prášek o čistotě 99,0 až 99,8 % s teplotou tání 112 až 119 °C. Její rozpustnost v kaučuku je závislá na typu kaučuku, do kterého je vmíchávána. V přírodním kaučuku se rozpouští v množství 1,6 až 7 % v závislosti na teplotě. Pokud je toto množství síry v kaučuku překročeno, dochází k vystupování síry na povrch směsi či vulkanizátu, takzvanému výkvětu. Zatímco na vulkanizátu je výkvět síry pouze vzhledovou vadou, výkvět na povrch směsi razantně snižuje její konfekční lepivost, což může činit problémy při následném zpracovávání.



Obrázek 4 Výkvět na výlisku

Nerozpustná síra je lineární polymer, který při vulkanizaci depolymeruje na síru rozpustnou. Při použití nerozpustné síry se jí nahrazuje jen část dávkování síry. Nevykvétá na povrch a při skladování nezhoršuje bezpečnost směsi.

Jako **donory síry** jsou nejčastěji označovány organické disulfidy a tetrasulfidy. Nejpoužívanější je dimorfolinodisulfid, známý pod obchodním názvem Monsanto. Jde o šedý prášek s obsahem síry 26 až 29 %, s teplotou tání nad 123 °C. Při vulkanizaci uvolňuje přes 25 % síry, vulkanizát se vyznačuje odolností proti zvýšeným teplotám. Jelikož se síra uvolňuje až při vulkanizaci, nehrozí riziko jejího výkvětu.

1.3.2 Reaktivní pryskyřice

Vulkanizační systém na bázi fenolických pryskyřic se u vybraných kaučuků používá pro odolnost vulkanizátu proti vysokým teplotám. Užívají se u butylkaučuků, chloroprenových kaučuků či dibrompolybutadien kaučuků. Dávkují se ve 3 až 5 dsk. Jejich vulkanizační rychlost je pomalá, proto se vulkanizují za vyšších teplot, až 200 °C.

1.3.3 Peroxidy

Peroxidycké vulkanizační systémy se používají k vulkanizaci nasycených kaučuků, které není možné vulkanizovat sírou. V průběhu vulkanizace dochází ke složitým chemickým reakcím, jejichž výsledkem jsou příčné vazby typu uhlík - uhlík. Jelikož jsou peroxidy sloučeniny energeticky bohaté, používají se jen nejstabilnější sloučeniny. Převážně to je dikumylperoxid a dibenzoylperoxid používající se k vulkanizaci silikonového kaučuku.

1.3.4 Oxidy kovů

Nejčastěji se jedná o vulkanizaci směsí 4 dsk oxidu hořečnatého a 5 dsk oxidu zinečnatého chloroprenových kaučuků. Dříve se k vulkanizaci užívaly také oxidy olova (PbO, PbO₂ a Pb₃O₄). Ze zřejmých důvodů se již neuvžívají. [1]

1.4 Aktivátory vulkanizace

Aktivátory vulkanizace zvyšují koncentraci příčných chemických vazeb vznikající při vulkanizaci, tím zvyšují síťovací účinnost vulkanizačního systému. Bez aktivátorů by pro dosažení stejného počtu příčných vazeb bylo zapotřebí vyšších koncentrací vulkanizačního činidla. Druh aktivátoru v gumárenské směsi závisí na druhu použitého vulkanizačního činidla. Rozlišují se tak tři typy aktivátorů. Aktivátory pro vulkanizaci sirnou, peroxidickou a radiační.

Jako vulkanizační **aktivátor pro sирnou vulkanizaci** se nejčastěji používá oxid zinečnatý. Nejúčinněji působí s přírodním kaučukem, kde účinnost zvyšuje až pětkrát. U jiných kaučuků je účinnost nižší, okolo 60 %. Užívá se také uhličitan zinečnatý a oxid kademnatý. Pro správnou funkci těchto aktivátorů se do směsi přidávají mastné kyseliny, například kyselina stearová, a to v přímé úměře k plnění směsi v dávkách 0,5 ž 3 dsk.

Z výše popsaného je zřejmý důvod, proč se v průběhu výroby gumárenských výrobků s úspěchem používá stearan zinečnatý jako separační prostředek. V průběhu vulkanizace se ze separačního prostředku stane součást vulkanizačního systému a vulkanizát se stává homogenním. [1] [3]

1.5 Urychlovače vulkanizace

První urychlovač vulkanizace byl objeven již roku 1906. V dnešní době se používá více než sto různých urychlovačů, jen několik desítek se jich používá ve větším množství. Nejpoužívanějších, základních, je však jen několik.

Obecně se dá říci, že použitím urychlovačů je vulkanizační reakce rychlejší, účinnější, za užití menšího množství síry a nižší teploty. Jejich užitím tak lze snížit dávkování síry z 9 dsk na 0,5 až 3 dsk. Užitím nižších vulkanizačních teplot se sníží náklady za energie. Nižšími teplotami vulkanizace se chrání některé složky směsi před jejich degradací, ale také materiály užití v konstrukci výrobku, například textil. Při vysokých teplotách vulkanizace může vznikat větší podíl nežádoucích látek, zhoršující využití síry. Urychlovače vulkanizace lze rozdělit podle chemického složení (guanidiny, thiazoly, ...), bezpečnosti, modulu a řady dalších vlastností. Ze zpracovatelského hlediska se však většinou dělí podle rychlosti, s jakou dosahují optima vulkanizace.

Tabulka 2 Rozdělení urychlovačů sírné vulkanizace dle rychlosti vulkanizace [1]

Typ urychlovače	Obsah síry [dsk]	Teplota [°C]
Pomalé	3 až 4	145 až 155
Rychlé	1,5 až 3	135 až 150
Velmi rychlé	1 až 2	125 až 140
Ultraurychlovače	0,5 až 1,5	100 až 125

Použití ultrarychlých organických urychlovačů zkracuje vulkanizace z téměř hodin na minuty. Lze tak ve výrobě použít průběžnou vulkanizaci, vulkanizaci v teplé vodě nebo

odležením. U takto urychlených gumárenských směsí je velmi krátká doba zpracovatelnosti a je zvýšené hrozící riziko předčasné vulkanizace, takzvané navulkanizace.

Účinnost není závislá jen na povaze urychlovače, ale také na druhu použitého kaučuku, poměru koncentrace urychlovače ke koncentraci síry a částečně na druhu a množství plniva, přičemž lze říci, že s přibývajícím plnivem je třeba zvýšit i objem urychlovače. Poměr koncentrace urychlovače ku poměru koncentrace síry je od 0,2 do 5 a se zvyšujícím se poměrem je účinnější. Množství urychlovače ve směsi bývá nejčastěji okolo 1 dsk. Toto množství lze zvýšit k 5 dsk, výjimečně až 15dsk. Při vyšších koncentracích může docházet k výkvětu, který lze omezit vhodnou kombinací urychlovačů, nebo dalšími přísadami. Pro běžné kaučukové směsi se lze řídit empirickým pravidlem

$$\gamma = 100 \times \sqrt{U \times S}$$

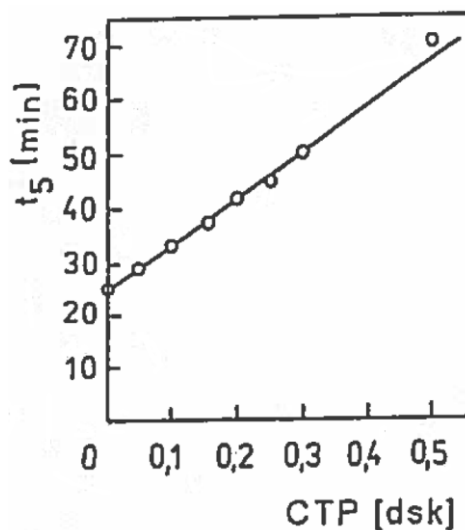
Kde U je koncentrace urychlovače v dsk, S je koncentrace síry v dsk a γ je síťová hustota pryže vyjádřená v mol m⁻³. Za optimální síťovou hustotu se označuje pryž s hodnotou 120 až 150 mol m⁻³.

Urychlovače vulkanizace mají vliv i na další vlastnosti vulkanizátu. Zvyšují jeho pevnost, teploodolnost, modul, odolnost proti stárnutí, opotřebení, oxidační stárnutí a dynamické únavě. [2]

1.6 Retardéry vulkanizace, inhibitory navulkanizace

Jelikož po zamíchání gumárenské směsi bývá tato dále zpracovávána válcováním, pasírováním, vytlačováním a jinak, je nutné zabezpečit, aby při tomto tepelném namáhání nezačalo docházet k počátku síťování – navulkanizaci. Proto se začali do směsí přidávat **retardéry vulkanizace**, které oddalují nástup vulkanizace. Vesměs jsou to látky kyselé povahy, přidávané v množstvích okolo 0,5 dsk a oddalující síťovací reakci o 8 až 10 minut. Retardéry vulkanizace bohužel také zpomalují samotnou vulkanizaci.

Proto se začali hledat látky nové, které by oddálily nástup síťovací reakce, ale samotnou vulkanizaci by neovlivnily. Jedná se o **inhibitory navulkanizace**. Nejpoužívanější a neúčinnější inhibitor navulkanizace je znám pod obchodními názvy Duslin nebo Santogard PVI. Prodloužení zpracovatelské bezpečnosti a množství inhibitoru má lineární charakter. Již množství 0,1 dsk prodlužuje zpracovatelskou bezpečnost o 5 až 10 minut při 120 °C.



Obrázek 5 Závislost zpracovatelské bezpečnosti gumárenské SBR směsi při 120 °C na koncentraci Duslinu ve směsi [1]

1.7 Antidegradanty

Jako antidegradanty jsou označovány látky, které zpomalují následky nepříznivých vlivů na výrobek.

Před účinky kyslíku chrání pryž **antioxidanty**. Obvykle se dávkuje v množství 1 až 3 dsk. Při vyšších dávkách již účinek nevzrůstá. Některé antioxidanty mohou zbarvovat světlé pryže. Nejsilnější antioxidanty dokonce barví předměty, které s pryží přijdou dlouhodobě do styku. Antioxidanty lze rozdělit dle jejich působení na antioxidanty, které blokují peroxidické radikály (Bisalkofen BP, Antioxidant 4, Montecelere) a nepreventivní antioxidanty, které reagují již s primárně vznikajícími hydroperoxidy na neaktivní produkty (Antioxidant MB). Nejúčinnější antioxidační systém je tvořen kombinací obou druhů.

Antiozonanty jsou látky, které chrání pryž proti škodlivým účinkům ozonu. Jelikož ozon reaguje s povrchem pryže, neproniká do hloubky, důležitou vlastností antiozonantů je schopnost migrace k povrchu výrobku, kde plní svou funkci. Dávkuje se v množství 1,5 až 3 dsk. Stejně jako antiozonanty se většinou jedná o barvicí látky. Lze je rozdělit dle podstaty jejich účinku. Ochota reakce kaučuku souvisí s dvojnými vazbami. Nasycené kaučuky, například silikonové, jsou k ozonu téměř netečné.

Chemické antiozonaty (Dusantox IPPD, Santoflex 13) migrují k povrchu pryže, kde reagují s ozonem ochotněji než pryž. Některé jsou zdravotně závadné.

K fyzikální ochraně se používají převážně vosky a mikrokristalické parafíny. V pryži jsou jen částečně rozpustné, po vulkanizaci vykvetou na povrch, kde vytvoří tenkou ochrannou vrstvu, kterou ozon nepronikne. Proto je nevhodný pro dynamicky namáhané prvky. Nejlepší ochranu však tvoří kombinace chemické a fyzikální ochrany. [1]

1.8 Změkčovadla

Změkčovadla jsou většinou kapaliny či pryskyřice snadno rozpustné v kaučucích parafin, asfalty, oleje, smoly, kalafuna, smrkový dehet a další. Látka difunduje mezi řetězce kaučukových uhlovodíků a tím snižuje mezimolekulární soudržnost. Do kaučukové směsi se vmíchávají k usnadnění míchání samotné směsi, ale i v následném zpracovatelském procesu – válcování, vytlačování apod. Lineárně snižují její tuhost, a to se projevuje i na vulkanizátu. Množství změkčovadla ovlivňuje také modul. U sazemi plněného SBR lze hodnotu modulu (M_{300}) orientačně vypočítat

$$M_{300} = 0,002 U \times S \frac{C_S - 12}{\left(1 + \frac{C_Z}{100}\right)^4} \times OA$$

Kde M_{300} je modul v MPa, U je koncentrace urychlovače v dsk, S je koncentrace síry v dsk, C_S je obsah sazí v dsk, C_Z je obsah změkčovadla v dsk a OA je hodnota olejové absorpce sazí v ml/100 g. [1]

1.9 Zvláštní přísady

Jedná se o látky dávající vulkanizátu speciální vlastnosti, které se využijí jen ve specifických podmínkách a situacích. Proto se přidávají jen do některých směsích.

Pokud pryž není transparentní nebo černá, byly do směsi přidány **pigmenty**, které směs obarvují do požadované barvy. Přidávají se do směsi v množství 5 až 10 dsk. Při použití pigmentů musí být zaručena jejich barevná stálost za vysokých teplot v průběhu vulkanizace. Pigmenty lze rozdělit na pigmenty organické a anorganické. Organické pigmenty si vždy musí podbarvit podkladovou bílou barvou. Příklad pigmentačních látek:

- Titanová běloba (TiO_2) – bílá barva
- Červeň H (Fe_2O_3) – červený odstín
- Ultramarin – modrá barva
- Saze (0,12 dsk + titanová běloba) – šedá barva



Obrázek 6 Barevné gumárenské směsi

Pro snadnější stabilizaci tvaru a zlepšení hladkosti povrchu se do gumárenské směsi přidávají **faktisy**. Dávkuje se v jednotkách až desítkách dsk. Při vyšších koncentracích je pryž měkká a vláčná, vhodná například k povlakování tiskařských válců. K výrobě stěracích pryží se používají koncentrace až stovky dsk.

K výrobě porézní pryže se do gumárenské směsi přimíchávají **nadouvadla**. Jedná se o látky, které se za zvýšených teplot rozkládají a plynná složka, nejčastěji oxid uhličitý nebo dusík, vytvoří uzavřené nebo otevřené póry. Vzniká tak houbová, mechová pryž. V současné době se používají převážně organická nadouvadla (Chempor, Porofor N a další)

V provozech se zvýšeným rizikem požáru mohou být požadovány zvýšené požadavky na nehořlavost výrobků jež v tomto prostředí pracují. Proto se do směsí přidávají **retardéry hoření**. Jako přísady se do kaučuků používají především oxid antimonitý. Nehořlavost lze podpořit vhodně zvoleným kaučukem, například polychloroprenem. [2]

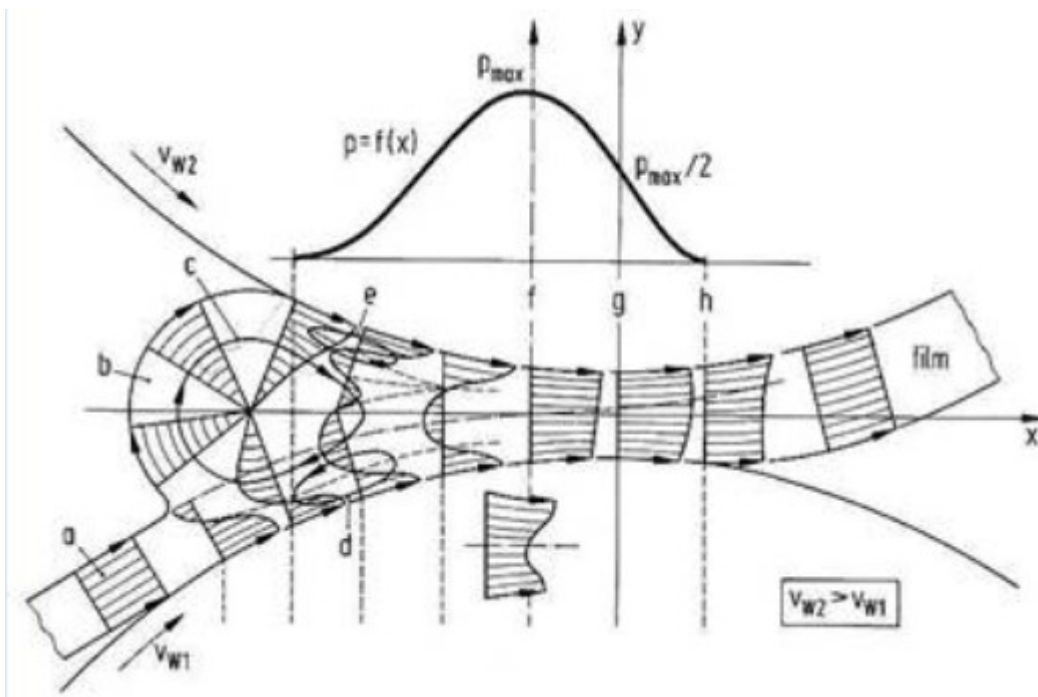
2 MÍCHÁNÍ GUMÁRENSKÝCH SMĚSÍ

Počátek výroby pryžového vulkanizátu, míchání gumárenské kaučukové směsi, je velmi důležité. Podmínky míchání mají vliv na kvalitu následujícího zpracování směsi i na výslednou kvalitu pryže. Proto je nutné zajistit správné podmínky míchání, technologickou kázeň, opakovatelnost celého procesu. Při míchání je nutné zajistit stejnoměrné rozložení všech jednotlivých složek v celém objemu směsi. Například při špatném rozložení plniva nebo změkčovadla bude v různých částech směsi různá viskozita. Při následném zpracovávání směsi ve vytlačovacím stroji nebude možné nastavit správné podmínky vytlačování, protože správné nastavení v jedné části kaučukové směsi bude vlivem rozličné viskozity v jiné části směsi nastavení špatné.

