

Studium fyzikálně-mechanických vlastností materiálů pro aplikace v gumárenském průmyslu.

Karolína Žáková

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav fyziky a mater. inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Karolína ŽÁKOVÁ

Studijní program: B 2808 Chemie a technologie materiálů

Studijní obor: Chemie a technologie materiálů

Téma práce: Studium fyzikálně-mechanických vlastností materiálů pro aplikace v gumárenském průmyslu

Zásady pro vypracování:

- 1. Rešerše na téma: Historie a vývoj gumárenského průmyslu, Technologie výroby pneumatik, Komponenty kaučukových směsí.**
- 2. Experimentální měření fyzikálně-mechanických vlastností vybraných materiálů.**
- 3. Vyhodnocení měření s ohledem na vhodnost využití v gumárenském průmyslu.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. DUCHÁČEK, V.: Gumárenské suroviny a jejich zpracování. VŠCHT Praha 1990.
2. ČSN 62 0001, "Veličiny a jednotky používané v oboru gumárenské technologie", 2002.
3. ČSN 62 2000, "Materiálové listy pryží. Základní ustanovení a tabulky hodnot vlastností", 1997.
4. Gebhart, B. "Heat Conduction and Mass Difussion". University Texas at Austin, 1993.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Dušan Fojtů, Ph.D.

Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

15. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. června 2010

Ve Zlíně dne 15. února 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



Mgr. Aleš Mráček, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Byly naměřeny fyzikálně-mechanické vlastnosti materiálů pro aplikace v gumárenském průmyslu. Pro měření a vyhodnocení byly vybrány pryžové materiály používaných k výrobě pneumatik konkurenčních společností firmy Barum Continental, s.r.o. Byly měřeny fyzikálně-mechanické vlastnosti hustota, tvrdost, odrazová pružnost a pevnost při prodloužení. Tyto vlastnosti byly sledovány ve třech částech pneumatiky – v patní výplni, běhounu a boční výztuže. Na základě naměřených výsledků byla vyhodnocena vhodnost použití studovaných pneumatik v gumárenském průmyslu.

Klíčová slova: kaučuk, vulkanizace, síra, hustota, tvrdost, odrazová pružnost, pevnost, patní výplň, běhoun, boční výztuha

ABSTRACT

Physico-mechanical properties of the materials for application in rubber industry were measured. Rubber materials used for the tires making of Barum Continental, Ltd. competitive companies were chosen for measuring and evaluating. Physico-mechanical properties like density, hardness, elasticity, toughness were measured. These properties were monitored in three parts of tire – calcanean filling, tread and sidewall. Availability of using of the studied tires in rubber industry was evaluated based on the measured values.

Keywords: rubber, vulcanization, sulfate, density, hardness, elasticity, toughness, calcanean filling, tread, sidewall

Chtěla bych zde uvést poděkování vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Dušanovi Fojtů Ph.D za odborné konzultace, příkladný přístup a poskytnutí odborných připomínek při řešení této práce.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Marceli Špaňhelové a Ing. Táni Němečkové za poskytnutí možnosti spolupráce na praktické části mé bakalářské práce na oddělení benchmarking ve společnosti Barum Continental, s.r.o.

Velké poděkování patří i mé rodině a přátelům, kteří mi byli oporou při nelehkých životních situacích nad kterými mi pomohli se povznést a s čistou hlavou jsem se mohla věnovat své práci.

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně dne 1.6.2010

podpis bakaláře

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně dne 1.6.2010

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 POLYMERNÍ MATERIÁL - KAUČUK	14
1.1 HISTORIE KAUČUKU	14
1.2 PŘÍRODNÍ KAUČUK	15
1.2.1 <i>Latex</i>	16
1.2.2 <i>Čepování latexu</i>	16
1.3 VÝROBA KAUČUKU	17
1.3.1 <i>Starší způsob výroby</i>	17
1.3.2 <i>Nový způsob výroby</i>	18
1.4 SYNTETICKÝ KAUČUK	19
2 KOMPONENTY KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ	21
2.1 VULKANIZAČNÍ ČINIDLA	21
2.1.1 <i>Síra</i>	22
2.1.2 <i>Jiné vulkanizační činidla</i>	23
2.2 AKTIVÁTORY A RETARDÉRY.....	23
2.2.1 <i>Aktivátory</i>	23
2.2.2 <i>Retardéry</i>	24
2.3 URYCHLOVAČE	24
2.4 PLNIVA.....	25
2.5 ANTIDEGRADANTY	25
2.6 ZMĚKČOVADLA	25
2.7 ZVLÁŠTNÍ PŘÍSADY.....	26
3 VULKANIZACE	27
3.1 VULKANIZACE KAUČUKOVÉ SMĚSI.....	27
4 FYZIKÁLNĚ - MECHANICKÉ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ	28
4.1 HUSTOTA	28
4.2 TVRDOST.....	29
4.3 PEVNOST PŘI PŘETRŽENÍ A PRODLOUŽENÍ.....	29
4.4 ODRAZOVÁ PRUŽNOST	30
4.4.1 <i>Zařízení pro měření odrazové pružnosti</i>	30
5 HISTORIE A VÝVOJ GUMÁRENSKÉHO PRŮMYSLU	31
6 TECHNOLOGIE VÝROBY PNEUMATIK	32
6.1 ZÁKLADNÍ POJMY	32
6.2 HLAVNÍ ČÁSTI PLÁŠTĚ PNEUMATIKY	33
6.3 VÝZTUŽNÉ MATERIÁLY	34
6.3.1 <i>Textilní materiály</i>	34
6.3.1.1 <i>Kordové tkaniny</i>	34
6.3.1.2 <i>Technické (křížové) tkaniny</i>	34
6.3.2 <i>Ocelové materiály</i>	34
6.3.2.1 <i>Ocelové kordy</i>	34

6.3.2.2	Dráty pro patní lana	34
6.4	SCHÉMA TOKU MATERIÁLŮ VE VÝROBĚ PLÁŠŤŮ.....	35
6.5	MÍCHÁNÍ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ.....	36
6.5.1	<i>Míchání na dvouválcí</i>	36
6.5.2	<i>Máchání směsí v hnětiči</i>	36
6.5.3	<i>Míchání základové směsi</i>	37
6.5.4	<i>Míchání finální směsi</i>	37
6.6	VYTLAČOVÁNÍ	39
6.7	VÁLCOVÁNÍ	40
6.7.1	<i>Válcování profilové vnitřní gumy</i>	40
6.8	NANÁŠENÍ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ NA ČTYŘVÁLCI.....	41
6.8.1	<i>Izolace jednotlivých nití kordové nebo technické tkaniny</i>	41
6.8.2	<i>Možnost konfekce pláště</i>	41
6.8.3	<i>Elasticita kostry pláště</i>	41
6.8.4	<i>Ochranná vrstva</i>	41
6.8.5	<i>Vtírání</i>	42
6.8.6	<i>Nánosování textilního kordu</i>	42
6.8.7	<i>Nánosování ocelového kordu</i>	43
6.9	KONFEKCE PLÁŠŤŮ PNEUMATIK	44
6.9.1	<i>Konfekce osobních pláštíů</i>	44
6.10	LISOVÁNÍ A VULKANIZACE PLÁŠŤŮ PNEUMATIK.....	45
6.11	DOKONČOVÁNÍ A KONTROLA VÝROBKŮ	46
6.11.1	<i>Test kvality – uniformity</i>	46
7	BARUM CONTINENTAL	47
8	BENCHMARKING.....	48
8.1	PRODUKT LABORATOŘÍ	48
8.1.1	<i>Rozbory výztužných materiálů</i>	49
8.1.1.1	<i>Stanovení materiálů</i>	50
8.1.1.2	<i>Stanovení konstrukce</i>	50
8.1.1.3	<i>Uložení polotovarů a zhodnocení konstrukce pláště</i>	50
8.1.2	<i>Analýza směsí</i>	50
8.1.2.1	<i>Příprava řezu</i>	51
8.1.2.2	<i>Příprava testovacích těles</i>	51
8.2	UKÁZKY MOŽNÝCH KONSTRUKCÍ.....	51
8.2.1	<i>Běhounová oblast</i>	51
8.2.2	<i>Oblast patky</i>	52
II	PRAKTICKÁ ČÁST	53
9	MĚŘENÍ FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ.....	54
9.1	PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	54
9.2	POSTUP MĚŘENÍ.....	55
9.2.1	<i>Hustota</i>	55
9.2.2	<i>Tvrdost</i>	55
9.2.3	<i>Odrážová pružnost</i>	55
9.2.4	<i>Pevnost při prodloužení a přetržení</i>	55

9.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	56
ZÁVĚR	.....	60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	.....	61
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	.....	62
SEZNAM OBRÁZKŮ	.....	63
SEZNAM TABULEK	.....	64
SEZNAM PŘÍLOH	.....	65

ÚVOD

Gumárenský průmysl zaujímá významné postavení v chemickém průmyslu i v celém národním hospodářství. Pryž a pryžové výrobky se používají v mnoha průmyslových odvětvích. Nejrozsáhlejší využití pryže je například v automobilovém a leteckém průmyslu, ve strojírenství, stavebnictví a mnoha dalších. V dnešní době si už nikdo nedokáže představit život bez automobilů, kde jsou pryže v podobě pneumatik.

Pro výrobu pneumatik je základní složkou kaučuk, který sám o sobě nemá dostačující vlastnosti na splnění podmínek pro použití, proto je k dosažení požadovaných zpracovatelských a aplikačních vlastností potřeba nejprve z kaučuku pomocí chemikálií a přísad vyrobit kaučukovou směs. Pro tuto přípravu kaučukové směsi je k dispozici mnoho druhů kaučuku a více než 20 tisíc chemikálií a přísad.

Úkolem pneumatiky je zajistit bezprostřední styk vozidla s vozovkou. Musí přenášet zatížení vozidla, zprostředkovat přenos kroutícího momentu a reakce na volant, zajistit uspokojivé vlastnosti při jízdě. Každá část pneumatiky musí mít odlišné fyzikálně-mechanické vlastnosti, neboť má každá svůj charakteristický význam.

Vlastnosti pneumatiky závisí také na druhu, jestli se jedná o zimní, letní, nákladní či osobní pneumatiku. Každý druh musí mít své specifické vlastnosti, aby splnil účel použití, který se liší mnoha faktory. Letní typ pneumatiky musí být tužší kvůli koeficientu tření, vyrábí se převážně ze syntetického kaučuku. Naopak zimní typ musí být měkčí, aby měl větší adhezi k vozovce, vyrábí se z přírodního kaučuku a jako plniva zde slouží saze, které se přidávají i do nákladních pneumatik. U osobních pneumatik převažují jako plniva silika.

Vzhledem k tomu, že správný postup při výrobě pneumatik vyžaduje znalost materiálových charakteristik všech vstupních komponent, je studium a znalost fyzikálně-mechanických vlastností těchto komponent i konečných produktů více než významný. Konečným důsledkem chybné volby při výběru jak vstupní komponenty, tak také chybou při zpracování, výstupní kontrole nebo chybnou volbou konečného produktu, může být naprosto fatální a katastrofální selhání při použití, tedy například při jízdě automobilem, nebo letu letadlem.

Zmiňovat bezpečnostní rizika v přímé souvislosti s vybraným vzorem, pneumatikou pro letní nebo zimní použití a ostatní přímé i nepřímé dopady spojené s jakoukoliv chybou

volbou, nebo chybou způsobenou lidským faktorem, se může zdát až přehnané z pohledu průměrně myslícího člověka.

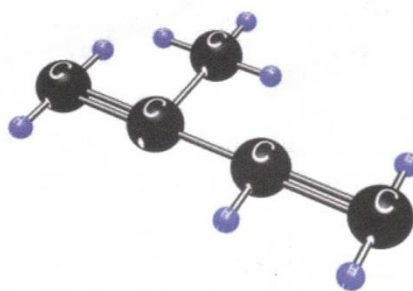
Snahou legislativy jak České republiky, tak také Evropské Unie, je minimalizovat dopady výše uvedených chyb při výrobě a použití pneumatik, je v posledních několika desetiletích více než znatelný a vedl k mnoha auditorně-restrukturalizačním řízením, která v několika případech měla za následek odejmutí licence pro výrobu pneumatik.

Z těchto všech důvodů je studium fyzikálně-mechanických vlastností materiálů pro aplikace v gumárenském průmyslu velmi důležité a má přímý na zlepšování vlastností těchto materiálů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁL - KAUČUK

Kaučuk patří dnes mezi základní suroviny moderního průmyslu. Při spotřebě paliv, elektrické energie a oceli je spotřeba kaučuku jedním z hlavních ukazatelů stupně rozvoje národního hospodářství. S výrobky z kaučuku se setkáváme na každém kroku. Největším spotřebitelem kaučuku je gumárenský průmysl, který spravuje více než 60% z jeho celkové výroby. Současnou techniku a průmysl si není možné představit bez dopravních pásů, hadic, těsnění, pružných uložení, kabelů, hnacích řemenů, kaučukových lepidel a mnoho jiných součástí. Rozsáhle je i používání výrobků z kaučuku ve stavebnictví, dopravě, polní hospodářství a zdravotnictví. Z našeho každodenního života si nemůžeme odmyslet široký sortiment různých spotřebních výrobků z kaučuku, jak například obuv, čalounění, sportovní potřeby, hračky a jiné drobné předměty denní potřeby. [1]



Obr. 1. Molekula kaučuku

1.1 Historie kaučuku

Kaučuk byl dovezen do Evropy před více než 200 lety, ale technicky významným materiálem se stal až po objevení vulkanizace.

Už první Evropané, kteří se dostali do Ameriky, pozorovali domorodce hrající si s lopatami, zhotovenými z vysušené šťávy kaučukových stromů. Domorodci vyráběli z kaučuku obuv, napouštěli tkaniny a zhotovovali z něho nádoby a figurky. Je zajímavé, že nedávno se rozborem předmětů vyráběných domorodci z kaučuku zjistilo, že přidávali do kaučuku už před příchodem Evropanů síru, aby zlepšili jeho vlastnosti. Skutečný rozvoj zpracování kaučuku nastal však až po přezkoumání a zavedení průmyslového využití vulkanizačních účinků síry za zvýšených teplot podle patentu Goodyeara a Hancocka v první polovině 19. století. Tímto objevem získal kaučuk nové vlastnosti, prodloužila se jeho životnost a podstatně se rozšířila jeho použitelnost. Pro nový materiál, který vzniká vulkanizací kaučuku, se začal používat název guma.

Získávání kaučuku v pravlasti, kterou je Brazílie, bylo extenzivní a kaučuk se dobýval z rostoucích stromů, přičemž se nikdo nestaral o jejich novou výsadbu. Obrat ve výrobě přírodního kaučuku znamenalo zavádění intenzivního plantážního pěstování kaučukovníku v jihovýchodní Asii anglickým botanikem Wickhamem.

Rozvoj výroby automobilů, kterého podstatnou součástí jsou gumové pneumatiky, znamenal prudký vzestup v zájmu po kaučuku a v první světové válce byl kaučuk důležitou strategickou surovinou. Vojenský význam byl jednou z příčin rozsáhlého výzkumu zaměřeného na získání synteticky vyrobené náhrady, která by zabezpečila nezávislost od zámořských zdrojů.

