

Vývoj kaučukové směsi pro snížení plynopropustnosti na plyny pro využití k výrobě plášťů

Bc. František Zaoral

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. František ZAORAL**

Osobní číslo: **T10915**

Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **Inženýrství polymerů**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vývoj kaučukové směsi pro snížení propustnosti na plyny pro využití k výrobě plášťů**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na: – popis přípravy gumárenských směsí pro využití při výrobě plášťů – efekty ovlivňující plynopropustnost kaučukových směsí
2. Příprava kaučukové směsi s ohledem na teoretické znalosti pro využití jako plynu nepropustná vrstva.
3. Vyhodnocení vlastností připravených směsí (a porovnání s komerčními typy?)
4. Diskutujte a zpracujte výsledky.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. White, J. L.; Kim, K-J., Thermoplastic and Rubber Compounds – Technology and Physical Chemistry, Hanser Publishers, 2008, ISBN 978-1-61344-304-0
2. White, J.; De, S.K.; Naskar, K., Rubber Technologist's Handbook, Volume 2, Smithers Rapra Technology, 2009, ISBN 978-1-61583-047-3
3. Gent, A. N., Engineering with Rubber – How to Design Rubber Components (2nd edition), Hanser Publishers, 2001, ISBN 978-3-446-40172-3
4. Elektronické databáze UK
5. Internet

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Zádrapa, Ph.D.

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání diplomové práce:

11. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: ZAORAL FRANTIŠEK

Obor: IP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 14.5.2013



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

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

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

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

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či 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 přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá propustností pro plyny vnitřní pryží (gumou), která je testována standardními testy pro pryž a testem na propustnost pro plyny. Dále tato práce uvádí vyhodnocení testovaných vzorků a srovnání se standardní směsí používanou ve výrobě.

Klíčová slova: vnitřní pryž (guma), kaučuková směs, přírodní kaučuk, syntetický kaučuk

ABSTRACT

Diploma work deals with the internal gas permeability inner linner, which is tested using standard tests for rubber and test the permeability to gases. As of the following study also showed evaluation of test samples and compared with the standard mixture used in production.

Keywords: inner linner, rubber compound, natural rubber, syntetik rubber

Chtěl bych tímto poděkovat Ing. Petru Zádrapovi Ph.D. za odborné vedení a profesionální přístup v tomto oboru. Dále bych chtěl poděkovat svým kolegyním a kolegům za odbornou pomoc v praktické části a zvláště pak Ing. Pilátové a Ing. Voldánové.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 VÝVOJ GUMÁRENSKÉHO PRŮMYSLU V NAŠICH ZEMÍCH	13
2 PNEUMATIKY	15
2.1 STRUKTURA PLÁŠTĚ PNEUMATIKY	15
2.2 DIAGONÁLNÍ A RADIÁLNÍ PNEUMATIKY	16
2.3 ZÁKLADNÍ TYPY PNEUMATIK.....	18
3 POPIS GUMÁRENSKÉ VÝROBY	20
3.1 PŘÍRODNÍ A SYNTETICKÉ KAUČUKY	20
3.2 SLOŽENÍ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ.....	21
3.3 PROCES VÝROBY KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ.....	22
3.4 PROCES PŘÍPRAVY POLOTOVARŮ.....	23
3.5 PROCES RADIÁLNÍ KONFEKCE.....	24
3.6 PROCES VULKANIZACE A DOKONČOVÁNÍ	25
4 VNITŘNÍ GUMA – CHARAKTERISTIKA, VLASTNOSTI A VÝVOJ	27
4.1 DVOUSTUPŇOVÉ MÍCHÁNÍ V HNĚTIČÍCH.....	27
4.2 VÝROBA VNITŘNÍ PRYŽE (GUMY)	28
4.2.1 Vytlačování vnitřní pryže (gumy).....	29
4.2.2 Válcování vnitřní pryže (gumy)	30
4.2.3 Sdružování vnitřní pryže (gumy), kordové vložky a ochranného pásku.....	32
4.3 EFEKTY OVLIVŇUJÍCÍ PLYNOPROPUSTNOST KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ	33
4.3.1 Základní charakteristika halobutylových kaučuků.....	34
4.3.2 Základní viskoelastické vlastnosti halobutylových kaučuků	35
4.4 DALŠÍ OCHRANNÁ VRSTVA PROTI PROPUSTNOSTI PLYNŮ A DEFektU	36
4.5 JAK MŮŽE VYPADAT BUDOUCNOST.....	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
5 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	41
6 PŘÍPRAVA SMĚSÍ	42

6.1	RECEPTURY GUMÁRENSKÝCH SMĚSÍ PRO ZKUŠEBNÍ VZORKY	42
6.2	OBECNÁ CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH PŘÍRAD	44
6.3	POSTUP MÍCHÁNÍ GUMÁRENSKÝCH SMĚSÍ PRO ZKUŠEBNÍ VZORKY	45
6.4	VÝROBA TESTOVACÍCH VZORKŮ	46
6.5	STANOVENÍ VULKANIZAČNÍ KŘIVKY	47
6.6	STANOVENÍ VISKOZITY	48
6.7	STANOVENÍ BEZPEČNOSTI SMĚSI	50
6.8	TVRDOST	53
6.9	STÁRNUTÍ	54
6.10	STRUKTURNÍ PEVNOST	56
6.11	HUSTOTA	56
6.12	DPGI	57
6.13	HŘETÍ	58
6.14	PROPUSTNOST PRO PLYNY	59
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	70
	SEZNAM PŘÍLOH	71

ÚVOD

Gumárenský průmysl je ve srovnání se zpracováním ostatních surovin obor relativně mladý, protože od prvního použití kaučuku po jeho využití v gumárenském průmyslu uplynulo pouze 160 roků. Jeho vznik můžeme datovat do let 1840 – 1845, kdy byla objevena vulkanizace pomocí síry Charlesem Goodyearem a Thomasem Hancockem. Již dříve se kaučuk používal k nanášení na textil pro použití jako voděodolné pláště (známé pod jménem macintosh). Tyto výrobky měly jednu velkou nevýhodu: v teple byly lepkavé a v zimě křehké a lámaly se.

V roce 1845 se přiblížil využití kaučuku v automobilovém průmyslu Robert William Thomson svým patentem na gumovou hadici, která zdánlivě připomíná plášť pneumatiky. Vzhledem k tomu, že v té době nebyla vhodná vozidla, pro něž by se pneumatika hodila, vynález zapadl. Patent na moderní vzduchem plněnou pneumatiku získal John BoydDunlop v roce 1888. Vynalezl ji o rok dříve, když ji vyrobil ze zahradní hadice, aby zlepšil jízdní vlastnosti tříkolky svého syna. V této době byla již ve velkém vyráběna jízdní kola, u nichž se vynález uplatnil. Pro zvýšení životnosti a pevnosti pneumatiky použil J. F. Palmer v roce 1892 výztuže, což byly materiály z irského lnu a později z bavlny. [1]

Kolem roku 1905 se v důsledku motorizace stává se přírodní kaučuk nedostatkovou a drahou surovinou. Východiskem z této krize byl vynález syntetického kaučuku. Prvními synteticky připravenými kaučuky byl polyisopren, který byl vyrobený v roce 1909 v Německu, a polybutadien, který vyrobili v roce 1910 v Rusku. Významným milníkem byl rok 1935, ve kterém němečtí chemici vynalezli butadien-styrenový kaučuk. [1]

Počátkem 20. století se do směsí také začaly zavádět další přídavné látky, nejprve to byly urychlovače sloužící ke zkrácení doby vulkanizace, později antioxidanty zabraňující stárnutí výrobku a dále saze. Dalším milníkem se stala možnost vulkanizace pomocí síry, která byla objevena v roce 1939.

S rostoucím využitím pneumatik stoupaly také i nároky na jejich užité vlastnosti a proto se v letech 1914 – 1925 začínají v gumárenském průmyslu zavádět kordové tkaniny. Jako první se začal v roce 1923 používat kord z regenerované celulózy a od roku 1937 také ocelovýkord. V roce 1942 byla zahájena výroba kordu polyamidového, zpočátku především pro vojenské účely a od roku 1947 také pro civilní oblast. [1]

Výroba prvních plnohodnotných pláštěů pneumatik založených na bázi syntetického kaučuku, přesněji řečeno na bázi butadien-styrenového kaučuku, se začala uskutečňovat v roce 1943. Základní změnou v konstrukci pláštěů bylo zavedení radiálního provedení kostry pláštěů, první radiální plášť byl vyroben v roce 1948 ve firmě Michelin. V roce 1950 byla vyrobena první bezdušová pneumatika. Další významné změny přinesl rok 1953, kdy byl do pláštěů použit izoprenový kaučuk.[1]

V oblasti kordů došlo k velkému rozmachu v šedesátých a sedmdesátých letech. V roce 1962 byl vyvinut polyesterový kord, v roce 1967 kord skleněný a v roce 1976 byl na trh uveden kord aramidový, který spadá do skupiny aromatických polyamidů.[1,2]

Rychlému rozšíření pneumatik a ostatních výrobků z pryže tedy napomohly zejména objevy a vynálezy týkající se různých technických a chemických možností zpracování kaučuku zejména v první polovině dvacátého století. Výroba pneumatik narůstala současně s rozvojem automobilů a automobilového průmyslu obecně a vývoj pneumatik je tak přímo úměrný výrobě stále dokonalejších, rychlejších a pohodlnějších automobilů.

Při návrzích moderních konstrukcí použitých materiálů se ovšem přihlíží zejména na bezpečnost provozu. To se projeví při vývoji jednotlivých částí pláště pneumatiky, což jsou základní nosná část zvaná kostra, dále běhoun, bočnice, patka, nárazník a vnitřní pryž (guma). Vnitřní pryž je profil z kaučukové směsi, který je nalepen na první kordovou vložku a zabraňuje prostupování síry při vulkanizaci, vyrovnává nerovnosti uvnitř pláštěů a zajišťuje plynonepropustnost. Této důležité části budou věnovány následující kapitoly diplomové práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 Vývoj gumárenského průmyslu v našich zemích

Počátky gumárenského průmyslu a výroby pneumatik u nás spadají do třicátých let a jsou neodmyslitelně spjaty se jmény Baťa na Zlínsku a Michelin v Praze.

V lednu 1932 bylo do Zlína do firmy Baťa dodáno ze zahraničí výrobní zařízení a v dubnu zde vylišovali první pneumatiku. O rok později postavil Tomáš Baťa ve Zlíně pneumatikárnu, která ve druhém pololetí roku 1934 vyrobila 68 000 pneumatik. Už v následujícím roce továrna zvýšila výrobu o 100 procent a pláště Baťa se montovaly na všechna tuzemská auta, což výrazně omezilo dovoz zahraničních pneumatik. V roce 1939 Baťa vyráběl 250 tisíc pneumatik ročně a zavedl dále výrobu klínových řemenů, transportních pásů a technické pryže. [1,2]

V roce 1945 byla akciová společnost Baťa znárodněna a v roce 1949 se firma Baťa přejmenovává na Svit. Výroba pneumatik se v roce 1953 vyčlenila a vznikl samostatný národní podnik Rudý Říjen. V roce 1967 ve Zlíně vyrobili první osobní radiální pneumatiku. V roce 1966 byla zahájena stavba nového výrobního závodu v Otrokovicích a do provozu byla uvedena o pět let později. Dnes pneumatiky v Otrokovicích vyrábí společnost Barum Continental a to již od roku 1993. [1,2]

Historie gumárenské výroby v Praze se začala psát v roce 1933, kdy byla založena dceřiná firma společnosti Michelin v Praze – Strašnicích. Michelin vlastnil tři čtvrtiny akcií a zbytek patřil československým bankám. Francouzi přišli do Prahy především kvůli schopné a díky hospodářské krizi dostupné pracovní síle. Nový závod postupně přijal na 250 českých dělníků, kteří zde od roku 1934 vyráběli pneumatiky a duše pro automobily, motocykly a jízdní kola. Rekordní výrobu přinesl rok 1937, kdy se denně vyrábělo asi 300 pláště pro automobily a motocykly a téměř 1000 velopláště a duší. [18]

Během války závod přešel pod německou firmu Hamburger Phönix, která se orientovala na válečnou výrobu – šlo zejména o pogumování kovových součástí tvrdou pryží. Po spěšném odchodu německého vedení z továrny v květnu 1945 došlo k postupnému návratu k civilní výrobě a posléze ke znárodnění podniku. Na jaře roku 1946 byl název podniku přejmenován na Pneumichelin, n.p. Praha. Na přelomu let 1946 – 1947 byla vyhlášena soutěž na nový název závodu. Zvítězil návrh MITAS – spojením MICHELIN – VERITAS. Firma Veritastotíž vyráběla v Hrádku nad Nisou pryžové obruče na dětské kočárky a v roce 1946 byla začleněna k továrně Michelin. Tovární značka MITAS se oficiálně užívala od léta 1947. V současnosti má společnost MITAS své závody v Praze, Zlíně a Otrokovicích. No-

vě se společnost začala rozvíjet také za hranicemi naší země a dnes vyrábí traktorové pláště v Srbsku a v USA ve státě Iowa. [18]

Vzhledem k tomu, jaké jsou dnešní požadavky zákazníků na kvalitu pláštíů, je v této oblasti stále co zlepšovat a rozvíjet. O tom svědčí i dnešní moderní stroje, které jezdí po cestách na prvotřídních výrobcích.



Obrázek č.1: i na takových strojích se dříve jezdilo



Obrázek č.2: na takových strojích se jezdí dnes

2 Pneumatiky

S pneumatikou jako součástí dopravních prostředků pravidelně přichází do styku většina obyvatel zeměkoule, ale mnozí z nich přitom nemají ani základní znalosti o její konstrukci a funkci. Pojem pneumatika se používá pro plášť s ventilkem, ráfkem a popř. duší, naopak pláštěm se myslí pouze vnější část pneumatiky. První pneumatiky byly tvořeny pouze hadicí z vulkanizovaného kaučuku. Od těch dob se konstrukce pneumatik radikálně změnila a nyní jsou pneumatiky tvořeny z několika vrstev, z nichž každá má svou důležitou funkci.

Dalo by se říct, že výroba pneumatiky je velká alchymie, jelikož se musí začít přípravou kaučukové směsi. Směsi se skládají z přírodních nebo syntetických kaučuků, plniv, změkčovadel a vosků, antidegradantů, pryskyřic a adheziv, zpracovatelských přísad, vulkanizačního systému a retardérů nebo aktivátorů vulkanizace. Směsi svým složením musí splňovat mnoho podmínek, protože pneumatiky musí přenášet zatížení vozidla, zprostředkovat přenos kroutícího momentu, zajistit uspokojivé vlastnosti při jízdě, tlumit nerovnosti na vozovce, nepřenášet vibrace na vozidlo a také mít dostatečnou životnost. A proto je výběr chemikálií používaných pro výrobu gumárenských směsí hodně složitý.

Následným krokem je poté vlastní výroba pláštěů, která zahrnuje další procesy jako jsou příprava polotovarů, konfekce, vulkanizace a dokončování včetně vizuální kontroly hotových pláštěů. Kvůli bezpečnosti provozu jsou při těchto procesech kladeny velké nároky na přesnost práce.