Toto vše je navíc komplikováno velmi rozdílnými vlastnostmi a konzistencemi jednotlivých složek kaučukové směsi. Kaučuky, za běžných teplot chovající se jako podchlazená kapalina, se v průběhu míchání chovají viskoelasticky a to ještě závisle na jejich teplotě. Změkčovadla jsou kapaliny nebo pasty, u kterých je nutné zajistit co největší plochu dotyku s kaučukem, aby difuze změkčovadla proběhla co nejrychleji. Protože na mikroskopické úrovni probíhá difuze i po zamíchání směsi, je tuto nutné před dalším zpracováním nechat odležet. Plniva jsou prášky, které ovlivňují tokové vlastnosti směsi. Aglomeráty tvořené částicemi plniva se v průběhu míchání musí rozpadnout a následně rovnoměrně rozmístit ve směsi. Také příměsi, jejichž jednotlivé množství se pohybuje v jednotkách dsk není snadné ve směsi správně distribuovat. Směsi se míchají na dvouválcích, v hnětičích nebo v kontinuálních hnětičích. [3]

2.1 Dvouválec

Nejstarším způsobem míchání gumárenských směsí je za použití dvouválců. Ačkoliv je nejstarší, je stále velmi hojně používaný a v určitých situacích nejefektivnější. Dvouválec se skládá ze dvou masivních rovnoběžných horizontálních kovových válců, které jsou temperovány vodou nebo párou. Směr otáčení proti sobě, aby materiál procházel mezerou mezi nimi shora dolů. Šíře mezery mezi válci (šterbina, skus) je stavitelná. Častokrát lze také měnit poměr rychlostí válců (skluz, frikční poměr), který bývá v rozmezích 1:1,05 až 1:1,2, kdy přední válec je vždy pomalejší. S rostoucím frikčním poměrem roste disipační energie, a tedy teplota míchané směsi. Velikost smyku lze ovlivnit velikostí skluzu a skusu. Smykové poměry dvouválce jsou zobrazeny na obrázku 7.



Obrázek 7 smykové poměry ve směsi při míchání na dvouválci [5]

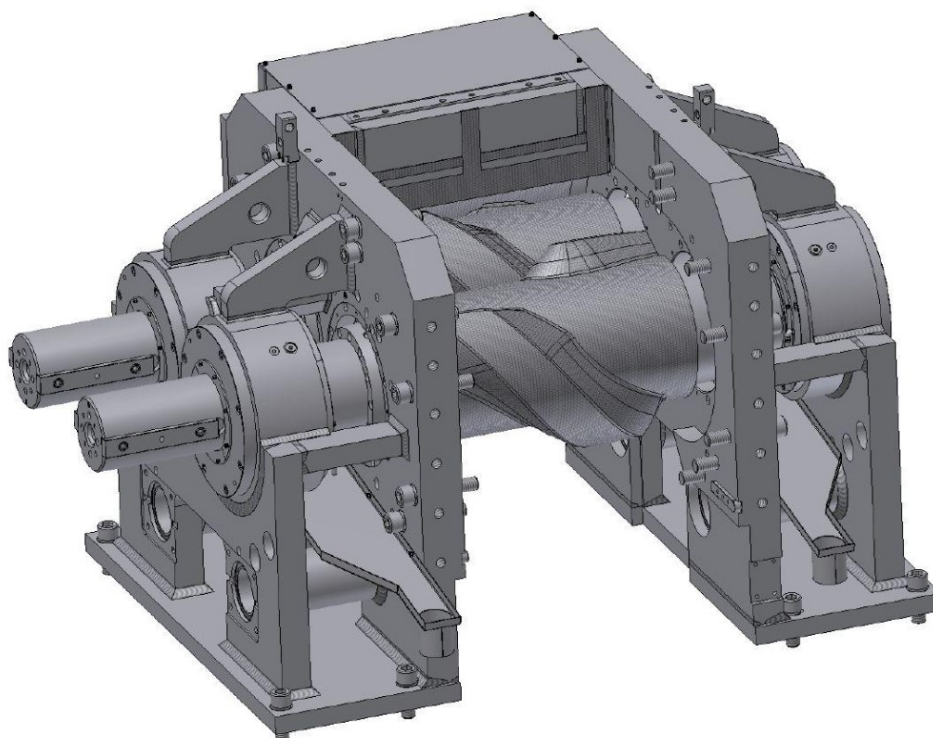
K promíchávání surovin dochází na rozhraní štěrbinu a návalku. Smykové síly působí v relativně malém objemu směsi, je tedy snadné udržet nízkou teplotu míchané směsi. Opásaný musí být přední válec, u kterého stojí obsluha. To je zajištěno jeho nižší rychlostí a nižší teplotou. Přesto jsou směsi, které mají tendence opásat zadní válec.

Dvouválce se vyrábí od malých, na kterých se míchají laboratorní směsi až po velké, na kterých je možné zamíchat 50 až 100 kg směs. Protože oblast smyku tvoří jen malou část míchané směsi, je míchání pomalé, 20 až 40 minut. Kvalita zamíchané směsi závisí na zkušenostech a zručnosti obsluhy, která směs v průběhu míchání prokrajuje zleva, zprava, prořezává a kříží. Také přidává jednotlivé suroviny, které musí přidávat ve správný okamžik a daným způsobem. Lidský faktor je u válcových směsi jen velmi těžko kontrolovatelný. Ovlivnění vmíchávání přísad lze eliminovat částečnou automatizací jejich přidávání. Míchání přísad většinou probíhá v postupu pryskyřice, antidegradanty, faktisy, barviva a plniva se změkčovadly. Plniva a změkčovadla je největší objem a při jejich vmíchávání se postupně zvětšuje skluz válce podle velikosti návalku. Vuklanizační systém se dávkuje až ke konci míchání. Po zamíchání se směs z válce seřezává pomocí přípravků do nekonečného pásu a po průchodu separačním prostředkem a chladícím zařízením ukládána na pelety, nebo směs pracovník vyřezává do plachet, chladí na chladících stolech a následně prokládá na paletu.

Kromě míchání směsí se dvouválcce používají také k plastikaci kaučuku, chlazení a homogenizaci směsi po výstupu z hnětiče nebo k přehřevu a zásobě směsi pro další zpracování (například pro pogumování textilu). Nejčastěji se používají pro barevné směsi, kde díky nižší teplotě oproti hnětičům nedochází k degradaci pigmentů. Směsi náchylné k navulkanizaci, směsi lepivé nebo velmi tvrdé. Také pro laboratorní míchání zkuškových směsí o malých hmotnostech nebo vmíchávání vulkanizačního systému u dvoustupňových směsí. [5] [9] [15]

2.2 Hnětiče

Hnětiče se skládají ze dvou protichůdně se otáčejících rotorů v uzavíratelné komoře. Rotory zajišťují příčný pohyb materiálu v komoře. Ve vrchní části je násypka a pohyblivý klát, který uzavírá komoru a zajišťuje v ní tlak. Ve spodní části je výpuště, která po zamíchání zajišťuje odvod gumárenské směsi. Oproti dvouválcům jsou efektivnější v míchání, protože k němu dochází mezi tvarovanými rotory, ale i mezi rotory a stěnou komory. Lidský faktor má mnohem menší vliv na kvalitu zamíchané směsi. Hnětiče se vyrábí od malých laboratorních s velikostí komory 3 l až po hnětiče s velikostí komory přes 400 l. Doba míchání se počítá v řádech jednotek minut, obvykle do deseti a teplota míchané směsi je okolo 140 °C.



Obrázek 8 Vysokotlaký hnětič firmy Buzuluk [6]

Jelikož je míchání v hnětičích velmi intenzivní, oproti dvouválcům mají vyšší frikční poměr, je ve směsi značná disipace energie a hnětadla i komora hnětiče musí být chlazeny vodou. V průběhu míchání směsi lze ovládat velikost štěrbiny, tlak přítlačného klátu a teplotu hnětiče. Při prvotním určení velikosti míchané směsi, určení plnicího faktoru pro danou směs, je třeba brát v úvahu objem míchací komory v poměru k hustotě a množství jednotlivých složek. Plnicí faktor lze určit experimentálně, nebo přibližně podle vzorce

$$\text{dávka [kg]} = \text{objem komory [l]} \times \text{plnicí faktor} \times \text{hustota směsi}$$

Efektivní zaplnění komory zvyšuje tlak klátu, který také zefektivňuje míchání. Jednotlivé složky směsi se přimíchávají postupně, horní klát se zvedne, násypkou se spustí přísada a klát opět dosedne a tvoří tlak v komoře. Do některých hnětičů lze tekutá změkčovadla dávkovat v průběhu míchání tomu určenými kanály.

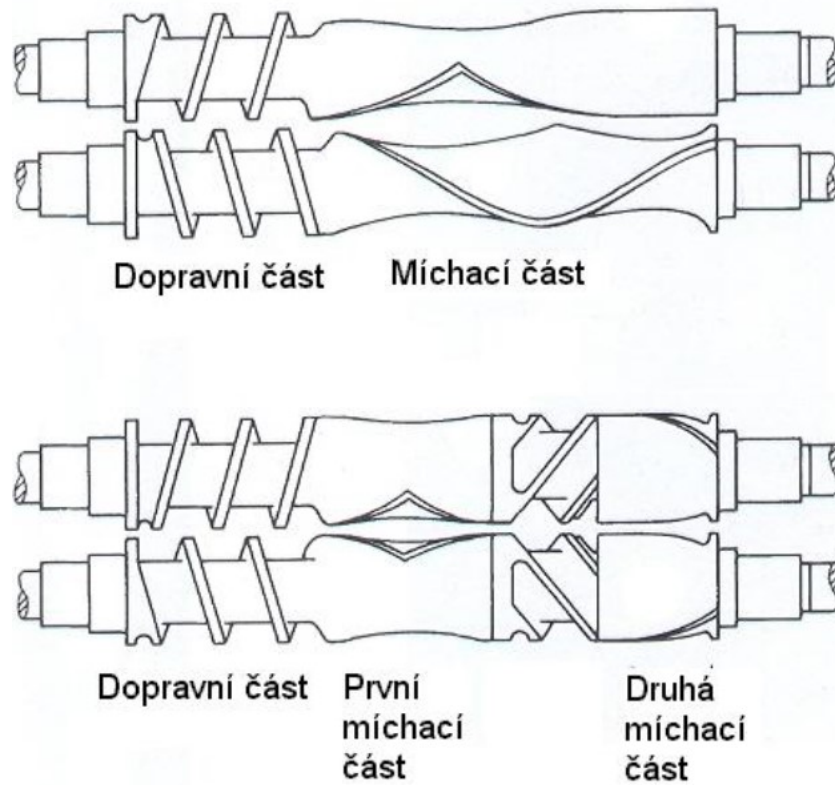
Po zamíchání směsi se výpustí vypustí na homogenizační chladicí dvouválc, kde se směs ochladí a zhomogenizuje. Z dvouválců pokračuje do vany se separačním prostředkem a přes chladicí zařízení je ukládáno na paletu ve formě pásu. Protože hnětič má mnohem větší objem než dvouválc, jsou pod hnětičem válce 2 až 4, aby byla zajištěna kontinuita výroby, možnost míchání další směsi v hnětiči.

Směsi s krátkou dobou zpracovatelnosti je možné míchat dvoustupňově. V prvním stupni se zamíchá směs bez přidání vulkanizačního systému. Takto může být zamícháno několik šarží po sobě. Směs je ochlazená a může zůstat i týdny bez nebezpečí navulkanizace. V průběhu této doby jsou beče (první stupně míchání) odebírány a je do nich v druhém stupni vmíchán vulkanizační systém a následně směsi rychle zpracovány. Druhý stupeň už musí být míchán při nižších teplotách okolo 100 °C, aby byla minimalizována nežádoucí plastikace kaučuku. Dvoustupňově mohou být míchány i směsi, které neodolávají zvýšeným teplotám v hnětiči. Při vypuštění prvního stupně z hnětiče jsou ochlazeny na chladícím homogenizačním dvouválci a na následujícím dvouválci vmíchán vulkanizační systém za nižší teploty než v hnětiči. [4] [6] [9]

2.3 Kontinuální hnětiče

Kontinuální hnětič má tvar vytlačovacího stroje, obvykle se dvěma souběžnými nebo protiběžnými, speciálně tvarovanými šneky. Šneky mají zcela odlišnou dopravní část a část míchací. Protože se do kontinuálních hnětičů špatně dostávají kaučuky v jejich obvyklé formě, jsou vhodné hlavně pro práškové kaučuky. Při míchání mají špatnou dispergaci

složek, proto je nutné směs důkladně přemíchat. Jsou vhodné převážně pro nízkosložkové směsi. Z těchto důvodů jsou jen málo rozšířeny. Případné kapalné složky lze dávkovat kanály přímo v průběhu míchání. Po výstupu směsi z kontinuálního hnětiče následuje její průchod separačním prostředkem, ochlazení a uskladnění na paletu. [4] [9]



Obrázek 9 Příklady tvaru hnětacích šneků kontinuálního hnětiče [5]

3 FYZIKÁLNÍ ZKOUŠKY PRYŽE

Základní fyzikální zkoušky, které se provádí na kaučukových směsích a pryžích jsou viskozita, tahová zkouška, tvrdost a odrazová pružnost. Zkoušky samotné pryže jsou prováděny na definovaných zkouškových tělíscích, které však nejsou shodné s výsledným tvarem a strukturou výrobků. Proto jsou tyto zkoušky hlavně porovnávací, kdy se pomocí jejich výsledku zjišťuje opakovatelnost procesu míchání směsi a vulkanizace. Při vývoji nového výrobku jsou výsledky těchto zkoušek pouze orientační a vždy je třeba vlastnosti nově navrhovaného výrobku ověřit následnými zkouškami prováděnými na samotném výrobku.

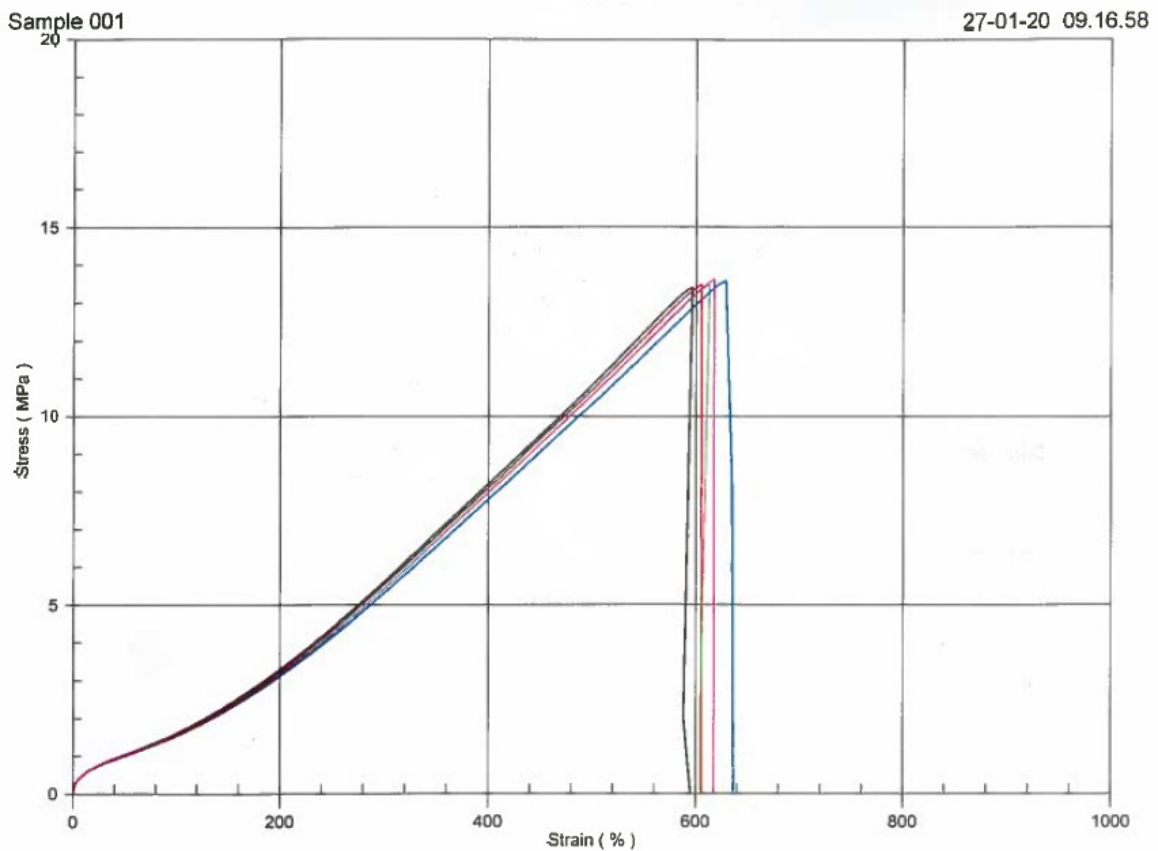
Další zkoušky jsou již specifické a dělají se jen u některých pryží, u kterých je daná vlastnost důležitá, nebo se jedná o zkoušky u pryží pro speciální použití. Tyto zkoušky jsou například soudržnost pryže s kovem, stanovení odolnosti proti vzniku trhlin prolamováním, stanovení soudržnosti mezi vrstvami při separaci, odolnost pryže proti odírání, stanovení meze teploty křehnutí a řada dalších. Fyzikální zkoušky pryže jsou definovány v ČSN 62 14XY.