Vážným konkurentem přírodního kaučuku se stal syntetický kaučuk až po druhé světové válce. Do té doby se ve větším množství vyráběly v Sovětském svazu a v Německu. Dnes se syntetické kaučuky vyrábějí v mnohých zemích, dokonce i v takových, které byly v minulosti hlavními dodavateli přírodního kaučuku. Při strategických úvahách vedli k rozšíření výroby syntetických kaučuků i hospodářské a technické úvahy. Výroba syntetického kaučuku je hospodárnější než výroba přírodního kaučuku a není vázaná na přírodní a klimatické podmínky. Protože se podařilo racionalizací zvýšit výtěžek přírodního kaučuku z jednoho hektaru na 70 000 tun kaučuku ročně, přičemž je potřeba 40 000 lidí a plocha o velikosti 550 km², ale na výrobu stejného množství syntetického kaučuku za rok stačí 400 pracovníků a plocha 0,15 km². Přitom je ještě potřeba uvážit, že stoupající mzdové nároky v rozvojových krajinách, kde se přírodní kaučuk vyrábí, vyvažují z části efekt zaváděných racionálních opatření. Speciální druhy syntetických kaučuků už nejsou náhradou přírodního kaučuku, ale mají osobité vlastnosti, které je dělají pro určité použití nepostradatelnými. Světová výroba syntetického kaučuku je dnes vyšší než výroba přírodního kaučuku. [1]

I přesto je přírodní kaučuk hodnotnou surovinou a jeho výroba činí asi 3,4 mil tun ročně, při celkové výrobě všech druhů kaučuku asi 10,4 mil. tun ročně. [2]

1.2 Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk je obsažen v mléčné šťávě různých rostlin rostoucích v rovníkové oblasti. Pro získání přírodního kaučuku má největší význam strom kaučukovník (*Hevea brasiliensis*), kterému se nejlépe daří v pásmu podél rovníku, širokém asi 2000 km. Převážná

část kaučuku pochází z jihovýchodní Asie, malý podíl z Afriky a Jižní Ameriky, která je původní vlastní kaučuku.

Název kaučuk byl převzat z indiánského nářečí, kde slovo „cahutchu“ znamená slovo „strom, který pláče“. Termín kaučuk se používá výhradně pro surový produkt bez přísad, kdežto pro vulkanizát byl vytvořen název pryž.

Kaučuk je obsažen ve šťávě zvané latex, která je obsažena v trubkovitých buňkách v kůře stromů. [4]

1.2.1 Latex

Přírodní latex je bílá kapalina mající vzhled a konzistenci mléka až husté smetany. Je to koloidní systém, suspenze kaučukových částic ve vodném prostředí. V séru jsou rozpuštěny nebo suspendovány různé tzn. nekaučukové látky jako proteiny, cukry, alkoholy, mastné kyseliny a malé množství minerálních látek.

1.2.2 Čepování latexu

Latex se získává ze stromu čepováním, tj. odřezáním tenkého pásku šikmým řezem, čímž se naruší stěny buněk, a latex se nechá pomalu stékat do nádoby upevněné pod řezem. Doba stékání je až 3 hodiny. Pak se přelévá do věder, poté do větších zásobníků a odváží se z plantáží do závodů, kde se zpracovává nebo upravuje.

Čepovat se začíná u šestiletých až osmiletých stromů a podle zkušeností lze čepovat asi 30 let, při čemž do 20 let výtěžky stále mírně stoupají. [3]

Zahuštěním a stabilizací se získává latex pro přímé zpracování v gumárenských závodech, srážením, popřípadě odpařením vody se získává surový přírodní kaučuk.

Protože zpracovatelské závody jsou od plantáží většinou značně vzdáleny, dopravuje se ke zpracování suchý kaučuk, protože velký obsah vody v latexu by zbytečně zdražoval dopravu. Přepravovat zahuštěný latex je účelné jen pro některé speciální výroby (např. máčeného zboží, pěnové pryže, nití, lepidel, impregnovaných výrobků). [4]



Obr. 2. Čepování latexu

1.3 Výroba kaučuku

Kaučuk lze z latexu získat obecně různými způsoby. Na plantážích se připravuje téměř výhradně srážením. Nestabilizovaný latex stáním samovolně koaguluje a tohoto způsobu se používá na plantážích při malovýrobě. Při průmyslové výrobě se provádí koagulace záměrná. [3]

1.3.1 Starší způsob výroby

Latex z plantáží se dopravuje do zpracovatelských stanic. Tam se na sítích zbaví mechanických nečistot, homogenizuje se a ředí se na obsah kaučuku 15 až 20 %, aby srážení bylo pravidelnější. K takto upravenému latexu se přidá kyselina octová nebo kyselina mravenčí v množství přibližně 0,5 %, počítáno na kaučuk, v podobě 5%-ního roztoku, a dobře se promíchá.

Na plantážích se srážení provádí v obdélníkových, hliníkem vyložených nádržích, které mají ve stěnách drážky, do nichž se po naplnění nádrže a přidání kyseliny vkládají mezistěny, rozdělující prostor na řadu oddělení; v každém z nich se vysráží blok takové velikosti, aby po vyválcování vznikl list normalizovaných rozměrů. Při správném vedení ope-

race latex postupně houstne a během několika hodin se vysrážejí hutné bílé bloky koagulátu. Sražené bloky se pak dále perou a zpracovávají na světlou krepu nebo uzený kaučuk. [3]

1.3.2 Nový způsob výroby

Starší, klasická výroba plantážového kaučuku je ve stále větším měřítku nahrazována novým způsobem označovaným jako SMR - Standard Malaysian Rubbers.

Přírodní kaučuk byl vyráběn stejným způsobem po více než 50 let. Svými výjimečnými vlastnostmi si zachoval pevnou pozici v sortimentu používaných kaučuků. V posledních 20 letech byl zpracováván v malajsijském výzkumném ústavu (Rubber Research Institut of Malaya) široký program různých zlepšení, směřujících k maximálnímu zachování vynikajících vlastností kaučuku obsaženého v latexu po načepování a k odstranění některých nedostatků, čímž se zvýší jeho schopnost konkurovat stále širšímu sortimentu a objemu syntetických kaučuků. Program směřuje dále i k zlepšení ekonomie zemí produkujících přírodní kaučuk.

Při novém způsobu výroby se postupuje tak, že koagulovaný kaučuk se převede na drobné částice, ty se pak perou, rychle suší proudem teplého vzduchu, slisují a balí do polyethylenových obalů. Balíky jsou lehčí, přesně dimenzované a usnadňují manipulaci, dopravu i skladování.

Z hlediska spotřebitele není mezi oběma způsoby rozdíl. Drť jakýmkoliv způsobem získaná se pere a ukládá do truhlíků s perforovaným dnem o délce a šířce budoucích balíků. Tyto truhlíky se skládají na sebe a drť se v nich suší proudem teplého vzduchu. Suchá drť se lisuje do balíků pravidelných rozměrů, o hmotnosti 33 kg a balí se do polyethylenových obalů.

Ve srovnání se starší výrobou, kdy se vyválnované listy koagulátu rozvěšovaly, sušily i udily v komorách, je výroba velmi krátká, s větším stupněm mechanizace. [3]

1.4 Syntetický kaučuk

Kaučuk připravený z monomerních jednotek chemickou cestou založený na syntéze, nazýváme syntetický kaučuk. První pokusy o syntézu kaučuku byly ve znamení přípravy látky o stejné struktuře, jakou má kaučuk přírodní. Pouze pro tento případ je možno použít termínu "umělý kaučuk".

K úspěšné přípravě umělého kaučuku však bylo napřed nutno získat základní informaci: jaké jsou stavební jednotky přírodního kaučuku. To se v r. 1860 podařilo Granvilu Williamsovi. Z produktů destilace přírodního kaučuku izoloval čistou látku, kterou nazval izopren. Polymeroval jej však poprvé až o 19 let později (r. 1879) francouzský chemik Boucharat.

Podobný kaučukovitý produkt získal v roce 1884 Tilden, který monomerní izopren připravil pyrolýzou terpentýnové silice. Při skladování mu tento kapalný uhlovodík samovolně polymeroval. Podstata polymeračního procesu však v této době ještě známa nebyla. K jejímu objasnění a také patentování došlo až v r. 1910 dvěma anglickými chemiky Strangem a Matthewsem. Prakticky současně patentovala polymeraci také německá firma Bayer.

Již předtím však velký pokrok do této oblasti přinesli ruští chemici. I. L. Kondakov zjistil, že syntetický kaučuk může být připraven nejen z izoprenu, ale také z dimethylbutadienu, který se mu podařilo polymerovat zahříváním se sodíkem nebo hydroxidem draselným. S. V. Lebeděv na základě podrobného studia polymerace butadienu účinkem zvýšené teploty (za tlaku v kapalně fázi) prokázal v r. 1909, že schopnost být přeměnitelný na kaučuk mají všechny konjugované dieny.

Tato situace umožnila, aby během 1. světové války mohlo být vyrobeno určité množství syntetického kaučuku v Německu, které mělo v důsledku blokády nedostatek kaučuku přírodního. Byl to právě polymerovaný dimethylbutadien. Měl sice poměrně špatné vlastnosti, ale na výrobu ebonitových skříní akumulátorů pro německé ponorky se hodil dobře.

K hlavnímu rozvoji výroby syntetických kaučuků však dochází až ve 30. letech dvacátého století. V Německu byla v té době již průmyslově zvládnuta emulzní polymerace butadienu účinkem sodíku. Tento proces byl nazván Bu-Na (Butadien - Natrium) a kaučuky jím vyráběné nesly obchodní značku Buna S (butadien-styrenový kaučuk) a Buna N (butadien-akrylonitrilový kaučuk). O málo později dochází k prudkému rozvoji výroby syntetických kaučuků v USA. Byl to hlavně kaučuk butadien-styrenový, obchodně označovaný GR-S

(G - Government, R - Rubber, S - Synthetic) a olejovzdorné kaučuky butadien-akrylonitrilové Hycar a Chemigum. O něco později byla zvládnuta i výroba butylkaučuku kopolymerací izobutylenu s izoprenem. [2]

2 KOMPONENTY KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ

Aby se z kaučuků mohly připravit pryže požadovaných vlastností, musí se smíchávat s různými přísadami. Tyto přísady lze rozdělit na:

- vulkanizační činidla,
- aktivátory a retardéry vulkanizace,
- urychlovače vulkanizace,
- plniva,
- prostředky proti stárnutí – antidegradanty,
- změkčovadla,
- zvláštní přísady. [2]

Vmícháme-li do kaučuku jen některé přísady a vynecháme některou ze složek kaučukové směsi, připravíme předsměs, neboli béc (z angl. Batch). Nejběžnější jsou předsměsi složené z kaučuku, změkčovadla a plniva. Scházející složky se do předsměsi přidávají až před definitivním zpracováním kaučukové směsi a její vulkanizací. Předsměsi je možné velmi dlouho skladovat bez nebezpečí samovolného znehodnocení. Naproti tomu při skladování kompletních kaučukových směsí může dojít po jisté době k jejich navulkanizování. Vulkanizační systém totiž reaguje už při běžné teplotě kolem 20 °C, a proto úplné kaučukové směsi mají omezenou dobu skladování. [3]

2.1 Vulkanizační činidla

Vulkanizační činidla jsou látky schopné vytvářet chemickou reakcí příčné vazby mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. S nástupem nových syntetických kaučuků se objevují i nové vulkanizační systémy, a tedy i nová vulkanizační činidla. [2]

Ačkoli od objevu teplé vulkanizace uplynulo již více než 130 let a bylo navrženo mnoho látek, které jsou schopny vytvářet příčné vazby, zůstává síra, použitá již Goodyearem k vulkanizaci, hlavním vulkanizačním činidlem. S rozvojem urychlovačů se však její dávkování ve směsích podstatně změnilo. [3]

2.1.1 Síra

Pro gumárenské účely se používá mletá síra krystalická (kosočtverečná modifikace, jejíž molekuly jsou tvořeny osmičlennými kruhy S₈) nebo v menší míře polymerní forma, tzv. síra nerozpustná.

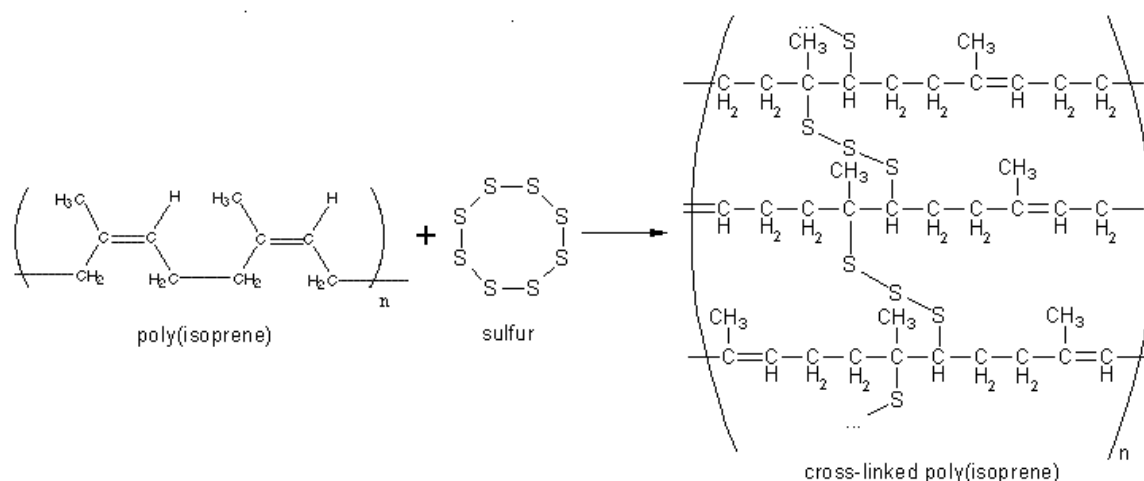
Mletá krystalická síra je žlutý prášek o čistotě 99,0 až 99,8 %, maximální přípustné množství popela je 0,05 %. Síra je nerozpustná ve většině rozpouštědel, dobře se rozpouští v sírouhlíku. Její rozpustnost v kaučuku závisí na typu kaučuku a na teplotě.

Síra se rozemílá na potřebnou jemnost buď za mokra, nebo v atmosféře inertního plynu, pro manipulaci se síra často olejuje nebo se k ní přidávají práškové přísady, aby lépe „tekla“. Dopravuje se v papírových pytlicích nebo dřevěných sudech, pro svou hořlavost musí být skladována odděleně od ostatních přísad. Při osévání a manipulaci vzniká statická elektřina, která může být příčinou požárů.

Takzvaná nerozpustná síra je síra v polymerní formě, o relativní molekulové hmotnosti 100 000 až 300 000. Je nerozpustná v rozpouštědlech i v kaučuku. Uvádí se, že její použití má tyto výhody:

- nevykvétá na povrch směsí a nesnižuje tedy konfekční lepidlost
- nepřestupuje z vrstvy do vrstvy u složených výrobků
- nezhoršuje zpracovatelskou bezpečnost směsí při skladování [2]

Síra slouží jako vulkanizační činidlo pro řadu nenasycených kaučuku, jako je kaučuk přírodní, butadienstyrenový, butadienakrylonitrilový, butadienový, butylkaučuk a některé další syntetické kaučuky. Do směsí se vpravuje buď přímo, nebo v podobě béců. Jako doplňující vulkanizační činidlo se současně se sírou někdy používá též selen nebo tellur v práškové formě. Obě činidla zlepšují odolnost pryže proti zvýšené teplotě. [3]



Obr. 3. Vulkanizační rovnice

2.1.2 Jiné vulkanizační činidla

- donory síry – organické disulfidy a tetrasulfidy
- reaktivní pryskyřice – pro získání pryže odolné proti vysokým teplotám.
- chinondioximy
- peroxidy, oxidy kovů
- diaminy, diizokyanatany
- chlorid siričný

2.2 Aktivátory a retardéry

2.2.1 Aktivátory

Je to skupina anorganických a organických látek, které ve směsích aktivují účinek vulkanizačních činidel. Rozlišujeme tři typy:

- aktivátory vulkanizace sírou,
- aktivátory peroxidové vulkanizace,
- stabilizátory radiační vulkanizace. [2]

Ve všech případech spočívá účinek aktivátoru v tom, že zvětšuje síťovou účinnost vulkanizačního systému. Znamená to, že přidáním aktivátoru se při dané koncentraci a složení vulkanizačního systému zvětší koncentrace chemických příčných vazeb, vytvořených vulkanizací. Bez aktivátoru by vulkanizační systém vyžadoval podstatně větší koncentraci vulkanizačního činidla. [3]

2.2.2 Retardéry

Při zpracování kaučukových směsí vznikají často problémy s předčasným navulkanizováním (pálením směsi). Proto byly vyvinuty urychlovače se zpožděným účinkem a hledány přísady, které v malých dávkách prodlužují zpracovatelskou bezpečnost. [2]

Retardéry v původním pojetí byly látky kyselé povahy, např. kyselina salicylová nebo anhydrid ftalový. Přidány v malém množství zlepšují zpracovatelskou bezpečnost, ale současně také prodlužují vulkanizaci. Retardérů tohoto typu se používá jen v krajním případě, je vždy lepší zvolit takový vulkanizační systém, který snáší potřebné zpracování.