2.1 Struktura pláště pneumatiky

Na obrázku 3 a 4 můžeme vidět jednotlivé části pláště pneumatiky, kterými jsou kostra, což je nosná část vyrobená z kordových vložek, dále běhoun, bočnice, patka, nárazníky a vnitřní pryž (guma). Základní charakteristiky jednotlivých částí jsou tyto:

- Kordové vložky z textilního nebo ocelového kordu obsažené v kostře zajišťují celkovou konstrukci a pevnost pláště a tím zabraňují jeho protržení při pracovním tlaku.
- Běhoun je poslední vrstvou pláště, která je ve styku s vozovkou. Chrání kosteru a nárazníkovou vrstvu před mechanickým poškozením. Požadavky na tuto část pláště jsou největší. Je nutné, aby byl plášť dostatečně odolný proti oděru, měl dobrou přilnavost a zároveň nízký valivý odpor.

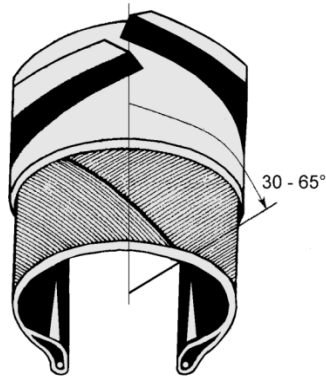
- Bočnice tvoří boční část pláště a ochranu kostry před vnějšími vlivy. Nepodléhá tolik stárnutí a musí odolávat mnohonásobnému ohybu při styku pláště s vozovkou.
- Patka nebo-li patní ocelové lano zajišťuje přesné usazení pláště v ráfku, těsnost spojení s ráfkem a díky existujícím třecím silám přenos podélných sil. Z patní části až do oblasti bočnice plynule přechází tzv. jádro, které zajišťuje velkou boční tuhost (zpevňuje boční část pláště) a dokonalý přenos příčných sil při záběru. Pro zpevnění patkové oblasti se používá patní pásek, který zasahuje až do části přechodu mezi patkou a bočnicí. Patku dále chrání ochranný patní pásek, který zajišťuje těsnost patky ve spojení s ráfkem pneumatiky a předchází erozi patky v místě styku s ráfkem.
- Vrstva mezi běhounem a kostrou pláště, která zajišťuje odpovídající životnost pneumatiky, se nazývá nárazník. Stabilizuje běhounovou vrstvu, zabraňuje poškození kostry pláště a má značný vliv na snížení valivého odporu. Další částí pláště je polyamidový nárazník, který zajišťuje vyztužení pláště mezi běhounem a nárazníkovou vrstvou. Umožňuje dosažení velmi vysokých rychlostí a má velký vliv na snížení valivého odporu a zlepšení jízdních vlastností pláště. Používá se zejména při výrobě vysokorychlostních pláštů.
- Poslední významnou součástí pláště je vnitřní pryž (guma), která zabraňuje úniku vzduchu z vnitřku pláště a plní vlastně roli duše v plášti.[2]

2.2 Diagonální a radiální pneumatiky

Podle způsobu výroby, zejména typu konstrukce a složení materiálu se pneumatiky dělí na diagonální a radiální. Konfekce nebo-li kompletování polotovarů na konfekčních strojích do finálního výrobku může probíhat jednostupňově nebo ve dvou stupních. Jednostupňovou konfekcí vznikají diagonální pláště, dvoustupňovou konfekcí se připravují radiální pláště.

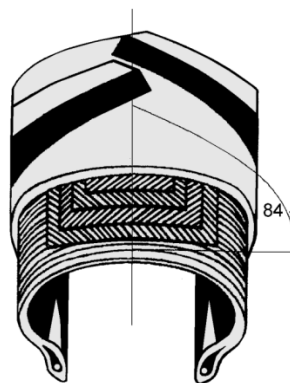
Při výrobě diagonálních pláštů se jedná o starší způsob výroby pláštů a dnes již poměrně omezený, protože na trhu je zájem spíše o radiální pláště. Odlišnost od radiální konstrukce je zejména v křížení materiálů na konfekčním bubnu stroje tak, aby se zvýšila pevnost celého pláště. V patce diagonálního pláště je vinuté lano, což je ocelový drát s mosaznou vrstvou, která zajišťuje lepší adhezi. U diagonálního provedení lze sjednotit při vytlačování běhoun i bočnici a vytvořit tak sdružený profil, který zajišťuje přilnavost k povrchu, tichou jízdu a hlavně bezpečnost. Diagonální pláště se vyrábí převážně s duší. Konstrukce a výro-

ba není tak nákladná a to celý výrobek značně zlevňuje, což velmi ještě dnes oceňují v některých zemích, kde je zemědělství důležitým odvětvím.



Obrázek č. 3: řez diagonálního pláště

Výroba radiálních pláštů se dělí na dvě operace. Na prvním stupni konfekce se zhotovuje kostra pláště, kterou tvoří vnitřní guma, pogumované kordové vložky, lana a bočnice. Kordové vložky se pokládají na konfekční buben pod úhlem téměř $84 - 88^\circ$. Lano se zde používá vinuté a u zesílených verzí se používá hexa- nebo penta- lano. Tyto lana jsou vyráběna z ocelového drátu o průměru 1,6 mm, pogumovaný drát se poté navíjí na navíjecí kolo a skládá vedle sebe. Takto vyrobená kostra surového pláště putuje na druhý stupeň konfekce, kde se kostra nasazuje na disky konfekčního stroje a tzv. bombíruje čili upravuje do požadovaného objemu pod určitým tlakem. Na tuto kostru se pokládají textilní nárazníky, které se musí vždy navzájem křížit. Surový radiální plášť již částečně svým tvarem připomíná hotový výrobek.

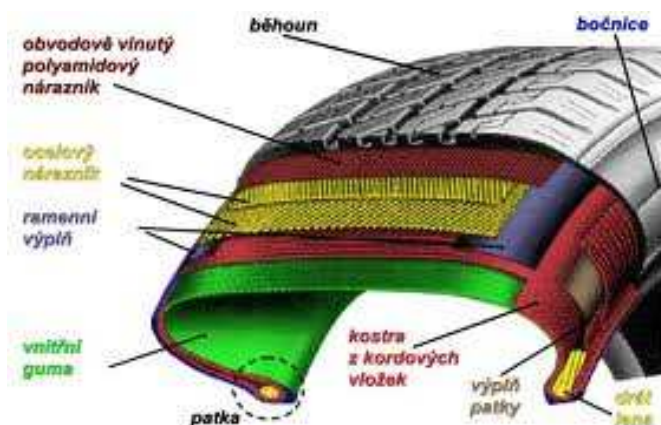


Obrázek č. 4: řez radiálního pláště

2.3 Základní typy pneumatik

Pneumatiky se kromě dělení podle typu konstrukce na diagonální a radiální liší také podle způsobu používání. Nejrozšířenějším typem jsou pneumatiky osobní, dále se vyrábí pneumatiky nákladní a zemědělské. Specifickým typem jsou pneumatiky pro mimosilniční a stavební stroje, pro motocykly, vysokozdvizné vozíky nebo letadla.

Osobní radiální pláště jsou určeny především pro osobní nebo off-road automobily. Dnes se vyrábí pouze radiální pláště. Technologie diagonální s duší byla dávno překonána a dnes vše plně nahrazuje vrstva zvaná vnitřní pryž (guma). U osobních plášťů se používá v prvním stupni konfekce textilní nebo ocelový kord a nárazníková vrstva z ocelového kordu. U vysokorychlostních plášťů se používá speciální vrstva polyamidového nárazníku.



Obrázek č. 5: řez osobním radiálním pláštěm

Pláště pro nákladní automobily, tahače, přívesy nebo návěsy jsou celooceľové a musí především odolávat velké hmotnostní zátěži. Jinak je složení pláště obdobné jako u osobních radiálních plášťů.

Zemědělské pláště se vyrábějí v diagonálním, ale i v radiálním provedení. Průměrem se pohybují od 18-ti palců až po 50-ti palcové pláště. Dříve se rozlišovaly traktorové pláště přední (TP) a zadní (TZ a TZR). Dnes je vše sjednoceno a pláště, které se instalují na zadní nápravu, lze použít i na přední nápravě. Tyto pláště jsou určeny převážně pro zemědělskou techniku a do písčitého nebo hliněného terénu. Traktorové pláště jsou značeny podobně jako osobní nebo nákladní pláště. Rozměr vždy značí šířku pláště, výšku bočnice, průměr a druh dezénu. Stejně jako rozměr je důležitý i zátěžový a rychlostní index. Tyto informace udávají maximální zátěž pláště a maximální rychlost, jakou lze na těchto pláštích dosáhnout. Dnešní zemědělské stroje jsou výkonnostně na takové úrovni, že některé se dokážou

pohybovat i 90-ti kilometrovou rychlostí. U zemědělských pláštů se ještě vedle rozměru, rychlosti a zatížení rozlišuje i druh pláště, jako jsou např.:

- MPT (Multi-purposeTires)pláště pro víceúčelové použití,
- SVT (Super VolumeTires)pláště s širším profilem běhounu,
- OTR (OfftheRoad) pláště pro těžkou techniku jako jsou např. autojeřáby,
- SST (Super SilentTires)pláště s tichými jízdními vlastnostmi.

3 popis gumárenské výroby

Výroba pláštěů obecně zahrnuje několik kroků. Základní a naprosto nezbytnou složkou používanou v gumárenské výrobě je kaučuk a to hlavně z hlediska jeho vlastností. Prvním procesem gumárenské výroby je tedy výroba kaučukových směsí. Ty se skládají z přírodních nebo syntetických kaučuků, plniv, změkčovadel a vosků, antidegradantů, pryskyřic a adheziv, zpracovatelských přísad, vulkanizačního systému a retardérů nebo aktivátorů vulkanizace.

Následným krokem je poté vlastní výroba pláštěů, která zahrnuje další procesy jako jsou příprava polotovarů, konfekce, vulkanizace a dokončování včetně vizuální kontroly hotových pláštěů.

3.1 Přírodní a syntetické kaučuky

Kaučuky se dělí na přírodní (NR) a syntetické (SR).

Prvním zdrojem pro získání přírodního kaučuku (NR – naturrubber) byla rostlina pocházející z rovníkové oblasti Jižní Ameriky *Hevea Brasiliensis*, která dorůstá až do výšky 30 metrů při průměru kmene kolem půl metru. Kaučukovník rostl původně divoce v pralesích Jižní Ameriky v povodí řeky Amazonky a z této oblasti také pocházel všechn kaučuk, který se používal při výrobě pryžových výrobků až do roku 1890. Později se podařilo pěstování této rostliny rozšířit na Ceylon (Srí Lanka) a do Malajsie a dnes se pěstuje v pásmu širokém asi tisíc kilometrů po obou stranách rovníku. Mezi nejdůležitější oblasti patří především Malajsie, Indonésie, Thajsko a Srí Lanka, přičemž z těchto zdrojů pochází více jak devadesát procent celosvětové produkce přírodního kaučuku. Kaučuk je získáván z bílé tekutiny zvané latex, která se z těchto stromů odebírá po naříznutí kůry. [3]

Kaučuk, který je vyráběný z monomerních jednotek chemickou cestou (syntézou), se nazývá syntetický kaučuk (SR – synthetic rubber), a plně nahrazuje přírodní kaučuk. Dnes je na trhu celá řada syntetických kaučuků, které se používají v mnoha odvětví a vyrábí se z nich celá řada pryžových výrobků.

První zmínky o syntetickém kaučuku se objevily už v 19. století, kde se pokusil roku 1860 Granvil William izolovat destilací kaučuku izopren. O 19 let později se podařilo tuto látku zpolymerovat francouzským chemikem Bouchardatem. Úplná podstata polymerace nebyla v té době ještě známa a přesouvá se až do roku 1910, kdy se dvěma anglickým chemikům Strangemu a Matthewsemu podařilo poskytnout dostatečně množství informací o tomto

jevu a také si jej patentovali. Další objevy přišly i z Ruska, kde se podařilo I. L. Kondakovovi vyrobit syntetický kaučuk nejen z izoprenu, ale i z dimethylbutadienu polymerací se sodíkem nebo hydroxidem draselným. Dalším zjištěním bylo, že lze vyrábět kaučuk ze všech konjugovaných dienu.[6]

Důležitým rozvojem výroby syntetického kaučuku byly třicátá léta dvacátého století, kdy se v Německu začíná průmyslově vyrábět syntetický kaučuk z polymerovaného butadienu se sodíkem pod názvem BUNA (Butadien – Natrium). Další obrovský rozmach v této oblasti zaznamenáváme v USA, kde šel vývoj syntetických kaučuků razantně dopředu a vyvíjely se další druhy syntetických kaučuků. Mezi ty nejznámější patří butadien-styrenový a butadien-akrylonitrilový kaučuk. [6]

3.2 Složení kaučukových směsí

Základním vstupním materiálem je právě již zmiňovaný kaučuk. Abychom dosáhli co nejlepších vlastností hotového výrobku, je nutno do kaučukových směsí přidávat další přísady, které výrazným způsobem mění vlastnosti výrobku a také jeho odolnost proti nežádoucím vlivům. Všechny tyto přísady se přidávají v jednotkách DSK, což znamená hmotnostní díl na sto hmotnostních dílů kaučuku. [1,6]

Mezi nejvýznamnější přísady patří vulkanizační činidla, urychlovače, aktivátory, retardéry (inhibitory), antidegradanty, plniva, změkčovadla, plastikační činidla a zvláštní přísady.

Vulkanizační činidla jsou přísady schopné vytvářet chemickou reakci za vzniku příčných vazeb mezi řetězci kaučuku. Vulkanizace probíhá nejvýhodněji při teplotě 140°C – 180°C. Nejpoužívanější vulkanizační činidlo ve výrobě pláštěů je síra, dále pak reaktivní pryskyřice nebo oxidy kovů. [8,9,10]

S použitím urychlovačů se doba vulkanizace výrazně urychluje a zlepšuje se tak efektivita celé výroby. Urychlovače podporují účinek vulkanizačních činidel. Dělí se podle rychlosti reakce na pomalé, rychlé, velmi rychlé a ultrarychlé. Nejznámější urychlovače jsou oxidy nebo i jiné sloučeniny kovů. [8,9,10]

Aktivátory zvyšují účinek vulkanizačních činidel tím, že zvyšují množství příčných vazeb mezi molekulami kaučuku a vulkanizátu. Nejpoužívanější je zinková běloba (oxid zinečnatý), méně pak oxid olovnatý nebo hořečnatý. Zinková běloba se nejčastěji aplikuje do směsí se sírným vulkanizačním činidlem. [8,9,10]

Retardéry (inhibitory) zpomalují vulkanizaci, umožňují zpracovatelnost směsi a zvyšují produktivitu. Retardéry jsou spíše kyselé povahy a tvoří je např. kyselina salicylová, benzoová a anhydrid kyseliny ftalové. [8,9,10]

Antidegradanty zabraňují předčasnému stárnutí pryže díky působením tepla, světla a dynamickým namáháním. Do směsí se přidávají v množství 1 – 2 DSK a jsou to fenylendiaminy, dihydrochinoliny, difenylaminy, bezimidazoly, bisfenoly a monofenoly. [8,9,10]

Plniva zvětšují objem směsi, zlepšují zpracovatelské vlastnosti a upravují fyzikální vlastnosti vulkanizátu jako jsou např. tvrdost, tažnost, pevnost, oděr, tlumení vibrací, elektrický odpor, odolnost proti stárnutí a propustnost pro plyny a páry. Výrobek se tímto přídavkem zlevňuje, neboť přísady jsou dostupnou a levnou surovinou. Mezi nejpoužívanější řadíme saze, srážený oxid křemičitý (silika), minerální plniva, kaolin, uhličitán vápenatý a mastek. [8,9,10]

Změkčovadla usnadňují zpracovatelnost směsi snížením mezimolekulárních sil mezi řetězci, změkčují tuhost směsi a zmenšují námahu strojního zařízení při míchání. Jsou to tuhé nebo tekuté přísady jako např. oleje, parafín, stearín, kalafuna nebo asfalt. [8,9,10]

Plastikační činidla zkracují dobu plastikace přírodního a syntetického kaučuku při homogenizaci na zařízení zvaném dvouválec, což má pozitivní vliv na úsporu energie a strojního opotřebení. Zvláštní přísady jako např. pigmenty a barviva se používají víceméně pro lepší povrchový vzhled po vulkanizaci. [8,9,10]

3.3 Proces výroby kaučukových směsí

Kaučukové směsi se vyrábějí mícháním, což je základní a nejdůležitější proces v gumárenské technologii. Při míchání se řetězce kaučuku nabourávají a mísí se s přísadami, které jsou postupně do směsí přidávány. Účelem míchání je zajistit co nejrovnoměrnější rozptýlení jednotlivých složek v kaučukové směsi.

