

Testování opotřebení vybraných běhounových směsí

Tomáš Hanák

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Hanák**
Osobní číslo: **T15779**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Testování opotřebení vybraných běhounových směsí**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma.
 2. Příprava zkušebních těles pro experimentální část.
 3. Provedení experimentu.
 4. Vyhodnocení naměřených výsledků.
-

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího BP.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. David Maňas, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 30. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: Hanačková Tomáš

Obor: PI

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 5.5.2017...


.....

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 nevdělečně 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, užíje-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

Bakalářská práce se zabývá opotřebením vybraných druhů běhounových směsí, které se používají při výrobě silně namáhaných pláštů pneumatik. U vybraných běhounových směsí byla realizována série testů zahrnující, jak statické, tak dynamické zkoušky. Výsledky zkoušek byly porovnány s výsledky rychlého testu opotřebení a byly graficky znázorněny a vyhodnoceny.

Klíčová slova: Běhoun, pneumatika, zkouška, guma

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the wear of selected types of tread compounds, which are used in the production of heavily loaded tires. A series of tests, including both static and dynamic tests, was carried out on selected tread compounds. The test results were compared with the results of the rapid wear test and were plotted and evaluated.

Keywords: Tread, tire, test, rubber

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Davidu Maňasovi, Ph.D. za jeho vstřícný postup, ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval. Dále děkuji Bc. Pavlíně Štěřbové a Marku Leopoldovi za poskytnuté informace a cenné konzultace.

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

Dále také prohlašuji, že na bakalářské práci (dále jen BP) jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval a zmínil na konci této BP.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VÝVOJ PNEUMATIKY	12
1.1 DEFINICE PNEUMATIKY	12
1.2 ROZDĚLENÍ PNEUMATIK	13
1.2.1 Dle druhu vozidel, pro které jsou určeny	13
1.2.2 Dle rozměru.....	14
1.2.3 Dle konstrukce kostry pláště	14
1.3 SLOŽENÍ PLÁŠTĚ PNEUMATIKY	17
1.4 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI	22
1.4.1 Tření	22
1.4.2 Adhezní kružnice	23
1.4.3 Valivý odpor.....	24
2 VÝROBA PLÁŠŤŮ PNEUMTIKY	25
2.1 KAUČUK.....	25
2.1.1 Přírodní kaučuk	25
2.1.2 Syntetický kaučuk	25
2.2 KORDY	26
2.2.1 Bavlněný kord	26
2.2.2 Viskózový kord	26
2.2.3 Polyamidový kord	26
2.2.4 Polyesterový kord.....	26
2.2.5 Vlákno B	27
2.2.6 Ocelový kord	27
2.3 PŘÍSADY DO KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ.....	27
2.3.1 Vulkanizační činidla.....	27
2.3.2 Urychlovače	27
2.3.3 Aktivátory	29
2.3.4 Plniva.....	29
2.3.5 Ztužovadla.....	30
2.3.6 Změkčovadla	30
2.3.7 Antioxidanty.....	30
2.4 VÝROBNÍ POSTUPY	31
2.4.1 Míchání směsí	31
2.4.2 Válcování	32
2.4.3 Vytlačování	33
2.4.4 Pogumování textilu	34
3 ZKOUŠENÍ PNEUMATIK	36
3.1 ZKOUŠKA ÚNAVY	37
3.2 ZKOUŠKA ZAHŘÍVÁNÍ PNEUMATIKY	37
3.3 MĚŘENÍ PEVNOSTI KOSTRY PLÁŠTĚ	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
4 ZKUŠEBNÍ METODY	42

4.1	ZKOUŠKA OPOTŘEBENÍ.....	42
4.2	TVRDOST SHORE A	44
4.3	TAHOVÁ ZKOUŠKA	45
4.3.1	Pevnost v tahu	45
4.3.2	Tažnost	47
4.3.3	Strukturní pevnost	48
4.3.4	Strukturní pevnost Trouser.....	49
4.3.5	Spotřebovaná energie	50
4.3.6	Modul pružnosti 50 %.....	51
4.3.7	Modul pružnosti 100%.....	52
4.3.8	Modul pružnosti 300%.....	53
4.3.9	Modul pružnosti 500%.....	54
5	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	55
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	67
	PŘÍLOHA PI: CD ROM.....	68