2.3 Urychlovače

Samotný kaučuk má jen nepatrné přímé použití. Urychlující účinek některých organických sloučenin objevil v roce 1906 Oenslager, kterému se podařilo přidavkem anilinu podstatně zkrátit vulkanizaci a zlepšit vlastnosti vulkanizátu. Anilin byl brzo pro svou jedovatost nahrazen řadou jiných urychlovačů, ale zůstal pro mnohé z nich základní surovinou. [3]

Hlavní účinky urychlovačů:

- zvětšují rychlost vulkanizace,
- zvyšují síťovací účinnost,
- zlepšují odolnost vulkanizátů proti stárnutí,
- umožňují upravovat systémy podle požadavků.

Dobrý urychlovač má být:

- bezpečný při zpracování,
- rychlý při vulkanizaci,
- schopný příznivě ovlivňovat vlastnosti vulkanizátu,
- nejedovatý a nedráždivý,
- nemá vykvétat nebo zbarvovat vulkanizát,
- má být při použití ekonomický. [2]

2.4 Plniva

Důležité přísady, které významně mění vlastnosti směsí a ještě více vlastnosti pryže. Jsou to většinou látky tuhé konzistence s velmi malými částicemi, dobře dispergovatelnými v kaučuku.

Zásadně se rozdělují podle barvy na:

- saze,
- světlá plniva. [3]

Všechny plniva mění hlavní fyzikální vlastnosti pryže. Jsou to především:

- tvrdost,
- modul,
- pevnost,
- odolnost k oděru,
- odolnost k botnání
- tažnost.

2.5 Antidegradanty

Kaučuky jsou běžně stabilizovány proti degradaci během skladování a zpracování přísadou chemikálií, které v nich působí jako stabilizátory. Také pryž je třeba chránit proti škodlivému vlivu prostředí, v němž je používán. Proto se do kaučukové směsi přidávají sloučeniny, které jsou schopny chránit výrobek po dlouhou dobu před degradací. Nazýváme je antidegradanty. Pro ochranu pryže před účinkem kyslíku jsou přidávány do kaučukových směsí antioxidanty a pro ochranu před degradací ozonem antiozonanty. Souhrnně také často mluvíme o antidegradačním systému.

2.6 Změkčovadla

Jsou to níže molekulární látky, většinou kapalné oleje. Zlepšují zpracovatelnost kaučukových směsí. Snižují tvrdost vulkanizátů a jejich modul. Současně snižují teplotu skelného přechodu použitého kaučuku. Většinou zlevňují kaučukovou směs a tím i výrobek, neboť to bývají nejlevnější složky kaučukové směsi. Nejpoužívanějšími změkčovadly jsou olejovité produkty odpadající při zpracování ropy nebo uhelných dehtů jako destilační zbytky.

2.7 Zvláštní přísady

Přidávají se jen do některých kaučukových směsí pro dosažení určitých speciálních vlastností pryže nebo směsi. Patří k nim zejména: nadouvadla, pigmenty, faktisy, prostředky pro spojování pryže s kovy a vlákny, retardéry hoření (zhášedla), antistatické prostředky apod., ale i brusný materiál nebo výbušniny. [2]

3 VULKANIZACE

Přímo zpracovatelné kaučuky (syntetické a novější druhy kaučuku přírodního) nebo lámavý kaučuk a jejich směsi s přísadami se vyznačují schopností měnit poměrně snadno tvar působením napětí. Vytvořená deformace má převážně nevratný charakter. Mají tedy dostatečnou plasticitu, zejména při teplotách nad 100 °C. Konečné výrobky (pryž) však musí mít stabilní tvar a dobré mechanické vlastnosti. Potřebné změny těchto vlastností se docilují vulkanizací.

Vulkanizace je fyzikálně chemický děj, při kterém účinkem vulkanizačních činidel dochází ke strukturním změnám kaučuku. Přitom se postupně mění jeho rozpustnost v běžných organických rozpouštědlech, jeho plasticita a citlivost k změnám teploty. Původní kaučukový plastický materiál přechází postupně v pružnou (elastickou) hmotu - pryž, která je pevnější, odolnější proti organickým rozpouštědlům a vlivům teploty.

Teplota skelného přechodu se vulkanizací prakticky nemění (nepatrně vzrůstá). Vulkanizací přírodního a ostatních krystalizujících kaučuků se zmenšuje sklon k jejich samovolné krystalizaci. Tím se rozšiřuje teplotní oblast použitelnosti pryže (např. u přírodního kaučuku až do teplot kolem -50 °C), což je v mnoha aplikacích důležité (pneumatiky v zimě). Fyzikální vlastnosti pryže, se však s teplotou mění málo. [2]

3.1 Vulkanizace kaučukové směsi

Zahříváním kaučukové směsi na vhodnou teplotu (např. 150°C) dojde za určitou dobu (např. 30 min) k její vulkanizaci. Probíhají při ní chemické reakce mezi kaučukem a ostatními složkami kaučukové směsi za vzniku chemických příčných vazeb. Koncentrace vulkanizačního činidla (např. síry, dialkylperoxidu aj.) přitom postupně klesá, téměř až na nulovou hodnotu. Probíhající chemické reakce se řídí týmiž zákonitostmi jako v oblasti nízkomolekulárních sloučenin a jejich roztoků.

Kaučukové směsi vulkanizujeme většinou za tlaku. Ten zde není důležitý z hlediska chemických reakcí, ale zabraňuje vzniku nežádoucích pórů ve výrobku v důsledku vývoje plynných látek, a zejména vypařování vody. [2]

4 FYZIKÁLNĚ - MECHANICKÉ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ

Jsou vlastnosti, které ovlivňují použití materiálu. V praktické části byly zkoumány 4 vlastnosti:

4.1 Hustota

Hustota představuje hodnotu dané veličiny vztažené k jednotkovému objemu (bývá také označována jako objemová hustota), jednotkovému obsahu plochy (pak se hovoří o plošné hustotě) nebo jednotkové délce (pak se hovoří o lineární hustotě). Je-li uveden pojem hustota bez dalšího upřesnění, je tím téměř vždy myšlena objemová hustota hmotnosti. [5]

Základní jednotka SI: kilogram na metr krychlový, značka jednotky: kg/m^3 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

Další používané jednotky: gram na centimetr krychlový g/cm^3 , kilogram na litr kg/l .

Měřidla: hustoměr, pyknometr, Mohrovy vážky a další, pro hrubé stanovení postačí odměrný válec.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$



Obr. 4. Hustoměr

4.2 Tvrdost

Tvrdost materiálů je odolnost materiálu proti průniku cizího tělesa. Průnik cizího tělesa - elastická a plastická deformace materiálu. [6]

Symbol veličiny: H.

Měřidla: tvrdoměry.

Jednotka: °Sh (stupeň shore)



Obr. 5. Tvrdoměr

4.3 Pevnost při přetržení a prodloužení

Při zkoušce na pevnost v tahu a prodloužení se zjišťuje maximální zatížení, které může pryž vydržet, včetně jejího prodloužení při maximálním zatížení. Zkouška se provádí tak, že vzorek se upne do zařízení pro zkoušku v tahu, které tuto pásku konstantní rychlostí napíná až do jejího prasknutí. Výsledkem je hodnota maximálního zatížení a vyjadřuje se jako pevnost v tahu a prodloužení se vyjadřuje v procentech původní délky.

$$R_t = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Kde R_t je pevnost při přetržení a prodloužení, jednotka MPa a A je plocha.

4.4 Odrazová pružnost

Odrazová pružnost je poměr vrácené energie k energii vynaložené na deformaci zkušebního tělesa při nárazu nárazníku kyvadla.

Symbol veličiny: R_s

4.4.1 Zařízení pro měření odrazové pružnosti

Přístroj má těžký kovový podstavec, na němž je upevněno rameno s kyvadlem a nárazníkem. Na boku podstavce je umístěn pružinový držák zkušebního tělesa. Na konci ramene je západka pro aretaci kyvadla v horní poloze s ovládací páčkou.

Elektronické vybavení tvoří snímač úhlu kyvadla. Signály ze snímače úhlu jsou vedeny do zobrazovací jednotky, která vypočítává hodnotu odrazu nárazníku R v procentech. [7]



Obr. 6. Stroj na měření odrazové pružnosti

5 HISTORIE A VÝVOJ GUMÁRENSKÉHO PRŮMYSLU

První patentovou přihláškou na pneumatiku podal v roce 1845 Thompson. Pneumatiku představovala dutá nafukovací hadice, která se připevnila na kolo místo železné obruče. Přes úspěšné výsledky zkoušek se patent neujal. Teprve r. 1888 anglický zvěrolékař J. B. Dunlop se synem přihlásili nový patent na pneumatiku. Pneumatika byla určena pro jízdní kola a její vývoj velmi rychle dospěl k podobě dnešní pneumatiky. Měla již běhoun, kostru z textilního tkaniva, lanka z ocelového drátu apod. Rozvoj pneumatikářského průmyslu je spjat s vynálezem automobilu a motocyklu na přelomu 19. a 20. stol. V této době byly vyrobeny první automobily též u nás. Období první světové války přineslo prudký rozmach automobilového průmyslu a letectví a tím i výroby pneumatik. Na území naší republiky zahájili výrobu pneumatik jako první firmy Matador v Bratislavě a v třicátých letech Kudrnáč v Náchodě, později firma Baťa v Gottwaldově-Zlíně a Michelin v Praze. V období třicátých let a později bylo věnováno mimořádné úsilí vývoji kvality pneumatik, takže již v této době měly pneumatiky velmi dobré výkony na vozovkách. Pro stavbu pneumatik se většinou používalo bavlny a přírodního kaučuku. Sovětský svaz a Německo používají v té době již syntetických kaučuků. Za II. světové války a po ní se v rozhodující míře uplatňují nové typy syntetických kaučuků a syntetických vláken a dalších surovin, které umožnily dosáhnout vysoké kvality pneumatik. Neustálým zvyšováním provozní rychlosti automobilů vzrůstají požadavky na nosnost pneumatik.

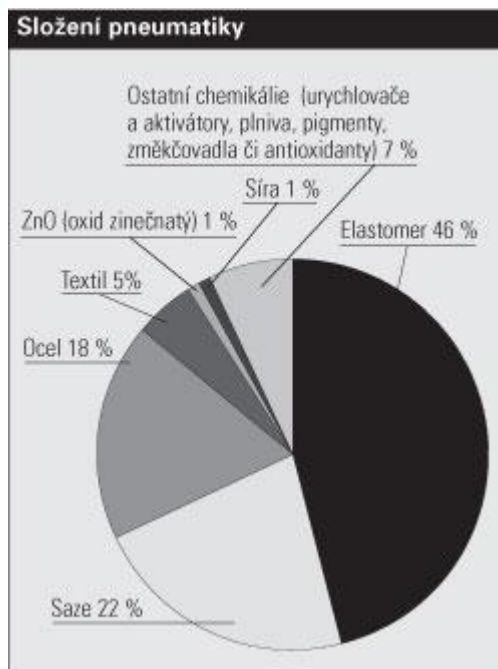
Tyto okolnosti přivedly výzkum konstrukce i skladby směsi pneumatik na vysokou úroveň. Vývoj stavby pneumatik se stal samostatným vědním oborem. Ve všech státech a velkých závodech byla vybudována řada výzkumných středisek, která se zabývají vývojem pneumatik. Prohlubuje se výzkum všech částí pneumatiky a poslední konstrukce, které se objevují na trhu, potvrzují, že její vývoj není ještě zdaleka ukončen. Pneumatika se stala důležitým ekonomickým článkem silniční a letecké dopravy. Rovněž pro obranu státu má velký význam. Zejména v našem národním hospodářství má průmysl pneumatik mimořádnou důležitost. Je nedílnou součástí našeho vyspělého automobilového průmyslu a významným článkem exportu. Význačnou měrou se podílí na mechanizaci zemědělství, ve stavebnictví, na stavbách přehrad apod. Podrobná technická znalost její konstrukce a skladby směsí i výroby má značný ekonomický význam. Je nutno hospodárně využívat všech surovin potřebných při její stavbě, z nichž některé se k nám dosud dovážejí. Výrobní pochody v gumárenství se automatizují, což předpokládá větší přesnost výroby. Ovšem zvyšovat přesnost výroby není možné bez teoretických znalostí dané problematiky. [8]

6 TECHNOLOGIE VÝROBY PNEUMATIK

6.1 Základní pojmy

Úkolem pneumatiky je zajistit bezprostřední styk vozidla s vozovkou. Musí přenášet zatížení vozidla, zprostředkovat přenos krouticího momentu a reakce na volant, zajistit uspokojivé vlastnosti při jízdě (adheze, tlumit nerovnosti na vozovce, nepřenášet vibrace na vozidlo). Pneumatiky by měly mít minimální valivý odpor, což se projeví na spotřebě pohonných hmot.

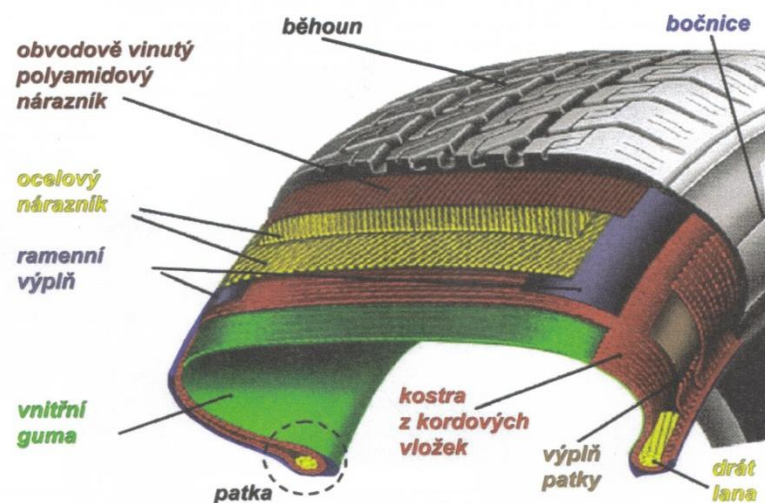
- Pneumatika - je tvořena pláštěm, ventilem, ráfkem, popř. duší a hustícím plynem.
- Plášť – je pouze vnější část pneumatiky.
- Diagonální plášť – sudý počet kordových vložek, úhel řezu mají 30° - 65°.V případě použití lichého počtu vložek je poslední vložka v šířce koruny pláště a plní funkci nárazníku.
- Radiální plášť - lichý nebo sudý počet kordových vložek, úhel jejich řezu je 84° - 90°, u nárazníků je úhel řezu 18° - 28°, pro nákladní pláště až po 60° [9]



Obr. 7. Složení pneumatiky

6.2 Hlavní části pláště pneumatiky

- Kostra - základní nosná část pláště, vyrobená z kordových vložek (textil nebo ocelový materiál).
- Běhoun - pryžová část z kaučukové směsi o požadované tloušťce, do níž je vlisován dezén. Zajišťuje přímý kontakt s vozovkou, chrání kostru před poškozením. Musí mít maximální přilnavost k vozovce za všech klimatických podmínek, co nejvyšší živnost a odolnost proti oděru.
- Bočnice - vyrobená z kaučukové směsi, chrání kostru v boční části, musí být odolná proti prolamování, bočnímu průrazu a povětrnostním vlivům. Nese popisky rozměru.
- Patka - zaručuje pevné usazení pláště na ráfku, hlavní částí je neprotahitelné ocelové patní lano, kolem něhož jsou přehnuty kraje kordových vložek kostry. Proti mechanickému poškození je chráněna textilním nebo pryžovým patním páskem.
- Nárazník - je uložen mezi kostrou a běhounem, zajišťuje obvodovou pevnost pláště a odolnost proti průrazu. Může být textilní, ocelový nebo v jejich kombinaci.
- Vnitřní guma - folie nebo profil ze speciální plynonepropustné kaučukové směsi (halobutyl). Zabraňuje prostupování síry při vulkanizaci, vyrovnává ne-rovnosti uvnitř pláště, zajišťuje plynonepropustnost (bezdušový plášť).
- Další části – rameno pláště, meziguma, patní pásy, výplně. [9]



Obr. 8. Části pláště pneumatiky

6.3 Výztužné materiály

6.3.1 Textilní materiály

6.3.1.1 Kordové tkaniny

Patří do skupiny výztužných materiálů. Osnovu kordové tkaniny tvoří vysoce pevné kordové příze různé konstrukce, tloušťky a pevnosti. Útek je vyroben z bavlny (tzv. trhaný), nebo spec. vlákna (tzv. pružný - až 250%), je velmi tenký, udržuje tkaninu v dostavě před nanesením kaučukové směsi.