Dříve se míchání kaučukových směsí provádělo výhradně na dvouválcích, což je již poměrně zastaralý způsob. Dnes se kaučukové směsi míchají v hnětacích strojích zvaných také hnětiče, což celý proces značně urychluje. Výhodou hnětičů je, že umožňují poměrně snadno částečně nebo úplně automatizovat celý výrobní cyklus míchání směsí.

3.4 Proces přípravy polotovarů

Z připravených kaučukových směsí se vyrábějí polotovary, které dále putují gumárenskou výrobou až na konfekci. Jedná se především o pogumované nosné kordy, vnitřní pryž (gumu), bočnice, lana, patní výplně, nárazníky a běhoun. Mezi technologické procesy patří stříhání, vytlačování, válcování, kosení a jiné. [17]

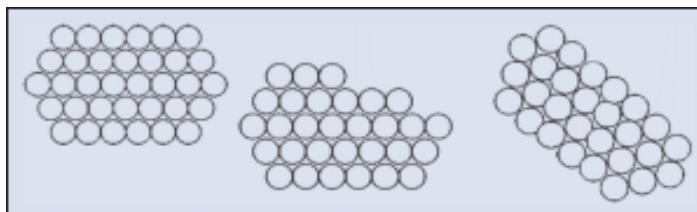
Jednou z nejpoužívanějších metod v gumárenském průmyslu, která má své neodmyslitelné postavení ve výrobě pláštěů, je vytlačování. V tomto procesu se z předem připravených směsí vytlačují přes šablony vytlačovacích strojů běhouny, bočnice, klínky, výplně a jiné pomocné polotovary. Vytlačovací stroj se skládá z elektrické části (elektromotoru), chladičského okruhu, šneku a hlavy. Šnek tvoří základní část vytlačovacího stroje, musí být temperován demineralizovanou vodou a je nejvíce namáhanou částí stroje. Vyrábí se z oceli, povrch šneku je lesklý a pro lepší odolnost se povrchy nitridují nebo pancéřují. Šnek vytlačovacího stroje se dále dělí na vstupní pásmo s násypkou, přechodové pásmo a pásmo výstupní. Pro efektivnější výrobu jsou vytlačovací stroje opatřeny hned několika šneky, pak se jedná o tzv. linky duplexové nebo triplexové. [1,2,17]



Obrázek č. 6: vytlačovací stroj

Dalším krokem procesu přípravy polotovarů je výroba nosného kordu z polyamidu a oceli. Tyto materiály se pogumovávají na víceválcovém stroji. Při pogumování textilního nebo ocelového kordu je velice důležitá frikce válců, což znamená, že každý z válců má odlišnou obvodovou rychlost a tím se dostává (vtírá) kaučuková směs mezi kordy.

Dalším krokem je výroba lana. Lana jsou velmi důležitou částí pláště a zajišťují pevnost celé patky a usazení na ráfek. Rozlišují se dva typy lan, které se používají k výrobě pláštěů, vinuté a hexa- nebo penta- lana.



Obrázek č. 7: ukázka hexa- a penta- lana

3.5 Proces radiální konfekce

Všechny připravené polotovary se soustředí na konfekci, kde se z těchto materiálů ve dvou stupních zhotovuje surový plášť.

Na prvním stupni konfekce se zhotovuje kostra pláště, kterou tvoří vnitřní guma, pogumované kordové vložky, lana a bočnice. Před položením kordových vložek se nejprve pokládá vnitřní guma, která zajišťuje nepropustnost pro plyny. Poté se pokládají kordové vložky – nárazníky, které zajišťují pevnost kostry a ochranu proti průrazu a proto se musí vždy navzájem křížit. Bočnice musí snášet velké mechanické namáhání, protože při styku s vozovkou se plášť ve spodní části deformuje a bočnice je dynamicky namáhána. Pro bočnice je nutno volit vhodné směsi, které budou tyto požadavky splňovat.



Obrázek č. 8: konfekční stroj prvního stupně

Na druhém stupni se dodá nárazníková vrstva a běhoun. Běhounová vrstva se pokládá z vytlačených polotovarů nebo je nanášena speciálním pokládacím strojem. Běhoun je jedinou částí pláště, který přichází do styku s vozovkou a jeho funkce je velmi důležitá

pro splnění jízdních podmínek. Běhounové směsi volíme podle toho, v jakém terénu bude plášť jezdit nebo v jakém ročním období bude používán. Z tohoto důvodu rozlišujeme pláště na zimní a letní.



Obrázek č. 9: konfekční stroj druhého stupně

Pro ještě lepší zdokonalení některých vlastností se do surových plášťů přidávají ještě různé výplně a jiné pomocné materiály, které zajišťují lepší jízdní vlastnosti.

3.6 Proces vulkanizace a dokončování

Vyrobené surové pláště putují na lisovnu, kde pláště dostávají svůj finální tvar a výrazně se mění jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti. Podstatu všech změn způsobuje vulkanizace. Je to fyzikálně-chemický děj, kde za působením tepla a tlaku dochází k zesíťování (vytvoření sírných můstků) a pryž se mění ze stavu plastického do stavu elastického. Mění tím zásadně své vlastnosti jako pružnost, tažnost, odolnost proti oděru, odolnost proti olejům, povětrnostním vlivům a jiné.



Obrázek č. 10 : vulkanizační lisy pro vulkanizaci zemědělských plášťů

Po vulkanizaci se provádí na vylisovaných pláštích ořezávací a dokončovací práce. U této operace se ořezávají přetoky a opravují drobné i větší vady. Na vylisovaných výrobcích se mohou vyskytovat vady jako např. nedolisky, prolisované kordy, separace (kostry, běhounu, nárazníkové vrstvy ...), praskliny a jiné vady, které mohou vznikat během výroby. Kontrola kvality a měření radiální házivosti se provádí na tzv. testorech uniformity. Po této poslední operaci se pláště odvádějí na sklad k paletizaci a exportu k zákazníkovi.

4 Vnitřní guma – Charakteristika, vlastnosti a vývoj

Výroba pláště pneumatik je dnes velmi složitý proces, který zahrnuje mnoho operací. Jednou z nejdůležitějších součástí je příprava kaučukové směsi, jelikož pneumatika se skládá z mnoha vrstev a každá vrstva má většinou jiné složení.

Jak je všeobecně známo, směs obsahuje mnoho přísad jako jsou vulkanizační činidla, urychlovače, aktivátory, retardéry (inhibitory), antidegradanty, plniva, změkčovadla a plastikační činidla. Vytvořit směs s požadovanými vlastnostmi je úkolem celé skupiny technologů a na vývoji nového typu směsi se podílí další skupina vývojových pracovníků.

Velmi důležitým procesem při výrobě pneumatik je důkladné promíchání jednotlivých složek. Účelem míchání je zajistit co nejrovnoměrnější rozptýlení jednotlivých složek v kaučukové směsi. Nerovnoměrné rozptýlení některých přísad (zvláště sazí) může způsobit, že mechanické vlastnosti výsledné pryže budou až o třicet procent horší.

V praxi se používá několik postupů míchání. Zastaralým způsobem, ale přesto v některých typech výroby stále používaným, je míchání na dvouválcích. Dnes se však kaučukové směsi míchají převážně v hnětičích, což celý proces značně urychluje.

Další technologií zpracování kaučukové směsi je válcování. Při průchodu směsi mezi dvěma válci se vytváří pás o tloušťce, která je dána mezerou mezi těmito válci. V současnosti je tato technologie pro výrobu vnitřní pryže (gumy) kombinována s vytlačováním, což je úspornější a rychlejší metoda než pouhé válcování.

4.1 Dvoustupňové míchání v hnětičích

Hnětič je nejčastěji užívaným strojním zařízením a má tyto hlavní části:

- hnětací komoru se zařízením pro dávkování tekutých změkčovadel,
- hnětadla (rotory) uložená v komoře,
- hnací motor s převodovou skříní,
- násypku (do níž ústí přívody z automatického navažování sazí a chemikálií),
- násypný otvor (jímž se plní kusovým kaučukem a dalšími složkami),
- horní přítlačný klín,
- spodní uzávěr,

- řídicí a ovládací zařízení. [2]

Při dvoustupňovém míchání směsí se nejprve zamíchá první stupeň směsi - tzv. základová směs. Na pásovou váhu se naskládá přesné množství kaučuku a předem nachystané navažky chemikálií, které se ještě jednou pro kontrolu převažují. Tyto komponenty vstupují na dopravník a odsud se automaticky dávkuje do hnětiče. Zároveň se přidávají další přísady z automatického navažování (především oleje, saze nebo silika). V hnětiči se dávka míchá podle předem nastavené receptury pro danou směs. Tento proces míchání řídí počítač a jakmile je dávka zamíchána, otevře se spodní uzávěr hnětiče a směs padá do extruderu, kde se homogenizuje. Z vytlačovacího stroje směs putuje dále na dvouválec, odkud odchází ve formě plástu, který se chladí, impregnuje separačním prostředkem proti sopleň, suší a poté ukládá na paletu. [17]

Ve druhém stupni se do základové směsi přidávají domícháním urychlovače a vulkanizační činidlo. Takto připravená finální směs je schopna vulkanizace a dalšího zpracování ve výrobě. Strojní zařízení druhého stupně je jednodušší, protože odpadá navažování. Urychlovače se v tomto případě přidávají automaticky, pouze vulkanizační činidlo se z bezpečnostních důvodů přidává ručně v sáčcích přímo na dopravník.

Pokud se mezi prvním a druhým stupněm provádí ještě další míchací kroky, je to z důvodu lepší homogenizace směsí a potřeby postupného přimíchávání přísad. V tomto případě mluvíme o vícestupňovém míchání. [17]

4.2 Výroba vnitřní pryže (gumy)

Dříve se vyráběly pláště s duší a na ráfek se tak musela mimo plášť nasazovat ještě duše, která zajišťovala správné huštění celé pneumatiky. Dnes se v drtivé většině používá vrstva vnitřní gumy, což je tenká fólie, která nahrazuje duši a zjednodušuje tak složení a manipulaci s celou pneumatikou. Vnitřní guma je tedy důležitá součást pneumatiky, jelikož musí co nejvíce zabránit průchodu plynu z pneumatiky do okolí.

Vnitřní guma se v současné době vyrábí na lince, která kombinuje dvě technologie a to technologii vytlačování a válcování. Dříve se na homogenizaci směsí většinou používal dvouválec, který zajišťoval požadovanou teplotu a rozmíchání směsí před vstupem na válcovací stroj (zpravidla tří- nebo čtyřválec). Dnešní moderní linky používají na homogenizaci vytlačovací stroj, který rychle a kvalitně zvládá požadavky na zpracování směsí před vstupem na válcovací stroj (zpravidla dvouválec).

4.2.1 Vytlačování vnitřní pryže (gumy)

Do vytlačovacího stroje vstupuje směs, která je kontrolována detektorem kovu, aby nedošlo k poškození šneku vytlačovacího stroje nebo se zamezilo možnosti zalísovat tuto nečistotu do polotovaru a vyrobit tak vadný výrobek.



Obrázek č. 11: před zaváděním směsi prochází materiál přes detektor kovu

Důležitým parametrem vytlačovacího stroje je nastavení a očištění vytlačovací hlavy, aby se směsi nemíchaly navzájem a aby zbytky směsi nezůstávaly mezi částmi stroje, zejména v dělicí rovině vytlačovací hlavy. Neprovedení těchto úprav by mělo negativní vliv na parametry a kvalitu dalšího polotovaru.



Obrázek č. 12: otevřená hlava vytlačovacího stroje

Hlava vytlačovacího stroje má úzkou výstupní štěrbinu, která dává materiálu už částečný tvar fólie.



Obrázek č. 13: hlava vytlačovacího stroje s úzkou štěrbinou

Tato vytlačovaná fólie vstupuje do válcovacího stroje, který vytváří konečný tvar fólie.

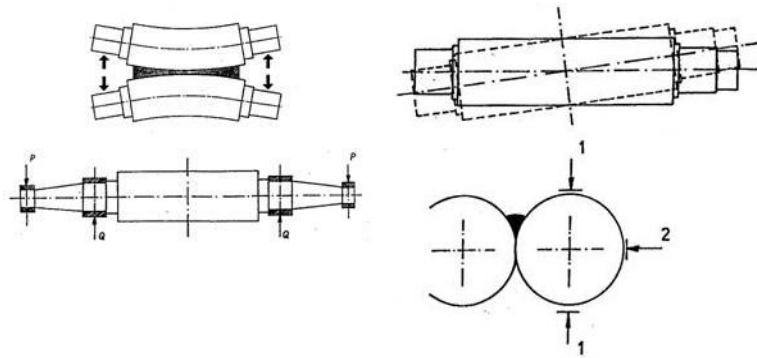
4.2.2 Válcování vnitřní pryže (gumy)

Válcování vnitřní pryže (gumy) probíhá na dvouválci. Intenzitu válcování ovlivňuje meze-
ra mezi válci a rozdíl v obvodových rychlostech válců tzv. skluz. Každým dalším průcho-
dem materiálu mezi dvojicí válců se zlepšuje kvalita prohnětení a kvalita povrchu. Před-
epsané tloušťky se docílí nastavením velikosti štěrbinu mezi válci.



Obrázek č. 14: válcování vnitřní pryže (gumy)

Válce jsou navzájem napínány nebo kříženy z důvodu zamezení prohnutí válce ve středové části, což by vedlo k nežádoucímu zesílení válcované fólie.



Obrázek č. 15: kompenzace prohnutí válců protiprohnutím (vlevo) a křížením (vpravo)
 Správnou šířku válcované fólie zajišťují ořezávací nože, které jsou nastaveny s minimální vůlí cca 5 mm na každé straně proti protažení.



Obrázek č. 16: ořezávání válcované fólie na požadovanou šířku
 Chlazení fólie zajišťují chladicí válce, jež jsou převážně plněny vodou.



Obrázek č. 17: chlazení válcované fólie na chladících válcích.
 Ochlazená fólie putuje přes značící zařízení do navíjecí stanice, kde se navíjí do cívek.