3.1 Tahová zkouška

Vyválcovaná kaučuková směs na požadovanou tloušťku 1,8 mm až 2,2 mm se za předepsaných hodnot času a teploty z vulkanizuje. Po následném minimálním 16 hodinovém odležení se z vulkanizátu vyseknou minimálně 3 stejná zkušební tělíska definovaných rozměrů. Doba kondicionování před vyseknutím musí být minimálně 3 hodiny při $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Většinou se jedná o tvar oboustranné lopatky, která umožňuje dostatečně pevné uchycení v čelistech a současně je napětí koncentrováno do zúžené části zkušební vzorku. U každého tělíska se změří tloušťka ve středu a na obou koncích pracovní části. Za počáteční tloušťku se považuje střední hodnota. Zkušební tělíska se se následně postupně umístí do ozubených čelistí zkušebního přístroje a jsou natahovány konstantní rychlostí předepsanou v ČSN ISO 37 až do prasknutí zkoušeného vzorku. K prasknutí by mělo dojít do 60 s od počátku zkoušky.

Výsledné hodnoty zkoušky se zaznamenávají graficky i numericky. Výsledkem je měření všech jednotlivých pěti vzorků, průměr, medián, maxima a minima a procentuální rozdíl mezi maximem a minimem. Tahovou zkouškou se zjišťuje napětí v tahu, prodloužení, tažnost, prodloužení při daném napětí a modul. Modul se zjišťuje nejčastěji v hodnotách M 100, M 200, M 300 a M 500. Modul je označení pro napětí způsobující dané procentuální

prodloužení pracovní části. Např. hodnota M 200 udává napětí v MPa, které je potřebné k prodloužení vzorku o 200 %. [3] [10] [11]



Obrázek 10 Grafický výstup tahové zkoušky

3.2 Tvrdost

Tvrdost materiálu je definována jako odpor, který materiál klade proti vnikání cizího tělesa. Stanovení tvrdost pryže se v průmyslové gumárenské praxi se používá metoda IRHD, ale mnohem častěji se určuje pomocí metody Shore.

3.2.1 Metoda Shore

Tvrdost Shore se měří nejdříve za 16 hodin po vulkanizaci zkoušené pryže. Doba kondicionování je nejméně 30 minut při zkušební teplotě $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Princip zkoušky spočívá ve vtlačování hrotu o definované geometrii do zkoušeného tělesa. Odpor, který vzorek klade je zjišťován pomocí kalibrované pružiny. Pro tvrdoměry Shore A platí rovnice

$$F = 550 + 75H_A$$

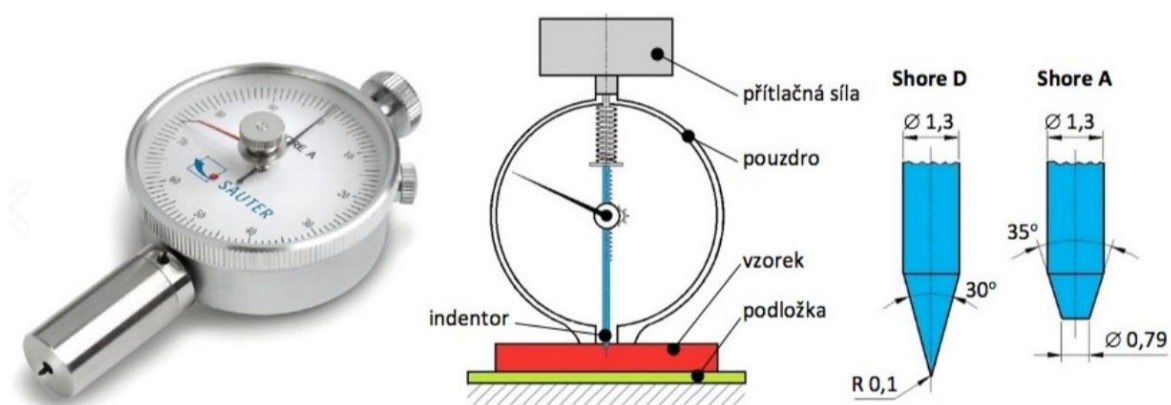
Kde F je síla vtlačování [mN] a H_A je hodnota tvrdosti Shore A

A pro tvrdoměry typu Shore D platí rovnice

$$F = 455H_D$$

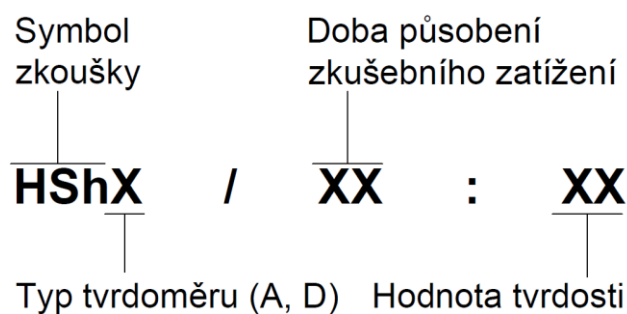
Kde F je síla vtlačování [mN] a H_D je hodnota tvrdosti Shore D

Z důvodu vzniku trvalých deformací a možnosti zkreslení naměřených hodnot se hodnoty odečítají po 3 s po doteku vtlačovaného tělesa se zkušebním vzorkem. Pokud se hodnota mění i po této době, odečet se provede znova po 15 sekundách. Tvrdost dle Shore D se odečítá po 15 s od započetí měření. Vzorek se měří na 3 různých místech vzdálených navzájem od sebe minimálně 5 mm a žádné z měření nesmí být blíže než 13 mm k okraji vzorku.



Obrázek 11 Durometr Shore A, princip měření, tvary hrotů [7]

Pokud nelze dosáhnout předepsané tloušťky vzorku 6 mm, lze materiály s nižší tloušťkou vrstvit na sebe, a to maximálně 3 vrstvy, kdy žádná nesmí mít méně než 2 mm. Protože nelze docílit dokonalého kontaktu mezi jednotlivými vrstvami, výsledky mohou být odlišné oproti měření celistvého vzorku. Proto se použití vrstvení musí uvést do měrové zprávy. Na zkušebních vzorcích s drsným, zaobleným nebo nerovným povrchem nelze zkoušku vykonat.



Obrázek 12 Obecné schéma značení zkoušky tvrdosti dle Shore

Zápis tvrdosti Shore zle zapsat například HShA / 15:60, kde HShA značí zkoušku tvrdosti typem durometru Shore A, odečet proveden po 15 sekundách od okamžiku uvedení opěrné desky do pevného kontaktu se zkušebním tělesem a výsledná hodnota tvrdosti je 60.

Zkoušky Shore se dále dělí dle druhu a tvrdosti materiálu. Shore A pro kaučuky, kůži a měkkou pryž, Shore B pro středně tvrdé pryže, Shore C pro plasty, Shore D pro tvrdou pryž, plasty, akrylátové sklo, Shore 0 pro nylon, tkaniny, perlon, Shore 00/000 pro pěnové materiály a Micro Shore pro O kroužky. Pro pryže se nejčastěji volí Shore A. Pokud hodnota Shore A přesáhne 90, je již značně nepřesná a je lépe volit Shore D. Hodnoty Shore jsou definovány na stupnici 0 až 100. [3] [10] [13] [18]

Tabulka 3 Přibližná převodní tabulka Shore A, Shore D [18]

Shore stupnice	Extra měkké			Středně měkké			Středně tvrdé				Tvrdé			Extra tvrdé		
Shore A	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
Shore D					6	7	8	12	16	22	25	29	33	39	46	58

3.2.2 Metoda IRHD

Druhou možností měření tvrdosti je durometr IRHD a zkouška se provádí dle ČSN ISO 48. Princip zkoušení je obdobný jako u metody Shore. Hlavní rozličeností je tvar vnikacího tělíska, kdy tvrdoměr IRHC má toto tělísko kulové. Jeho průměr se liší dle zkoušeného materiálu, použité metody IRHD. Tvrdost IRHD se měří na stupnici od 10 do 100 IRHD. Princip zkoušky spočívá v rozdílné hloubce vniku mezi kontaktním silou a silou vlačovací.

Zkušební vzorek se opatří separačním prostředkem, umístí se na tuhý rovný povrch a přítlačná patka měřiče se spustí na povrch tělesa. Kontaktní silou se na dobu 5 sekund přiloží indentor a nastaví se stupnice IRHD na hodnotu 100. Poté se po dobu 30 sekund nechá působit indentor vlačovací silou. Po uplynutí této doby se odečte na stupnici tvrdost pryže. Pokud je stupnice pro odečet v milimetrech, odečte se hodnota s přesností v setinách milimetru a pomocí tabulek se převede na výslednou tvrdost IRHD.

Minimální vzdálenost měření od okraje zkoušeného vzorku je závislá na jeho tloušťce.

Tabulka 4 Minimální vzdálenost měření od okraje vzorku pro metodu IRHD [14]

Tloušťka zkušební vzorku [mm]	4	6	8	10	15	25
Minimální vzdálenost měření od okraje zkušební tělesa [mm]	7	8	9	10	11,5	13

Standardní metody tvrdosti se dělí na metody N, H, L a M a výběr použité zkoušky závisí na zkoušeném materiálu.

Metoda N: Normální zkouška – Jedná se metodu vhodnou pro měkké gumy, vysoce flexibilní materiály a měkké tvarovatelné materiály. Použitelná pro tvrdosti od 30 IRHD až po 95 IRHD, ale v rozmezích 30 až 35 IRHD a 85 až 95 IRHD nemusí být výsledky shodné s metodou L nebo H. Rozdíl v naměřených hodnotách v těchto intervalech však pro technické účely nemá význam. Tloušťka zkušební vzorku je 0,6 až 5,0 mm.

Metoda H: Zkouška pro vysoce tvrdé materiály – Vhodné pro stejné materiály jako metoda Shore D, tedy tvrdou pryž, plasty, akrylátové sklo. Rozsah měřené tvrdosti 85 až 100 IRHD. Tloušťka zkušební vzorku 6,0 až 10,0 mm.

Metoda L: Zkouška pro materiály o nízké tvrdosti jako je například pěnová pryž, silikon nebo gelové materiály. Rozsah měření tvrdosti je 10 až 35 IRHD. Tloušťka zkušební vzorku je 10,0 až 12,0 mm.

Metoda M: Zkouška obdobná jako zkouška typu N, umožňuje zkoušení malých a tenkých zkušebních těles. Určená pro tvrdosti 10 až 35 IRHD. Tloušťka zkušební vzorku je 0,6 až 5,0 mm.

Tabulka 5 Rozměry a síly zkušebního zařízení pro měření tvrdosti IRHD [14]

Typ zkoušky	Rozměry [mm]	Působící síly [N]			
		Kontaktní	Vtlačovací	Celková	Na patku
Metoda N	Otvor 6 ± 1 Patka 20 ± 1 Kulička $2,50 \pm 0,01$	$0,3 \pm 0,02$	$5,4 \pm 0,01$	$5,7 \pm 0,03$	$8,3 \pm 1,5$
Metoda H	Otvor 6 ± 1 Patka 20 ± 1 Kulička $1,00 \pm 0,01$				
Metoda L	Otvor 10 ± 1 Patka 22 ± 1 Kulička $5,00 \pm 0,01$				
Metoda M	Otvor $1,00 \pm 0,15$ Patka $3,35 \pm 0,15$ Kulička $0,395 \pm 0,005$	[mN]	[mN]	[mN]	[mN]
		$8,3 \pm 0,2$	$145 \pm 0,5$	$153,3 \pm 1,0$	235 ± 30

Zápis výsledku je ve formátu například 90°, SH ve významu střední hodnota měření je 70 IRHD, S je standartní vzorek a zkouška byla provedena metodou H. Pokud bylo použito nestandardního zkušební tělesa, budou ve formátu zápisu figurovat rozměry zkoušeného vzorku, například 12°, 8 x 25 mm, L.

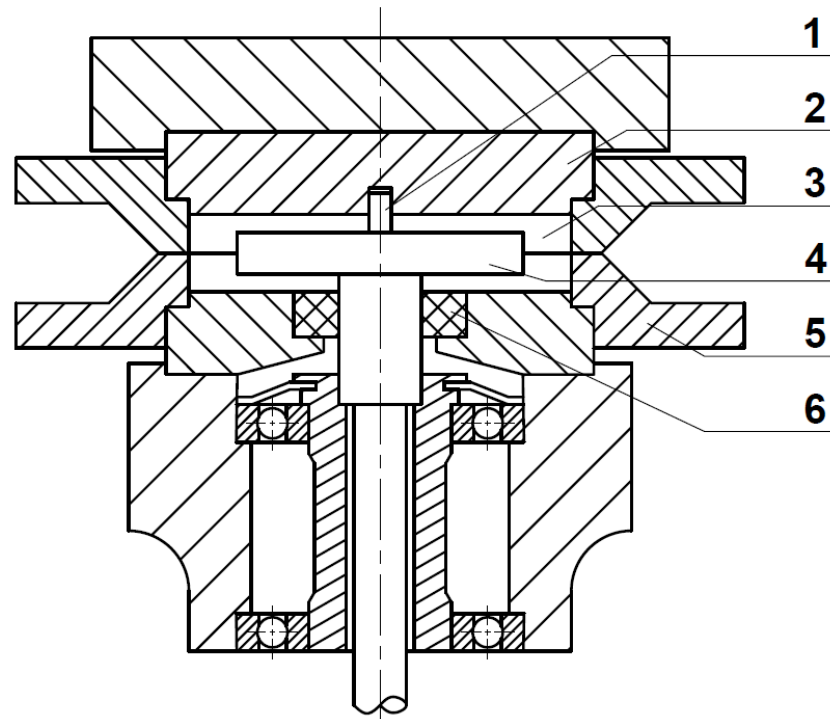
Metodou IRHD se také měří takzvaná zdánlivá tvrdost. Jedná se o měření výše popsanými metodami, avšak místo zkušebních těles definovaných rozměrů se tvrdost měří na samotném výrobku. Tento výrobek může mít proměnlivou tloušťku, zaoblený či se jinak odlišovat od normou předepsaných zkušebních těles. Proto se zdánlivá tvrdost může lišit od standartní tvrdosti IRHD. Měření se provádí obdobně jako předešlé metody a označuje se zkratkami CN, CH, CL, a CM. [10] [14] [18]

3.3 Zkouška Mooney

Pomocí viskozimetru lze snadno, rychle a relativně levně měřit viskozitu gumárenských směsí v závislosti na čase a teplotě. Zkoušky se provádí dle ČSN 62 1415 – stanovení viskozity a navulkanizování na viskozimetru Mooney. Viskozimetr Mooney je v gumárenském průmyslu nejrozšířenější přístroj k měření viskozity. a měření na něm se provádějí již desítky let. S jeho pomocí lze také měřit relaxaci Mooney a dobu do začátku síťování kaučukových směsí, tzv. zpracovatelskou bezpečnost nebo doba navulkanizace. Zkouška spočívá v měření krouťícího momentu na ose smykového disku, který je umístěn ve vyhřívané komoře společně se vzorkem kaučukové směsi.