6.3.1.2 Technické (křížové) tkaniny

Různé druhy tkanin jmenovaných materiálů s plátnovou vazbou. Jsou to zejména ségly, molina, monofily, před použitím se upravují vtíráním kaučukové směsi.

6.3.2 Ocelové materiály

6.3.2.1 Ocelové kordy

Patří k materiálům s největší perspektivou. Dostavu kordu tvoří pouze osnovní ocelové nitě splétané z tenkých drátků dle potřeby, jsou bez útku. Pro zvýšení adheze s kaučukovou směsí se pomosazují nebo pobronzují. Značení ocelových tkanin je obdobné jako u textilních.

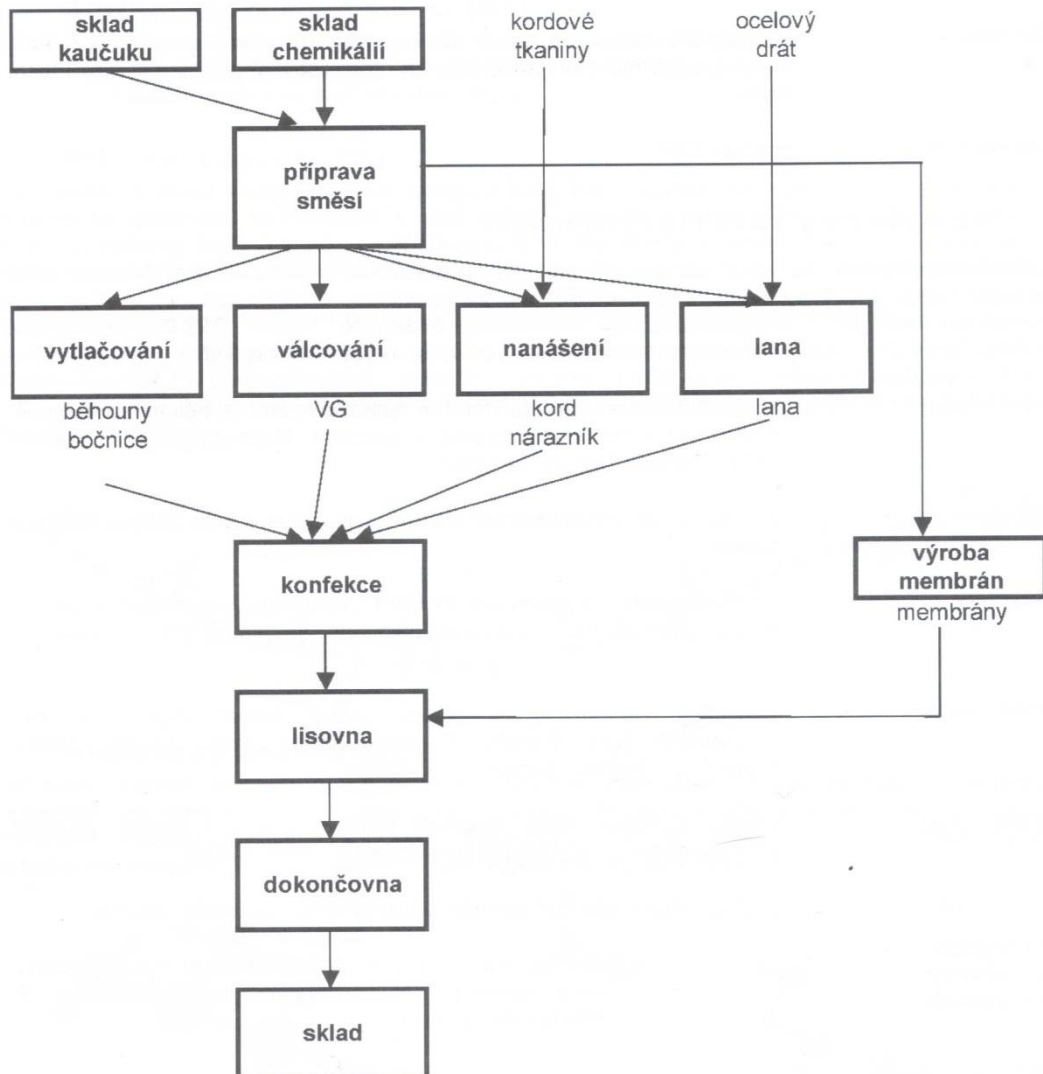


Obr. 9. Ocelové kordy

6.3.2.2 Dráty pro patní lana

Používá se ocelový drát upravený pomosazením, nebo pobronzováním o průměru 0,89 mm pro osobní a agropláště a 1,8 mm pro nákladní pláště. [9]

6.4 Schéma toku materiálů ve výrobě pláštů



Obr. 10. Schéma toku materiálu ve výrobě osobních pláštů [9]

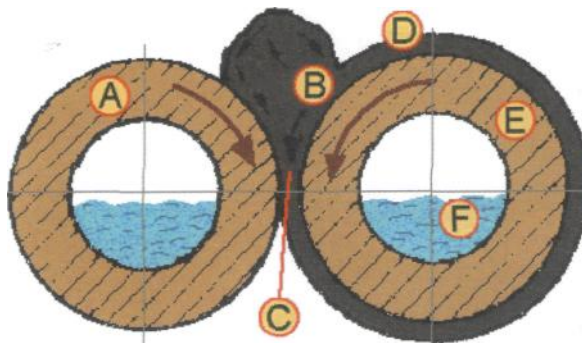
6.5 Míchání kaučukových směsí

Míchání kaučukových směsí je základní proces v gumárenské technologii. Směs pro výrobu plášťů pneumatik obsahuje kromě kaučuku zhruba deset složek. Každá z těchto složek má specifický úkol. Účelem míchání je zajistit jejich co nejrovnoměrnější rozptýlení v kaučukové směsi. Nedokonalé rozptýlení některých přísad (zvláště sazí) může způsobit, že mechanické vlastnosti pryže budou až o 30% horší.

Kaučukové směsi se míchají v hnětiči popř. na dvouválcí (barevné směsi, zkušební směsi). Pro přípravu polotovarů se u nás směsi míchají výhradně v hnětiči. Jejich výhodou je, že se mohou zařadit do výrobních míchacích linek a částečně nebo úplně automatizovat celý výrobní cyklus míchání. Hnětiče zvyšují bezpečnost práce, produktivitu a minimalizují negativní vlivy na životní prostředí. [9]

6.5.1 Míchání na dvouválcí

Používá se jen výjimečně, především pro laboratorní, poloprovozní a speciální účely. Není vhodné míchat směsi vysoce plněné, zejména sazemi z hlediska znečišťování pracovního prostředí. Míchání směsí na dvouválcí je navíc značně neekonomické, zdlouhavé, zvyšuje riziko úrazu a znečišťuje více prostředí. [9]



Obr. 11. Hlavní části dvouválcí:

- | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|
| A. Zadní válec | C. Místo míchání | E. Přední válec |
| B. Návalek | D. Opásovaná směs | F. Chlazení vodou |

6.5.2 Míchání směsí v hnětiči

Hnětači stroje jsou nejužívanějším strojním zařízením pro přípravu kaučukových směsí. Míchání u moderně řízených strojů počítačem je zcela automatické. Povelů z řídicího počítače

tače ovládají činnost posuvu pásové váhy, otevírání a zavírání dveřní násypky, přívodu sazí, chemikálií, změkčovadel, pohyb horního klínu a spodního uzávěru. Činnost hnětiče lze přepnout na ruční provoz.

Výhody: míchání směsí v hnětiči: vyšší produktivita, hygiena práce, menší úrazovost, vysoká kvalita

Nevýhody: vícestupňové míchání (vulk. činidla nemůžeme dávkovat do základové směsi z důvodu vyšších teplot míchání), více základových míchacích cyklů u směsí s velkým obsahem komponentů (postupné dávkování sazí nebo siliky) [9]

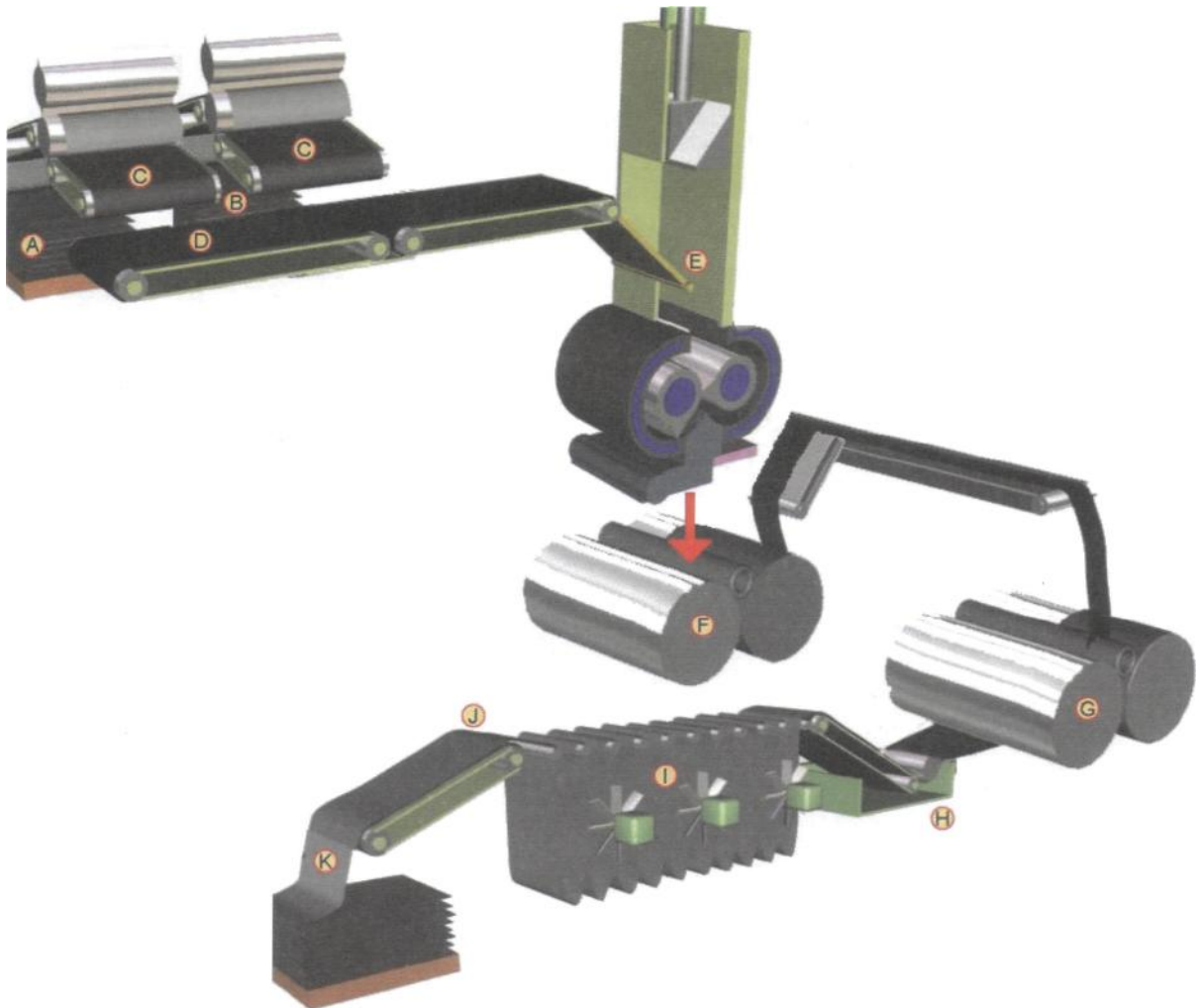
6.5.3 Míchání základové směsi

Na pásovou váhu se naskládá stanovené množství kaučuku a sáčky s předem vychystanými navážkami chemikálií, které obsluha ještě jednou kontrolně převažuje. Tyto komponenty jedou na vstupní dopravník a odsud se dávkuje do hnětiče. Zároveň se do hnětiče dávkuje další přísady z automatického navazování (především oleje a saze nebo silika). V hnětiči je dávka zamíchána podle míchacího předpisu. Celý proces míchání řídí počítač. Když je dávka zamíchána, otevře se spodní uzávěr hnětiče a směs sklouzne do extruderu, kde se homogenizuje. Extruder ústí do dvouválce, který směs válcuje na požadovanou tloušťku. Z dvouválce už vychází směs jako plást, pokračuje dále smáčecí vanou, kde je směs ošetřena separační suspenzí proti vzájemnému slepení plástů, a pokračuje do chladičky plástů. V chladičce se směs ochlazuje a suší pomocí vzduchových ventilátorů. Základová směs je skládána na paletu buď v I. etáži za chladičkou, anebo je vedena přes dopravník zpět do II. etáže a poskládána na paletu až zde. Tím je odbouráno převážení směsí výtahem a směs je prakticky okamžitě k dispozici pro míchání směsí v dalším stupni. [9]

6.5.4 Míchání finální směsi

Druhý stupeň se připravuje domícháním urychlovačů a vulkanizačních činidel do základové směsi. Finální směs je schopna vulkanizace a splňuje-li předepsané mechanicko-fyzikální vlastnosti je možno ji použít v dalším technologickém procesu. Strojní zařízení II.stupně je jednodušší, odpadá složité navazovací zařízení. Automaticky se domíchávají pouze urychlovače. Vulkanizační činidlo se z bezpečnostních důvodů přidává ručně v sáčku přímo na váhový dopravník. Zde je vychystána i základová směs I. stupně nasekaná ve formě plástu na přesnou hmotnost. Domíchaná směs se vypouští na dvouválc s výkonným

prořezávacím zařízením. Z dvouválece už vychází směs jako plást, pokračuje dále přes zásobovací dvouválec smáčecí vanou do chladičky plástů. V chladičce se směs ochlazuje a suší pomocí vzduchových ventilátorů. Na konci linky je nainstalováno zařízení na automatický odběr vzorků. Finální směs je nakonec poskládána na paletu. [9]



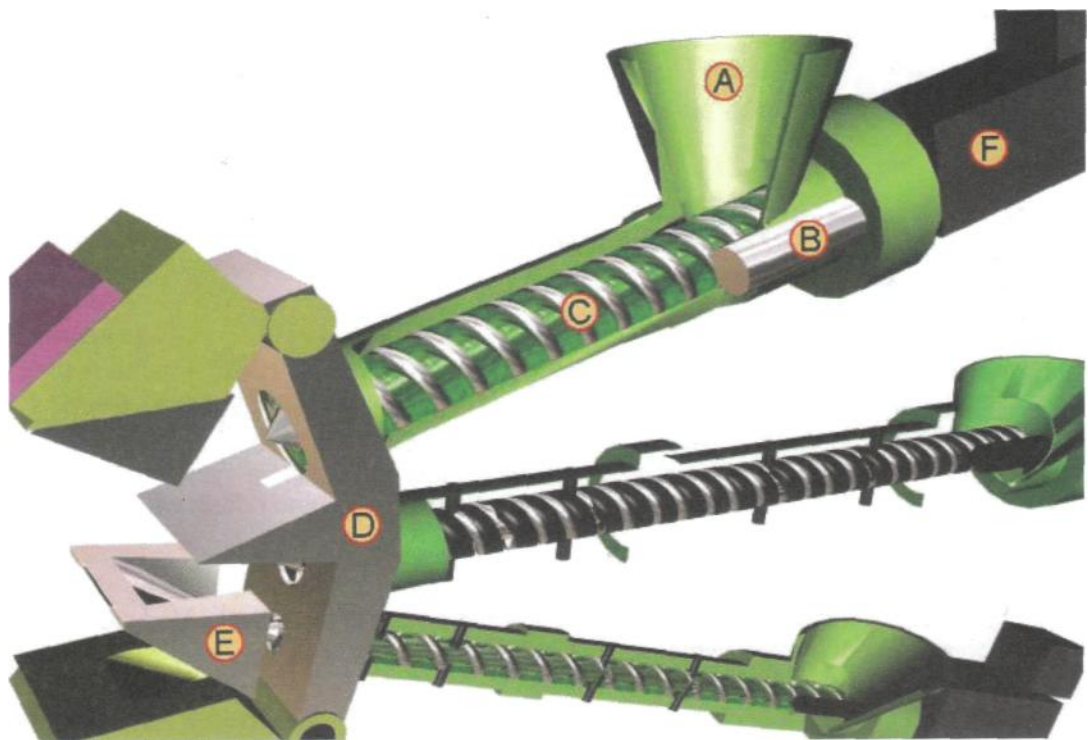
Obr. 12. Míchací linka pro míchání finální směsi

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| A. Paleta se základovou směsí | G. Zásobovací dvouválec |
| B. Paleta se směsí vratného odpadu | H. Smáčecí vana se separační suspenzí |
| C. Podavače | I. Chladička plástů |
| D. Pásová váha | J. Odběr vzorků |
| E. Hnětič | K. Skládání plástu na paletu |
| F. Dvouválec | |

6.6 Vytlačování

Vytlačování je jedna z neproduktivnějších metod zpracování kaučukových směsí. Rozumí se tím proces, při kterém je kaučuková směs rozpracována mezi šnekem a pláštěm vytlačovacího stroje a přes šablonu je vytlačována do volného prostoru. Vytlačovací stroje (tzv. extrudery) se dělí na šnekové, pístové a diskové. Pro výrobu polotovarů pro konfekci se používají vytlačovací stroje šnekové, protože mají nepřetržitý cyklus, lze je zařadit do výrobních linek.