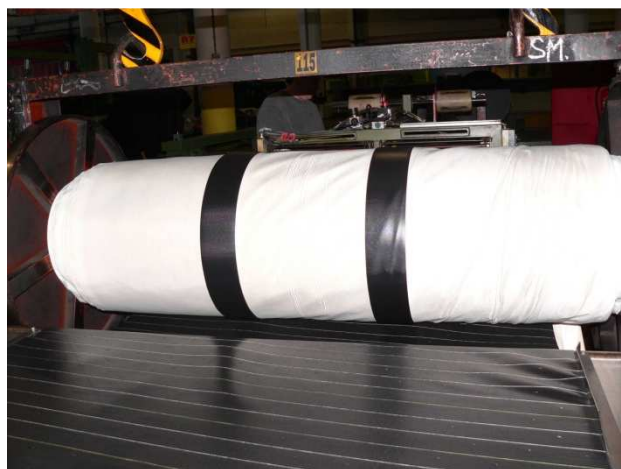
Obrázek č. 18: navíjení materiálu do zábalových vložek.

Takto připravený materiál se dále sdružuje s kordovou vložkou a ochranným páskem nebo se již přímo zpracovává na konfekci.

4.2.3 Sdružování vnitřní pryže (gumy), kordové vložky a ochranného pásku

Dříve se jednotlivé polotovary skládaly na konfekčním stroji zvlášť, což mohlo vést ke vzniku chyb a následné možnosti vyrobit zmetky. Proto se některé polotovary začaly sdružovat nebo-li slepovat k sobě již v procesu přípravy polotovarů. Tato možnost výrazně zlepšila kvalitu a zrychlila výrobu na konfekci. Jednou s takových možností je spojení textilní kordové vložky, ochranného pásku a vnitřní pryže (gumy).

Nejprve se již při spojování a namotávání dílců do cívky spojuje kordová vložka s ochranným páskem.



Obrázek č. 19: spojování textilní kordové vložky s ochranným páskem

Další krok probíhá přímo na konci linky na výrobu vnitřní pryže (gumy). Cívka, v níž je sdružený polotovar, se zasune do převíjecí stanice a vymotává se na dopravník, kde se dále spojuje s vnitřní pryží (gumou).



Obrázek č. 20: spojování sdruženého polotovaru s vnitřní pryží (gumou)

Po spojení se výsledný sdružený materiál namotává do další cívky připravené ve druhé navíjecí stanici.

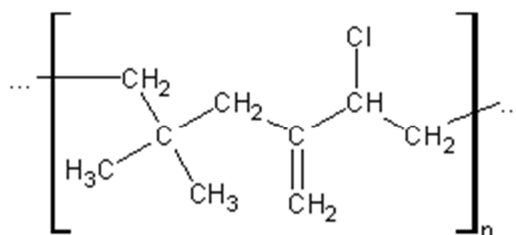
4.3 Efekty ovlivňující plynopropustnost kaučukových směsí

Vrstva, která zabraňuje propustnosti plynů, by měla být připravována z kaučuku a přísad vhodných pro tuto část pláště pneumatiky. Dříve se pro výrobu vnitřní gumy (pryže) používal přírodní kaučuk, méně ztužující saze N660, kterých se přidává v množství kolem 50 DSK. Pro zlepšení propustnosti plynů se přidává množství 50-100 DSK vápence. Vápenec je nejvhodnější přísadou, jelikož jeho destičková struktura zajišťuje ve směsi nejmenší propustnost pro plyny. Tato receptura se používala ve výrobním závodě MITAS a.s. do roku 1980. [24,25]

Dnes se již používá nová směs, která obsahuje množství až 100 DSK halobutylového kaučuku, nejlépe chlorbutylový (CIIR) nebo brombutylový kaučuk (BIIR), nebo jde o kombinaci 50 DSK přírodního kaučuku (NR), 30 DSK halobutylového kaučuku a 20 DSK butylového regenerátu NBR70. Plniva, které se dnes přidávají do směsí standardně vyráběných v závodě Mitas jsou saze a silika. Jako první patentovali úpravu s malým množstvím halogenu Craford a Morrissey. Později bylo chlorování butylu studováno pány Baldwinem a Thomasem z Exxon Chemical.[24,25]

4.3.1 Základní charakteristika halobutylových kaučuků

Halobutylová vnitřní guma dodává plášti velmi dobrou odolnost proti propustnosti plynů a vlhku, která zajišťuje tlakovou stálost v nahuštěné pneumatice. Nejvhodnějším a zároveň nejpoužívanějším kaučukem je chlorbutylový kaučuk (CIIR), který jako jeden z mála kaučuků splňuje požadované vlastnosti.[24,25]

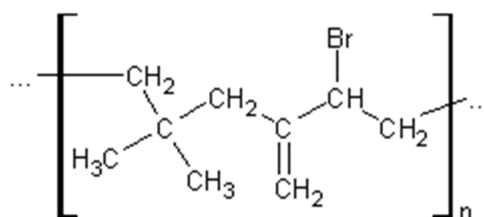


Obrázek č. 21: chlorbutylový kaučuk

CIIR se používá pro různé aplikace, kromě použití pro vnitřní pryž (gumu) bezdušových plášťů také pro výrobu bočnic radiálních plášťů (bílá a černá), duší, membrán, komponentů odolných vůči oleji (zejména v automobilovém průmyslu), tepelně a mechanicky odolných materiálů, farmaceutických uzávěrů, dopravních pásů, směsí pro parní hadice, obyčejných těsnění nebo těsnění skel automobilů. Směsi z tohoto kaučuku jsou využívány právě pro dobrou přilnavost k jiným materiálům, velmi nízkou propustnost pro plyny, dynamické namáhání, odolnost proti povětrnostním vlivům (ozon, UV), chemikáliím, odrazovou pružnost, trvalou stálost materiálu a odolnost proti mikroorganismům.[24,25]

CIIR je často míchán i s jinými kaučuky jako jsou například přírodní kaučuk (NR), butadien styrenový kaučuk (SBR), etylen-propylen-dien terpolymer (EPDM) a butylový kaučuk (IIR). Důvodem je hlavně podobná struktura řetězce, která vykazuje podobnou vulkanizační stabilitu v různých vulkanizačních systémech.[24,25]

V chemické reaktivitě dvou halogenů se nacházejí rozdíly dané hodnotou vazebné energie, která pro vazbu mezi uhlíkem a chlorem (C-Cl) činí 79 kcal/mola pro vazbu mezi uhlíkem a bromem (C-Br) činí 66 kcal/mol. Lze tedy říci, že BIIR je reaktivnější nežli CIIR, který má naopak lepší tepelnou odolnost.[24,25]



Obrázek č. 22: brombutylový kaučuk

4.3.2 Základní viskoelastické vlastnosti halobutylových kaučuků

Směs určená pro výrobu vnitřní gumy by měla splňovat stejné základní fyzikálně mechanické vlastnosti, jako platí pro všechny komponenty určené pro výrobu pláštíků pneumatik. Permeační koeficient dříve používané směsi s přírodním kaučukem pro výrobu vnitřní gumy (pryže) se při 50°C pohyboval okolo $5 \cdot 10^{-15}$, u standardní nyní používané směsi (kombinace přírodního kaučuku s halobutylovým kaučukem a butylovým regenerátem) se při 50°C pohybuje kolem $1,08 \cdot 10^{-15}$. Tvrdost směsí určených pro tuto komponentu se pohybuje kolem 50 shore A.

Tabulka 1 viskoelastické vlastnosti chlorbutylového kaučuku[26]

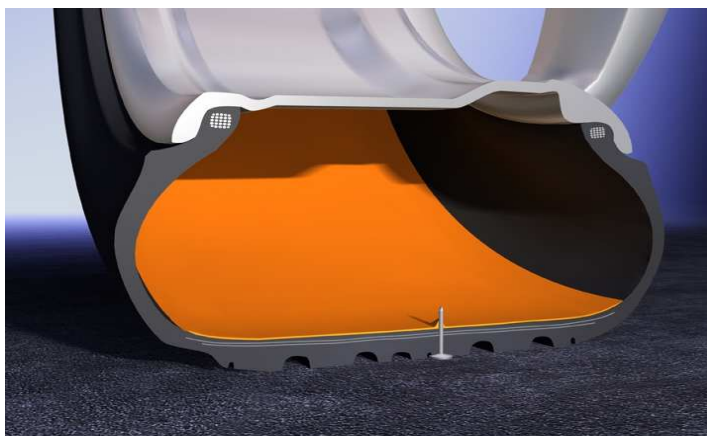
Materiál	Viskozita Money ML 1+8 (125°C)	Obsah chlo- ru (%)	Hustota
Exxon Chlorobutyl 1066	38	1,25	0,92
Exxon Chlorobutyl 1068	50	1,25	0,92
Polysar Chlorobutyl 1240	38	1,25	0,92
Polysar Chlorobutyl 1255	50	1,25	0,92
Polysar Chlorobutyl 1240-Pharma	36	1,25	0,92

Tabulka 2 viskoelastické vlastnosti brombutylového kaučuku

Materiál	Viskozita Money ML 1+8 (125°C)	Obsah bro- mu (%)	Hustota
Exxon Bromobutyl 2211	32	2,1	0,93
Exxon Bromobutyl 2222	32	2,1	0,93
Exxon Bromobutyl 2233	37	2,0	0,93
Exxon Bromobutyl 2244	46	2,0	0,93
Exxon Bromobutyl 2255	46	2,0	0,93
Polysar Bromobutyl X 2	46	2,0	0,93
Polysar Bromobutyl 2030	32	2,0	0,93
Polysar Bromobutyl 2040	39	2,0	0,93

4.4 Další ochranná vrstva proti propustnosti plynů a defektu

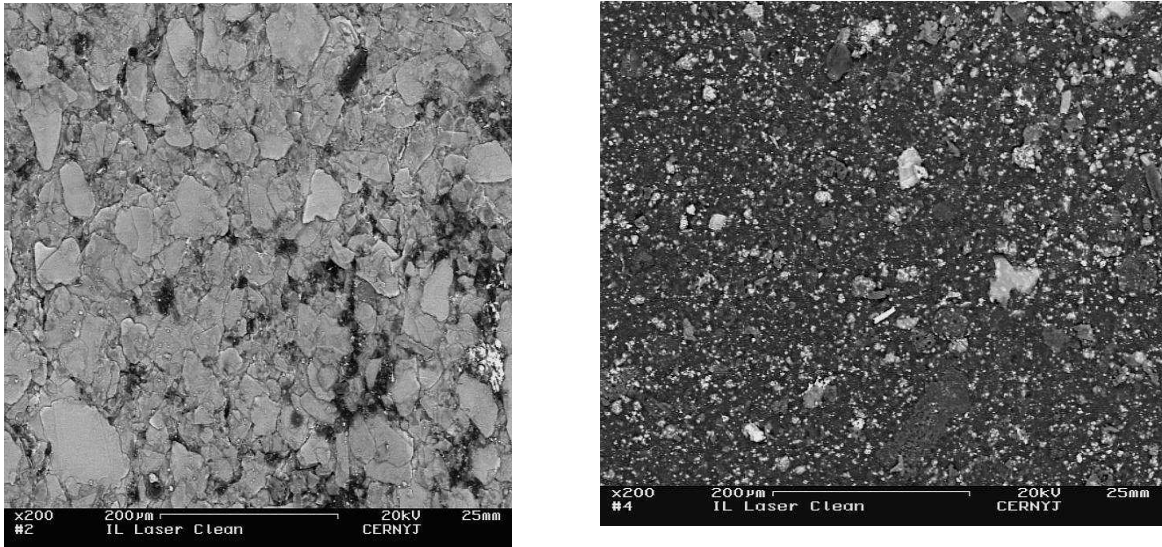
Již dnes na našich silnicích jezdí automobily na pneumatikách, které mají další vrstvu proti propustnosti a navíc jsou odolné proti defektu. Pneumatiky ContiSeal od společnosti Continental mají v oblasti mezi jednotlivými rameny běhounu navíc přidanou lepidlovou viskózní vrstvu, která okamžitě zacelí otvory způsobené hřebíky nebo dalšími předměty až do průměru 5 milimetrů.



Obrázek č. 23: simulace defektu pneumatiky ContiSeal

Materiál v těsnící vrstvě zabraňuje úniku vzduchu i v případě, že se předmět, který pronikl skrz běhoun, uvolní a vypadne. Díky tomu není v případě defektu zapotřebí okamžitě zastavit nebo měnit pneumatiku. Přesto je vhodné co nejdříve s pneumatikou zamířit k odborníkovi, který ji prohlédne a určí, zda je nutná trvalá oprava. Pneumatiky ContiSeal rozpoznáte na první pohled, neboť jsou na bočnici jsou opatřeny symbolem hřebíku. [16]

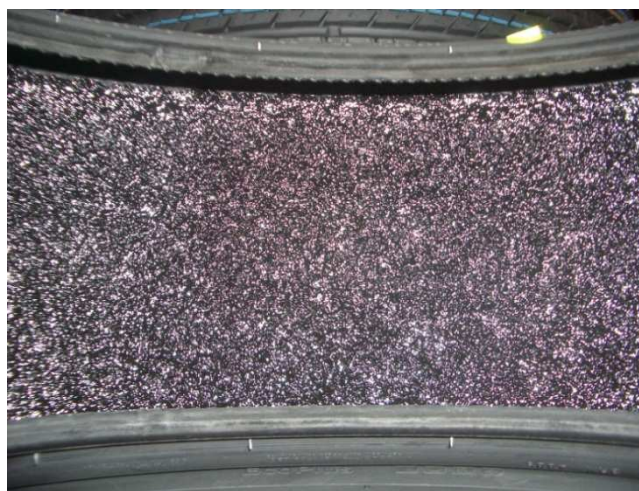
Pneumatika se vyrábí obvyklým postupem na konfekčním stroji a následně se z vulkanizuje. Poté se musí očistit od separačního postřiku, který se při vulkanizaci používá. Tento postřik se odstraňuje ocelovým kartáčem v automatizované komoře za použití čisté sody a horké vody. [16]



Obrázky č. 24 a 25: vrstva postřiku na plášti vlevo a očištěný plášť vpravo

Bohužel jediný vhodný separační postřik, který lze v současné době bez problémů odstranit, je výrobek Lyndcoat od firmy Rhodia. Z tohoto důvodu má v budoucnu novou možnost přinést tzv. suché laserové čištění, kde se tenká vrstva jakéhokoliv postřiku i směsi odstraní za pomoci laseru. Očištěné pláště se dále suší v sušárně a putují do vyhřívací komory, kde se zahřívají při teplotě cca 80°C. [16]

Zahřáté pláště putují po dopravníkovém pásu k nanášení speciální vrstvy, kterou tvoří dvě složky, složka A a B. Složka A je kaučuková směs z butylkaučuku, tekutého kaučuku a oleje. Směs B tvoří dva druhy peroxidu smíchané s tekutým kaučukem. Po spojení těchto dvou složek se vytváří pastovitá hmota, která pomocí membránových dávkovačů putuje do nanášecího stroje. Po nanesení pasty dochází ke stabilizaci otáčením pláště po dobu 20 minut, při níž se zajišťuje rovnoměrné rozvrstvení nanesené ochranné vrstvy. [16]



Obrázek č. 26: nanesená ochranná vrstva

Dalším krokem po stabilizaci je digitální vážení pláštěů a vzhledová kontrola. Pláště vybavené touto speciální vrstvou jsou určeny zejména pro první výbavu tj. pro obutí nových automobilů některých značek. [16]

4.5 Jak může vypadat budoucnost

Jedním z možných způsobů může být jízda s tzv. Free Air Tire pneumatikou, kterou lze v současné době zahlédnout pouze v zahraničí na autosalonech.