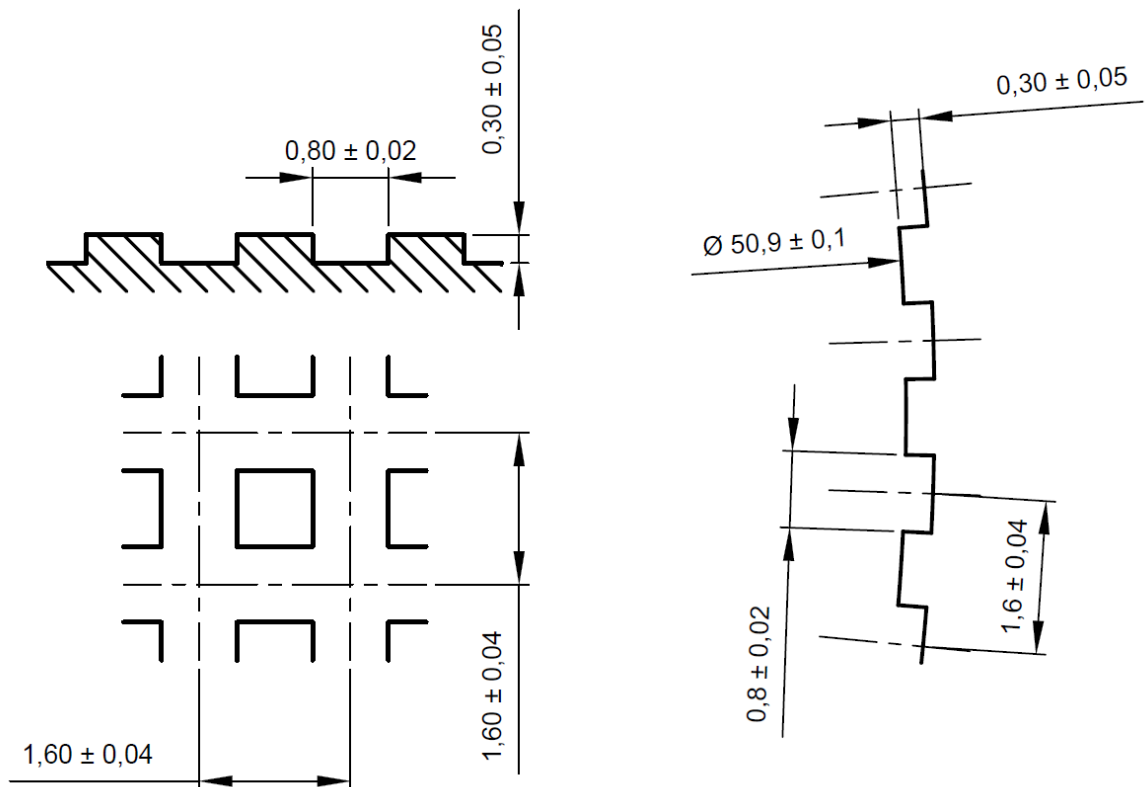
Po odběru vzorku kaučukové směsi ze zamíchané šarže se tento na laboratorním dvouválci zpracuje dle stanovené teploty pro použitý kaučuk na folii o tloušťce 6 až 8 mm. Z takto vyválcované folie se výsekovým nožem vyseknou dva kruhové vzorky o průměru 45 až 50 mm. Ve středu jednoho z nich se vysekne otvor o průměru 12 mm, aby mohl být nasazen na dřík zkušebního disku. Zkušební tělese se skladují při teplotě okolí, nesmí být zatížena (například vrstvení vzorků na sebe) a zkouška na nich musí být provedena od 30 minut do 24 hodin od vyválcování.

Pracovní část viskozimetru Mooney se sestává z 1 – kolík, 2 – matrice, 3 – zkušební komora, 4 – smykový disk, 5 – uchycení matrice, 6 - těsnění

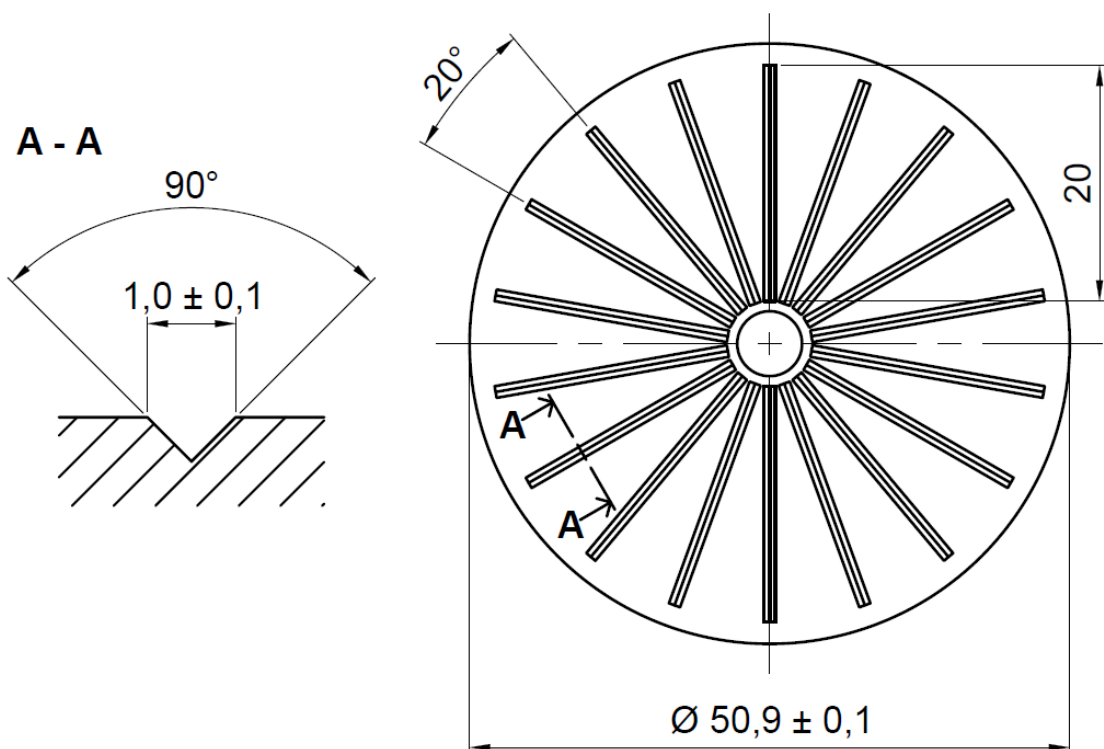


Obrázek 13 Pracovní část viskozimetru Mooney

Zkušební komora se sestává ze dvou poloform matrice s válcovými dutinami. Průměr zkušební komory je $50,9 \pm 0,1$ mm a její celková výška $10,29 \pm 0,13$ mm. Tyto dvě poloformy se elektricky vyhřívají na regulovatelnou teplotu s přesností $\pm 0,5$ °C. Pracovní část viskozimetru Mooney může být umístěna vertikálně či horizontálně. Výsledky těchto měření jsou navzájem srovnatelná. Smykový disk o tloušťce $5,54 \pm 0,03$ mm a průměrem dřívku 11 mm může mít dva odlišné průměry, a to dle plasticity gumárenské směsi. Obvykle se používá smykový disk průměru $38 \pm 0,03$ mm, pokud má zkoušený vzorek vysokou plasticitu, použije se disk menší o průměru $30,48 \pm 0,03$ mm. Průměr použitého disku musí být ve vyhodnocení výsledků uveden. Velký disk pod zkratkou L, malý disk pod zkratkou S. Součástí disku je kolík, zapadající do protilehlé matrice formy a zajišťující rovnost osy disku při jeho rotaci v průběhu zkoušky. Mezi maticí formy a dřívkem disku je těsnění, které zabraňuje pronikání zkoušeného vzorku dále do přístroje. Dle výrobce použitého přístroje se otáčí buď smykový disk ve formě, anebo se otáčí forma. Odečet kroutícího momentu se v obou případech provádí na dřívku smykového disku, takže výsledky obou typu měření jsou ekvivalentní. Aby nedocházelo k prokluzování materiálu vůči smykovému disku nebo stěnám dutiny matrice a tím k ovlivnění výsledků měření, jsou na povrchu dutiny formy a smykového disku pravoúhlé drážky, nebo drážky tvaru V.



Obrázek 14 Pravoúhlé drážky na povrchu smykového disku [12]



Obrázek 15 V drážka na povrchu dutiny matrice [12]

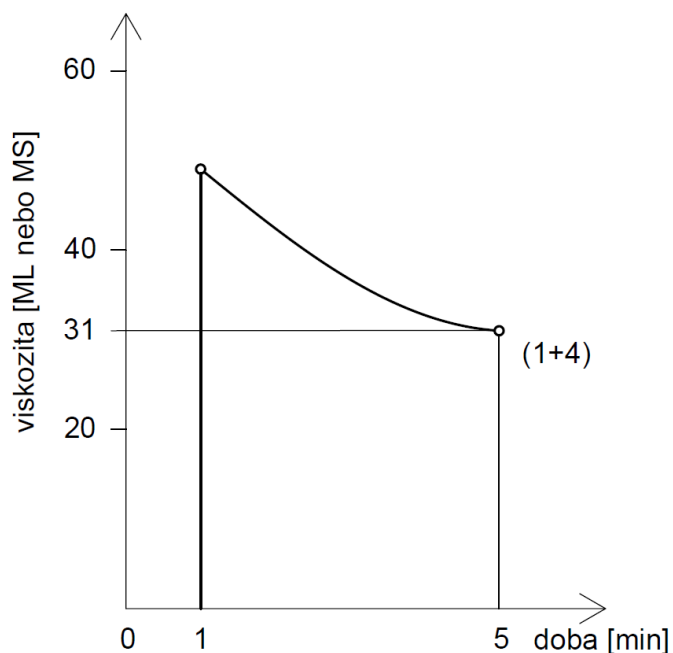
Pro stanovení viskozity Mooney a delta Mooney se zkušební komora o průměru 50,6 mm a výšce 10,59 mm vyhřeje na 100 °C a to včetně smykového disku. Pro testování tuhých směsí se použije teplota 125 °C. Pro stanovení navulkanizování se komora přehřeje na teplotu 140 °C. Takto přehřátá komora se otevře, vyjme smykový disk, na jehož dřík se navleče zkouškový kotouč s otvorem uprostřed. Smykový disk se dříkem umístí do zařízení na měření kroutícího momentu a na disk se položí druhý kotouč zkoušeného materiálu. Komora se uzavře silou 11,5 kN. Pokud není stanoveno jinak, následuje prodleva 1 minutu a poté se smykový disk nebo komora začne otáčet rychlostí 2,00 min⁻¹.

3.3.1 Viskozita Mooney

Pro měření viskozity Mooney se hodnota odečítá po 4 minutách od počátku otáčení smykového disku, není-li v normách pro konkrétní materiál stanoveno jinak. Pokud hodnoty při měření s velkým diskem překročí stupnici, použije se disk malý. Hodnoty získané pomocí velkého nebo malého smykového disku nejsou srovnatelné. Zápis výsledků viskozity Mooney je ve formátu

$$31 ML (1 + 4), 100 [^{\circ}C]$$

Kde 31 M značí 31 jednotek Mooney, L je použití velkého smykového disku, 1 je doba ohřevu zkoušeného materiálu bez rotace smykového disku [min], 4 značí počet minut rotace smykového disku, 100 [°C] je teplota, při které byla zkouška prováděna.

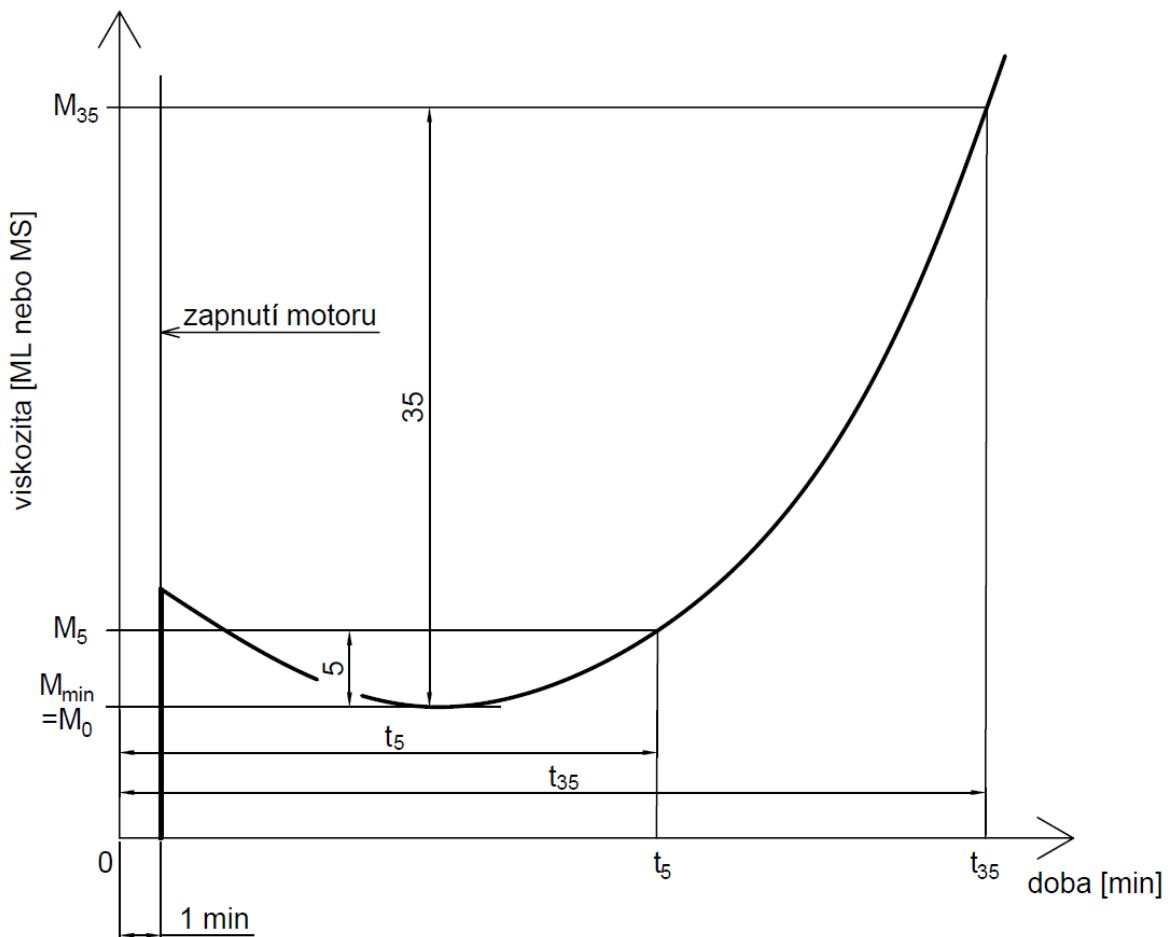


Obrázek 16 Grafický zápis viskozity Mooney [16]

3.3.2 Navulkanizování Mooney

U zkoušky ke stanovení navulkanizace gumárenské směsi se po první minutě zahřívání zkušebního vzorku smykovým diskem otáčí, dokud hodnota Mooney není vyšší o 40 jednotek než nejnižší naměřená hodnota viskozity v průběhu zkoušky. Zaznamenávají se hodnoty t_5 a t_{35} , tedy hodnoty viskozity Mooney, které jsou o 5 a o 35 vyšší než nejnižší naměřená hodnota v průběhu zkoušky. Pokud se hodnoty t_{40} nedosáhne ani po 45 minutách, zkouška se ukončí a uvede se pouze čas t_5 . Jako začátek navulkanizace se označuje hodnota t_5 v minutách, a pro rychlost navulkanizace Δt [min] platí rovnice

$$\Delta t = t_{35} - t_5$$



Obrázek 17 Grafické znázornění ke stanovení doby navulkanizace [16]

3.3.3 Delta Mooney

Delta Mooney (ΔM) vyjadřuje rychlost vulkanizace, vytváření chemických vazeb. Je stanovena jako rozdíl hodnot viskozity naměřené v 15 a 1,5 minutě zkoušky Mooney od počátku otáčení smykového disku. [3] [10] [12] [16]

$$\Delta M = ML_{15} - ML_{1,5}$$



Obrázek 18 Spodní polovina formy a smykový disk pro měření viskozity Mooney

4 TECHNOLOGIE VÝROBY VZDUCHOVÉ PRUŽINY

Vzduchová pružina je kompozitní výrobek složený z vnitřní a vnější folie, mezi kterými je textilní matrice s orientovanými vlákny. Vnitřní folie chrání matrici před vniknutím stlačeného vzduchu, který je ve vzduchové pružině při její aplikaci. Vrechní folie chrání matrici před mechanickým poškozením, chemickým poškozením a před degradací způsobující ozon a UV záření. Postup výroby se skládá z dílčích kroků: výroba polotovaru vnitřní folie, výroba konfekčních dílů, konfekce surového výrobku, vulkanizace, kontrola a opracování vulkanizátu a jeho následné sestavení s kovovými díly.

4.1 Příprava pro konfekcionování

Nejprve je potřeba připravit konfekční díly z polotovarů, a to v požadovaných rozměrech a požadovaném směru výztužných materiálů.

4.1.1 Příprava pryžových polotovarů

Z válcovny se na pracoviště přípravy navozí polotovary. Gumárenská směs připravená ve vhodných páskách pro užití do vytlačovacího stroje, gumárenská směs ve formě folií o různých tloušťkách a šířích, a vály pogumovaného textilu. Po naskladnění těchto polotovarů se provede vstupní kontrola, kdy se kontroluje jejich správná šíře a tloušťka. Dodané folie z gumárenské směsi jsou dodávány ve formě roliček, kdy je folie prokládána PE folií působící jako separační vrstva, po jejímž sejmutí má folie z gumárenské směsi dobrou konfekční lepivost. Pracovníci přípravy poté dle stanovených průvodek sekají folie z daných směsí, tloušťek, šíře a délky. Pro zákazníky, jež požadují vnitřní folii bez spoje, se dodávají vzduchové pružiny vyrobené z celistvého rukávce, který se vyrábí na šnekovém vytlačovacím stroji. Na něm se vytlačují rukávce různé tloušťky stěny, ploché šířky a délky, dle rozměru vzduchové pružiny, do které budou jako polotovar vstupovat.