Vlastní vytlačování je dáno vytlačovacím předpisem. Vzhledem k možným odchylkám zpracovávané směsi je nutné, aby obsluha linky sledovala šířkové parametry a hlavně úsekové hodnoty hmotnosti. Tyto pak upravuje regulací otáček šneku, odtahovou rychlostí dopravníku tak, aby se úseková hmotnost dostala do předepsaných hodnot. Je nutné rovněž dodržovat teplotní režim, aby nedocházelo k přehřívání směsi a tím k navulkanizování. [9]



Obr. 13. Vytlačovací stroj

A. Násypka

C. Šnek

E. Předšablona

B. Přítlačný válec

D. Sdružená hlava

F. Pohonná jednotka

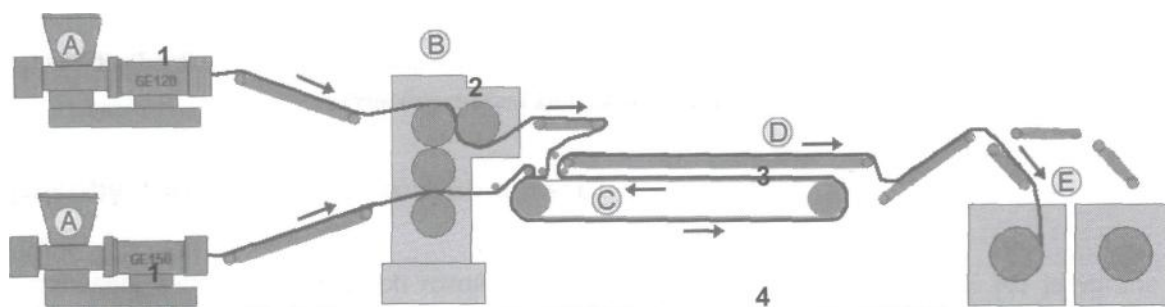
6.7 Válcování

Válcování je technologický postup, při kterém se ze směsi průchodem mezi dvěma válci vytváří pás o tloušťce dané mezerou mezi válci. Tento postup lze použít i k výrobě profilovaných polotovarů (pokud je poslední válec profilovaný) - různých výplní, pásků a jader pro patní lana. Válcování se používá na výrobu vnitřní gummy, přelepovacích pásků a ochranných patních pásků.

Válcovací stroje se dělí podle počtu válců na dvouválce a víceválce. Dvouválce se používají k ohřívání, rozpracování, nebo míchání směsí. Často slouží jako ohřívací a zásobovací dvouválce pro víceválcové stroje. K výrobě fólií, pásků, profilů a nanášení se používají 3V, 4V, popř. 5ti válce. Všeobecně platí, že čím má být folie tenčí a povrch kvalitnější, tím větší počet válců musí zařízení mít.

6.7.1 Válcování profilové vnitřní gummy

Provádí se na čtyřválci typu obrácené L. Dva vytlačovací stroje, zásobované studenou směsí přímo z palety, vytlačují fólie, kterými zásobují mezery mezi 1 a 2, 3 a 4. válcem. Tyto jsou profilované a přesně nastaveny pro konečnou tloušťku fólie. Šířku upravují kotoučové, ořezávací nože. Spodní fólie má rozměr požadované šířky daného rozměru, horní fólie je rozřezávána na dva ramenní pásky požadované šířky. Vyválcované fólie jsou naváděny na kovový chladicí dopravník, kde pomocí přítlačného válce dochází k jejich dublování. Vychlazený polotovar se navíjí spolu se zábalem do kazety. [9]



Obr. 14. Válcování vnitřní gummy

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| A. Vytlačovací stroje | D. Odváděcí dopravník |
| B. Čtyřválec | E. Navíjení do kazet |
| C. Planžetová chladička | |

6.8 Nanášení kaučukových směsí na čtyřválcí

Pogumování textilního a ocelového kordu patří k důležitým pracovním operacím při výrobě pláští pneumatik. Výztužný materiál v plášti je nutné opatřit vrstvou kaučukové směsi, která má několikero účel.

6.8.1 Izolace jednotlivých nití kordové nebo technické tkaniny

Jednotlivá vlákna, tkaniny i ocelové kordy musí být od sebe izolovány. Zaplnění textilu nebo kordu musí být co nejvyšší při zachování původní struktury podložky. Izolace jednotlivých vrstev zabraňuje jejich vzájemnému tření o sebe, snižuje vývin tepla při jízdě, zajišťuje požadovanou životnost pláště.

6.8.2 Možnost konfekce pláště

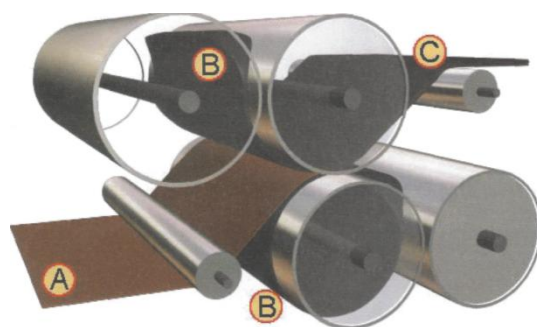
Jednotlivé vrstvy výztužných materiálů je nutno při konfekci pláště spojit jednak mezi sebou a jednak mezi ostatními polotovary. Toto je zajištěno lepivostí nanesené vrstvy kaučukové směsi.

6.8.3 Elasticita kostry pláště

Přez v kostře určuje elasticitu pláště. Podle požadované tuhosti v jednotlivých částech se používá různé tuhosti nánosové kaučukové směsi.

6.8.4 Ochranná vrstva

U patních pásků, séglů, monofil tvoří pryž vrstvu chránící samostatný textil před poškozením při montáži na ráfku. [9]



Obr. 15. Čtyřválec

A. Podložka

B. Kaučuková směs

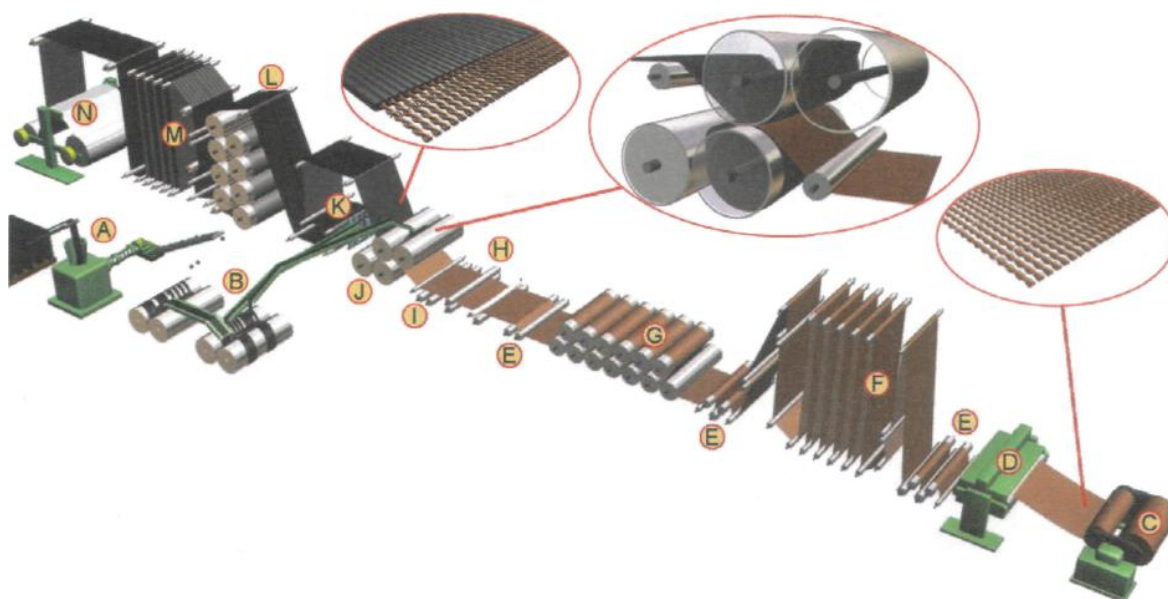
C. Podložka

6.8.5 Vtírání

Je nanášení kaučukové směsi při rozdílné obvodové rychlosti pracovních válců. KS je vtírána do struktury podložky a nevytvoří se na povrchu souvislá vrstva. Ke vtírání se používá výhradně tříválec. Teplota válců je vyšší, což zvyšuje plasticitu směsi a ta se lépe vtírá do podložky. Střední válec se otáčí rychleji. Na tříválcí lze opatřit nánosem pouze jednu stranu. Pro oboustranné vtírání se musí tkanina protáhnout zařízením dvakrát.

6.8.6 Nánosování textilního kordu

Technologie oboustranného nánosování se provádí na čtyřválcí, při stejné obvodové rychlosti druhého a třetího válce. Z balíku je odvíjena naimpregnovaná tkanina přes sušičku do mezery mezi středními válci 4V, kde se nanášejí vrstvy kaučukové směsi vyválcované mezi horní a dolní dvojicí válců. Pro dosažení požadované kvality nánosů jsou důležité seřízení 4V a teplota válců. Výhoda 4V je možnost zařazení do výrobní linky a tím zajištění nepřetržitého provozu. Pogumovaná tkanina se navíjí do cívek se zábaelem. [9]

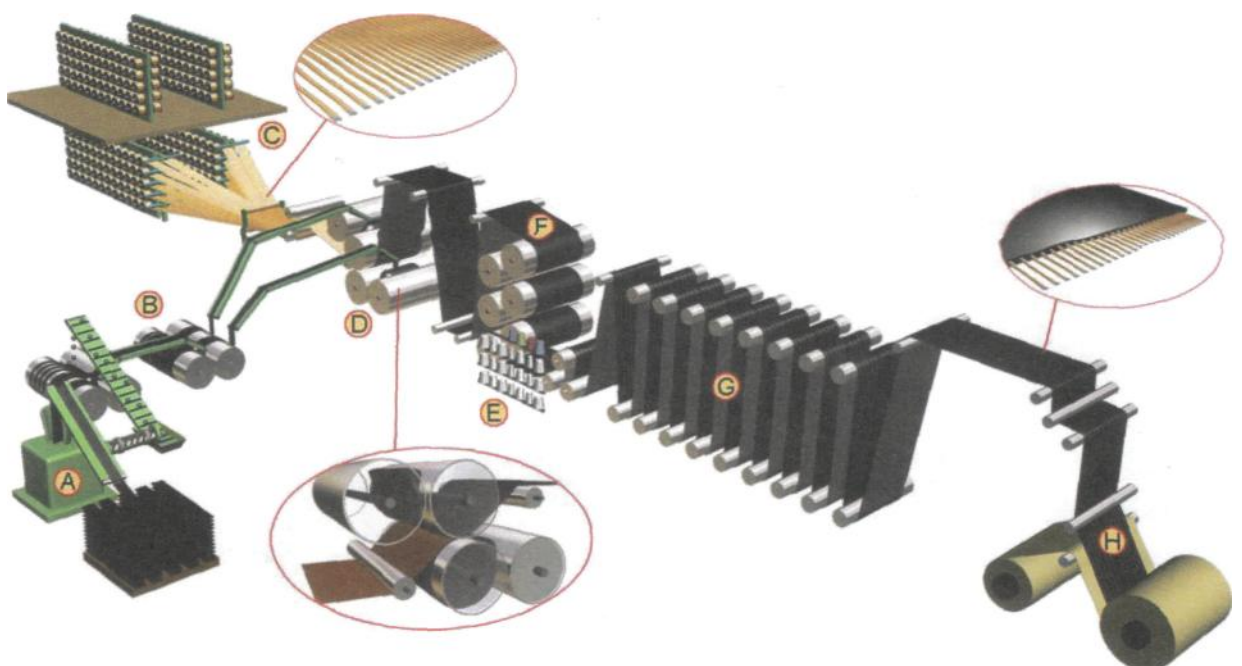


Obr. 16. Linka pro nánosování textilního kordu

A. Ohřivací extruder	E. Tažné válce	J. 4V
B. Ohřivací a zásobovací dvouválec	F. Zásobník kordu	K. Pokládání nití
C. Odvíjecí stanice	G. Sušička	L. Chladička
D. Parní spojovací lis	H. Napínací zař.	M. Zásobník
	I. Středící zař. kordu	N. Navíjecí stanice

6.8.7 Nánosování ocelového kordu

Provádí se ze stejných důvodů jako u textilních materiálů. Ocelové kordy nepřicházejí jako balíky tkaniny. Navinuté ocelové kordy v jednotlivých cívkách v počtu několika stovek jsou umístěny v cívečnici. Jsou vedeny přes vodící zařízení, které seřadí dráty do osnovy v požadované dostavě. Zajištěny proti rozpadu hřebenem a rýhovaným přítlačným válcem jsou zavedeny do střední mezery čtyřválece. Opatřeny oboustranným nátěsem se po ochlazení navíjí do cívek se zábalem. [9]



Obr. 17. Linka pro nánosování ocelového kordu a nárazníků

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| A. Ohřívací extruder | E. Pokládání nití |
| B. Ohřívací a zásobovací dvouválec | F. Chladička |
| C. Cívečnice | G. Zásobník pogumovaného kordu |
| D. Čtyřválec | H. Navíjecí stanice |

6.9 Konfekce pláštů pneumatik

Konfekce pláštů patří k nejnáročnější pracovní operaci při výrobě pláštů pneumatik. Pracovní procesy na konfekci nejvíce ovlivňují kvalitu výrobku. Kvalitu výrobků na konfekci ovlivňují nejvíce následující faktory:

- výrobní zařízení
- operátor
- kvalita polotovarů
- prostředí, metoda.