Jedná se o spolupráci dvou materiálů, které zajišťují nosnost a stabilitu na vozovce. V tomto případě se jedná o pryžovou běhounovou část, která se stará o styk mezi vozovkou a pláštěm, a výztužnou část z polyuretanových segmentů nesoucí celkovou zátěž vozidla. Tuhost a pevnost pneumatiky závisí na sestavení segmentů např. v podobě včelích pláštěů uvnitř pláště, kde se zároveň nachází i uchycení kola k ose automobilu.



Obrázek č. 27: nové konvenční pneumatiky s vnitřní výztuhou v podobě včelího pláště
Při jízdě s touto pneumatikou se při deformaci pláště, na nerovném terénu nebo v zatáčkách tyto segmenty vracejí automaticky do původní polohy a chovají se jako standardní pneumatika.



Obrázek č. 28: ukázka konvenční pneumatiky při deformaci

Nevýhodou těchto plášťů je větší valivý odpor a s tím spojená větší spotřeba pohonných hmot. Obrovskou výhodou těchto plášťů však je, že odpadá huštění, kontrola tlaku v plášti a také starosti s výměnou pneumatiky v případě defektu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 Cíle diplomové práce

Cílem této diplomové práce je:

1. Vypracování literární studie na popis přípravy gumárenských směsí s využitím ve výrobě zemědělských pláštů. Popsat, které efekty nejvíce ovlivňují plynopropustnost kaučukových směsí.
2. Příprava kaučukové směsi s ohledem na teoretické znalosti pro využití jako plynu nepropustná vrstva.
3. Vyhodnocení vlastností připravených směsí a porovnání se standardně používanou směsí používanou ve výrobě jako vnitřní pryž (guma).
4. Zpracování výsledků a diskuze na dané téma.

6 Příprava směsí

Cílem této diplomové práce bylo připravit zkušební vzorky gumárenských směsí, provést měření vlastností těchto směsí, zejména propustnosti vůči plynům, a porovnat je s běžně používanou směsí. Pro tuto práci bylo připraveno celkem osm zkušebních vzorků, tři vzorky směsí s přírodním kaučukem (NR) značeny písmenem A (A1 až A3), dále čtyři typy směsí B s různým poměrem přírodního a chlorbutylového kaučuku (B1 až B4) a jeden vzorek směsí s označením 175, která se používá standardně při výrobě vnitřní gumy (pryže) ve společnosti MITAS a.s.

Množství namíchané směsí bylo vždy přepočítáno na kapacitu laboratorního hnětiče, což činilo množství 2 250 gramů. Množství všech vstupních surovin je uváděno ve standardně používaných jednotkách DSK, což znamená počet dílů jednotlivých složek na sto dílů kaučuku. Veškeré vstupní chemikálie byly navažovány s přesností na 0,1 gramu.

U namíchaných zkušebních gumárenských směsí se nejprve prověřovalo, jakým způsobem budou tyto směsí vulkanizovat a jestli je možno je dále použít k testování. Toto bylo jasné z výsledků vulkanizační křivky. Po splnění tohoto kritéria byly vyrobeny testovací vzorky, na kterých dále probíhaly viskoelastické a fyzikálně-mechanické vlastnosti. Veškeré testování probíhalo v laboratorním prostředí a za podmínek vycházejících z platných norem.

6.1 Receptury gumárenských směsí pro zkušební vzorky

Gumárenské směsí pro zkušební vzorky se připravovaly ve třech skupinách. Pro skupinu A byly použity různé typy plniv, jednalo se o Filemon (vzorek A1) nebo Kaolin (vzorek A2) nebo Werbalink BC (vzorek A3). Ve druhé skupině B se ve čtyřech variantách měnil poměr přírodního a chlorbutylového kaučuku od 100 : 0 (vzorek B1), přes poměr 65 : 35 (vzorek B2), poměr 30 : 70 (vzorek B3) až po 0 : 100 (vzorek B4).

Posledním vzorkem byla standardně používaná směs s označením 175, jejíž receptura je duševním vlastnictvím společnosti MITAS a.s. a je ve společnosti běžně používána pro výrobu vnitřní gumy (pryže).

Tabulka 3 přísady do receptury směsí A

Receptura směsi A		
Složka směsi – přísada	Obsah složky [DSK]	Obsah složky [g]
První stupeň - základ		
NR	100,00	1200,00
Oxid zinečnatý (ZnO)	6,00	72,00
Stearin	0,50	6,00
Saze N660	60,00	720,00
Plaxolene 50	7,00	84,00
Bílé plnivo(A1 Filemon, A2 Kaolin, A3 Werbalink BC)	15,00	180,00
Celkem	188,50	2262,00
Druhý stupeň – finál		
Základ	188,50	2 262,00
Síra mletá	3,50	41,00
UrychlovačCBS	1,00	12,00
Celkem	193,00	2 315,00

Tabulka 4 přísady do receptury směsi B

Receptura směsi B+ přídavek CIIR		
Složka směsi – přísada	Obsah složky [DSK]	Obsah složky [g]
První stupeň - základ		
Varianta B1: NR : CIIR	100 : 0	1300: 0
Varianta B2: NR : CIIR	65 : 35	845 : 455
Varianta B3: NR : CIIR	30 : 70	390 : 910
Varianta B4: NR : CIIR	0 : 100	0:1300
Oxid zinečnatý (ZnO)	6,00	78,00
Stearin	0,50	6,50
Olej RAE (TDAE)	7,00	91,00
Saze N660	60,00	780,00
Celkem	173,50	2255,50
Druhý stupeň – finál		
Základ	173,50	1735,00
Síra mletá	3,50	35,00
UrychlovačCBS /MBTS/TMTD	1,00;1,50;1,30	6,00;9,00;7,80
Celkem	178,00	1 780,00

6.2 Obecná charakteristika jednotlivých přísad

Základním materiálem byl přírodní kaučuk (NR) čistý nebo v určitém poměru s chlorbutylovým kaučukem (CIIR).

Oxid zinečnatý (ZnO) je pevná bílá látka a jedná se o nejpoužívanější aktivátor, který zvyšuje účinek vulkanizačních činidel.

Saze N660 jsou pevné černé olejované granule a slouží jako nejpoužívanější ztužovadlo, které zlepšuje fyzikálně mechanické vlastnosti směsi (zejména odolnost proti oděru).

Jako změkčovadla, které usnadňují zpracovatelnost směsi, byly použity stearin, olej Plaxolene 50 a olej RAE (TDAE)

Stearin – z chemického hlediska jde o směs vyšších mastných kyselin s převahou kyseliny stearové a palmitové.

Plaxolene 50 – jedná se o změkčovadlo (olej) typu RAE, z chemického hlediska se jedná o extrakty z ropy, rezidua vakuově zbavená asfaltu extrahovaná rozpouštědlem. Je to složitá směs uhlovodíků získaná extrakcí rozpouštědlem, která je složena z aromatických uhlovodíků s počtem uhlíkových atomů převážně přes C30. Plaxolene je hnědá kapalina.

Olej RAE (TDAE) je minerální olej, případně o aromatický extrakt destilátu (dorafinovaný), jedná se o viskózní hnědočernou kapalinu.

Plniva zvětšují objem směsi, zlepšují zpracovatelské vlastnosti a upravují fyzikální vlastnosti. Jako plnivo byl použit Filemont, Kaolin a Werbalink BC. Jedná se o upravené kaoliny.

Síra mletá je nejpoužívanější vulkanizační činidlo, které slouží jako přísada schopná vytvářet chemickou reakci za vzniku příčných vazeb mezi řetězci kaučuku. Z chemického hlediska jde o směs mleté síry (95%) a základového oleje (5%), jedná se o žlutou pevnou látku.

Jako urychlovače, díky kterým se doba vulkanizace výrazně urychluje, byly použity urychlovač CBS, MBTS a TMTD.

Urychlovač CBS (n-cyklohexyl-2-benzothiazolsulfenamid) s příměsí nečistot do 2%, jedná se o tuhý světlý prášek.

Urychlovač MBTS (Dibenzothiazyl-disulfid) s příměsí nečistot do 2%, jedná se o šedé peletky.

Urychlovač TMTD je z chemického hlediska Tetrametylthiuramdisulfid s příměsí nečistot do 2%, jedná se o šedé peletky.

6.3 Postup míchání gumárenských směsí pro zkušební vzorky

Podle takto nastavených receptur byly jednotlivé složky naváženy a poté zamíchány v laboratorním hnětiči a dvouválci. Směsi byly míchány v laboratoři firmy MITAS a.s. ve výrobním závodě Zlín.



Obrázek č. 29: navažování a vychystávání kaučuku a chemikálií

Míchání kaučukových směsí probíhalo dvoustupňově. V prvním stupni se v laboratorním hnětiči zamíchal tzv. základ, který pro směs A obsahoval přírodní kaučuk, ZnO, stearin, olej, saze a plnivo (Filemon, kaolin, Werbalink BC). Pro směs B byla připravena receptura bez plniv a docházelo k postupnému nahrazení přírodního kaučuku NAT 10 za kaučuk CIIR (varianty B1 až B4).



Obrázek č. 30: laboratorní hnětič

Druhý stupeň míchání probíhal na laboratorním dvouválci 50 x 20 cm, kde směs nejprve byla plastikována a poté se přidala síra a urychlovače.

Tyto přísady se na dvouválci postupně vmíchaly do směsi za jejího současného několikanásobného prožívání. Z takto zamíchaných směsí byly připraveny testovací vzorky.



Obrázek č. 31: laboratorní dvouválec 50x20 cm

6.4 Výroba testovacích vzorků

Pro provedení zvolených testů se nejprve musí zhotovit testovací vzorky, které mají přesně předepsané rozměry nebo hmotnost. Byly vyhotoveny tyto typy vzorků:

- Pro měření vulkanizační křivky, viskozity a bezpečnosti byla použita kolečka nezvulkanizované směsi o průměru 37 mm a tloušťce 1 cm, jejichž hmotnost se pohybovala kolem 25 gramů, aby došlo k dobrému vyplnění komory přístroje.
- Ze zvulkanizovaných plotniček tloušťky 2 mm byly vysekány zkušební tělíska pro tahové zkoušky, tvrdost a stárnutí.
- Pro měření tvrdosti byly připraveny vzorky ve tvaru koleček, vyseknuté z vulkanizovaných plotniček o průměru 45 mm a tloušťky 4 mm
- Pro měření odolnosti propouštět plyny byla použita kolečka zvulkanizované směsi o průměru 10 cm a tloušťce 2 mm.
- Další testovací vzorek zvulkanizované směsi, který se používá ke zkoušce dynamického namáhání DPGi a hřejivosti, měl tvar válečku o průměru 2 cm a délce 10 cm.
- Pro měření hustoty se použily vzorky stejných parametrů jako pro měření tvrdosti.

- Pro strukturní pevnost se používaly vzorky ve tvaru vlašťovky, které jsou vidět na obrázku č. 34.

-

aplikované metody testování

Pro srovnávání jednotlivých výsledků testů směsi, která slouží jako vrstva zabraňující propustnosti plynů, byly zvoleny standardní zkoušky používané pro ověřování požadovaných vlastností směsi. Jedná se o tyto zkoušky:

- stanovení vulkanizační křivky (ČSN ISO 3417)
- viskozita (ČSN 62 1415)
- bezpečnost (ČSN 62 1415)
- tahová zkouška (ČSN ISO 37)
- tvrdost (ČSN ISO 48)
- stárnutí (ČSN 62 1522)
- strukturní pevnost (ČSN 621459)
- hustota (ČSN 62 1405)
- dynamické namáhání DPGi (pracovní postup PP 1202.0211)
- hřejivost (pracovní postup PP 1202.0211)
- propustnost pro plyny (ČSN 64 0115)

6.5 Stanovení vulkanizační křivky

Nejprve se provádělo stanovení vulkanizační křivky na přístroji zvaném vulkametr, konkrétně se jedná o typ Monsanto 100 S.

Průběh zkoušky:

Nevulkanizovaná směs se uzavře konstantním tlakem do bezrotorové komory s isothermním vyhříváním. Spodní část komory kmitá konstantní frekvencí (100 cyklů za min.) a amplitudě (oscilační úhel $\pm 0,5^\circ$). Požadovaný kroutící moment S^* je registrován senzorem kroutícího momentu ve vrchní polovině komory. Reálný kroutící moment S' a fázový posun $\tan(\delta)$ mezi silou a drahou jsou měřeny na oscilující polovině komory. Výsledkem zahřívání v komoře dochází k vulkanizaci směsi, čímž stoupá požadovaný kroutící mo-

ment. Hodnota S' je zaznamenávána v závislosti na čase dává modul amplitudy sin vlnění, které odráží stupeň vulkanizace.

Pro měření vulkanizační křivky byla použita kolečka nezvulkanizované směsi o průměru 50 mm a tloušťce 1 cm.

Tabulka 5 hodnoty vulkanizačních křivek s vyhovující směsí B1 až B4

Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
Min. moment [dNm]	6,20	6,80	6,90	6,70	7,30	6,00	8,30	8,10
Max. moment [dNm]	49,00	50,10	47,50	50,20	44,20	40,10	23,70	33,20
t_c (10) [min]	4,57	4,50	5,13	4,55	5,02	3,57	3,19	5,60
t_c (40) [min]	5,49	5,40	6,05	5,53	6,22	5,57	4,33	7,26
t_c (90) [min]	8,41	8,34	8,53	9,03	11,44	16,51	9,39	11,06

Rychlost vulkanizace u směsí na bázi NR a bílého plniva byla na stejné úrovni, u směsi s kombinací NR a CIIR postupně narůstalo optimum vulkanizace s obsahem CIIR, u směsi kde byl použit pouze CIIR už bylo nutno použít jiný urychlovač MBTS+TMTD, protože samotný CBS už byl příliš pomalý.

6.6 Stanovení viskozity Mooney

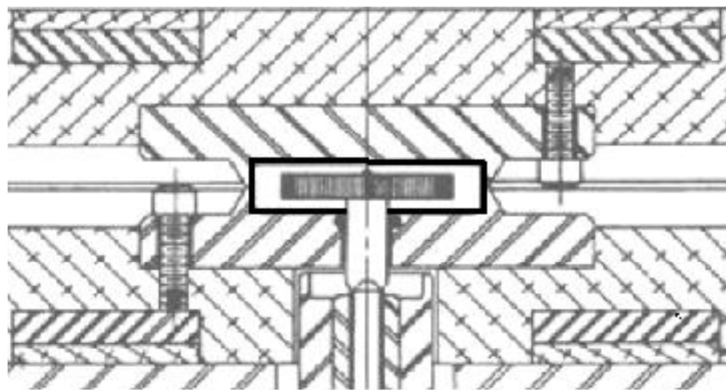
Dále se provádělo měření viskozity Mooney při 100°C, hodnoty byly stanoveny na rotačním diskovém viskozimetru, konkrétně šlo o typ VEB THURINGER. Pro měření viskozity byla použita kolečka nezvulkanizované směsi o průměru 50 mm a tloušťce 1 cm, jejichž hmotnost se pohybovala kolem 25 gramů, aby došlo k dobrému vyplnění komory přístroje. Zkouška je založena na měření odporu vůči krouťcímu momentu na ose smykového disku přístroje.

Postup zkoušky je následující: válcová dutina komory se vyplní zkušebním vzorkem kaučuku. Vzorek se uzavře a nechá vyhřívat na 100°C předem stanovanou dobu, v našem případě 1 minutu a poté se spustí otáčení rotoru.