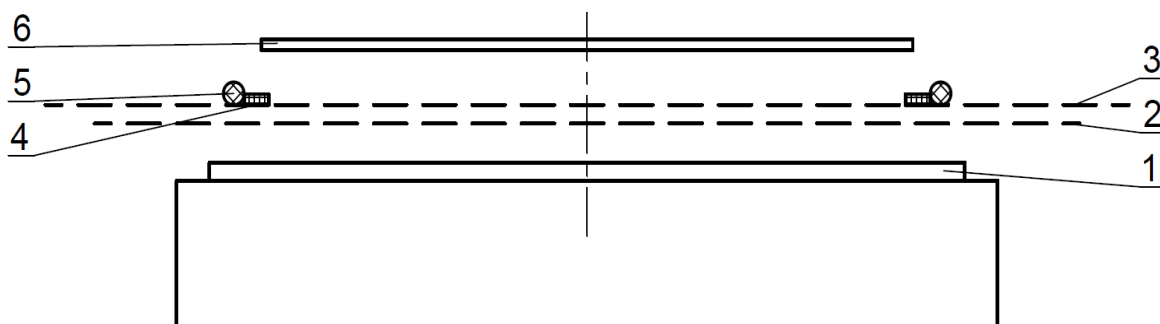
4.1.2 Příprava pogumovaného textilu

Válcovnou dodané pogumované kordy se uskladní v k tomu určených stojanech u kráječky kordu. V průběhu nánosování kordu se z něho odeberou vzorky. Když se tyto vzorky v laboratoři zkontrolují na tloušťku kordové tkaniny, plošnou hmotnost a vlhkost, uvolní se tyto kordy do výroby. Pracovníci kráječky kordu dle denního plánu krájení nakrájí pogumovaný textil a zabalí ho do menších bavlněných zábalů, které slouží k separaci vrstev pogumovaného textilu, zabraňují jeho slepení, avšak po jeho vyjmutí mu ponechávají

konfekční lepivost. Úhel krájení je v rozmezí $55^\circ - 70^\circ$ a šíře od 70 mm – 900 mm. Jednotlivé zábaly označí průvodkou s těmito údaji. Pro lepší orientaci na dílně konfekce jsou jednotlivým typům textilní tkaniny přiřazeny barvy na průvodkách (bílá, hnědá, zelená, ...)

4.2 Konfekcionování

Při konfekcionování se jednotlivé vrstvy polotovarů pokládají na sebe dle konfekčního Kladení vrstev se provádí na otočný, celistvý, konfekční trn, od vnitřní vrstvy k vnější, krycí vrstvě.



Obrázek 19 Schéma kladení vrstev vzduchové pružiny

- 1) Vnitřní folie – musí být celistvá a bez vad. Zabraňuje tlakovému vzduchu uvnitř vzduchové pružiny proniknutí do matrice – pogumovaného textilu, odtažení osnovních nití, roztrhání útku a k odseparování vnější folie od matrice.
- 2) Vložky pogumovaného textilu – tvoří matici vlnovce. Pro různé dimenze vzduchových pružin se liší šíří, úhlem a druhem textilu (polyester, viskóza, polyamid). Jsou dávány vždy v páru, aby s podélnou osou svíraly shodný úhel. Tak je zajištěna rovnováha rozložení radiálních i axiálních sil.
- 3) Opěrné pásy – jsou pokládány pomocí rolničků, jejichž poloha je pevně stanovena na konfekčním stroji. Opěrné patky se tak položí přesně souměrně a jejich vzdálenost je neměnná. Slouží k přesnému umístění patkových kroužků a k jejich fixaci na požadovaném místě.
- 4) Patní kroužek – slouží k vyplnění a zpevnění patky vzduchové pružiny. Za tuto patku se poté v aplikaci fixuje pomocí upínacího kruhu.
- 5) Vrchní folie – vrchní folie chrání matici (pogumovaný textil) před mechanickým a chemickým poškozením, před ozonem a UV zářením.

Nejprve se okolo trnu položí spodní folie a spoj se řádně spojí válečkem. Pokud je místo folie použit rukávec, nasune se tento na trn a ostříhne se na předepsanou šíři dle nastavených laserových paprsků. Na tuto vrstvu se položí pogumovaný textil. Vždy se pokládá v páru a to tak, aby se směr osnovy vzájemně křížil. Každá kordová vložka se pokládá s přesahem na cca 3 nitě, a spoj se důkladně spojí válečkem. Při rotaci konfekčního trnu se postupně od středu k okrajům vyválnuje případný uzavřený vzduch a jednotlivé vrstvy přilnou k sobě. Pomocí rolen nastavených dle dokumentačního listu se položí opěrné pásy. K nim se dosadí podvulkanizované patní kroužky. Kolem kroužků se přehrnou volné okraje pogumovaného textilu. Po přehrnutí se obě patky vyválnují, aby se vytlačil všechen vzduch. Následuje poslední vrstva z folie z gumárenské směsi. Spoj s přesahem 3 až 5 mm se kvůli pevnému spojení zaválečkuje a celá konfekce se opět za otáčení konfekčního trnu od středu vyválnuje. Nakonec se vnější povrch potře konfekčním roztokem a po jeho zaschnutí se konfekce opraší v brusném. Jedná se o jemně drcený a mletý vulkanizát, který při následné vulkanizaci pomáhá k odvzdušnění styčné plochy konfekce a dutiny formy.



Obrázek 20 Polotovar konfekce, vlevo pogumovaný kord otočený kolem patkového kroužku, vpravo před otočením [17]

4.3 Lisování

Dutina formy má tvar hotového výrobku, proto je potřeba konfekci ve tvaru dutého válce předtvarovat do přibližné podoby výlisku, aby mohla být vložena do formy. K tomuto účelu se použije bombírovacího stroje. Polotovar vzduchové pružiny se v něm zafixuje za spodní a horní hrdlo, zajistí se v každém zaškrcení mezi vlnami kleštinou. Takto zafixovaná konfekce se zmáčkne asi na třetinu až polovinu své původní výšky. V průběhu stlačování se do dutiny konfekce vpouští stlačený vzduch, aby nedošlo ke zborcení vznikajících vln dovnitř, ale k vyboulení ven.



Obrázek 21 Bombírování konfekce vzduchové pružiny [17]

Takto předtvarovaný polotovár se vloží do vyhřáté formy. V závislosti na velikosti konfekce a druhu použité gumárenské směsi se vulkanizuje 14 až 26 minut při teplotě 175°C. Formy se vyhřívají párou přes stěnu právě vulkanizované vzduchové pružiny. Tlaková pára se přivádí do dutiny vlnovce a její tlak na vnitřní stěnu zajišťuje přesné vytvarování a přimknutí vnější stěny konfekce ke stěně dutiny formy. Po vyjmutí z formy, jeho prvotní zevrubné kontrole a vychladnutí následuje jeho opracování.



Obrázek 22 Bombírování konfekce vzduchové pružiny [17]

4.4 Opracování a kontrola

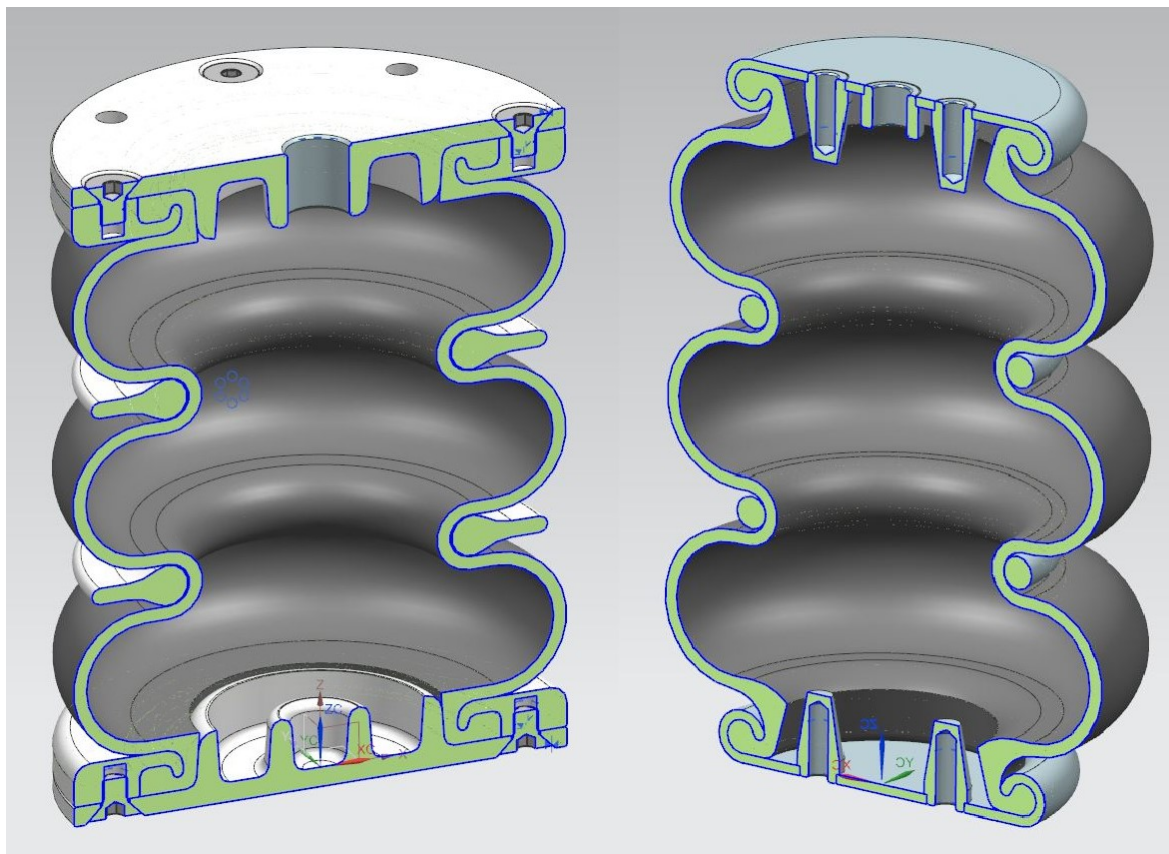
U výlisků se následně provádí opracování. Jedná se především o odstranění konstrukčních přetoků a případné odstranění přetoků v dělicí rovině. Současně s opracováním se provádí vizuální kontrola kvality.

Tabulka 6 Nejčastější vady výlisků a jejich příčiny [17]

Vada	Příčina
separace	špatné vyválečkování vzduchů nedostatečné vyschnutí benzínového roztoku
stržená patka	špatné zalisování špatné bombírování
roztržené kordové vložky	ztenčení vnitřní folie natažení (změna úhlu) kordu při konfekcionování špatně spojený spoj vnitřní folie
nedotečený materiál na povrchu vlnovce	mnoho brusného prachu málo brusného prachu

4.5 Kompletace

Každá vzduchová pružina se před zástavbou do aplikace musí opatřit dvěma upínacími kruhy, spodním víkem, horním víkem s přívodem tlakového vzduchu a středním kruhem v každém zaškrvení vln. Místo použití upínacích kruhů a horního a spodního víka je možnost takzvaného pertlování, kdy se okolo patka ohýbá kovové víko. V případě poškození pryžotextilní vzduchové pružiny ji však nelze vyjmout a vyměnit pouze ji, ale musí se vyměnit celý kompletní díl včetně kovů.



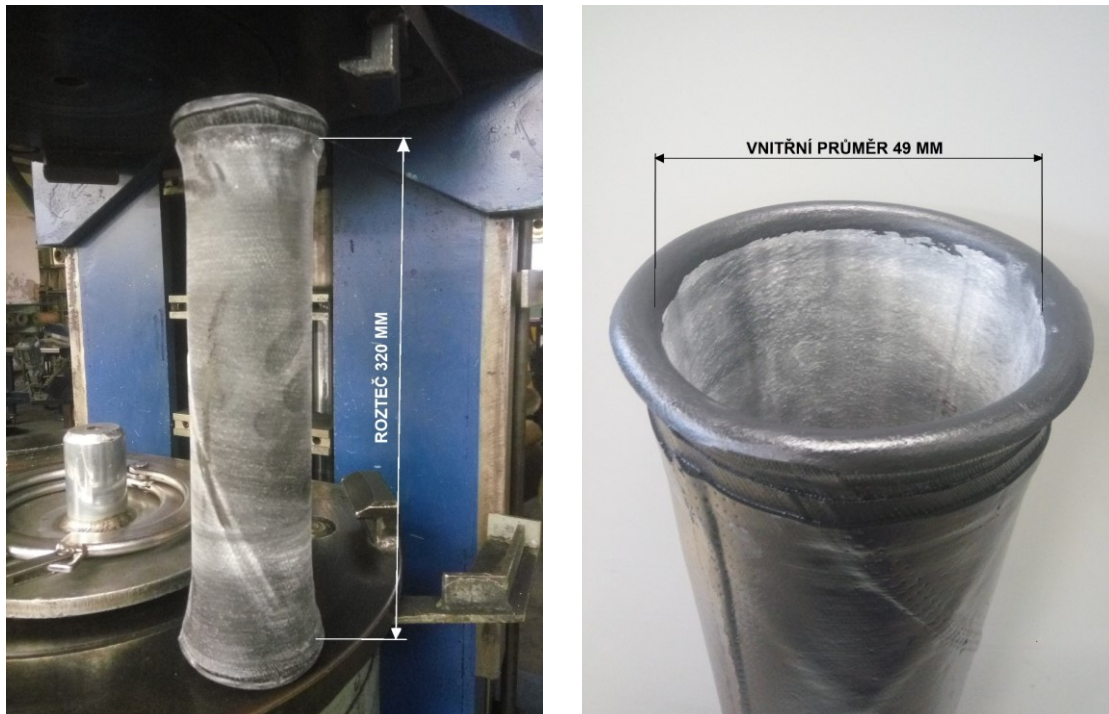
Obrázek 23 Uzavření vzduchové pružiny. Upínací kruh s víkem vlevo, pertlování vpravo

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI

Jak je z postupu výroby konfekce (body 4 a 5) zřejmé, je v procesu konfekcionování časově nejdélní ohrnování pogumovaného textilu okolo gumového kroužku, který vyztužuje patku vzduchové pružiny. Z těchto důvodů jsme se rozhodli pro zautomatizování tohoto procesu a přenesení této práce z práce ruční na práci strojní. Součástí návrhu celého stroje je i **návrh konfekčního trnu**. Konfekční trn pro snadné navlékání rukávce z gumárenské směsi a současně z důvodu dostatečného přenesu osově síly při strojním otáčení pogumovaného textilu kolem patkového kroužku bude rozpínatelný. Tedy s možností v průběhu výroby konfekce zvětšení a následného zmenšení jeho průměru.

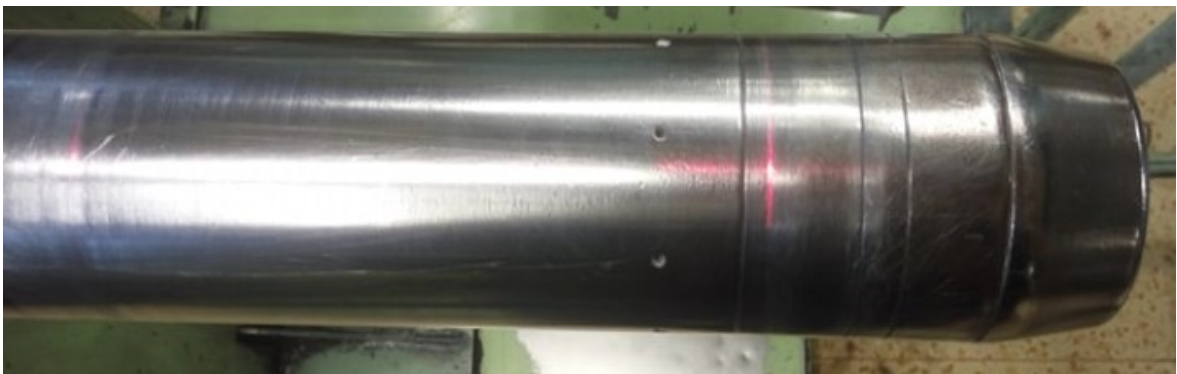
Z důvodu návratnosti investice byla zvolena dimenze pneumatického pružení 4,5“x3. Současně s tím je tato vzduchová pružina jedna s nejmenším průměrem v portfoliu vzduchových pružin firmy Trelleborg Bohemia. Pokud se tedy mechanismus rozpínání vejde do takto malého konfekčního trnu, bude moci být případně uplatněn i pro dimenze většího průměru. Vzdálenost patních gumových kroužků je 320 mm.



Obrázek 24 Rozměry požadované konfekce

6 POPIS SOUČASNÉHO STAVU

Současný konfekční trn je nerozpínatelný plný válec o průměru 49 mm, uvnitř s dutinou pro přívod stlačeného vzduchu a pro možnost nasazení na otočný trn poháněný pneumatickým motorem. Trn je opatřen z jedné strany náběhem, který usnadňuje natahování rukávce z gumárenské směsi na trn. V konfekčním trnu jsou 4 malé otvory vedoucí do dutiny ve středu trnu, kterými při otevření ventilu tlakového vzduchu proniká vzduch pod rukávec a ten lze snáze nasadit a hotovou konfekci z konfekčního trnu snáze sejmout.



Obrázek 25 Konfekční trn – náběh a otvory pro přívod stlačeného vzduchu.

Rukávec z gumárenské směsi se vytlačuje v ploché šíři 76 mm s tloušťkou stěny 18/10 až 20/10 mm. Je tedy menšího průměru než konfekční trn a při konfekcionování na trnu drží díky elastickým vlastnostem gumárenské směsi. Protože při výrobě rukávce je řada tolerancí (plochá šíře rukávce, tloušťka stěny, vlastnosti gumárenské směsi), stává se, že někdy je rukávec na konfekčním trnu volnější, někdy naopak usazen pevněji. Poté při nanášení jednotlivých konfekčních vrstev, při ohrnování pogumovaného textilu kolem patkového kroužku, nebo při sundávání konfekce z konfekčního trnu, závisí na citu a šikovnosti pracovnice, aby si s těmito nuancemi poradila.