ÚVOD

Pneumatika jako celek, patří mezi nejvýznamnější prvek motorového vozidla a to z důvodu bezpečnosti posádky. V průběhu několika let se konstrukce a výroba pneumatiky posunula na vysokou úroveň, což nám umožňuje velmi pohodlnou a bezpečnou jízdu. Zároveň se také kladou čím dál větší požadavky na výrobu, z toho důvodu, že auta jsou větší a mnohem rychlejší než tomu bylo dříve. Z toho důvodu české i zahraniční firmy hodně investují do vývoje pneumatik, kde dochází k neustálému školení zaměstnanců v laboratořích, konstrukci a výrobních místech.

V teoretické části bakalářské práce se zabýváme rozdělením pneumatik pro motorová vozidla, popsáním jednotlivých částí pneumatiky a jejich funkčnosti a také suroviny, které se pro výrobu pneumatiky používají. Dále je zde také popsána výroba jednotlivých částí pneumatiky a zkoušky jednotlivých částí. Zkoušení jak surovin, tak samotných hotových výrobků je velmi důležité z to z důvodu zjištění vlastností a případných nedostatků pneumatiky. Je proto nutné dbát na to, aby zaměstnanci firem v laboratořích znali důkladně jednotlivé zkoušky a jejich následné vyhodnocení, které slouží dále jako podklad pro další výrobu či vývoj.

V praktické části, můžeme pozorovat jednotlivé vyhodnocení daných zkoušek, u 4 různých směsí, jejich průměry a chyby měření. Následně za každým grafem jsou výsledky popsány. Závěr praktické části slouží k porovnání, jednotlivých zkoušek mezi sebou, kde můžeme vidět, jak jednotlivé směsi reagují na námi provedené zkoušky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝVOJ PNEUMATIKY

Před více než 5000 lety bylo vynalezeno kolo, které však nebylo obohaceno o pneumatiku. Teprve v druhé polovině 19. století roku 1845 R. W. Thompson vynalezl pneumatiku, která se skládala pouze ze vzduchové hadice. [2] Ovšem tento patent se příliš neujal. Její instalace nebyla snadná a její uchycení za ráfek bylo nespolehlivé, zejména při vyšších rychlostech. [3]

Roku 1888 anglický zvěrolékař J. B. Dunlop se svým synem dostali patent na snímatelnou pneumatiku, která byla určena pro jízdní kola. Její podoba velmi rychle dospěla do podoby pneumatiky, jakou známe dnes. Obsahovala běhoun, kostru, lanka z ocelového drátu apod. [1]

Výroba pneumatik pro osobní automobily byla zahájena roku 1896 a v roce 1908 již pneumatika obsahovala desén. V leteckém průmyslu se pneumatiky začaly vyrábět roku 1910. V roce 1916 až 1919 se do pláštíků začaly používat kordové vložky. Na výrobu pláštíků se používal přírodní kaučuk. [5] Ten v letech 1493 až 1496 objevil K. Kolumbus v Jižní Americe, kde viděl, jak si domorodci vyrábí z vysušené šťávy stromů *Hevea Brasiliensis* pryžové míče. [4]

Obrovský rozmach výroby pneumatik jak automobilových tak leteckých, nastal v období první světové války. [1]

Dále se začaly vyrábět bezdušové pneumatiky. Výroba těchto pneumatik započala po 2. světové válce. Spolu s těmito pneumatiky se dále začaly vyrábět ocelové kordové vložky a pláště pneumatik s běhounem, který lze vyměnit. Pláště radiální se objevují až v posledních letech. [5]

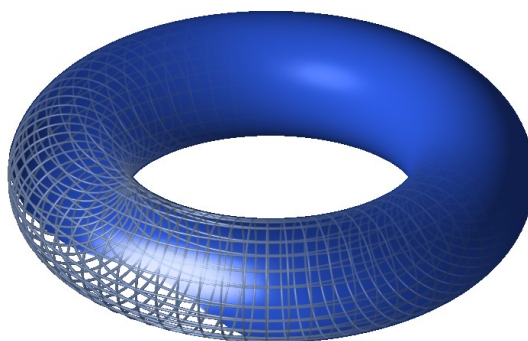
První firmy, které na našem území začaly vyrábět pneumatiky, byly Matador v Bratislavě a Kudrnáč v Náchodě. Následně poté Baťa v Gottwaldově a Michelin v Praze. [1]