Před samotným měřením se stanovuje požadovaná specifikace zkoušky: tloušťka zkušebního tělesa, teplota, čas, velikost rotoru, rychlost otáčení disku a síla uzavření komory. Obvykle se stanovuje viskozita Mooney ML (1 + 4) při 100°C, což znamená:

- 1 je čas předehřevu zkušební komory při vypnutém rotoru
- 4 znamená čtyři minuty při otáčení rotoru s materiálem rychlostí 2 otáčky / minutu
- ML je velký rotor

Viskozita Mooney (ML) je tedy hodnota odporu proti otáčení rotoru přístroje vtačeného do zkoušeného materiálu, změřená ve 4. minutě po začátku otáčení přístroje. [11,12,13]



Obrázek č. 32: schéma komory viskozimetru

Tato zkouška byla provedena na rotačním diskovém viskozimetru, jehož konstrukce dovo-luje otáčení disku nebo komory. Krouticí moment se měří na ose smykového disku a lze použít jak svislé, tak i vodorovné uspořádání zařízení. Oba typy vykazují navzájem téměř stejné výsledky. Měření se nejčastěji provádí s rotorem většího průměru, menší průměr rotoru se používá pro materiály s vysokou viskozitou.



Obrázek č. 33: měření viskozity na přístroji VEB THURINGER

Tabulka 6 hodnoty viskozity

Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
Money 1+4 [ML]	60	66	71	63	58	56	69	59

Z naměřených výsledků viskozity je patrné, že směsi z přírodního kaučuku (tedy vzorky A1, A2 a A3) jsou viskóznější než směsi, kde byl nahrazen kaučuk přírodním kaučukem syntetickým. Změny viskozity mají do značné míry vliv na zpracovatelské vlastnosti a tvrdost hotových výrobků.

U směsí s bílými plnivy došlo k nejvyššímu ztužení pomocí Werbalinku BC (A3), nejnižší hodnota byla u směsi s Filemonem (A1), který je nejjemněji mletý. Směsi kde byly použity pouze NR nebo CIIR vykazovaly podstatně vyšší viskozitu Mooney než jejich kombinace, čehož se využívá i v praxi.

6.7 Stanovení bezpečnosti směsi

Dále se provádělo měření bezpečnosti směsi, což je začátek navulkanizace, které se provádí při 120°C, kde se měří doba, za kterou se viskozita směsi změní o 5 Mooney (ML). Hodnoty byly opět stanoveny na rotačním diskovém viskozimetru VEB THURINGER a pro měření byla použita kolečka nezvulkanizované směsi o průměru 50 mm a tloušťce 1 cm, jejichž hmotnost se pohybovala kolem 25 gramů, aby došlo k dobrému vyplnění komory přístroje.

Tabulka 7 hodnoty bezpečnosti směsi

Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
Mooney 120°C[min/ML]	16/51	20,50/55	19/59	14/54	14/50	11/46	11,5/57	45/51

Bezpečnostměřená na vzorcích ukazuje, že zpracovatelnost takto upravených směsí je možná bez větších komplikací. Tato zkouška by měla sdělovat informace hlavně o tom, jak dlouho při určité teplotě ještě lze zpracovávat směs (vyrábět polotovary), aniž by došlo k navulkanizování směsi. Obecně laboratorně připravené směsi vykazovaly podstatně nižší bezpečnost než referenční provozní směs 175. Nejméně bezpečné byly směsi s vyšším obsahem CIIR (B3 a B4). Pro provozní použití by se musela tato doba prodloužit, např. použitím inhibitoru navulkanizace (CTP).

Visko-elastické vlastnosti všech měřených vzorků byly vhodné k dalšímu testování a nebylo nutno jakýmkoli způsobem zasahovat do receptury směsí.

Tahová zkouška

Tahová zkouška dává celkový hrubý obraz o vlastnostech pryžových materiálů. Pro každou pryž je závislost zatížení na prodloužení charakteristická. Z této zkoušky lze zjistit pevnost, tažnost a také potřebné zatížení k určitému prodloužení (modul), který velmi často slouží jakou měřítko při hodnocení pryže. [12,14]

Pevnost v tahu je síla potřebná k přetržení testovaného tělesa a stanovuje se ze zatížení při přetržení, vztaženého na původní průřez tělesa. Tažnost je prodloužení při přetržení a je dána rozdílem délky pracovní části tělesa při přetržení k původní délce pracovní části. Modul je poměrné napětí, při kterém se dosáhne určitého předem stanoveného prodloužení pracovní části testovaného tělesa. [12,14]

Zkušební tělíska pro tahovou zkoušku byly vysekány ze zvulkanizovaných plotniček tloušťky 2 mm na vysekávacím stroji Cutter 2000 pomocí speciálního nože a zkouška byla provedena na stroji HECKEART.



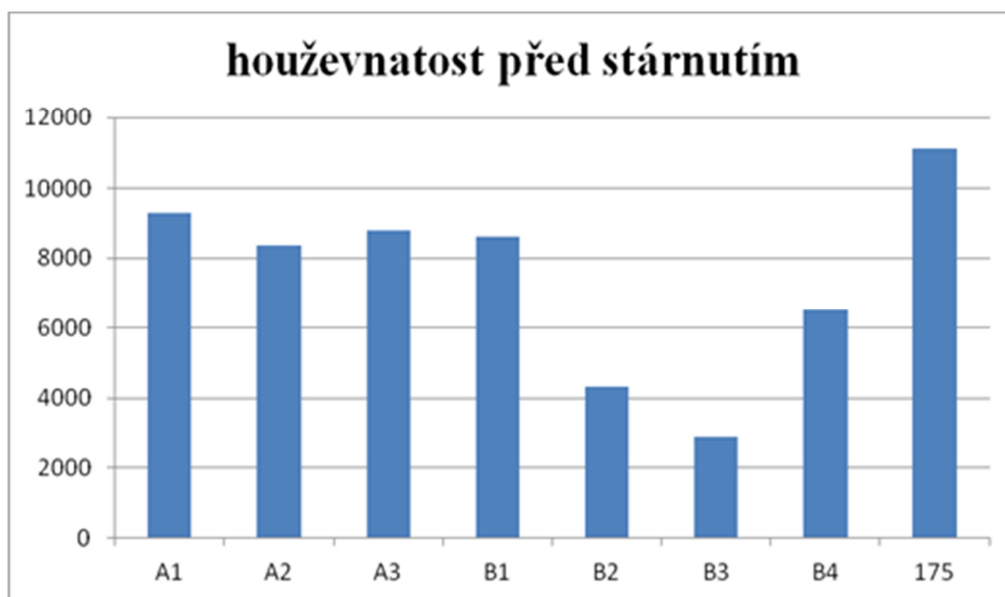
Obrázek č. 34: nůž na vysekávání vzorků pro tahovou zkoušku

Tabulka 8 výsledky tahových zkoušek a směrodatná odchylka

Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
Pevnost [MPa]	21,44	20,30	20,68	21,92	13,56	10,18	10,14	17,70
Sm. odchylka pevnosti	0,41	0,57	0,31	0,57	0,84	0,58	0,45	1,05
Tažnost [%]	432	412	424	392	318	284	644	628
Sm. odchylka tažnost	10,96	13,04	5,48	19,24	19,24	32,09	47,75	31,15
M 300	15,76	15,26	15,38	16,94	13,28	10,50	5,76	5,66
Sm. odchylka M300	0,22	0,22	0,31	0,23	0,42	0,10	0,34	0,48

Z dosažených výsledků tahových zkoušek v tabulce č. 8 je patrné, že skupina A, která obsahuje různé plniva, vykazuje tahové vlastnosti na velmi dobré úrovni, což je dáno použitím NR. Naproti tomu u skupiny B, kde se nahrazuje přírodní kaučuk chlorbutylem, byly hodnoty dosti rozdílné. Pevnost klesala s úbytkem NR ve směsi, nízké hodnoty pevnosti i tažnosti vykazoval vzorek B3. Vzorek B4, který obsahuje 100% CIIR a svou tažností je také nejbližší ke standardně používané směsí 175, ale pevnost je nižší, což je dáno typem kaučuku. Hodnoty M300 kopírují hodnoty pevnosti. Obecně lze říci, hodnoty vyhovují provozním nárokům na směsi pro vnitřní gumu. Součinem tažnosti a pevnosti (pevnost MPa x tažnost %) získáme tzv. houževnatost, kde je zřetelněji znázorněn rozdíl mezi danými vzorky skupiny A a B. Tyto rozdíly jsou znázorněny v grafu viz níže.

Graf č. 1 tahový součin - houževnatost



6.8 Tvrdość

Test tvrdosti byl proveden na zkušebních tělesech, které se použily na tahovou zkoušku. Zkušební tělíska pro tahovou zkoušku byla vysekána ze zvlukanizovaných plotniček tloušťky 2 mm na vysekávacím stroji Cutter 2000 pomocí speciálního nože, který je totožný s nožem pro stanovení tahové zkoušky. Tvrdoměrem naměřené hodnoty se uvádějí v jednotkách Shore A.

Tabulka 9 výsledky měření tvrdosti

Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
Tvrdość [ShA]	63	70	70	67	69	72	59	55

Po provedení měření tvrdosti lze konstatovat, že standardně používané směsi 175 se nejvíce přiblížil vzorek B4, který obsahuje množství 100 DSK chlorbutylového kaučuku. Tato skutečnost je dána zejména tím, že syntetické kaučuky jsou méně houževnaté a mají menší tvrdost než kaučuky přírodní. U skupiny směsi s Filemonem byla naměřena výrazně nižší hodnota než u ostatních směsí s bílými plnivými. Tyto hodnoty můžeme sledovat v tabulce č. 9.

6.9 Stárnutí

Zkušební tělíska pro tahovou zkoušku byla vysekána ze z vulkanizovaných plotniček tloušťky 2 mm na vysekávacím stroji Cutter 2000 pomocí speciálního nože, který je totožný s nožem pro stanovení tahové zkoušky.

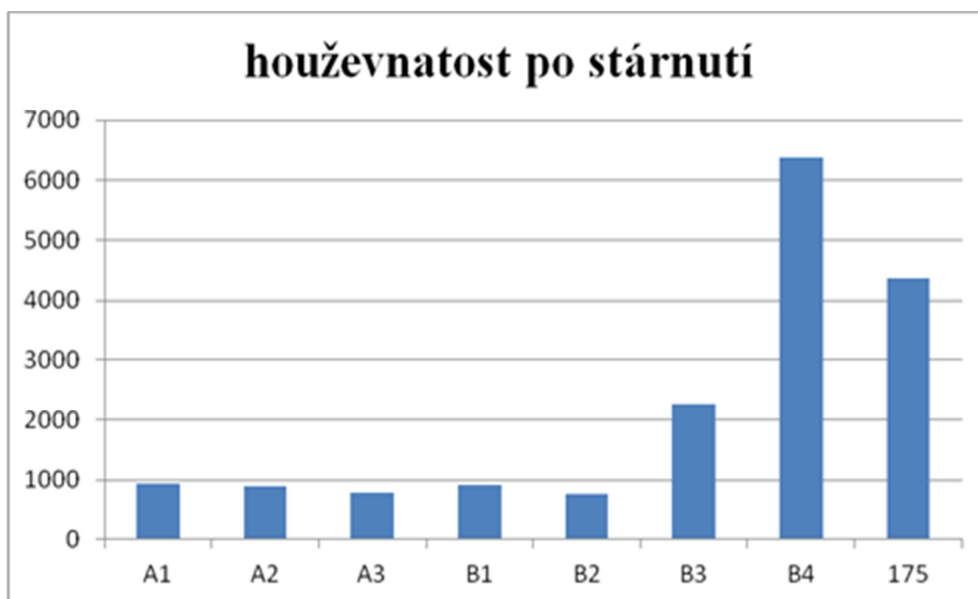
Stárnutí je zkouška, při které se vzorky nejprve zahřívají při teplotě 100 °C po dobu tří dnů v peci (sušárně). Tyto vzorky mají stejné parametry jako vzorky používané na tahovou zkoušku. Po uplynutí doby, která simuluje proces stárnutí, se vzorky ochladí na pokojovou teplotu a provede se tahová zkouška, pevnost (přístroj HECKERT) a zkouška tvrdosti.

Tabulka 10 výsledky měření stárnutí

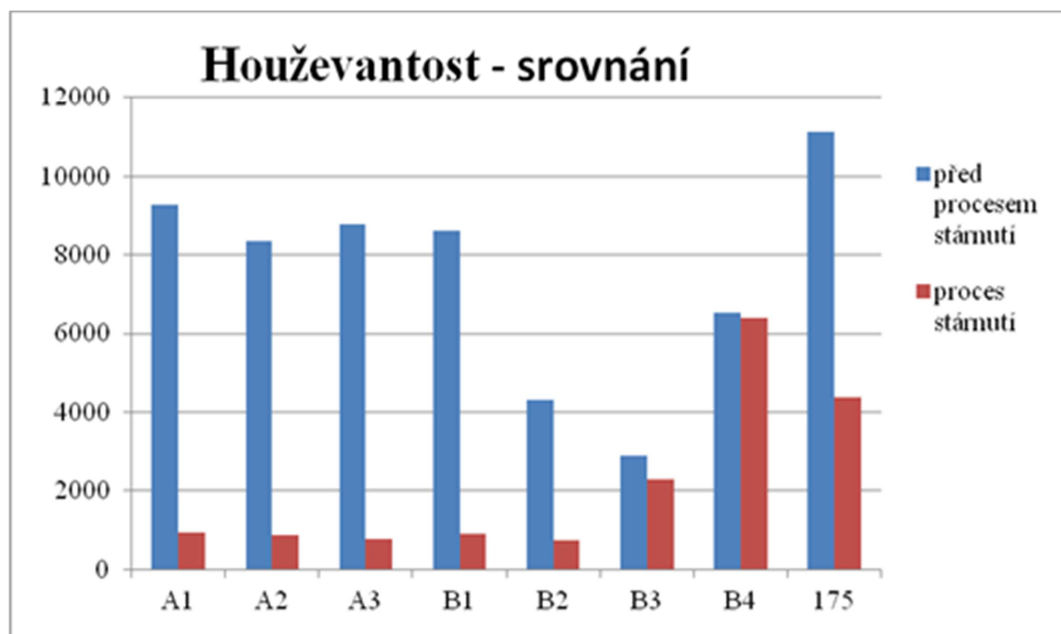
Stárnutí Geer 100°C 3 dny								
Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
Tvrdość [ShA]	63	64	64	62	66	75	60	60
Pevnosť [MPa]	6,94	6,58	6,24	6,84	6,5	10,14	11,28	12,62
Tažnosť [%]	136	136	126	134	118	224	566	346

V testu stárnutí (tabulka č. 10) se zajímavým výsledkem prezentoval vzorek A1, kde vůbec nedošlo k poklesu tvrdosti, ale tahové vlastnosti poklesly pod 50%. Protože v laboratorně míchaných směsích nebyl použit žádný antidegradant, směsi s vyšším obsahem NR vykazovaly největší pokles mechanických vlastností. Proti tomu u směsi ze 100%CIIR nedošlo ke změně.