Ohrnování pogumovaných kordů okolo patky probíhá postupně. Nejprve na jedné straně konfekce pracovnice otáčí pogumovaný textil postupně po čtvrtinách až třetinách obvodu. Po ohrnutí pogumovaných kordů tyto s citem prsty a dlaní ruky vyrovná a pote válečkem přitlačí k spodní vrstvě, přičemž vytlačí i případný uzavřený vzduch. Při tomto ohrnování textilu okolo kroužku pracovnice působí v osové síle na vyráběnou konfekci a hrozí její posunutí po konfekčním trnu. Poté pracovnice obdobným způsobem otočí pogumovaný

textil i okolo druhého gumového patního kroužku. Tato pracovní činnost je namáhavá na bříška prstů a fyzicky namáhavá na prstové svaly a svaly zápěstí rukou.

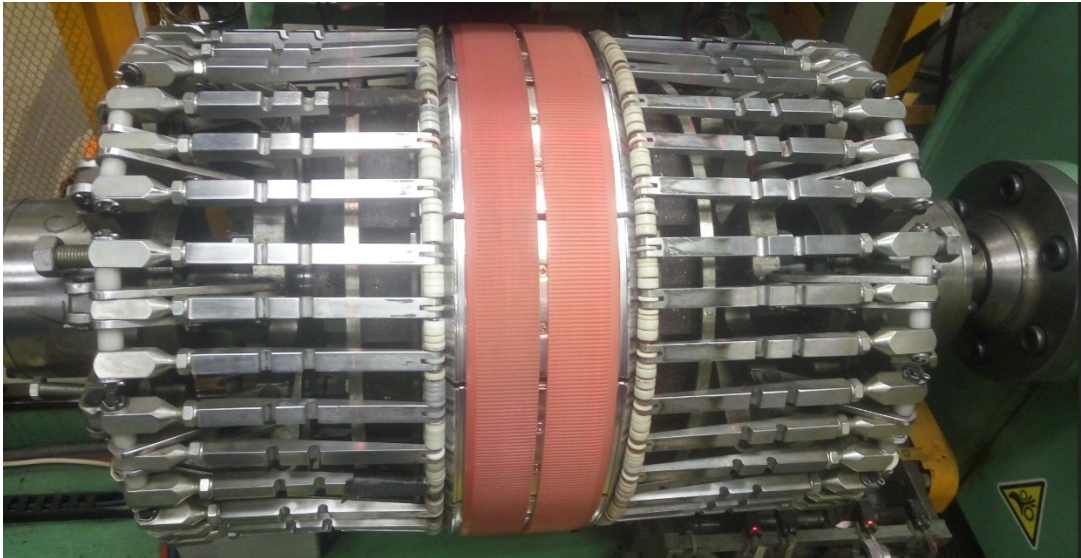


Obrázek 26 Postup otáčení pogumovaného kordu okolo zpevňujícího kroužku patky. Položení opěrných pásků, osazení zpevňujících patních kroužků, přehrnutí pogumovaného textilu okolo kroužků, vyválněčkování uzavřených vzduchů z patky vzduchové pružiny.

7 NÁVRHY ŘEŠENÍ

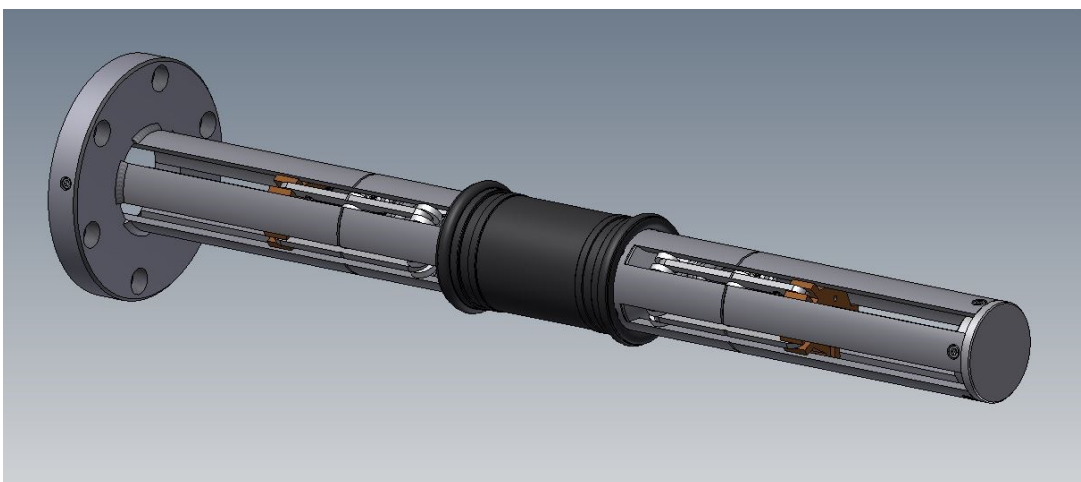
7.1 Varianta 1 – mechanické rozpínání trnu

U mechanické varianty bude k rozpínání trnu použito přepákování a k pohybu bude použita trapézová závitová tyč obdobně jako u konfekčního trnu pro konfekcionování cyklistických plášťů.



Obrázek 27 Konfekční trn pro konfekcionování cyklistických plášťů

Pohon celého mechanismu bude umístěn v zakrytovaném prostoru konstrukce uchycení konfekčního trnu. Přehrnování by poté bylo zajištěno „prsty“ s kolečky na koncích, obdobně jako na konfekčním trnu cyklistických plášťů.

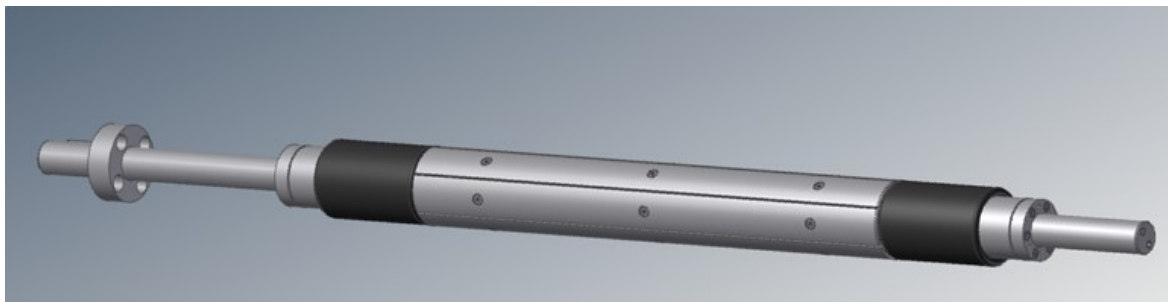


Obrázek 28 Vizualizace mechanického konfekčního trnu

7.2 Varianta 2 – pneumatické rozpínání trnu

Druhou variantou je použití pneumatické rozpínání konfekčního trnu, kdy uvnitř trnu bude umístěna pryžotextilní membrána, do které bude přiveden stlačený vzduch. Při napuštění membrány vzduchem a zvětšením jejího objemu trn zvětší svůj průměr. Při vypuštění vzduchu se membrána a průměr konfekčního trnu vrátí do původní pozice.

Pro následné otáčení pogumovaného textilu okolo gumového kroužku vyztužení patky vzduchové pružiny budou použity vzduchové měchy.



Obrázek 29 Přibližná vizualizace pneumatického konfekčního trnu (včetně měchů pro otáčení pogumovaných kordů kolem patkových kroužků)

7.3 Zhodnocení variant

1. U varianty 1 (V1) bude následné otočení pogumovaného textilu rychlejší než u varianty 2 (V2), ale protože nelze dát kolečka na konci otáčecích prstů tak těsně k sobě jako na konfekčním trnu cyklistických plášťů (z důvodu násobně menšího průměru konfekčního trnu), bude nutný přehrnutý pogumovaný textil ještě následně vyválněčkovat. Pokud bude následné přehrnování pogumovaného textilu okolo výztužné patky řešeno pomocí přehrnovacích měchů, bude možné při vhodné volbě jejich tvaru a velikosti, zároveň s otočením pogumovaného textilu kolem gumového kroužku výztuže patky, tento přehrnutý kord vyhladit (vyválněčkovat) bez ponechaných vzduchů.
2. U mechanické varianty V1 bude snadnější výroba náhradních součástí, které se budou vyrábět strojní technologií. U V2 se bude nejvíce opotřebovávat vnitřní pryžotextilní měch (a případně i přehrnovací pryžotextilní měchy), jejichž výroba je náročnější než výroba spotřebních dílů V1.

3. Největší výhodou V1 oproti V2 je pevné uchycení konfekčního trnu z jedné strany. U V2 z důvodu přeřnovacích hrnců toto možné nebude.
4. Největší výhodou V2 oproti V1 je absence mechanismů a míst, jež musí být mazány. Rukávce používané pro vnitřní folie se při vytlačování vysypávají separačním prostředkem (mastkem) na vnitřní straně, aby nedošlo k jejich slepení. Při manipulaci a nasazování rukávce na trn dochází k uvolňování tohoto separačního prostředku. Separační prostředek pak ulpívá v mazivu a mohl by způsobovat problémy v jemné mechanice.

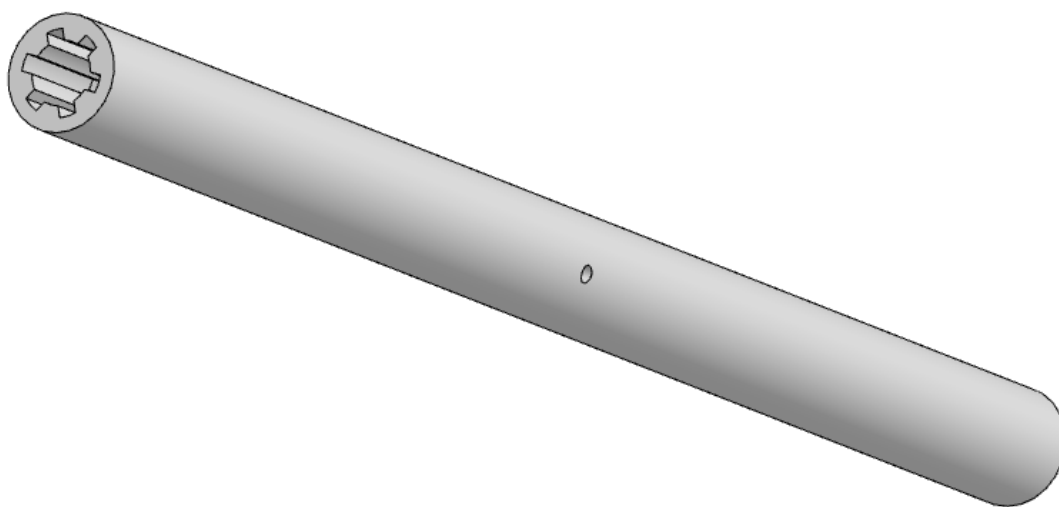
Především z důvodu 1 a 4 volím pro rozpracování variantu pneumatického konfekčního trnu, variantu 2.

8 NÁVRH KONSTRUKCE KONFEKČNÍHO TRNU

Nosným prvkem konfekčního trnu bude ocelová tyč. Na této tyči bude pryžotextilní měch, do kterého bude přiváděn tlakový vzduch. Nafukování měchu tlakovým vzduchem bude zvedat kovové ližiny, na kterých bude upevněn dělený válcový povrch konfekčního trnu.

8.1 Vnitřní hřídel

Nosným prvkem bude vnitřní ocelová kruhová tyč o průměru 20 mm. Jako polotovar volím kruhovou tyč KR 22 A, ČSN 42 5510.11 z oceli 1.0050. Z jedné strany bude v ose vyvrtaný otvor o průměru 3 mm do poloviny délky tyče. Uprostřed délky tyče bude vyvrtán otvor kolmo ke středu tyče do hloubky 10 mm. Tento otvor bude sloužit k přívodu a odvodu tlakového vzduchu do pryžotextilního měchu. Z druhé strany kruhové tyče bude vnitřní rovnoboké drážkování ISO 14 – 6x11H7x14 o délce 20 mm. Toto rovnoboké drážkování bude sloužit k přenosu síly pohonu konfekčního trnu, který bude trnem otáčet okolo jeho osy.



Obrázek 30 Vnitřní hřídel konfekčního trnu

8.2 Pryžotextilní měch

Pro výrobu pryžotextilního měchu použijí chlorbutylovou gumárenskou směs s interním označením 206. Pro vnitřní i vnější vrstvu použijí folii tloušťky 1,0 mm. Z vnitřní strany bude chránit pogumovaný textil proti vniknutí tlakového vzduchu. Na vrchní část volím netypicky větší tloušťku folie, než se je obvyklé z důvodu možného opotřebovávání a

otlačení od vodících ližin. Stejná tloušťka vnitřní a vnější folie také usnadní a urychlí přípravu folií. Měch bude vyztužen textilním kordem PES 110/1x2 1100 pogumovaný gumárenskou směsí 1205.

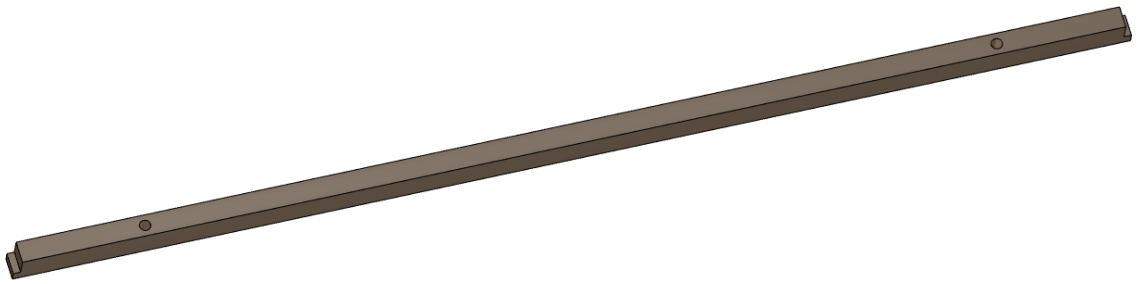
Na kovový trn délky 350 až 400 mm průměru 21 mm položí a spojím vnitřní folii s přesahem cca 3 mm. Na tuto folii položí pogumovaný kord s přesahem spoje 3 až 4 nitě. Nítě budou ve směru osy kovového trnu, aby se měch při napouštění tlakovým vzduchem mohl roztahovat. Poté položí vnější folii z gumárenské směsi se spojem cca 3 mm. Celou konfekci měchu od středu k okrajům vyválečkují, aby uvnitř nezůstaly uzavřené vzduchové bubliny. Takto připravenou konfekci pevně obváží speciální bandážovací páskou, která bude mít funkci vnitřní dutiny formy a zafixuje tak tvar výlisku v průběhu vulkanizace. Páska odolává vysokým teplotám a gumárenská směs v průběhu vulkanizace k této tkanině nepřilne. Vulkanizace proběhne v autoklávu při teplotě 170 °C po dobu 10 minut.



Obrázek 31 Pryžotextilní měch

8.3 Vodící ližiny

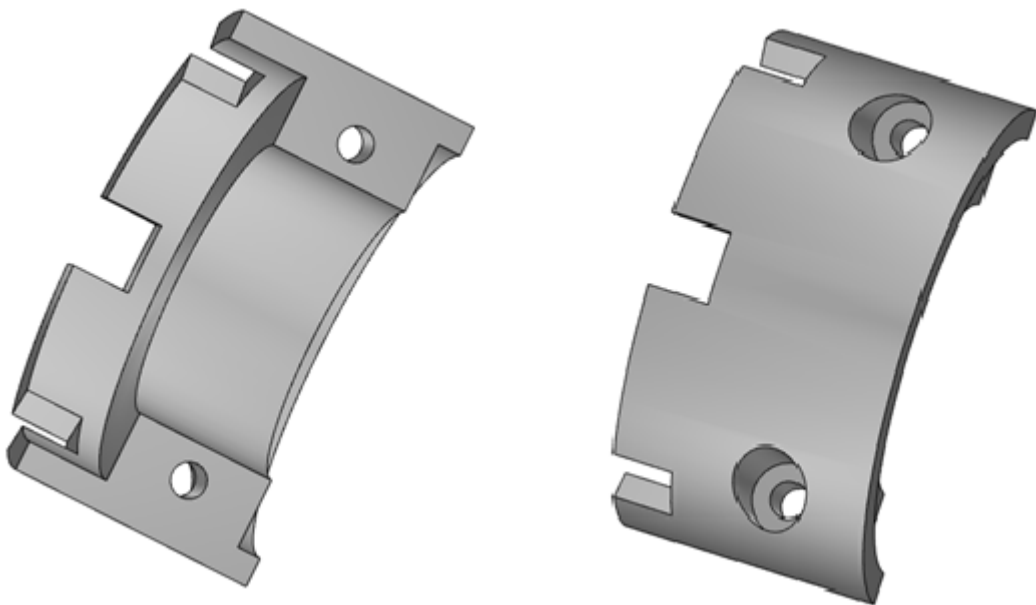
Šest vodících ližin bude rozloženo rovnoměrně po 60° na obvodu pryžotextilního měchu. Jejich vzájemná poloha bude vymezena dorazy (bod 8.4), které zároveň budou sloužit jako dorazy při zvedání ližin, omezující jejich výšku zdvihu. Pro první zkoušky volím výšku okrajového zubu na ližině 3 mm. Pokud by byl průměr konfekčního trnu nedostatečný, snížením výšky tohoto zubu ke zvětšení průměru trnu. Ve vzdálenosti 30 mm od okrajů budou vyvrtány 2 otvory s průchozím závitem. K těmto závitům bude následně pomocí šroubů přichycen díl pláště konfekčního trnu. Jelikož se jedná o dlouhý štíhlý prvek, který bude namáhaná na ohyb, volím pro jeho výrobu nástrojovou ocel třídy 19.