1.1 Definice pneumatiky

Pneumatikou se rozumí celek skládající se z pláště, duše a ochranné vložky, namontovaný k ráfku kola. [5]

Po stránce geometrické lze pneumatiku charakterizovat jako uzavřený prstenec – toroid a po stránce mechanické jako tlakovou nádobu, kde její stěny tvoří pružná membrána.

Z hlediska chemického je pneumatika tvořena ze zesíťovaných i nezesíťovaných makromolekulárních látek a oceli. [2]



Obrázek 1. Toroid [19]

Pneumatika má nejenom funkci tlumící, ale také přenáší zatížení, má vliv na pérování vozidla a umožňuje vozidlu pohybovat se velkou rychlostí. Z hlediska ekonomického je její funkce odčerpávat co nejmenší výkon motoru, z tohoto důvodu musí mít co nejmenší valivý odpor. Pneumatika musí být výborně vyvážena, z důvodu ovlivnění namáhání součásti vozidla. Musí být také bezpečná, a to především při velkých rychlostech, proto materiál, ze kterého se pneumatiky vyrábí, musí být odolný vůči teplotě i opotřebení. [5]

1.2 Rozdělení pneumatik

1.2.1 Dle druhu vozidel, pro které jsou určeny

- a) Jízdní kola
- b) Skútry, motokola a vozíky
- c) Motocykly
- d) Osobní a dodávkové automobily
- e) Lehké nákladní automobily (řada extra Transport)
- f) Nákladní automobily, autobusy a přívěsy
- g) Zemědělská vozidla
- h) Traktory a stroje na zemní práce
- i) Letadla
- j) Závodní a soutěžní vozidla [1]

1.2.2 Dle rozměru

Tento způsob nás informuje o dvou základních rozměrech pneumatiky a to průměr ráfku a šířka pneumatiky.

V dnešní době se můžeme setkat se dvěma základními druhy značení rozměru pneumatik:

1) S-D₁

a) S je šířka pneumatiky v palcích, D_1 je průměr ráfku v palcích.

Příklad: 6,00-16; 5,90-15; 7,50-20; 8,25-20; 9,00-20; 11,00-20; 12,00-20 atd.

b) S je šířka pneumatiky v mm a D_1 průměr ráfku v palcích

Příklad: 155-14; 165-13 atd.

2) D x S

D je průměr pneumatiky v palcích a S je šířka pneumatiky v palcích

Příklad: 28 x 1 1/2; 16 x 4 atd.

S tímto značením se můžeme setkat u pneumatik pro ruční a přepravní vozíky. V tabulkách jsou také k hodnotám huštění připsána tolerance a to z toho důvodu, že ne vždy dokážeme pneumatiku nahustit přesně odpovídajícím hodnotám. Hodnoty nahuštění se měří při nezátíženém stavu pneumatiky. [4]

1.2.3 Dle konstrukce kostry pláště

Diagonální

Kordové nitě se vzájemně kříží v jednotlivých vložkách a s obvodovou kružnicí svírají úhel 32 až 40 °. Obvykle má sudý počet vložek, které jsou přehnuty kolem patního lana, čímž dojde k vytvoření pevné kostry pláště. Jednotlivé kordové vložky obsahují nános kaučukové směsi, která spojuje kordové vložky a tvoří pevný systém pryž – kord. Ten je stěžejní pro elastické vlastnosti pneumatiky.

Na kordovou přijdou nárazníky, ty tvoří přechod mezi kostrou a běhounem. U diagonálních pneumatik, jsou materiály nárazníkových kordů a kostry stejné.