Graf č. 2 tahový součin – houževnatost po procesu stárnutí



Proces stárnutí ukazuje velmi zřetelně na změny v houževnatosti a to především u vzorků přírodního kaučuku s bílými plnivými což můžeme sledovat v grafu č.2. Tyto výsledky vycházejí právě z již zmiňovaných poklesů mechanických vlastností, kde byl obsažen přírodní kaučuk. Tato změna může být dána degradací dvojných vazeb cis 1,4 izoprenu přírodního kaučuku (NR). Rozdíl mezi těmito vlastnostmi před a po procesu stárnutí je lépe znázorněn ve srovnávacím grafu viz níže.



Graf č. 3 houževnatost srovnání před a po stárnutí

6.10 Strukturní pevnost

Zkouška spočívá především v namáhání zkoušených těles upnutých v čelistech trhacího stroje tahem a v měření síly, která je potřebná k přetržení zkušebních těles. Tato zkouška byla provedena na trhacím stroji HECKERT.

Zkušební tělíska pro stanovení strukturní pevnosti byla vysekána ze zvlukanizovaných plotniček tloušťky 2 mm na vysekávacím stroji Cutter 2000 pomocí speciálního nože.



Obrázek č. 35: nůž na vysekávání vzorků pro strukturní pevnost

Tabulka 11 výsledky strukturní pevnosti

Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
Strukturní pevnost (kNm)	37,70	40,30	36,80	30,70	20,20	18,90	29,00	42,70

U tohoto testu mají vzorky skupiny A v tabulce č. 11, která se lišila použitým typem plni-va, větší strukturní pevnost než vzorky ze skupiny B. Jednotlivé hodnoty vzorků skupiny A se však od sebe příliš neliší na rozdíl od vzorků skupiny B. Nejnižších hodnot dosahovaly směsi s kombinací NR a CIIR (B2 a B3).

6.11 Hustota

Zkušební tělíska pro stanovení hustoty byla vysekána ze zvlukanizovaných plotniček tloušťky 2 mm na vysekávacím stroji Cutter 2000 pomocí speciálního nože, který je totožný, jako pro stanovení tažnosti.

Hustota byla změřena zvážením vzorku na suchu, poté se zkušební vzorek ponořil do lihu a zvážil v kapalině (vodě). Od hmotnosti vzorku zváženého za sucha se odečte hmotnost vzorku zváženého v kapalině.

Tabulka 12 výsledky hustoty

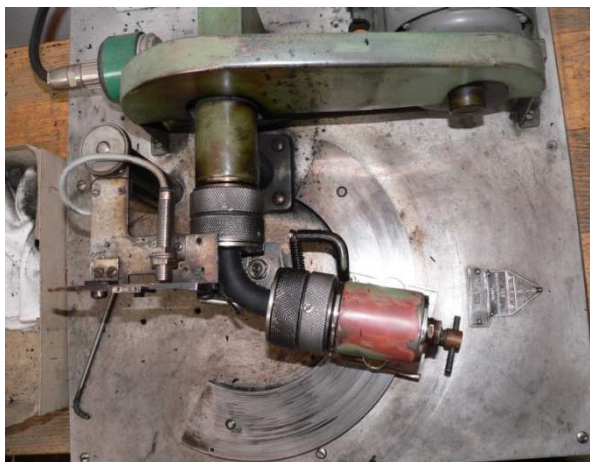
Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
Hustota (g/cm ³)	1,20	1,21	1,20	1,15	1,16	1,17	1,16	1,11

Při tomto měření lze z výsledků vypočítat v tabulce č. 12 vyšší hustotu ve vzorcích skupiny A, která se mezi sebou příliš neliší, oproti vzorkům ze skupiny B, která má hustotu vzorků mezi 1,15 a 1,17 g/cm³. Oproti tomu běžně používaná směs 175 vykazuje nejnižší hustotu, což je dáno malým obsahem ztužujících sazí ve směsi (14dsk).

6.12 DPGi

Dynamická zkouška DPGi se prováděla na zkušebních tělesech ve tvaru válce, který má délku 10 cm a průměr 2 cm. Tento vzorek se uchytil z obou stran do hlavy, která rotuje kolem své osy.

Podle počtu kilocyklů, které zkoušený vzorek zvládne, se zjišťují jeho dynamické vlastnosti. Hodnoty kolem 1 000 kilocyklů značí velmi dobré výsledky a při těchto hodnotách se většinou zkouška ukončuje s informací, že vzorek nebyl poškozen. Dojde-li k deformaci (prasknutí) zkušebního vzorku, zapisuje se hodnota, při kolika kilocyklech došlo k poškození vzorku.



Obrázek č. 36: přístroj WPM na měření dynamických zkoušek

Tabulka 13 výsledky dynamické zkoušky DPGi

Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
DPGi [kc]	1 002,54	482,34	1067,88	1008,32	229,37	20,24	+	+
							1252,91	1185,94

Ve vzorcích skupiny A, kde se měnily typy plniv, dopadly nejlépe vzorky A1 (plnivo Filemon) a A3 (plnivo Werbalink BC). Druhá skupina vykazuje dosti rozdílné výsledky. Co se týče počtu kilocyklů, byl vzorek B4 se 100 DSK CIIR srovnatelný s provozní směsí 175, kdy zkouška byla po více než 1000 kilocyklech zastavena bez poškození těles. Vzorek A2 (plnivo kaolín) a kombinace přírodního kaučuku se syntetickým ve vzorcích B2 (70/30, NR/SR) a B3 (30/70 NR/SR) je nejméně vhodné z hlediska dynamického namáhání. Tyto výsledky můžeme porovnat v tabulce č. 13.

6.13 Hřetí

Zkouška vývinu tepla se prováděla na zkušebních tělesech ve tvaru válce, který má délku 10 cm a průměr 2 cm. Tento vzorek se uchytil z obou stran do hlavy, která rotuje kolem své osy a podle počtu kilocyklů, které zkoušený vzorek zvládne, se zjišťují jeho dynamické vlastnosti. Měření hřejivosti se provádí na stejném principu jako dynamická zkouška DPGi s tím, že se po předem stanovených kilocyklech měří teplota vzorku pomocí vpichového teploměru. Teplota se měří dutinou uprostřed vzorku.

Tabulka 14 výsledky měření hřetí

Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
po 5 kc [°C]	57,10	52,10	50,70	47,40	69,60	98,80	91,80	68,20
po 10 kc [°C]	61,70	56,30	56,30	52,60	78,30	118,40	107,60	79,80
po 20 kc [°C]	64,20	57,40	59,70	55,80	83,50	117,00	112,80	85,30
po 30 kc [°C]	63,90	61,10	64,90	56,10	83,40	110,20	111,80	89,00

Hřejivost vzorků skupiny A byla u vzorku A1 mírně vyšší než u vzorků A2 a A3. Tento jev lze možná vysvětlit použitým plnivem Filemon, které svou destičkovou strukturou způsobila vyšší hřejivost. Vzorky skupiny B vykazovaly daleko vyšší vývin tepla než vzorky skupiny A, naopak srovnávací směs 175, která se běžně používá, se ocitla zhruba mezi těmito dvěma skupinami. V tomto případě se směsí 175 nejvíce přibližuje vzorek B2. Ze zkoušky je patrné, že vyšší vývin tepla nemusí ovlivnit praskání vzorku, protože směs B4 má sice nejvyšší hřetí, ale vzorek nepopraskal. Výsledky měření hřejivosti nalezneme v tabulce č. 14.

6.14 Propustnost pro plyny

Permeace je průnik permeantu (plyn, kapalina, pára) skrz testovaný materiál. Tento jev může významně ovlivnit použití daného výrobku v praxi, jeho životnost a další možné využití. S pojmem permeace souvisí také pojem bariérové vlastnosti., kdy výrobek, obal nebo část výrobku s nízkými bariérovými vlastnostmi způsobuje rychlý průnik plynu skrz výrobek nebo jeho část. Naopak výrobky s vysokými bariérovými vlastnostmi se mohou využívat například u potravin citlivých na kyslík a vlhkost nejenom v gumárenském průmyslu. [21, 22].

Měření prostupu plynů se měřilo na přístroji zkonstruovaném Doc. Maláčem a Ing. Konečným. Rychlost prostupu permeantu (R) určuje objem permeantu, který pronikl skrz plochu testovaného vzorku za jednotku času. Jednotka prostupové rychlosti je $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ [20]. Rychlost prostupu (R) se určí:

$$Pe = \frac{\Delta p}{\Delta t} \frac{V \cdot h}{R \cdot T \cdot A \cdot p}$$

Kde:

Pe je permeační koeficient ($\text{mol}/\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$)

$\Delta p/\Delta t$ je přírůstek tlaku v čase v nízkotlaké komoře

R je plynová konstanta

V je objem nízkotlaké komory (m^3)

T je teplota ($^{\circ}\text{C}$)

h je tloušťka vzorku (m)

A pracovní plocha vzorku (m^2)

P je tlakový gradient (Pa) [27].

Koncentrace permeantu spolu s tloušťkou materiálu výrazně ovlivňuje rychlost průniku. Permeační koeficient umožňuje porovnání různých materiálu mezi sebou a určit tak materiál s nejmenší rychlostí prostupu. [20].

Permeační koeficient (P) se určí:

Měření propustnosti plynů se provádělo na vzorku ze zvulkanizované směsi kruhového tvaru o tloušťce 2 mm a průměru 10 cm. Takto připravený vzorek se uchytl do přístroje a ze spodní strany vzorku se vytvoří vakuum. Z horní strany se na vzorek přivádí plyn (N_2 a

vzdušný kyslík) a měří se navýšení tlaku ve spodní části vzorku, který průnik plynu způsobuje, v závislosti na čase.

Dále se z naměřených hodnot sestaví graf a vypočítá se funkce přímky grafu. Z této hodnoty a dalších hodnot jako jsou tloušťka vzorku, rozdíl tlaku a teplota se vypočítává permeační koeficient. Permeační koeficient v níže uvedené tabulce je průměr ze dvou výsledků, vždy od jednoho testovaného vzorku.

Tabulka 15 vypočtené hodnoty permeačního koeficientu

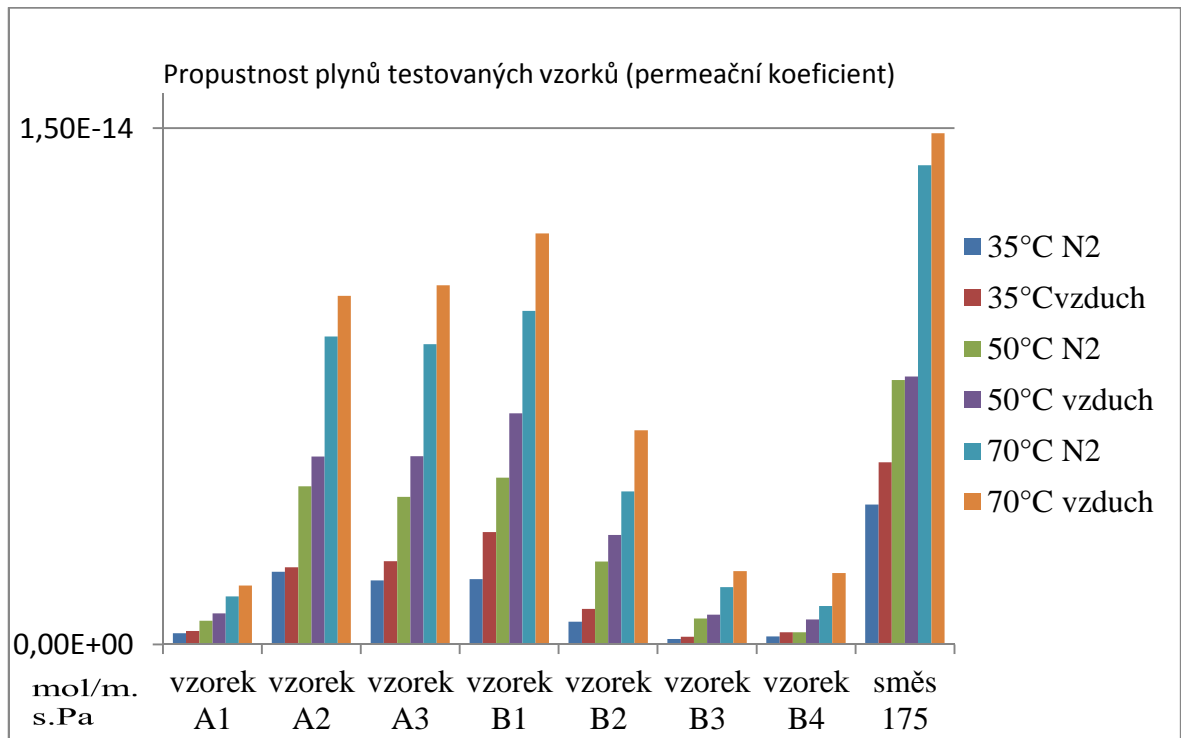
Číslo směsi	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	175
P při 35°C (dusík)	3,29E- 16	2,12E- 15	1,86E- 15	1,90E- 15	6,61E- 16	1,58E- 16	2,34E- 16	4,06E- 15
P při 35°C (vzduch)	3,98E- 16	2,25E- 15	2,43E- 15	3,27E- 15	1,03E- 15	2,24E- 16	3,61E- 16	5,29E- 15
P při 50°C (dusík)	6,92E- 16	4,59E- 15	4,29E- 15	4,85E- 15	2,41E- 15	7,55E- 16	3,55E- 16	7,69E- 15
P při 50°C (vzduch)	9,03E- 16	5,46E- 15	5,47E- 15	6,72E- 15	3,18E- 15	8,70E- 16	7,24E- 16	7,79E- 15
P při 70°C (dusík)	1,40E- 15	8,95E- 15	8,73E- 15	9,69E- 15	4,45E- 15	1,67E- 15	1,12E- 15	1,39E- 14
P při 70°C (vzduch)	1,71E- 15	1,01E- 14	1,04E- 14	1,19E- 14	6,22E- 15	2,13E- 15	2,08E- 15	1,49E- 14

Z naměřených výsledků v tabulce 15, je patrné, že ve skupině A vyšel jako nejlépe vzorek A1, tedy směs s plnivem Filemon. To lze vysvětlit právě strukturou tohoto plniva, které má destičkový charakter a nejvíce zabraňuje prostoupení plynů. Ve skupině B se nejlépe projevily vzorky B3 a B4, kde byl největší podíl chlorbutylového kaučuku (70 a 100 DSK). Standardně používaná směs 175 vyšla z hlediska propustnosti pro plyny nejhůře.

Nejblíže svými výsledky propustnosti pro plyny přiblížil vzorek B1, A3 a A2. Ve vzorku B1 bylo použito 100 DSK přírodního kaučuku a ve vzorku A2 a A3 byly použity plniva kaolín a werbalink BC. Jako nejvhodnější složení pro směs pro vnitřní pryž (gumu), jsou právě tyto tři varianty (A1, B3 a B4) z toho nejlépe vyhovující právě varianta A1.

Pro lepší znázornění je k dispozici také grafické zobrazení naměřených výsledků, které nalezneme v grafu č. 4.

Graf č. 4 měření propustnosti proti plynům



ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo prověřit vliv složení kaučukové směsi používané při výrobě pláštěů na její plynopropustnost. Tato práce nejprve popisuje historii a počátky gumárenské výroby ve světě i u nás, zejména jak se vyvíjely technologie sloužící ke zpracování pryžových výrobků a způsoby jejich aplikace při výrobě pláštěů pneumatik.

Dále je v práci podrobněji popsáno složení pláště a jeho nejdůležitější části a také používané materiály. V této části jsou také popsány základní typy pneumatik, jejich označení a použití a rozdělení pláštěů z hlediska konstrukce na diagonální a radiální..