6.9.1 Konfekce osobních pláštů

Konfekce osobních radiálních pláštů se v naší firmě provádí pouze dvoustupňovým způsobem. To znamená, že pro výrobu jednoho kusu pláště je třeba použít dvě strojní zařízení. Na prvním stroji (1. stupeň) se vyrobí kostra pláště a na druhém stroji (2. stupeň) je po vytvarování kostry pláště dokončen uložení nárazníkového prstence s běhounem.

I. Stupeň

- uložení lan do naražečů
- navinutí vnitřní gumy
- navinutí nosných textilních kordů
- naražení lan
- přehnutí okrajů kordů přes lana
- uložení bočnic
- celkové zaválení polotovarů
- sejmutí kostry, kontrola

II. Stupeň

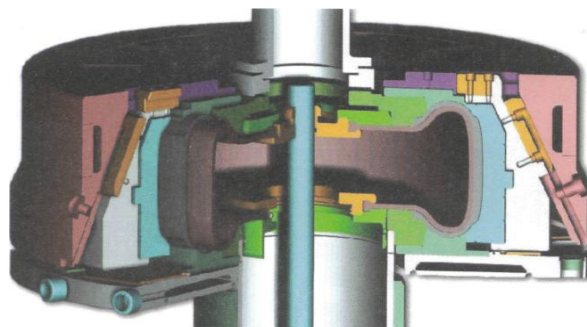
- usazení kostry do disků konfekčního bubnu
- položení 1. nárazníku na pomocný buben
- položení 2. nárazníku
- navinutí nárazníků
- položení běhounu na nárazníkový prstenec
- přenesení prstence na přetvarovanou kostru
- dotvrzování kostry a celkové zaválení
- sejmutí zhotoveného pláště, důkladná kontrola [9]

6.10 Lisování a vulkanizace pláště pneumatik

Pláště pneumatik obdrží konečný tvar a požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti procesem lisování a vulkanizace. Oba děje probíhají současně za přítomnosti vulkanizačních činitelů teploty, tlaku a času. Lisování se děje v počátku procesu nástupem lisovacího tlaku při současném prohřevu „surového„ pláště. Působením tlaku a teploty zaplní směs všechny části formy. S dalším prohřevem dochází ke zvyšování teploty a při teplotě nad 120°C začne probíhat vlastní proces vulkanizace. Teprve vulkanizací vzniká elastická pryž s potřebnými fyzikálními vlastnostmi důležitými pro užitnou hodnotu výrobku. Tyto vlastnosti jsou elasticita, tažnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení, povětrnostním a chemickým vlivům.

Lisování je proces závislý na tlaku, vulkanizace je chemicko-fyzikální děj, při kterém dochází ke strukturálním změnám. Makromolekuly kaučuku se vážou s molekulami vulkanizačního činidla, vznikají příčné vazby, materiál převážně plastický se mění na elastický.

Pro tento proces je nutno použít zařízení, které vyvine vysoké teploty a tlaky. Tímto zařízením jsou vulkanizační lisy. Dle toho, jakým způsobem dosahujeme uzavírací a lisovací síly, rozdělujeme lisy na mechanické a hydraulické. Topným médiem je pára a horká voda. Ohřev surového pláště se děje přes kovovou formu buďto přímo, hovoříme o komorovém vytápění, nebo nepřímo přes topnou desku, která ohřívá formu. Vzhledem ke tvaru pláště, který představuje duté těleso, musí být plášť při vulkanizaci přitlačován zevnitř proti kovové formě elastickou membránou, která současně zajišťuje vnitřní ohřev pláště. Formy jsou buďto pevné dvoudílné - obě poloviny naprosto stejné, nebo segmentové. Celý proces lisování a vulkanizace je plně automatizován, řízen počítačem. [9]



Obr. 18. Řez segmentovou formou pro OR

6.11 Dokončování a kontrola výrobků

Pláště přicházející z lisovny na dokončovnu se dostávají na pracovní ořezávací plošiny, kde se zbavují přetoků vzniklých lisováním. Vlásokové přetoky u OR pláštů se neodstraňují. Dále pak pláště postupují k vizuální kontrole, případné vady se označí křídou a grader posoudí vadu a rozhodne, zda se jedná o zmetek, vzhledovou vadu, nebo plášť na opravu. Opravitelné závady se opravují přímo na dokončovně. Poškozené místo se vybrousí, natře spojovacím prostředkem, vyplní speciální kaučukovou směsí a opravené místo se zalisuje v segmentových el. vyhřívaných lisech. Opravený plášť se opět zkontroluje a je zařazen do kvalitativní skupiny. Zmetky musí být znehodnoceny a to přeseknutím lana v patce pláště. Ty, které projdou kontrolou, jako vyhovující postupují k další kontrole tzv. testu uniformity. Pláště celooceľové (nákladní) se ještě podrobují rentgenové kontrole. [9]

6.11.1 Test kvality – uniformity

Uniformita znamená stejnoměrnost nebo rovnoměrnost. Snahou je vyrobit pláště se silou stěny, pevností a pružností po celém obvodu pláště stejnou. Toto samozřejmě není možné, neboť každý spoj materiálu (vnitřní gumy, kordu, bočnic...) znamená zdvojení materiálu a tedy změnu vlastností v tomto místě. Eliminovat vliv spojů je možné dodržováním jejich šířek a polohování.

Test uniformity je speciální způsob kontroly pláštů, který se podobá použití pláštů na vozidle za konstantních podmínek tj. zatížení, huštění a usazení na ráfek. Při tomto testu se zjišťují silové nerovnoměrnosti v chování pláštů. Pláště pneumatik nesmí při provozních podmínkách vykazovat odchylky od garantované kvality, musí mít minimální vibrace, boule, nerovnosti, nesmí se rychle a nerovnoměrně opotřebovávat a musí při provozu způsobovat minimální hluk. Test uniformity zjišťuje kvalitu pláště z hlediska geometrické nerovnoměrnosti bočnic, radiální házivosti a zajišťuje měření radiálních a bočních sil. [9]

7 BARUM CONTINENTAL

Praktickou část bakalářské práce jsem absolvovala ve firmě Barum, která je na trhu od roku 1939.

O vzniku značky BARUM nejsou jednoznačné historické podklady. Nejpravděpodobnější původ je z počátečních písmen tří největších gumárenských podniků v ČSR: **B**aťa Zlín, **R**Ubena Náchod a **M**itas Praha. V úvahu připadá i anglická zkratka **BA**ťa **R**ubber **M**anufacture. [9]

1932 – vyrobená první automobilová pneumatika u firmy Baťa Zlín

1946 – vznikla nová obchodní značka Barum

1953 – vznik samostatného národního podniku Rudý říjen Gottwaldov

1966 – zahájení výstavby nové pneumatikárny v Otrokovicích

1972 – otevření pneumatikárny Rudý říjen Otrokovice

1990 – podnik zaregistrován pod názvem Barum a.s. Otrokovice

1992 – podepsán kontrakt s Continental

1993 – vznik Barumu Continental spol. s.r.o. ke dni 1.března

2000 – podnik se stává největším výrobcem pneumatik v Evropě

2006 – celková roční produkce pneumatik přesáhla 20 milionů kusů



Obr. 19. Loga společnosti Barum Continental, s.r.o.

8 BENCHMARKING

Benchmarking je oddělení marketingu, které srovnává vlastní výrobky s nejlepší konkurencí. Už od nepaměti lidé srovnávají jakýkoliv výrobek a provádějí benchmarking, avšak uplatnění našel teprve nedávno, i když patří benchmarking mezi činnosti, které nás doprovází téměř při každé činnosti našeho dne. Za klasický a standardní benchmarking můžeme považovat například jakýkoliv výběr při nákupu, protože v okamžiku, kdy se rozhodujeme, do kterého obchodu půjdeme nakupovat, co vlastně chceme nakupovat, zda to potřebujeme, na kterou značku se zaměříme, začínáme provádět benchmarking. V dnešní době už máme jakýkoliv průmysl velmi rozšířený a naše rozhodování je o to těžší, jelikož máme na výběr větší množství „stejných“ výrobků. A při našem rozhodování je podstatné, aby nás výrobek zaujal. Většina našich rozhodování je ovlivněno reklamou a známostí značky daného výrobku, i když to nemusí zaručovat kvalitu.

Firmy potřebují znát výrobky jiných výrobců a potřebují porozumět konkurenčním výrobkům tak, aby dokázali přicházet na trh s novými, ještě lepšími výrobky.

Benchmarking, ať už v jakékoliv podobě, je důležitou součástí výzkumu a vývoje každé firmy. [10]

8.1 Produkt laboratoří

Také výrobci pneumatik přichází na trh s novinkami, které mají upoutat pozornost zákazníka, zvýšit životnost nebo kvalitu pneumatik, nebo snížit hmotnost nebo výrobní náklady.

A tak i ve firmě Continental je benchmarking důležitou součástí výzkumu a vývoje.

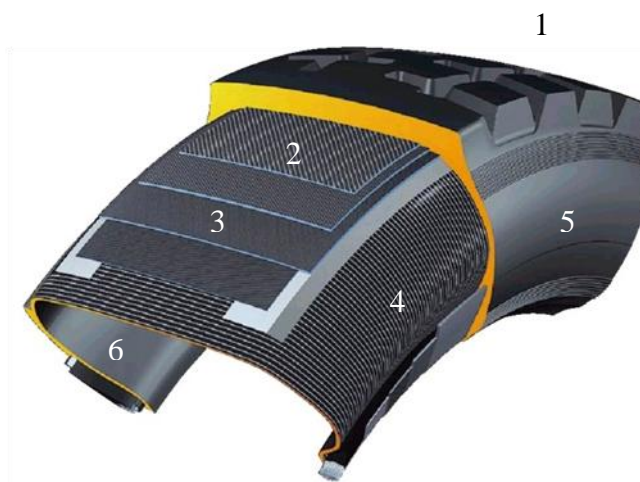
Pro to, abychom věděli, co srovnávat, je důležité si zopakovat základní části pláště, kterými jsou:

- 1 – běhoun – zajišťuje přímý kontakt s vozovkou. Musí mít maximální přilnavost k vozovce za všech klimatických podmínek
- 2 – nárazníky textilní,
- 3 – nárazníky ocelové – zajišťují obvodovou pevnost pláště a odolnost proti průrazu
- 4 – kostra – základní nosná část pláště

5 – bočnice – musí být odolná proti prolamování, bočnímu průrazu a povětrnostním vlivům.

6 – vnitřní guma – vyrovnává nerovnosti uvnitř pláště, zajišťuje plynou nepropustnost (bezdušový plášť).

7 – patka – zaručuje pevné usazení pláště na ráfku, hlavní částí je neprotažitelné ocelové patní lano.



Kombinací použitých materiálů, konstrukcí a uložením jednotlivých polotovarů v plášti, měníme vlastnosti pláště a tak jej předurčujeme k různým typům používání.

Jednotlivé hlavní části pláště můžeme rozdělit na pryžové části a výztužné materiály textilní a ocelové.

Podle tohoto základního rozdělení se odvíjí specializace v benchmarking laboratoři.[10]

8.1.1 Rozbory výztužných materiálů

Oddělení zabývající se rozbory výztužných materiálů zjišťuje použité materiály v pláštích, určuje jejich konstrukce, zákruty, úhly, dostavu, pevnosti, adheze a uložení jednotlivých vrstev.

Jednotlivé naměřené hodnoty výztužných materiálů odseparovaných z hotových plášťů se liší od hodnot vstupních polotovarů. Rozdíly jsou způsobené vlivem výrobního procesu.

Znát tyto změny a chování materiálů v hotových pláštích je důležité pro bezpečnost pláště.[10]

8.1.1.1 Stanovení materiálů

Pro určení textilního materiálu je nutné odseparovat materiál z pláště bez poškození. Z tohoto materiálu se chemickým procesem odstraní pryž a takto připravený textil se podrobí zkoušce v plameni, zjistí se reakce v kyselinách, popř. se provede stanovení bodu tání testovaného materiálu.

Na základě výsledků těchto zkoušek se přesně určí, jaký textilní kord byl v plášti použitý.

Konkrétní složení ocelových výztužných materiálů se v laboratoři nezjišťuje. [10]

8.1.1.2 Stanovení konstrukce

Pro stanovení konstrukce je nutné, tak jako pro stanovení materiálu, odseparovat z pláště kordy bez poškození. Fyzikálními a chemickými procesy se kordy (ocelové i textilní) řádně očistí od pryže a to tak, aby opět nedošlo k poškození materiálu. U textilního materiálu nesmí dojít při odstraňování pryže k odstranění části textilu. U ocelového drátu nesmí dojít k protažení drátu. Jakékoliv poškození kordu při čištění nebo odseparování by mělo negativní vliv na další důležité hodnoty pro stanovení konstrukce, jako jsou tloušťka, zákruty, délková hmotnost nebo pevnost.

Na základě výsledků fyzikálních testů a výsledků měření stanoví pracovníci konstrukci materiálu. [10]

8.1.1.3 Uložení polotovarů a zhodnocení konstrukce pláště

Dalším důležitým krokem u analýzy výztužných materiálů je přesné stanovení dostavy materiálu, změření úhlů a šířek jednotlivých polotovarů a provedení měření adhezí jednotlivých vrstev. [10]

8.1.2 Analýza směsí

Oddělení specializující se na rozборы pryžových částí, kde se připravují vzorky směsí na chemické rozборы a fyzikální testy.

Při přípravě materiálu na testování je zapotřebí odseparovat pryž určenou pro testování od ostatních pryžových částí. V laboratoři jsou schopni odseparovat pryž z pláště v minimální tloušťce 2 mm. Práce je velmi náročná na přesnost a čas.

Měří se tvrdost, odrazová pružnost, hustota, pevnost, prodloužení a moduly a to jak při pokojové teplotě, tak také při 70°C. [10]

8.1.2.1 Příprava řezu

Před započítím přípravy vzorků na chemické resp. fyzikální testy, musí pracovník připravit řez tak, aby při vyřezávání jednotlivých polotovarů (pryží) nedošlo k poškození a znehodnocení jiného polotovaru (pryže). Je nutné, taky předem zmapovat všechny pryžové polotovary použité v daném plášti a předem upozornit na abnormality. [10]

8.1.2.2 Příprava testovacích těles

Pro jednotlivé fyzikální testy se připravují testovací tělesa z daných pryžových částí dle příslušných norem.

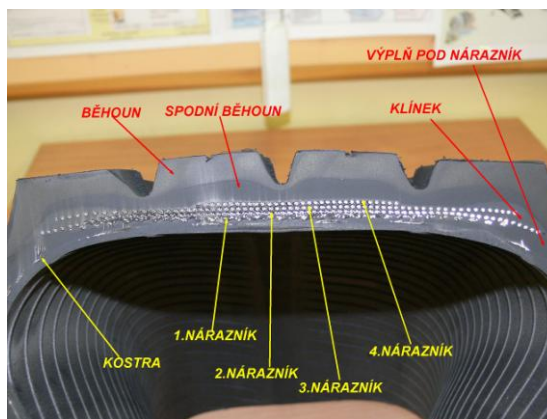
Pro chemické rozbory musí být připraveny vždy vzorky pouze z dané směsi a nesmějí obsahovat ani stopové množství jiné pryže.