Obrázek 2. Diagonální pneumatika [20]

U bezdušové pneumatiky je rozdíl ten, že plášť je zevnitř opatřen pryžovou vrstvou, ta utěšňuje patku pláště na ráfku, kde je ventil. Tato vrstva zabraňuje unikání stlačeného vzduchu přes kostru pláště. [4]

Radiální

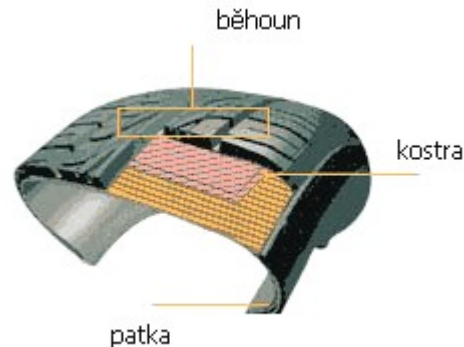
Tento typ pneumatik patří mezi nejkvalitnější. Rozeznáváme tři základní druhy:

- *Celotextilní*
- *Kombinované*
- *Celoocelové*

Radiální pneumatika má velmi dobrou adhezi (přilnavost k vozovce). Díky přizpůsobivosti kostry terénu, se lépe využívá běhounová plocha a tím pádem se účinek brzd zvýší natolik, že brzdná dráha se zkrátí až o 10%.

Z hlediska konstrukce nitě kostry a nitě s pásovým nárazníkem svírají úhel 90°. Nárazníky se především vyrábí z materiálů s větším modulem, zejména z oceli.

U osobních automobilů je nárazník z viskózních kordů, z důvodů stabilizování tvaru pneumatiky, tím se vymezí pohyb běhounu. Dojde k omezení nežádoucích sil, které zvyšují oděr,lepší se styk běhounu s vozovkou a sníží valivý odpor.



Obrázek 3. Radiální pneumatika [20]

Obrovskou výhodou je to, že se maximálně využívá pevnosti kordových nití, protože nedochází k střížným silám a kostra se méně zahřívá. Z tohoto důvodu může být na rozdíl od pneumatiky diagonální v pneumatice radiální, menší počet kordových vložek.

Nitě jednotlivých vrstev nárazníků se mírně kříží a to tak, že s obvodovou kružnicí svírají úhel 5 až 25°.

Mezi největší výhody radiálních pneumatik patří:

- Pomalejší opotřebení oproti diagonálním pneumatikách a dvakrát větší kilometrový výkon (z důvodu omezení pohybu desénu a menší pootočení kol do zatáček)
- Větší bezpečnost jízdy, díky stabilitě vozidla při zatáčkách a brždění
- Tažný výkon zvýšený o 10 až 20% (rovnoměrný kontakt běhounu s vozovkou, díky tuhého nárazníku)
- Díky malému valivému odporu zvýšení provozní rychlosti a snížení paliva o 5 až 10%

Nižší teplota pneumatiky a výdrž pneumatiky s tím spojená. [4]

1.3 Složení pláště pneumatiky

Plášť pneumatiky se skládá z jednotlivých částí, které jsou nezbytné pro správný chod pneumatiky. [4]

Běhoun

Tvoří vnější část obvodu pláště, která je opatřena vzorkem (desénem). Běhoun je ta část, která dochází ke styku s vozovkou. Přenáší sílu vozidla na silnici, zlepšuje záběr pneumatiky, adhezi a má významný vliv na účinnost brzd. [4]

Zahřívání běhounu úzce souvisí s jeho tloušťkou, proto by z energetického hlediska měl být co nejtenčí, aby se zabránilo velkému zahřívání a tím i častému opotřebením. U nákladních automobilů je tomu jinak. Běhouny jsou konstruovány tak, aby nevedlo další prořezání dezénu. [6]



Obrázek 4. Běhoun [6]

Na povrchu běhounu je *dezén* což jsou podélné a příčné drážky. Tyto drážky jsou specifické svou hloubkou, která je přesně dána a svými funkčními prvky. *Podélné drážky* mají za úkol držet stabilitu vozidla v zatáčce. Přenáší příčné síly mezi vozidlem a vozovkou a zvyšují adhezi. *Příčné drážky* zaručují především bezpečnost vozidla na mokré vozovce tím, že odvádí vodu, čímž zabráňují aquaplaningu. Dále přenáší tahovou sílu hnaných kol na vozovku a sílu při brzdění. *Šikmé drážky* spojují vlastnosti obou dvou drážek a používají se tam, kde máme dezén pneumatik směrově orientován. [8]