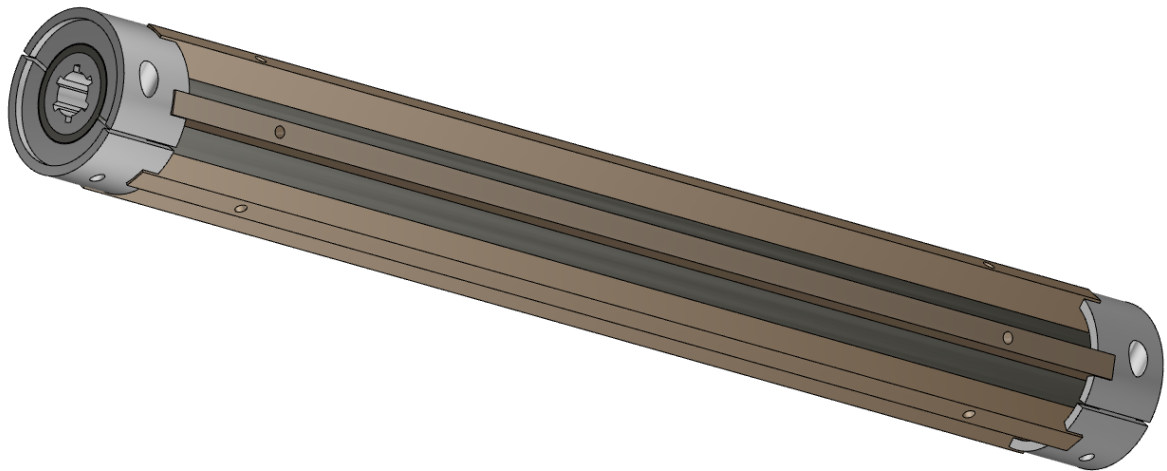
Obrázek 32 Vodící ližina

8.4 Úchyt ližin

Uchycení pryžotextilního měchu k hřídeli bude zajištěno dvojicí kovových půlměsíců na každé straně hřídele. Tyto půlměsíce budou k sobě spojeny dvojicí šroubů. Zároveň budou sloužit jako dorazy pro vodící ližiny. Tyto dorazy budou určovat maximální zdvih ližin, a tak i maximální průměr vnějšího obvodu konfekčního trnu. Pro odlehčení celé konstrukce volím materiál dural DIN 3.3206 (EN AW 6060).



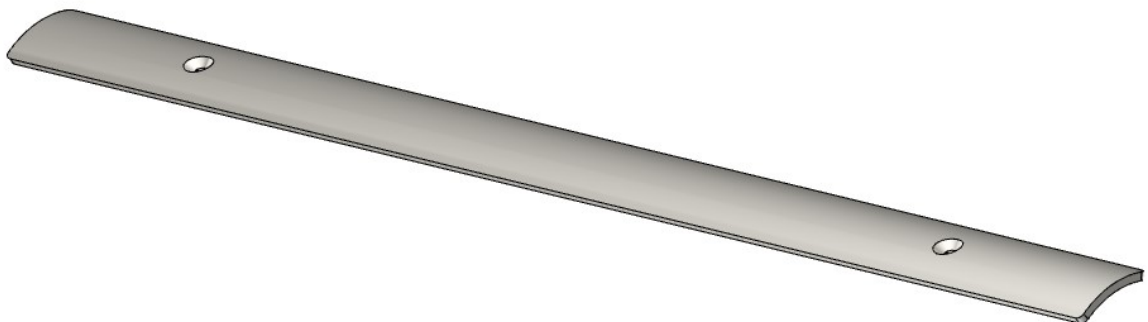
Obrázek 33 Úchyty ližin



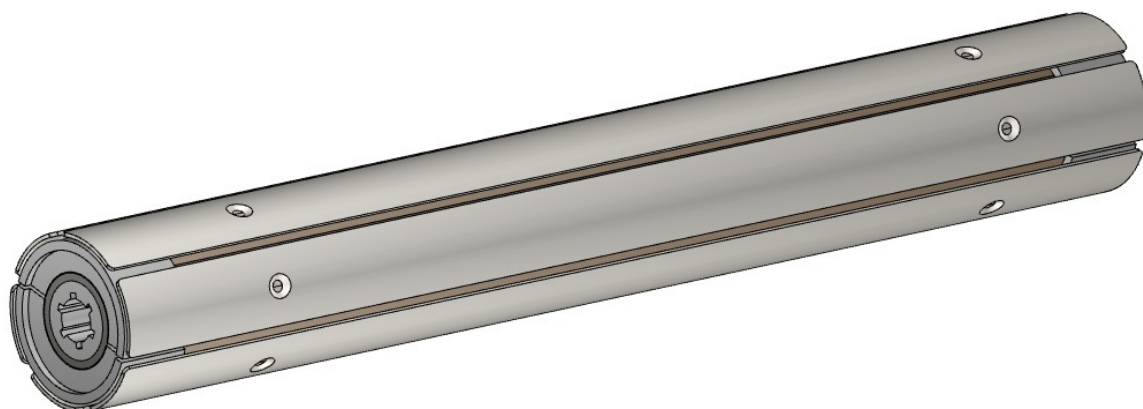
Obrázek 34 Dílčí sestava konfekčního trnu

8.5 Plášť konfekčního trnu

Plášť konfekčního trnu bude sestávat ze šesti stejných částí širokých 22 mm a délky 330 mm. Délku volím s ohledem na délku rozteče patních kroužků požadované konfekce. Vyrobeny budou z plechu oceli 1.7131 (ČSN 14 220) tloušťky 2 mm. Tyto součásti budou podélně ohnuty do vnějšího rádiusu 26 mm, aby po roztažení trnu tvořily přibližně kruhový průřez. Taktéž budou vyvrtány 2 otvory se skosením pro připevnění dílců pláště k ližinám pomocí vnitřně šestihranných šroubů se zápustnou hlavou.



Obrázek 35 Lišta tvořící plášť konfekčního trnu

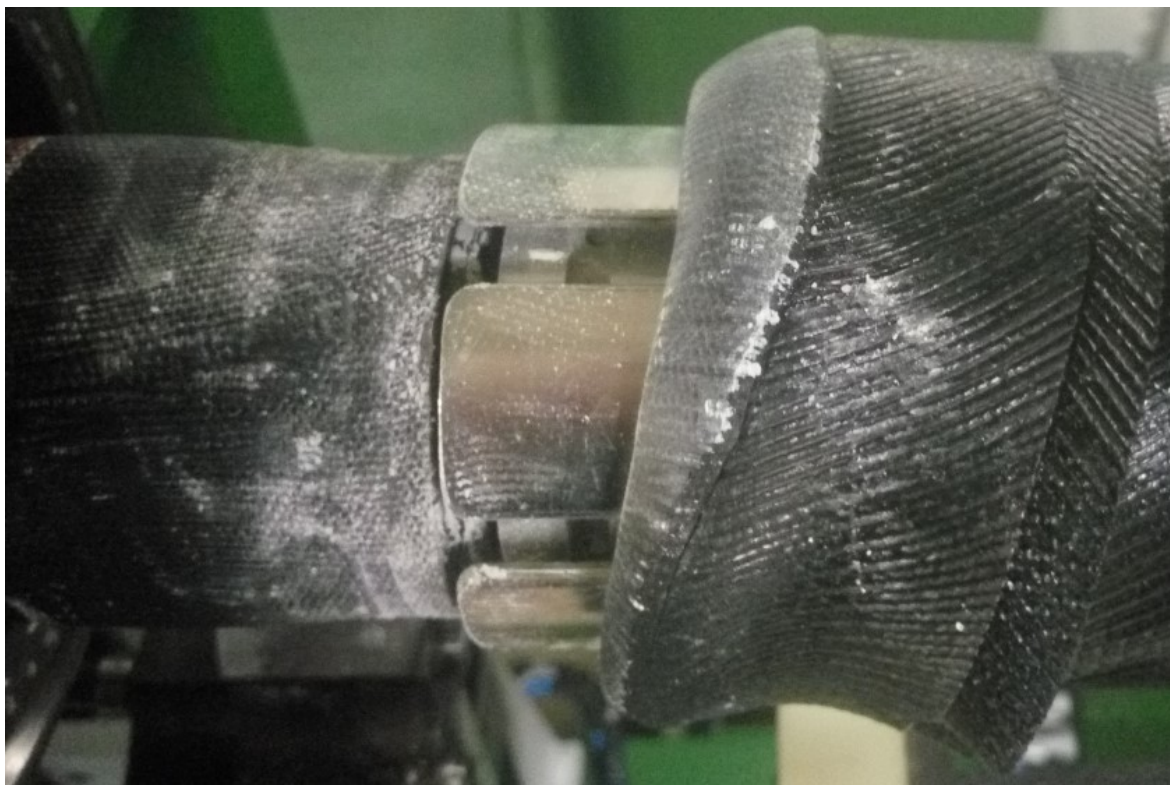


Obrázek 36 Sestava pneumatického konfekčního trnu

9 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI A ÚPRAVY KONFEKČNÍHO TRNU

Po sestavení konfekčního trnu bylo zapotřebí několika úprav návrhu. Jednalo se o odstranění chyb v samotném návrhu, ale i o odstranění závad, které vyplynuli ze zkoušek, a které byly zjištěny při zkoušení v návaznosti na další funkce stroje.

Ihned od první zkoušky se projevil problém s přehrnováním pogumovaného textilu okolo kroužku vyztužujícího patku vzduchové pružiny. Při strojním otáčení pogumovaného textilu okolo tohoto kroužku působí mnohem větší síly v ose polotovaru než při ručním otáčení. Při strojním otáčení se otáčí pogumovaný textil kolem celého obvodu najednou, kdežto při ruční práci je otáčený pogumovaný textil postupně. Toto mělo za následek přetahování kroužků přes opěrný pásek a shrnování konfekce. Obě tyto vady jsou nepřijatelné.



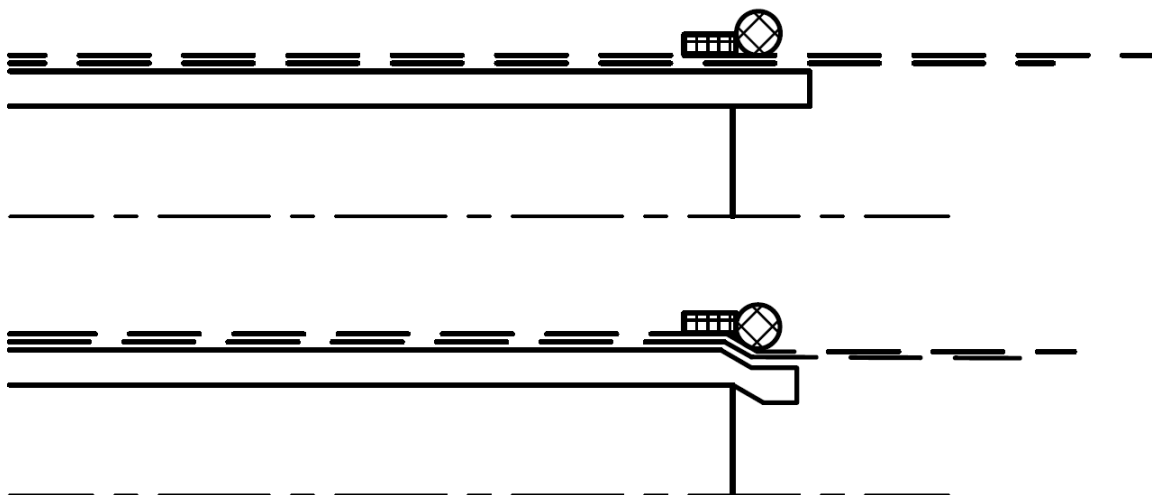
Obrázek 37 Patkový kroužek přetažený přes opěrný pásek



Obrázek 38 Shrnutá konfekce

Toto jsem se pokusil vyřešit snížením výšky zubů na vodících ližinách o 1,5 mm. Tím došlo ke zvětšení maximálního možného průměru konfekčního trnu a ke zvýšení síly, která díky tření mezi povrchem trnu a vnitřní stranou rukávce měla lépe podržet konfekci při přehrnování pogumovaného textilu kolem kroužku výztuhy patky. Tato úprava odstranila shrnování konfekce, avšak počet případů, kdy se výztužný patní kroužek přesunul přes svou opěrku se zvýšil. Taktéž docházelo k deformaci válcového tvaru konfekčního trnu. Na obou stranách byl povrch konfekčního trnu sevřen málo poddajnými kroužky, uprostřed však průměr nebyl omezen, a tak docházelo k průhybu středu a konfekční trn získával soudkovitý tvar.

Další možností, jak zabránit shrnování konfekce nebo přesunutí patkového kroužku přes opěrný pásek jsem zvolil možnost umístění patkového kroužku mimo konfekční trn a to tak, aby byl těsně vedle konfekčního trnu a při strojním otáčení pogumovaného kordu okolo něho se konfekce nebortila a zároveň aby jednotlivé vrchní díly konfekčního trnu tvořili patkovému kroužku oporu.



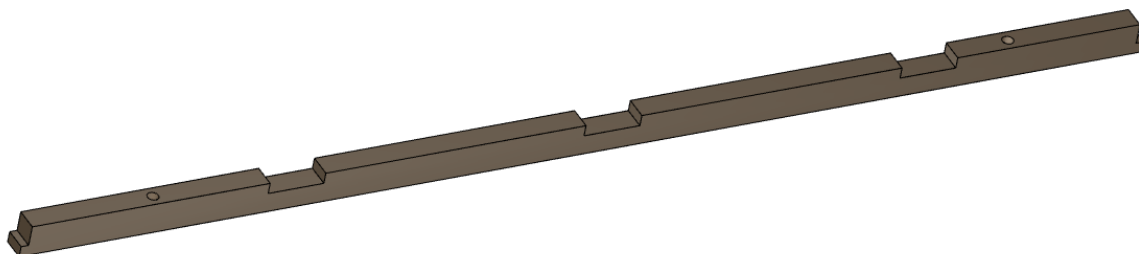
Obrázek 39 Umístění patkového kroužku. Nahoře před roztažením konfekčního trnu, dole po roztažení konfekčního trnu

Po provizorní opravě ližin (vrácení zubu vymezujícímu maximální průměr konfekčního trnu po roztažení) do původního stavu jsem tuto variantu odzkoušel. Již při prvních zkouškách se ukázalo, že toto opatření bude účinné, avšak objevily se dva nové problémy. Protože jednotlivé listy povrchu válce nadměrně deformovaly vnitřní rukávec konfekce, přestaly se listy při vyfouknutí vnitřního měchu volně hýbat, a zůstávaly častokrát zablokované. Po jejich uvolnění zůstávaly v rukávci stopy, a rukávec byl mírně deformován. Takto jsem vyrobil 5 kusů konfekcí, které jsem následně vylisoval, abych ověřil, že deformace vnitřního rukávce nebude mít vliv na kvalitu výrobku.

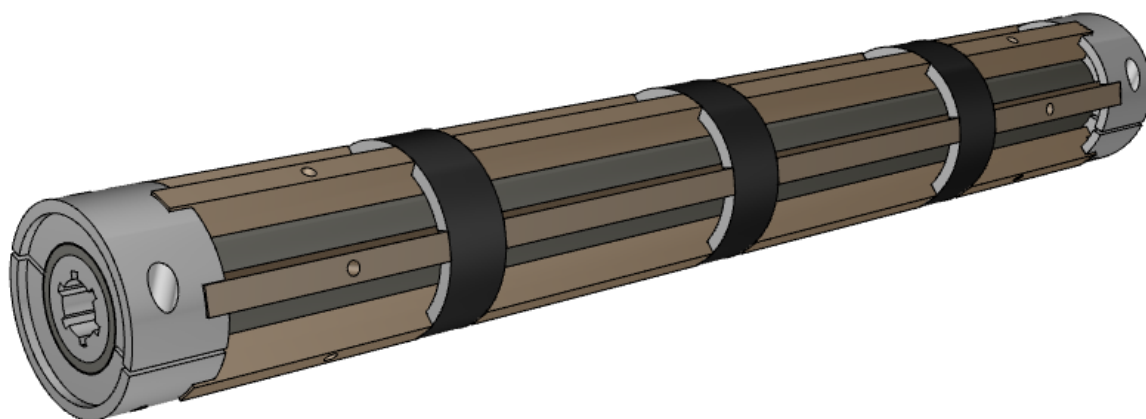


Obrázek 40 Otlaky od listel povrchu konfekčního trnu

Abych zachoval jednoduchost a ráz konfekčního trnu, rozhodl jsem se pro systém navrácení ližin po vyfouknutí měchu pomocí pryžotextilních prstenců. V ližinách budou vyfrézovány 3 drážky délky 15 mm a hloubky 3 mm, do kterých budou zasazeny 3 pryžotextilní prstence. Výroba těchto prstenců bude obdobná jako výroba vnitřního pryžotextilního měchu.