Pro fyzikální testy se mohou připravit a použít vzorky, které budou obsahovat jinou pryž. Samotné testování se ale musí provést vždy pouze na testované směsi. Oblast s jinou pryží musí být z testu vyloučena. [10]

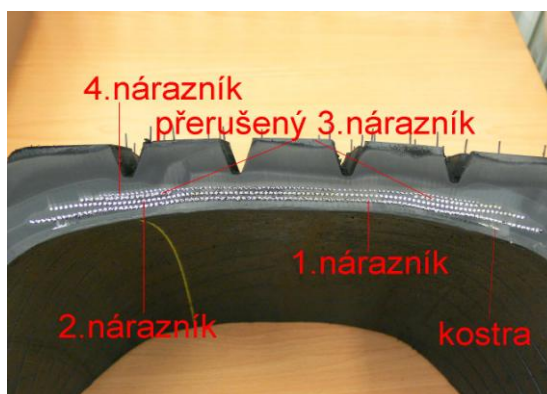
8.2 Ukázky možných konstrukcí

Na obrázcích jsou vyfocené řezy nákladních plášťů. Žlutě jsou označené výztužné materiály, červeně jsou označené jednotlivé pryžové polotovary. [10]

8.2.1 Běhounová oblast



Obr. 20. Běhoun



Obr. 21. Běhoun 2



Obr. 21. Běhoun 3

8.2.2 Oblast patky



Obr. 22. Patka

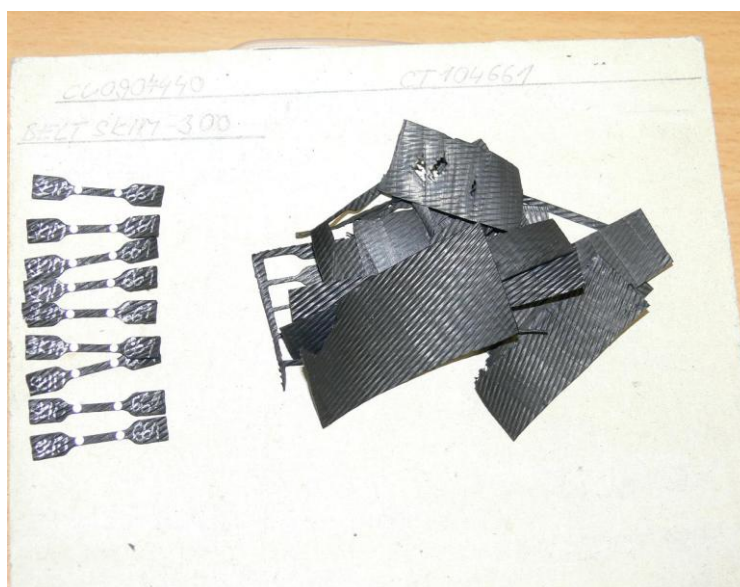
II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 MĚŘENÍ FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ

V experimentální části byly zvoleny 4 zkoumané nákladní pneumatiky A, B, C a D, které byly rozebrány na měřené části běhoun, patní výplň a boční výztuha, kde byla měřena hustota, tvrdost, odrazová pružnost materiálu a pevnost při prodloužení. Označení A, B, C, a D bylo zvoleno z důvodu utajení interních označení produktů konkurenčních společností, kdy skutečné prodejní názvy společnost Barum Continental, s.r.o. neposkytla.

9.1 Příprava vzorků

Vzorky byly připravovány z cca 30 cm řezu pláště. První byly zabroušeny hrany a zakresleny části pláště (FO – levá strana, FU – pravá strana a střed pláště), které byly na pásové pile podélně odděleny a zabroušeny, při podélném řezu středu pláště je potřeba také zabrousit dráty. Nařezaný plášť byl upevněn do svěráku a nožem byla odříznuta potřebná část k měření, konce řezu byly zaseknuty, aby byly dobře vidět směsi v plášti. Stříbrnou tužkou byly označeny části vzorku, které byly potřebné k měření (běhoun, patní výplň a boční výztuha). Na řezacím stroji byla uříznuta požadovaná tloušťka pro měření (2 – 6 mm) a očištěna lihem. Pod lupou byly označeny přesné hrany jednotlivých směsí a odstříhnuty nůžkami. Pro měření pevnosti v tahu byly vzorky vysekány do požadovaného tvaru a velikosti. Jednotlivé části pak byly měřeny.



Obr. 23. Vzorky vybraných kaučukových materiálů

9.2 Postup měření

9.2.1 Hustota

Do misky byl vložen vzorek cca 2g (hustoměr je vybaven vlastní vahou), který byl ponořen do kádinky s vodou. Hustota byla změřena 3x a byly zkontrolovány odchylky, které mohou být max. 1,1250. Hustota se nemusela počítat, přístroj je digitální a sám si vzorek zváží a spočítá hustotu.

9.2.2 Tvrdost

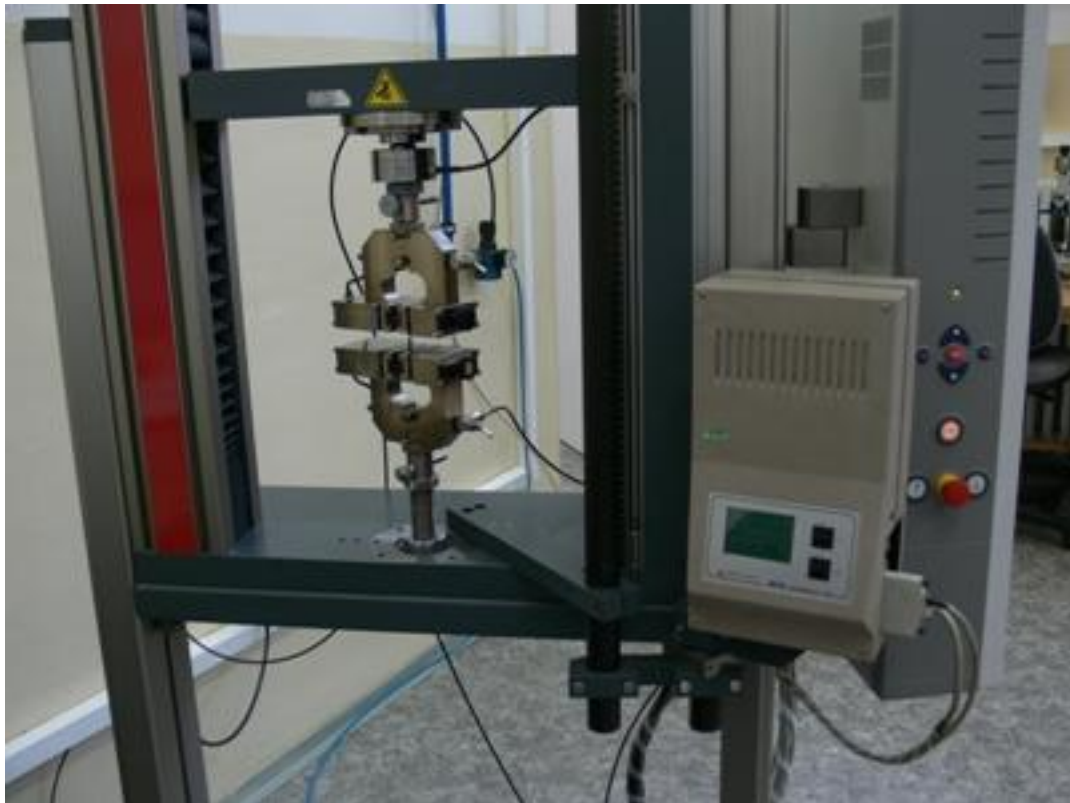
Ručně měřena tvrdoměrem. Tvrdoměr byl přiložen na vzorek cca 6 mm. Byl zmáčknut spínač a hrot byl proražen do vzorku. Na výsledek bylo čekáno 2-3 s. Měření byla provedena 3x a byla použita průměrná hodnota.

9.2.3 Odrazová pružnost

Vzorek byl nakřídován a umístěn do držáku. Poté bylo spuštěno automatické měření na stroji. Měření bylo prováděno 3x a byla použita průměrná hodnota.

9.2.4 Pevnost při prodloužení a přetržení

Nachystaný vzorek byl na stroji označen reflexními body, které jsou důležité při samotném měření, kdy stroj zachytává body pomocí laseru. Před měřením byla změřena také tloušťka každého vzorku, hodnota byla zadána do PC, důležitá hodnota pro sestavení grafu. Označený vzorek byl vložen do předem nastavených držáků a bylo spuštěno měření, které je ovládáno pomocí PC. Vzorek byl měřen 10x a bylo vybráno 5 hodnot, které byly sestaveny do grafu.



Obr. 24. Stroj pro měření pevnosti při prodloužení

9.3 Výsledky měření

Tab. 1. Hustota, tvrdost a odrazová pružnost materiálu A

	ρ [g/cm ³]	H [°Sh]	Rs [%]
BĚHOUN	1,1321	66	41,5
PATNÍ VÝPLŇ	1,1688	60	48,4
BOČNÍ VÝZTUHA	1,1047	56	52,1

Pro vzorek A byly měřeny části pláště: běhoun, patní výplň a boční výztuha. U každé části byla měřena hustota, tvrdost a odrazová pružnost. Z výsledků měření je patrné, že největší tvrdost u této pneumatiky má běhoun a to 66 °Sh, zatímco největší hustotu 1,1688 g/cm³ a odrazovou pružnost 52,1 % má boční výztuha.

Tab. 2. Hustota, tvrdost a odrazová pružnost materiálu B

	ρ [g/cm ³]	H [°Sh]	Rs [%]
BĚHOUN	1,1454	68	49,4
PATNÍ VÝPLŇ	1,1302	64	49,4
BOČNÍ VÝZTUHA	1,0989	57	51,5

Pro vzorek B byly měřeny části pláště: běhoun, patní výplň a boční výztuha. U každé části byla měřena hustota, tvrdost a odrazová pružnost. Na základě výsledků lze říci, že největší tvrdost 68 °Sh a hustotu 1,1454 g/cm³ u této pneumatiky má běhoun a nejvyšší odrazovou pružnost 51,5 % má boční výztuha.

Tab. 3. Hustota, tvrdost a odrazová pružnost materiálu C

	ρ [g/cm ³]	H [°Sh]	Rs [%]
BĚHOUN	1,1354	67	50,46
PATNÍ VÝPLŇ	1,1308	67	47,53
BOČNÍ VÝZTUHA	1,0993	57	50,21

Pro vzorek C byly měřeny části pláště: běhoun, patní výplň a boční výztuha. U každé části byla měřena hustota, tvrdost a odrazová pružnost. Výsledky měření ukázaly, že největší tvrdost 67 °Sh má běhoun a patní výplň, hustotu 1,1354 g/cm³ má běhoun a nejvyšší odrazovou pružnost 50,46 % vykazuje část běhoun.

Tab. 4. Hustota, tvrdost a odrazová pružnost materiálu D

	ρ [g/cm ³]	H [°Sh]	Rs [%]
BĚHOUN	1,132	70	54,33
PATNÍ VÝPLŇ	1,1582	86	33,46
BOČNÍ VÝZTUHA	1,117	61	48,93

Pro vzorek D byly měřeny části pláště: běhoun, patní výplň a boční výztuha. U každé části byla měřena hustota, tvrdost a odrazová pružnost. Výsledky měření ukázaly, že největší

tvrdost 86 °Sh a hustotu 1,1582 g/cm³ u této pneumatiky má patní výplň a nejvyšší odrazovou pružnost 54,33 % má běhoun.

Na základě těchto výsledků lze říci, že neoptimálnějších hodnot všech sledovaných fyzikálně-mechanických veličin s ohledem na použití v určité části pneumatiky, vykazuje nejlepší výsledky pneumatika D. Pro patní výplň je vyžadována největší tvrdost a nejmenší odrazová pružnost, pro běhoun je požadována střední tvrdost a nejvyšší odrazová pružnost a pro boční výztuhu je potřebná nejmenší tvrdost a střední odrazová pružnost. Všechny ostatní pneumatiky, tedy A, B i C, tyto požadavky nesplňují.

Dále byla u materiálů A,B,C a D měřena pevnost při prodloužení. Pro přehlednost a srovnání zde byly tabulky a grafy sestaveny dle zkoumaných částí pneumatiky: bočnice, patní výplň a běhoun.

Tab. 5. Pevnost při prodloužení pro bočnici

Materiál	Rt [MPa]	ε [%]	Rt při 100% [MPa]	Rt při 200% [MPa]	Rt při 300% [MPa]	Rt při 400% [MPa]	a [mm]
A	22,69	585,2	2,17	5,01	9,1	13,7	1,169
B	24,09	544,4	2,34	5,48	10,12	15,56	1,009
C	25,22	571,3	2,25	5,56	10,28	15,58	1,128
D	23,07	524,2	2,55	6,32	11,32	16,61	1,038

Tab. 6. Pevnost při prodloužení pro patní výplň

Materiál	Rt [MPa]	ε [%]	Rt při 100% [MPa]	Rt při 200% [MPa]	Rt při 300% [MPa]	Rt při 400% [MPa]	a [mm]
A	21,63	480,4	2,68	6,85	11,85	17,14	1,653
B	27,56	440,4	3,51	9,53	16,79	24,48	1,166
C	27,65	428,9	4,02	10,38	17,65	25,39	1,004
D	21,15	272,3	7,95	16,16	0	0	1,001

Při měření pevnosti při prodloužení pro patní výplň byla nalezena vada materiálu na zkoumané části, a proto zde nebylo možné naměřit 5 hodnot při prodloužení 300 a 400%, vždy se materiál při prodloužení nad 200% přetrhl.

Tab. 7. Pevnost při prodloužení pro běhoun

Materiál	Rt [MPa]	ϵ [%]	Rt při 100% [MPa]	Rt při 200% [MPa]	Rt při 300% [MPa]	Rt při 400% [MPa]	a [mm]
A	30,13	405,7	4,11	12,68	21,89	30,03	1,193
B	30,44	446,3	4,55	12,24	20,17	27,43	0,977
C	30,74	437,5	4,11	11,76	20,29	28,05	1,02
D	29,68	399	4,44	12,33	21,31	29,65	1,008

Celkovou pevnost při prodloužení má nejvyšší vzorek C, který byl vyroben pro velkou nosnost a má nejvyšší pevnost. Nejmenší pevnost má vzorek A, který byl vyroben pro nákladní vozíky a proto zde nemusí být kladen nárok na vysokou pevnost.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá studiem fyzikálně-mechanických vlastností materiálů pro aplikace v gumárenském průmyslu.

V teoretické části této práce je zpracována problematika polymerního materiálu kaučuku, rozdělení a výroba, dále je v této části rozebrána problematika komponentů kaučukových směsí, vulkanizace a fyzikálně mechanické vlastnosti materiálů. Na závěr této části jsou zařazeny kapitoly o historii a vývoji gumárenského průmyslu a technologie výroby pneumatik spolu s představením společnosti Barum Continental, s.r.o., kde na oddělení Benchmarking byly studované materiály měřeny.

V experimentálním měření byly proto vybrány různé části pneumatiky a zkoumány jejich vlastnosti. Při zkoumání jednotlivých částí pneumatik, můžeme vidět, že bočnice má nejmenší tvrdost a nejvyšší odrazovou pružnost, protože má nejnižší obsah plniv. Skladba směsi však musí mít nejvyšší elasticitu, aby kopírovala povrch vozovky. Kdyby byla tvrdá, automobil by při nerovnoměrném povrchu skákal a docházelo by k brzkému opotřebení a oděru pneumatiky.

Patní výplň má největší tvrdost, protože je na ní vyvíjen největší tlak a zajišťuje přenos veškerého zatížení, které je přenáší svislé zatížení na ráfek. Běhounová část musí mít výbornou adhezi a současně nízký valivý odpor k vozovce. U zkoumaných vzorků nákladních pneumatik všechny tyto předpoklady splňuje vzorek D kdy má nejvyšší tvrdost i hustotu patní výplně a odrazovou pružnost má zde nejvyšší běhoun.