Nárazník (korunní kordová vrstva)

Tvoří přechod mezi běhounem a kostrou pláště. Kordy, které jej tvoří, jsou totožné jako kordy u kostry. Nárazník zvyšuje dynamické spojení mezi kostrou a běhounem a také zabraňuje průrazu kostrou pneumatiky. U diagonálních pneumatik se využívají dvouvložkové nárazníky, kdežto u radiálních pneumatik je tento počet několikanásobně větší. [4]



Obrázek 5. Nárazník [6]

Nárazník stabilizuje běhoun v obvodovém směru a zabraňuje jeho špatného pohybu. Proto musí být z materiálu s velkým modulem. Tento požadavek tvoří kordy ocelové. V praxi se však používají viskóznové i skleněné kordy. [4]

Kostrá (radiální kordová vrstva)

Tvoří hlavní část pláště. Kostra je složena z kordových vložek, které mají velký význam na tvar i nosnost pneumatiky a také na její jízdní vlastnosti. Kordové vložky jsou uchyceny v patce a to přehnutím kolem lana pláště. [4]



Obrázek 6. Kostra [6]

Počet vložek, který bývá většinou sudý, má významný vliv na pevnost pláště. Materiály kordů nacházejících se v jednotlivých vložkách v kostře (karkas) mohou být *bavlněné, rayonové, či kovové*. Dříve se také používali *křížové textily*. [3]

Bočnice

Jak již název napovídá, nachází se na okrajích pláště a chrání boční část kostry pláště proti mechanickým a atmosférickým vlivům. Po obou stranách běhounu se symetricky nanáší pásy ze speciální kaučukové směsi. [4]



Obrázek 7. Bočnice [6]

Bočnice je jediné místo na pneumatice, kde se nachází její hlavní údaje. Jedná se o způsob zacházení s pneumatikou, její velikost, zátěžový a rychlostní index, výrobní údaje atd. [7]

Vnitřní gumová vložka

Její hlavním úkolem je zabránit úniku vzduchového média z vnitřku pláště. Vyrábí se z *butylového* kaučuku. U bezdušových pneumatik je její hlavní význam jako duše. [6]

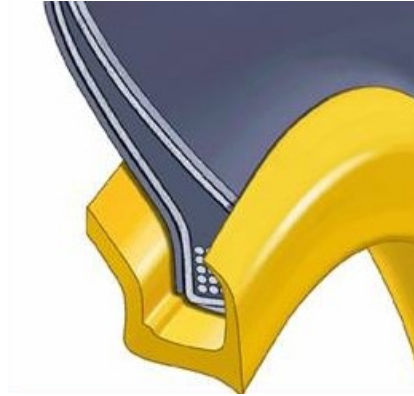


Obrázek 8. Vnitřní gumová vložka [6]

Musí být dostatečně pevná, neprodyšná a mít dlouhou životnost. Pro výrobu se používají kaučukové směsi, které jsou obohaceny o *butylkaučuk*, ten se vyznačuje výbornou neprodyšností. U osobních automobilů jsou stěny duše 2mm a u nákladních 4 mm a více. [4]

Patka

Je část pláště, která dosedá na ráfek a vytváří se ohnutím kordových vložek kolem lan. Z důvodu správného tvaru je patka zesílena. Lana v patce mohou být odlišné, pro osobní automobily je počet lan jedno a u nákladních dvě. [4]



Obrázek 9. Patka [6]

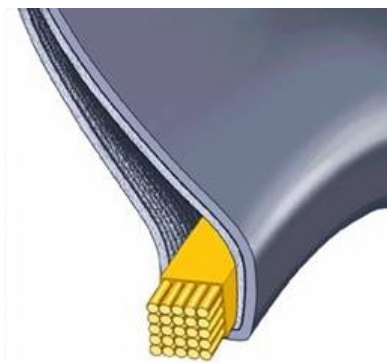
Tam kde se patka dotýká ráfku, je ochranný plát, z důvodu zamezení poškození. Po bocích patky je poté pogumovaná tkanina a to z důvodu větší pevnosti.