V další části práce je popsána samotná gumárenská výroba a její nejdůležitější části. Vzhledem k tomu, že nejdůležitější částí je gumárenská směs, je zde v první řadě popsána charakteristika přírodního a syntetického kaučuku, jeho vývoj a některé základní typy. Dále pak je zde rozebráno složení kaučukových směsí a přísady, které se do těchto směsí přidávají pro zlepšení vlastností finálního výrobku. V kapitole věnované výrobě pláštěů jsou popsány jednotlivé procesy výroby polotovarů a posléze surových pláštěů, které procházejí procesem vulkanizace, kde se za pomoci tepla a tlaku mění v hotový výrobek.

Další kapitola hovoří zejména o přípravě gumárenských směsí a efektech, které ovlivňují plynopropustnost kaučukových směsí. Největší pozornost je zde věnována výrobě vnitřní pryže (gumy), která je také předmětem této diplomové práce. Zde je podrobně popsána výroba samotné vnitřní pryže (gumy), z jakých komponent se tato část pláště vyrábí, vliv složení směsi na výsledné fyzikální vlastnosti (teplota, tlak, čas...). Dále jsou zde vyjmenována rizika spojená s výrobou a vliv operátorů na kvalitu tohoto polotovaru.

Nejdůležitější kapitolou této diplomové práce je praktická část. Zde je nejprve popsána vlastní příprava kaučukových směsí, které byly použity pro výrobu vnitřní pryže (gumy) a dále testovány. Testovací vzorky byly rozděleny do tří skupin, kde v jedné skupině (skupina A) jsou použity různé typy plniva, v druhé skupině (skupina B) je postupně přírodní kaučuk nahrazován kaučukem syntetickým a třetí skupinou je standardně používaná směs 175.

V další části jsou popsány aplikované metody testování a výsledky testovaných vzorků kaučukových směsí. Nejprve byly stanoveny vulkanizační křivky, bezpečnost a viskozita testovaných směsí. Tyto testy potvrdily možnost vulkanizace a tedy i zpracování ve výrobě. Z výsledků vulkanizační křivky bylo jasné, že kromě vzorků z receptury B všechny

namíchané zkušební směsi splnily požadované vlastnosti a mohly být použity k dalšímu testování. U receptury B však vulkanizační křivka nevyšla a z tohoto důvodu musel být zaměněn urychlovač CBS za vhodnější TBBS ve stejném poměru. Po této výměně byla již křivka vulkanizace v požadovaných hodnotách a směsi receptury B mohly být použita k testování. Dále lze konstatovat, že směsi z přírodního kaučuku (tedy vzorky A1, A2 a A3) jsou viskóznější než směsi, kde byl nahrazen kaučuk přírodní kaučukem syntetickým.

Laboratorně míchané směsi byly připraveny bez použití inhibitoru navulkanizace, takže byla obecně nižší bezpečnost při 120°C.

Po provedení měření tvrdosti lze konstatovat, že standardně používané směsi 175 se nejvíce přiblížil vzorek B4, který obsahuje množství 100 DSK chlorbutylového kaučuku. Tato skutečnost je dána zejména tím, že syntetické kaučuky jsou méně houževnaté a mají menší tvrdost než kaučuky přírodní.

V testu stárnutí se zajímavým výsledkem prezentoval vzorek B3, kde se projevila největší tvrdost. Tento výsledek mohlo ovlivnit plnivo zinková běloba, která mohla při simulaci stárnutí ještě částečně z vulkanizovat a zvýšit tak tvrdost vzorku.

Z výsledků pevnosti je patrné, že vzorky skupiny A vykazují stejnou pevnost, jako vzorky skupiny B kde byl použit samostatně NR, který obecně vykazuje lepší hodnoty pevnosti a tažnosti než syntetický kaučuk. Nejvyšší tažnosti bylo dosaženo u směsi se 100% CIIR.

Z dalšího testu strukturní pevnosti bylo jasné, že vzorky skupiny A, která se lišila použitým typem plniva, mají větší strukturní pevnost než vzorky ze skupiny B. Jednotlivé hodnoty vzorků skupiny A se však od sebe příliš neliší na rozdíl od vzorků skupiny B.

Při měření hustoty lze z výsledků vyzorovat vyšší hustotu ve vzorcích skupiny A, která se mezi sebou příliš neliší, oproti vzorkům ze skupiny B, která má hustotu vzorků mezi 1,15 a 1,17 g/cm³. Oproti tomu běžně používaná směs 175 vykazuje nejnižší hustotu.

Dále byla prováděna dynamická zkouška DPGi, při které se podle počtu kilocyklů, které zkoušený vzorek zvládne, zjišťují jeho dynamické vlastnosti. Hodnoty kolem 1 000 kilocyklů značí velmi dobré výsledky. Ve vzorcích skupiny A, kde se měnily typy plniv, dopadly nejlépe vzorky A1 (plnivo Filemon) a A3 (plnivo Werbalink BC). Vzorek plněný kaolínem dopadl hůře, protože toto plnivo je nejméně aktivní. Nejúspěšnější byl vzorek B4 se 100 DSK syntetického kaučuku CIIR, který dopadl stejně jako provozní směs 175.

Vývin tepla u vzorků skupiny A byl srovnatelný. Vzorky skupiny B vykazovaly daleko vyšší hřetí než vzorky skupiny A, naopak srovnávací směs 175, která se běžně používá, se ocitla zhruba mezi těmito dvěma skupinami. V tomto případě se směsi 175 nejvíce přibližuje vzorek B1- na bázi přírodního kaučuku.

Z naměřených výsledků a výpočtu permeačního koeficientu lze říci, že ve skupině A vyšel jako nejlépe vzorek A1, tedy směs s plnivem Filemon. To lze vysvětlit strukturou tohoto plniva, které má destičkový charakter a nejvíce zabraňuje prostupu plynů. Ve skupině B se nejlépe projeví vzorky B3 a B4, kde byl největší podíl chlorbutylového kaučuku (70 a 100 DSK). Standardně používaná směs 175 vyšla z hlediska propustnosti pro plyny jako nejhůře vyhovující.

Pokud komplexně posoudíme všechny vlastnosti směsí, můžeme říci, že pro vyhovující směs na výrobu vnitřní gumy můžeme použít dva typy směsi, které budou mít dobrou odolnost proti prostupu plynům. Prvním typem bude směs na bázi přírodního kaučuku, plněná minerálním plnivem Filemon s dobrými mechanickými vlastnostmi a zpracovatelností, která bude ovšem méně odolná oxidačnímu stárnutí, ale bude mít dobrou odolnost vůči dynamickému namáhání.

Druhým typem směsi bude směs na bázi 100% CIIR, která sice bude vykazovat nižší pevnost, ale výbornou tažnost, dobrou odolnost stárnutí i dynamické námaze. Nevýhodou je horší zpracovatelnost a výrazně vyšší cena elastomeru. Pro další využití v praxi je nutno posoudit všechny tyto aspekty, což je obvykle dáno typem navrhovaného pláště.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] <http://www.tyma.cz/technicke-informace/materialy/historie-kaucuk-pryz/>
- [2] *Barum Continental, spol s.r.o.: učební texty pro zapracování pracovníků*
- [3] DUCHÁČEK, V.: *Přírodní a syntetické kaučuky termoplastické elastomery*, 2006, Zlín, ISBN 80-02-01784-6, 158 s.
- [4] I. FANTA a kol. *Gumárenské technologie I – Gumárenské suroviny*. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1979. 606 s.
- [5] Š. PREKOP a kol. *Gumárskatechnológia I*. Tilina: Tilinská universita, 1998. 282 s. ISBN. 80-7100-483-9.
- [6] V. DUCHÁČEK. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. 3. přepracované vydání. Praha: vydavatelství VŠCHT, 1999. 200 s. ISBN 80-7080-352-5.
- [7] K. STOKLASA. *Makromolekulární chemie II*. Skripta k přednáškám UTB, 2008, FT Zlín.
- [8] J. MALÁČ. *Gumárenská technologie*. Sripa k přednáškám, UTB 2008, FT Zlín.
- [9] F. ČERNÝ. *Materiály pro 1. A 2. ročník učebního oboru gumař-plastikář*. Praha: SNTL nakladatelství, 1984. 220 s.
- [10] Barum Continental s.r.o. *Gumárenská technologie*. Barum Continental s.r.o. 2004. 80 s.
- [11] W. HOFMANN. *Rubber Technology Handbook*. New York Ed. Hanser, 1989. 651 s. ISBN 0-19520-757-2.
- [12] S. J. DICK, R. A. ANNICELLI. *Rubber Technology, Compounding and Testing for Performens*. HanserGerdnerPublications, 2001. 567 s. ISBN 3-446-19186-0.
- [13] ČSN 621415. *Stanovení viskozity a navulkanizování na viskozimetru Mooney*
- [14] J. KUBÍK, A. ZYTKA. *Zkušební metody v gumárenství*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. 297 s.
- [15] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/10.htm
- [16] http://www.contionline.com/generator/www/cz/cz/continental/automobil/temata/rozsirena_mobilita/contiseal.html
- [17] M. MAŇAS. *Výrobní stroje a zařízení*. 1. vydání Zlín: VUT v Brně, 1990, 199 s.

[18] <http://www.mitas-tyres.com/>

[19] KACENÁK, I. *Obaly a obalová technika*. Bratislava : SVŠT, 1989. 179 s. ISBN 80-227-0301-X.

[20] COLES, R, MCDOWELL, D, KIRWAN, M. J. *Food Packaging Technology*. [s.l.] : Blackwell, 2003. 346 s. ISBN 084939788X

[21] HERNANDEZ, R. J., SELKE, S. E. M., CULTE, J. D. *Plastics Packaging: Properties, Processing, Applications, And Regulations*. [s.l.] : Hanser Gardner Publications, 2004. 448 s. ISBN 1569903727

[22] LEE, D.S., YAM, K.L., PIERGIOVANNI, L. *Food Packaging Science and Technology*. [s.l.] : CRC Press, 2008. 656 s. ISBN 0824727797

[23] CURDA, D. *Balení potravin*. Praha : SNTL, 1982. 432 s. ISBN 04-832-82

[24] SOMMER, JOHN G. KNOVEL, *Engineered Rubber Products - Introduction to Design, Manufacture and Testing*. Hanser Publishers Copyright 2009 193 s. ISBN 978-1-56990-433-6 ISBN 978-1-61344-301-9

[25] JOHN G. KNOVEL *Hazardous Materials Regulations*. J.J. Keller & Associates, Inc. Copyright 2011 1084 s ISBN: 978-1-60287-961-4 ISBN: 978-1-61583-519-5

[26] JOHN BERTIL HAGGSTROM *Manual for the Rubber Industry*. Bayer AG 1993 813 s

[27] PETR ZÁDRAPA. *Srovnání kompozitních a nanokompozitních materiálů na bázi surlin/jíl*. Zlín 2006 Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí diplomové práce Lucie Kovářová.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C – stupně Celsia

BIIR – brombutylový kaučuk

CIIR – chlorbutylový kaučuk

cm – centimetr

č. – číslo

DSK – hmotnostní díl na sto hmotnostních dílů kaučuku

EPDM – etylen-propylen-dien terpolymer

g - gram

IIR – butylový kaučuk

IS/STAG – informační systém STAG

min – minuta

ML – stupně Money

mm – milimetr

MPT (Multi-purpose Tires) – pláště pro víceúčelové použití

NR (natur rubber) – přírodní kaučuk

OTR (Off the Road) – pláště pro těžkou techniku jako jsou např. autojeřáby

popř. – popřípadě

SR (synthetic rubber) – syntetický kaučuk

SST (Super Silent Tires) – pláště s tichými jízdními vlastnostmi

str. – stránka

SVT (Super Volume Tires) – pláště s širším profilem běhounu

TP – traktorové pláště přední

TZ a TZR – traktorové pláštězadní

tzv. – takzvaně

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č.1: i na takových strojích se dříve jezdilo

Obrázek č.2: na takových strojích se jezdí dnes

Obrázek č. 3: řez diagonálního pláště

Obrázek č. 4: řez radiálního pláště

Obrázek č. 5: řez osobním radiálním pláštěm

Obrázek č. 6: vytlačovací stroj

Obrázek č. 7: ukázka hexa- a penta- lana

Obrázek č. 8: konfekční stroj prvního stupně

Obrázek č. 9: konfekční stroj druhého stupně

Obrázek č. 10 : vulkanizační lisy pro vulkanizaci zemědělských pláštů

Obrázek č. 11: před zaváděním směsi prochází materiál přes detektor kovu

Obrázek č. 12: otevřená hlava vytlačovacího stroje

Obrázek č. 13: hlava vytlačovacího stroje s úzkou šterbinou

Obrázek č. 14: válcování vnitřní pryže (gumy)

Obrázek č. 15: kompenzace prohnutí válců protiprohnutím (vlevo) a křížením (vpravo)

Obrázek č. 16: ořezávání válcované fólie na požadovanou šířku

Obrázek č. 17: chlazení válcované fólie na chladících válkách.

Obrázek č. 18: navíjení materiálu do zábalových vložek.

Obrázek č. 19: spojování textilní kordové vložky s ochranným páskem

Obrázek č. 20: spojování sdruženého polotovaru s vnitřní pryží (gumou)

Obrázek č. 21: chlorbutylový kaučuk

Obrázek č. 22: brombutylový kaučuk

Obrázek č. 23: simulace defektu pneumatiky ContiSeal

Obrázek č. 24: vrstva postříku na plášti (vlevo)

Obrázek č. 25: očištěný plášť (vpravo)

Obrázek č. 26: nanesená ochranná vrstva

Obrázek č. 27: nové konvenční pneumatiky s vnitřní výztuhou v podobě včelího plástu

Obrázek č. 28: ukázka konvenční pneumatiky při deformaci

Obrázek č. 29: navažování a vychystávání kaučuku a chemikálií

Obrázek č. 30: laboratorní hnětič

Obrázek č. 31: laboratorní dvouválec 50x20 cm

Obrázek č. 32: schéma komory viskozimetru

Obrázek č. 33: měření viskozity na přístroji VEB THURINGER

Obrázek č. 34: nůž na vysekávání vzorků pro tahovou zkoušku

Obrázek č. 35: nůž na vysekávání vzorků pro strukturní pevnost

Obrázek č. 36: přístroj WPM na měření dynamických zkoušek

SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka 1: viskoelastické vlastnosti chlorbutylového kaučuku

Tabulka 2: viskoelastické vlastnosti brombutylového kaučuku

Tabulka 3 přísady do receptury směsi A

Tabulka 4 přísady do receptury směsi B

Tabulka 5 hodnoty vulkanizačních křivek s vyhovující směsí B1 až B4

Tabulka 6 hodnoty viskozity

Tabulka 7 hodnoty bezpečnosti směsi

Tabulka 8 výsledky tahových zkoušek

Tabulka 9 výsledky měření tvrdosti

Tabulka 10 výsledky měření stárnutí

Tabulka 11 výsledky strukturní pevnosti

Tabulka 12 výsledky hustoty

Tabulka 13 výsledky dynamické zkoušky DPGi

Tabulka 14 výsledky měření hřetí

Tabulka 15 vypočtené hodnoty permeačního koeficientu

Graf č. 1 tahový součin – houževnatost

Graf č. 2 tahový součin – houževnatost po procesu stárnutí

Graf č. 3 houževnatost srovnání před a po stárnutí

Graf č. 4 měření propustnosti proti plynům

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Název přílohy