U ostatních vzorků měla většinou nejvyšší tvrdost i hustotu běhounová část, což je dáno rozdílnou směsí či poměry v různých částech pláště, které se liší, kvůli odlišnému použití pláště. U vzorku A a B se jednalo o pneumatiku nákladní, které se používá například na dopravní vozíky. Vzorek C byl vyroben pro velkou nosnost a vyšší rychlost, má proto vysokou pevnost běhounové i patní části.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SCHINDLER, Juraj. Základy gumárenskej technologie. Slovenské nakladateľství technické literatury, Bratislava 1966. 293s.
- [2] DUCHÁČEK, Vratislav. Gumárenské suroviny a jejich zpracování. Vydavatelství VŠCHT Praha 2009. 200s.
- [3] FRANTA, Ivan, Gumárenská technologie I : Gumárenské suroviny. Praha, SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1979. 607s.
- [4] DROBNÝ, Jiří. Přehled technologie pryže. SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1962. 271s.
- [5] Hustota.cz, [online], dostupné z: <http://www.hustota.cz/hustota-jako-fyzikalni-velicina>
- [6] Tvrdost.cz, [online], dostupné z http://tvrdost.cz/tvrdost_teorie.html
- [7] <http://www.polymertest.cz/data/file/09a-detailni-popis.pdf> , 19.5.2010
- [8] FISHER, Miroslav. Konstrukce pneumatik. SNTL-Nakladatelství technické Literatury 1962.115s.
- [9] BARUM CONTINENTAL. Gumárenská technologie. Barum Otrokovice 2008. 100s.
- [10] ŠPAŇHELOVÁ, M.: Prezentace: Benchmarking v gumárenské praxi 2010.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SMR - Standard Malaysian Rubbers

Bu-Na - Butadien – Natrium

GR-S – (G - Government, R - Rubber, S - Synthetic)

USA – United State of America

KS – kaučuková směs

OR – osobní radiální pláště

4V – čtyřválec

F – největší dosažená síla [N]

A – tažná plocha (2mm)

ρ – hustota [g/cm^3]

m – hmotnost [kg]

V – objem [l]

Rt – pevnost [Pa]

H – tvrdost [Sh°]

Rs – odrazová pružnost [%]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Molekula kaučuku</i>	14
<i>Obr. 2. Čepování latexu</i>	17
<i>Obr. 3. Vulkanizační rovnice</i>	23
<i>Obr. 4. Hustoměr</i>	28
<i>Obr. 5. Tvrdoměr</i>	29
<i>Obr. 6. Stroj na měření odrazové pružnosti</i>	30
<i>Obr. 7. Složení pneumatiky</i>	32
<i>Obr. 8. Části pláště pneumatiky</i>	33
<i>Obr. 9. Ocelové kordy</i>	34
<i>Obr. 10. Schéma toku materiálu ve výrobě osobních plášťů [9]</i>	35
<i>Obr. 11. Hlavní části dvouválce:</i>	36
<i>Obr. 12. Míchací linka pro míchání finální směsi</i>	38
<i>Obr. 13. Vytlačovací stroj</i>	39
<i>Obr. 14. Válcování vnitřní gumy</i>	40
<i>Obr. 15. Čtyřválec</i>	41
<i>Obr. 16. Linka pro nánosování textilního kordu</i>	42
<i>Obr. 17. Linka pro nánosování ocelového kordu a nárazníků</i>	43
<i>Obr. 18. Řez segmentovou formou pro OR</i>	45
<i>Obr. 19. Loga společnosti Barum Continental, s.r.o.</i>	47
<i>Obr. 20. Běhoun</i>	51
<i>Obr. 21. Běhoun 3</i>	52
<i>Obr. 22. Patka</i>	52
<i>Obr. 23. Vzorky vybraných kaučukových materiálů</i>	54
<i>Obr. 24. Stroj pro měření pevnosti při prodloužení</i>	56

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Hustota, tvrdost a odrazová pružnost materiálu A.....</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 2. Hustota, tvrdost a odrazová pružnost materiálu B.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 3. Hustota, tvrdost a odrazová pružnost materiálu C.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 4. Hustota, tvrdost a odrazová pružnost materiálu D</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 5. Pevnost při prodloužení pro bočnici</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 6. Pevnost při prodloužení pro patní výplň</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 7. Pevnost při prodloužení pro běhoun</i>	<i>59</i>

SEZNAM PŘÍLOH

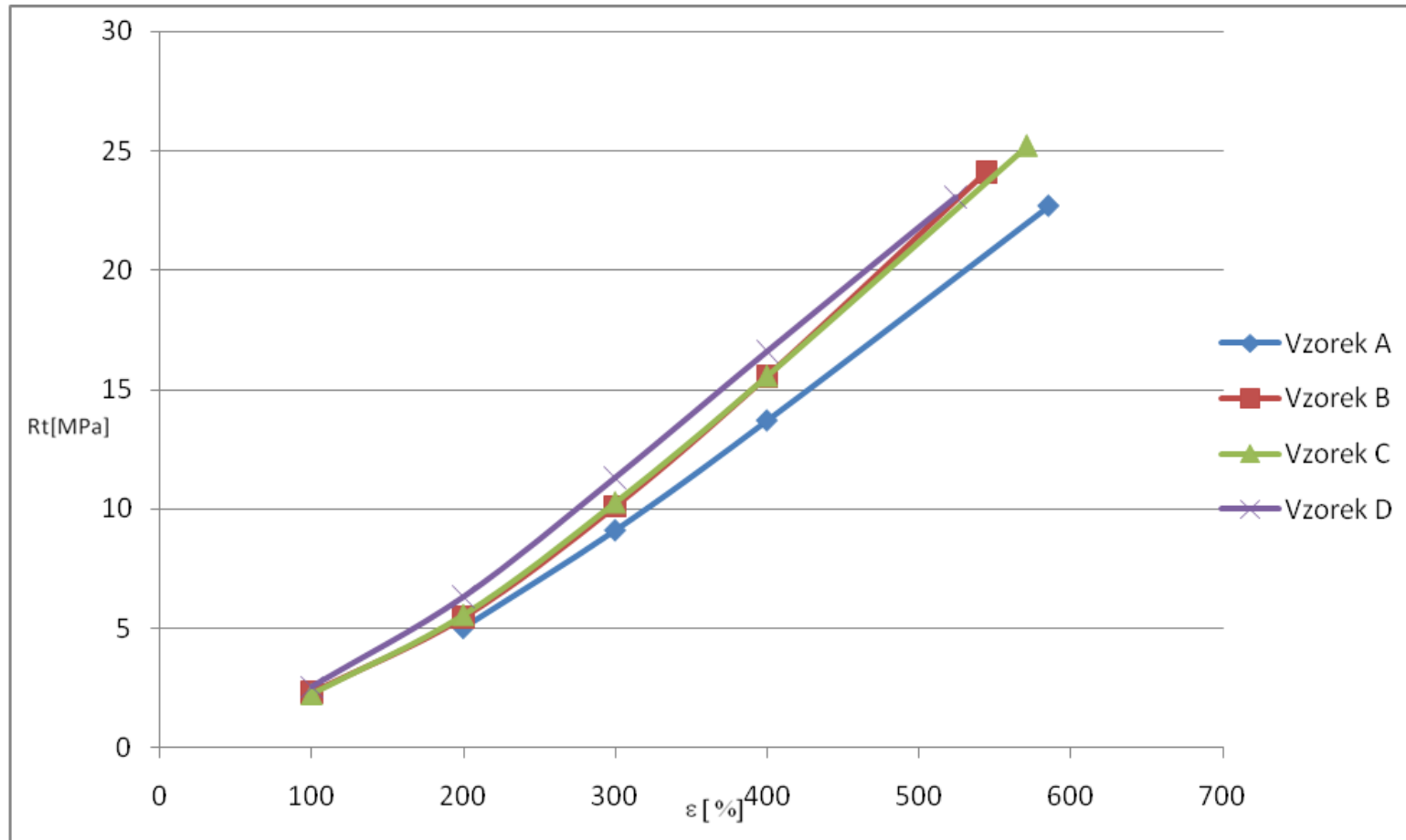
Příloha P 01: Grafická závislost pevnosti při prodloužení na prodloužení studovaných materiálů v části bočnice

Příloha P 02: Grafická závislost pevnosti při prodloužení na prodloužení studovaných materiálů v části patní výplň

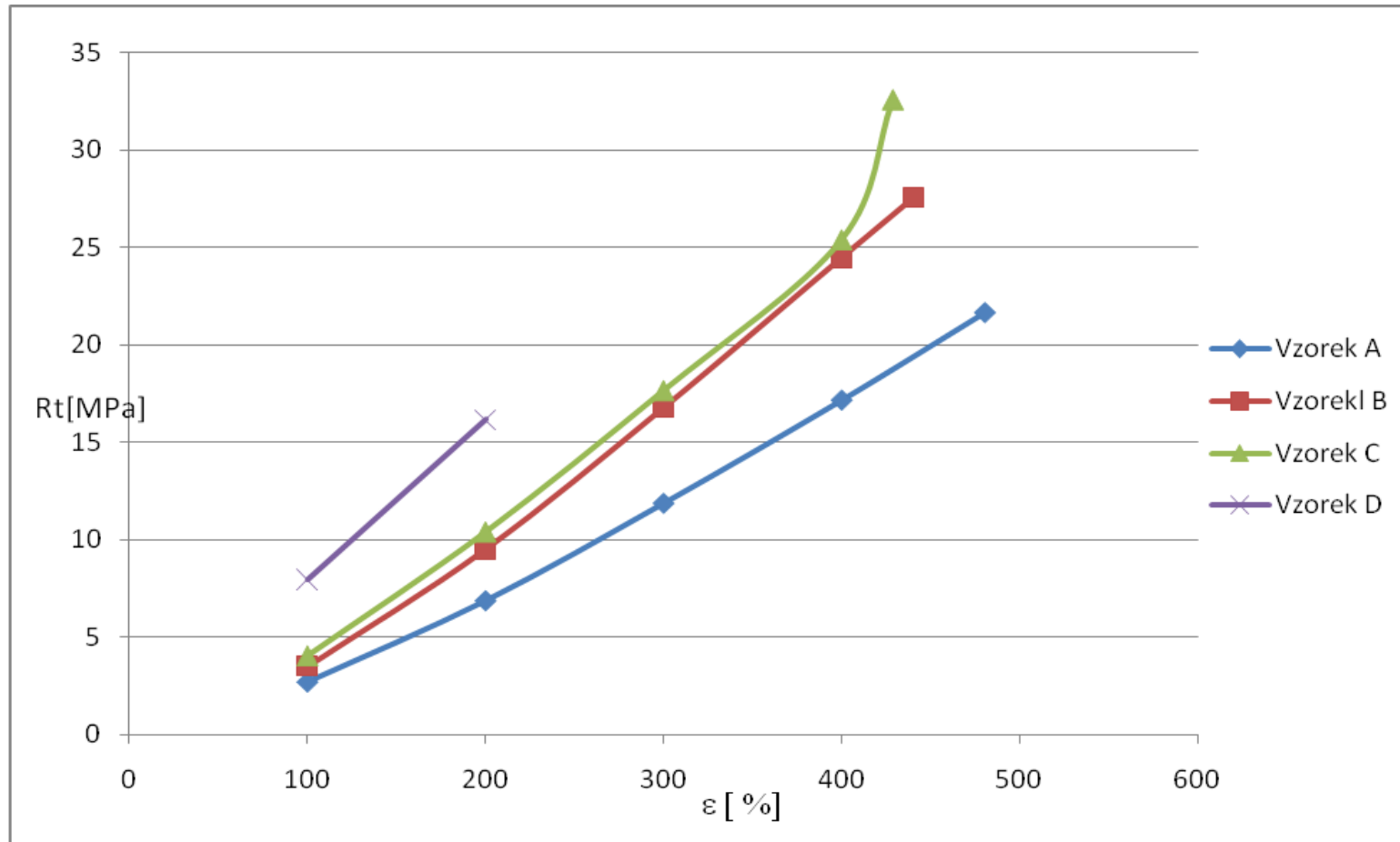
Příloha P 03: Grafická závislost pevnosti při prodloužení na prodloužení studovaných materiálů v části běhoun

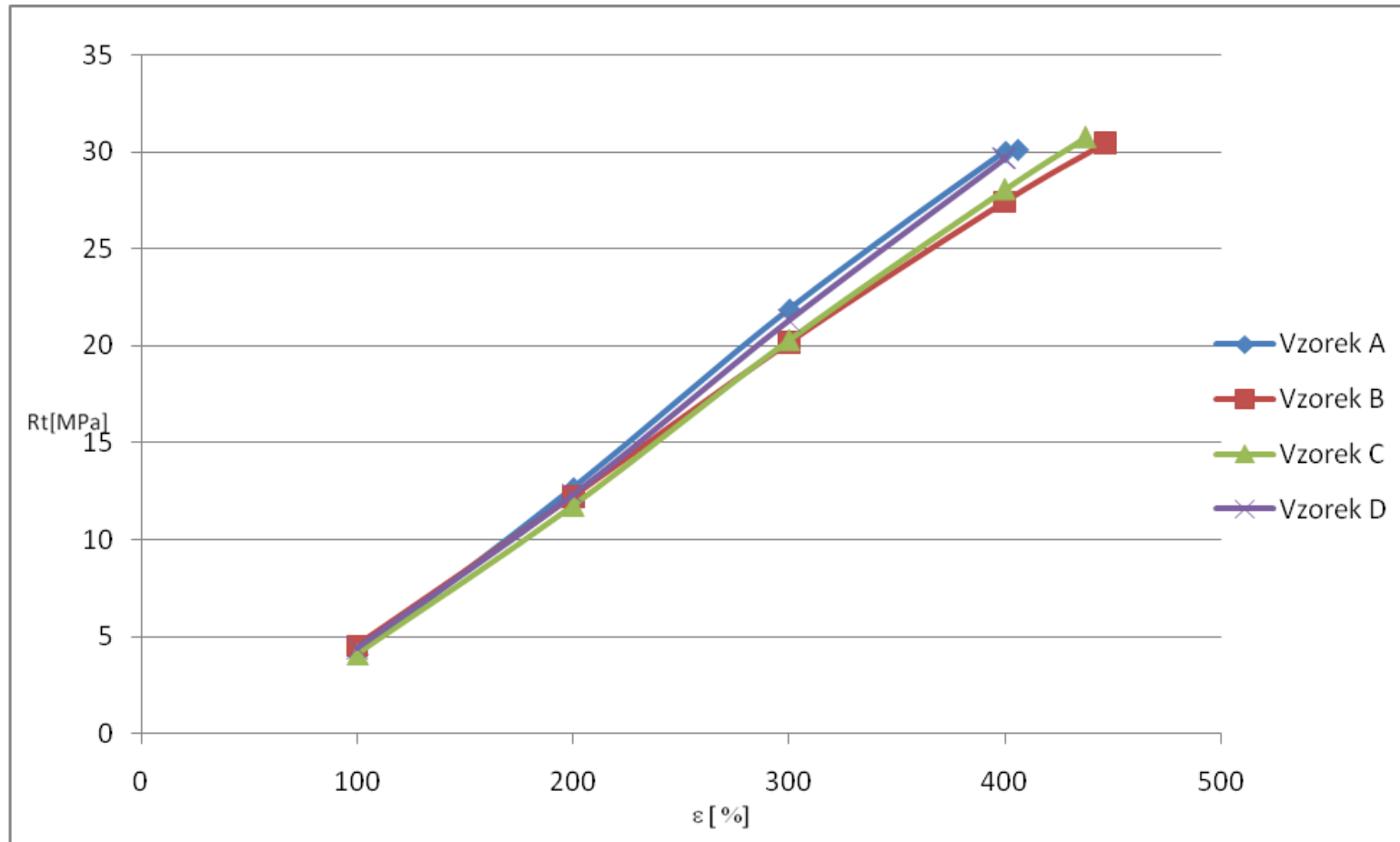
Příloha P 04: Ukázka hotových výrobků firmy Barum Continental, s.r.o.

PŘÍLOHA P I: GRAFICKÁ ZÁVISLOST PEVNOSTI PŘI PRODLOUŽENÍ NA PRODLOUŽENÍ STUDOVANÝCH MATERIÁLŮ V ČÁSTI BOČNICE



PŘÍLOHA P 02: GRAFICKÁ ZÁVISLOST PEVNOSTI PŘI PRODLOUŽENÍ NA PRODLOUŽENÍ STUDOVANÝCH MATERIÁLŮ V ČÁSTI PATNÍ VÝPLŇ



**PŘÍLOHA P 03: GRAFICKÁ ZÁVISLOST PEVNOSTI PŘI PRODLOUŽENÍ NA PRODLOUŽENÍ
STUDOVANÝCH MATERIÁLŮ V ČÁSTI BĚHOUN**

PŘÍLOHA P 04: UKÁZKA HOTOVÝCH VÝROBKŮ FIRMY BARUM CONTINENTAL, S.R.O.