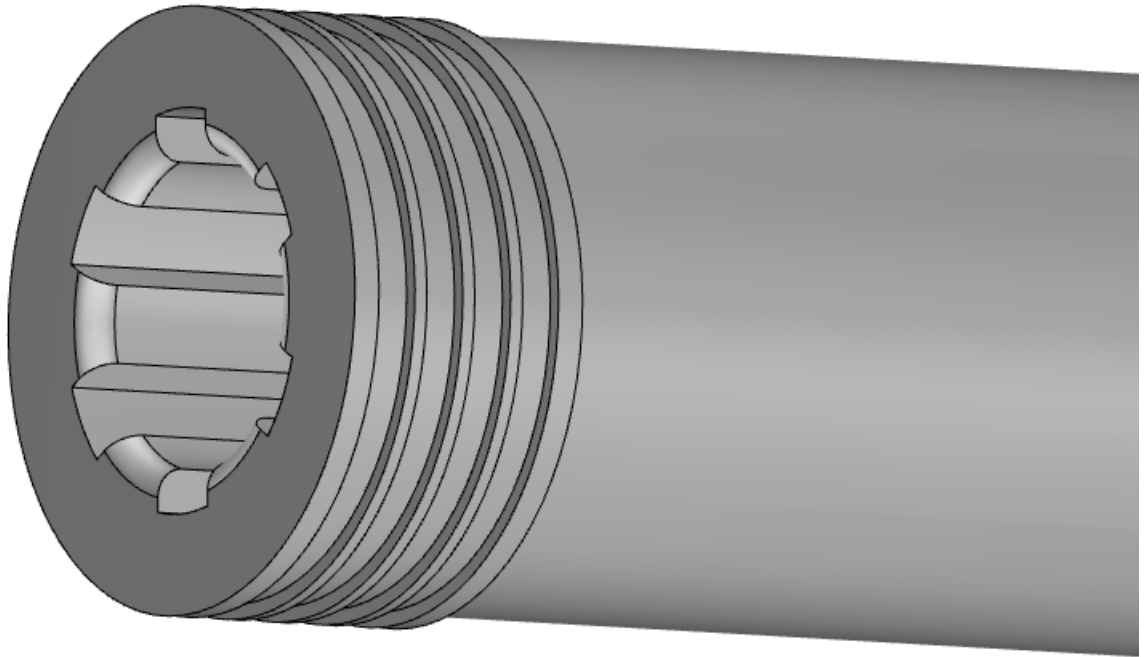
Obrázek 41 Nový tvar ližiny



Obrázek 42 Zobrazení instalace stahovacích prstenců

V průběhu zkoušek prováděných za účelem výroby samotné konfekce jsem zjistil, že z vnitřního nafukovacího pryžotextilního měchu mírně uniká tlakový vzduch. Únik tlakového vzduchu byl způsoben nedokonalým utěsněním mezi kovovou vnitřní hřídele a pryžotextilním měchem. Tento problém jsem vyřešil drážkováním na obou koncích hřídele, které slouží k lepšímu utěsnění.

Taktéž bylo problematické zajíždění rovnoboké drážkované hřídele pohonu dovnitř drážkování trnu. Při výrobě nové hřídele jsem navrhl zaoblení okrajů drážkování, aby poháněná hřídel lépe zajížděla do rovnobokého drážkování konfekčního trnu.



Obrázek 43 Drážky na konci hřídele a zaoblení rovnobokého drážkování

Jelikož se změnou systému umístování patkového kroužku mimo trn zvětšila rozteč mezi těmito kroužky, současně s výrobou nové vnitřní hřídele jsem zajistil zkrácení hřídele, ližin a listel povrchu konfekčního trnu o 12 mm tak, aby rozteč patkových kroužků byla původní hodnoty 320 mm.

Po sestavení upraveného rozpínatelného konfekčního trnu jsem odzkoušel funkčnost uprav na 15 kusech konfekcí bez projevení předchozích závad, či zjištění nových.

10 VYHODNOCENÍ A DISKUZE

Cílem diplomové práce byl návrh konstrukce rozpínatelného konfekčního trnu. Pro rozpracování návrhu byly 2 základní možnosti zajištění rozpínání konfekčního trnu. Mechanické nebo pneumatické. Každá z variant má své klady a zápory. Z důvodu malého průměru konfekčního trnu, a s tím spojeného obtížného umístění malých mechanických součástí uvnitř konfekčního trnu, ale zároveň nutností zajistit tuhost konfekčního trnu, a taktéž z důvodu prašnosti při navlékání rukávců na trn a lepení tohoto prachu na mazané součásti jsem zvolil pro rozpracování variantu s pneumatickým rozpínáním.

Po sestavení konfekčního trnu jsme začali provádět zkoušky konfekcionování a dalších součástí s tím spojených, jako je například strojní přehrnování pogumované kordové tkaniny okolo výztužných patkových kroužků. Při ohrnování pogumovaného textilu jsme u konfekčního trnu zjistil, že předpokládaná síla na vnitřní povrch rukávce a výztužných kroužků není dostatečná, polotovar se bortí a síla při otáčení dokonce přetahuje patní kroužky přes opěrné pásky, které při ručním otáčení právě slouží k fixaci pozice patkového kroužku. Tento problém jsem se rozhodl řešit zvětšením maximálního možného průměru konfekčního trnu. Tato úprava také nepomohla, proto jsem dále odzkoušel posunout patní kroužek mimo konfekční trn tak, aby se o trn opíral a ten mu tvořil pevnou oporu proti osově síle při otáčení pogumovaného textilu. Tato úprava byla úspěšná. Zpětně si myslím, že tato druhá úprava dává větší smysl, a pokud bych se nedržel zavedené myšlenky, že opěrné patky a kroužku musí být na konfekčním trnu, volil bych ji jako první možnou úpravu. Dále jsem odzkoušel i možnost nedávat opěrné pásky vůbec. Vzduchová pružina byla vyrobitelná. Avšak při rozříznutí výrobku byla patka méně vyplněná a je na dalších zkouškách hotového výrobku, zda tato úprava je funkční.

Od počátku zkoušek byl mírný problém s vracením listel povrchu konfekčního trnu. Ten se zvětšil následnými úpravami. Proto jsem navrhl úpravu a jejich vracení upravil třemi pryžotextilními prstenci. Také docházelo k mírnému úniku tlakového vzduchu mezi pryžotextilním měchem a plochou hřídele. Při výrobě nové hřídele jsem oba konce upravil o drážkování, aby došlo k utěsnění. Taktéž problém s najížděním rovnoboké drážkové hřídele pohonu do hřídele konfekčního trnu jsem vyřešil úpravou obou hřídelí o rádiusy.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout rozpínací konfekční trn, na kterém bude moci probíhat strojní otáčení pogumovaného textilu kolem výztužného kroužku patky vzduchové pružiny. Z návrhu se postupnými zkouškami a úpravami dospělo k závěru, kdy je rozpínatelný konfekční trn funkční a jsou na něm zkoušeny další prvky a elementy, které by zrychlili konfekcionování. Jedná se například o nepoužívání opěrných pásek, částečné navlékání kroužků pomocí přehrnovacích měchů a jiné. Pomocí přehrnovacích měchů se jejich postupnou úpravou také povedlo zcela odstranit pracovní krok při konfekcionování, a to konkrétně vyválečkovávání vzduchů po ohrnutí pogumovaného textilu, kdy tento krok dělají přehrnovací měchy zároveň s přehrnutím.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLIČKA, 2009. Gumárenské suroviny a jejich zpracování. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-713-2
- [2] DUCHÁČEK, Vratislav, 2006. Polymery - výroba, vlastnosti zpracování, použití. 2. vyd. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 80-7080-617-6
- [3] MALÁČ, Jiří, Gumárenská technologie [online]. [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/>
- [4] KUTA, Antonín, 2007. Technologie a zařízení pro zpracovávání kaučuků a plastů. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-367-7
- [5] LENFELD, Petr, Technologie II - zpracování plastů [online]. Liberec [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/10.htm. Skripta. Technická univerzita Liberec
- [6] Interlocking Rotors, In: Buzuluk [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: http://www.buzuluk.com/cz/divize-gumarenske-stroje/vyrobn-program/michaci-linky/vysokotlake-hnetice/nahled-interlocking-rotors-type-bi-1-interlocking-internal-mixer-chamber-140l_awm_min.jpg?root=Li4vLi4v&data=cDIIz3eJ2vt2cKOnsJuveNzLclrC6eRAwY+2eXmW4U9GTADPub2dUy95KcXXC+4cS8OoXD6LIPGLbWFjcp5kWE6YfI4widhrRnejre+MtCJMabIMIEGcaYOs/G95Evpb rd1R57GVm6Oyd7OsOh8rbNhjaV0C+kTJyw9l fRuqfFjNmE3uXo=
- [7] BĚHÁLEK, Luboš, 2016. Polymery [online]. Svitavy: publi.cz [cit. 2020-01-10]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Impresum.html>
- [8] Historie kaučuku a pryže, TYMA [online]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/technicke-informace/materialy/historie-kaucuk-pryz/>
- [9] DVOŘÁK, Zdeněk a Eva HNÁTKOVÁ, 2016. Zpracovatelské procesy gumárenské pro konstrukční směry. Zlín.
- [10] ČSN ISO 23529 - Pryž - Obecné postupy pro přípravu a kondicionování zkušebních těles pro fyzikální zkušební metody, 2017.

- [11] ČSN ISO 37 - Pryž, vulkanizovaná nebo termoplastický elastomer - Stanovení tahových vlastností, 2019
- [12] ČSN 62 1415 - Kaučuky a gumárenské směsi. Stanovení viskozity a navulkanizování na viskozimetru Mooney, 1990.
- [13] ČSN ISO 7619-1 - Pryž, vulkanizovaný nebo termoplastický elastomer - Stanovení tvrdosti - Část 4: Tvrdost metodou vtlačování hrotu tvrdoměru (tvrdost Shore), 2019
- [14] ČSN ISO 7619-2 - Pryž, vulkanizovaný nebo termoplastický elastomer - Stanovení tvrdosti - Část 5: Tvrdost metodou vtlačování kapesního tvrdoměru IRHD, 2019
- [15] PREKOP, Štefan, 2003. Gumárska technológia 2. Trenčín: GC TECH, Trenčín. ISBN 808891485X
- [16] Hodnocení plastických elastomerů [online], [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/kzm/KZM_04.pdf
- [17] HEPNAR, David, 2018. Rekonstrukce vzduchové pružiny. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- [18] Měření tvrdosti [online], [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <http://www.merenitvrdosti.cz/piblina-pevodni-tabulka-pro-durometry-shore.html>
- [19] DVOŘÁK, Zdeněk a Jakub JAVOŘÍK, 2017. Konstrukce výrobků konstrukční materiály elastomerní a formy pro jejich výrobu [online]. Zlín [cit. 2020-01-22].
- [20] LUKOVICS, Imrich, Libuše SÝKOROVÁ a František VOLEK, 2000. Části a mechanismy strojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická ve Zlíně. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1566-5

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

4,5“x3 označení vzduchové pružiny o průměru 4,5 palce mající 3 vlny

ČSN česká technická norma

DIN německá národní norma vydaná

DSK koncentrace přísad v gumárenských směsích, díly na sto dílů kaučuku

EN evropská norma

EPM etylen-propylenový kaučuk

EPDM etylen-propylen-dienový kaučuk

F síla [N]

Fe₂O₃ oxid železitý

H_A hodnoty tvrdosti Shore A [-]

ISO mezinárodní organizace pro normalizaci

NR natural rubber

M₃₀₀ napětí potřebné k prodloužení vzorku o 300 % [MPa]

ML₁₅ hodnota Mooney v 15. minutě od počátku otáčení velkého disku [-]

PbO oxid olovnatý

PbO₂ oxid olovičitý

Pb₃O₄ oxid olovnato-olovičitý

REACH chemická politika Evropské unie. Registrace, Evaluace, Autorizace, omezování Chemických látek

SBR butadien-styrenový kaučuk

T teplota [°C]

t₃₅ čas, v němž hodnota Mooney dosáhla 35 jednotek [s]

T_g teplota skelného přechodu [°C]

TiO₂ oxid titaničitý

UV ultrafialové záření

ZnO oxid zinečnatý

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Typické distribuční křivky molárních hmotností kaučuků NR a SBR [1].....	13
Obrázek 2	Závislost účinnosti plastikace přírodního kaučuku na teplotě [2].....	14
Obrázek 3	Závislost viskozity Mooney na teplotě [3].....	15
Obrázek 4	Výkvět na výlisku.....	19
Obrázek 5	Závislost zpracovatelské bezpečnosti gumárenské SBR směsi při 120 °C na koncentraci Duslinu ve směsi [1].....	23
Obrázek 6	Barevné gumárenské směsi	25
Obrázek 7	smykové poměry ve směsi při míchání na dvouválci [5].....	27
Obrázek 8	Vysokotlaký hnětič firmy Buzuluk [6].....	28
Obrázek 9	Příklady tvaru hnětacích šneků kontinuálního hnětiče [5]	30
Obrázek 10	Grafický výstup tahové zkoušky	32
Obrázek 11	Durometr Shore A, princip měření, tvary hrotů [7]	33
Obrázek 12	Obecné schéma značení zkoušky tvrdosti dle Shore.....	33
Obrázek 13	Pracovní část viskozimetru Mooney	37
Obrázek 14	Pravoúhlé drážky na povrchu smykového disku [12].....	38
Obrázek 15	V drážka na povrchu dutiny matrice [12].....	38
Obrázek 16	Grafický zápis viskozity Mooney [16].....	39
Obrázek 17	Grafické znázornění ke stanovení doby navulkanizace [16].....	40
Obrázek 18	Spodní polovina formy a smykový disk pro měření viskozity Mooney	41
Obrázek 19	Schéma kladení vrstev vzduchové pružiny	43
Obrázek 20	Polotovar konfekce, vlevo pogumovaný kord otočený kolem patkového kroužku, vpravo před otočením [17].....	44
Obrázek 21	Bombírování konfekce vzduchové pružiny [17].....	45
Obrázek 22	Bombírování konfekce vzduchové pružiny [17].....	45
Obrázek 23	Uzavření vzduchové pružiny. Upínací kruh s víkem vlevo, pertlování vpravo	47
Obrázek 24	Rozměry požadované konfekce	49
Obrázek 25	Konfekční trn – náběh a otvory pro přívod stlačeného vzduchu.....	50
Obrázek 26	Postup otáčení pogumovaného kordu okolo zpevňujícího kroužku patky. Položení opěrných pásků, osazení zpevňujících patních kroužků, přehrnutí pogumovaného textilu okolo kroužků, vyválněkování uzavřených vzduchů z patky vzduchové pružiny. ...	51
Obrázek 27	Konfekční trn pro konfekcionování cyklistických plášťů.....	52
Obrázek 28	Vizualizace mechanického konfekčního trnu	52
Obrázek 29	Přibližná vizualizace pneumatického konfekčního trnu (včetně měchů pro otáčení pogumovaných kordů kolem patkových kroužků).....	53

Obrázek 30 Vnitřní hřídel konfekčního trnu.....	55
Obrázek 31 Pryžotextilní měch.....	56
Obrázek 32 Vodící ližina	57
Obrázek 33 Úchyty ližin	57
Obrázek 34 Dílčí sestava konfekčního trnu	58
Obrázek 35 Lišta tvořící plášť konfekčního trnu	58
Obrázek 36 Sestava pneumatického konfekčního trnu.....	59
Obrázek 37 Patkový kroužek přetažený přes opěrný pásek	60
Obrázek 38 Shnutá konfekce	61
Obrázek 39 Umístění patkového kroužku. Nahoře před roztažením konfekčního trnu, dole po roztažení konfekčního trnu	62
Obrázek 40 Otlaky od listel povrchu konfekčního trnu.....	62
Obrázek 41 Nový tvar ližiny.....	63
Obrázek 42 Zobrazení instalace stahovacích prstenců	63
Obrázek 43 Drážky na konci hřídele a zaoblení rovnobokého drážkování	64

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Hlavní kaučuky, jejich značení a určení a relativní spotřeba [2].....	16
Tabulka 2 Rozdělení urychlovačů sírné vulkanizace dle rychlosti vulkanizace [1].....	21
Tabulka 3 Přibližná převodní tabulka Shore A, Shore D [18].....	34
Tabulka 4 Minimální vzdálenost měření od okraje vzorku pro metodu IRHD [14]	34
Tabulka 5 Rozměry a síly zkušebního zařízení pro měření tvrdosti IRHD [14]	35
Tabulka 6 Nejčastější vady výlisků a jejich příčiny [17].....	46

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Vnitřní hřídel

Příloha P II: Pryžotextilní měch

Příloha P III: Vodící ližiny

Příloha P IV: Úchyt ližin BZ

Příloha P V: Úchyt ližin SZ

Příloha P VI: Stahovací prstenec

Příloha P VII: Plášť konfekčního trnu

Příloha P VIII: Sestava konfekčního trnu