Patka má za úkol:

- Správně upevnit plášť pneumatiky na ráfek
- Zamezit poškození patky okrajem ráfku
- Snadná montáž i demontáž pneumatiky [3]

Patní lanko

Vyztužuje patku a je obaleno pryží a obaleno proužkem *pogumovaného molina*. Následně je mezera za lanem vyplněna *jádrem*. Tento celý systém musí být dokonale tuhý, jinak by mohlo dojít v prodření textilních vrstev uvolněným lankem. [3]



Obrázek 10. Patní lanko [6]

1.4 Fyzikální vlastnosti

Kvalita i stav pneumatiky, úzce souvisí s pohodlnou a bezpečnou jízdou. Styčná plocha běhounu jedné pneumatiky s vozovkou je velká asi jako lidská dlaň. Na této ploše se odehrává většina fyzikálních jevů díky rozjezdu, brždění i například při změně směru jízdy. [8]

1.4.1 Tření

Je to nejdůležitější fyzikální jev, který nastává mezi pneumatikou a vozovkou. Smykové tření (adheze) se projevuje vznikem třecí síly, která působí na obvodu kola a je vždy opačného směru než pohyb kola. Velikost třecí síly závisí na dvou faktorech:

- 1) Na velikosti ve styčné ploše, při vzájemném působení dvou těles, které jsou kolmé ke směru jejich možného pohybu
- 2) Na povrchu těchto těles (drsnost, členitost, materiál)

Tato bezrozměrná hodnota se nazývá součinitel smykového tření. To znamená, že síla ještě nepůsobila skluz mezi vozovkou a pneumatikou a při malém zvýšení této síly skluz nenastane.

Kolmá síla, která působí ke středu Země, se nazývá síla tíhová a značí se G . Platí pro ni vztah:

$$G = m * g \quad (1)$$

G – tíhová síla [N]

m – hmotnost jednoho kola [kg]

g – tíhové zrychlení [m/s^2]

Největší síla, kterou je pneumatiky schopna přenést na vozovku je síla maximální a značí se F . Vypočítáme ji ze vztahu:

$$F = G * f \quad (2)$$

F – maximální síla (třecí) [N]

f – součinitel smykového tření [-] [8]

1.4.2 Adhezní kružnice

Adheze mezi pneumatikou a vozovkou se nevyskytuje pouze při rozjíždění a brzdění, ale i při průjezdu zatáčkou, kde síla, která působí v těžišti kola (odstředivá) má tendenci vynést vozidlo ze zatáčky. Obtížná situace nastává, kdy se do průjezdu zatáčkou zapojí i brzdění. Zde se síla rozdělí na dvě navzájem kolmé složky. Výsledná síla je vektorový součet obou dvou složek. Součet vektorů znázorňuje vztah:

$$F^2 = Fx^2 + Fy^2 \quad (3)$$

Čím více působí odstředivá síla na vozidlo, tím menší schopnost má pneumatika přenášet brzdnou a akcelerační sílu. Čili při rychlém průjezdu zatáčkou, dojde ke skluzu a tím i nadměrnému opotřebení běhounu. [8]

1.4.3 Valivý odpor

Valivý odpor je záporný činitel, který vzniká při styku kola s vozovkou, čímž dojde k mírné deformaci kola a ztrátě energie. Tento odpor působí proti směru pohybu kola a nazývá se valivý odpor. Velikost valivého odporu se odráží především na spotřebě paliva, proto je kladen důraz na to, aby pneumatika měla co nejmenší valivý odpor.

Valivý odpor ovlivňují tyto faktory:

- **Typ a materiál pneumatiky:** Firmy se snaží upravit rozměry a směsi, ze které jsou pneumatiky vyrobeny. Pneumatiky s nejnižším valivým odporem se nazývají „eco“.
- **Tlak pneumatiky:** Čím více je pneumatika podhuštěná, tím více se valivý odpor zvyšuje, na druhou stranu přehuštěná pneumatika má minimální odpor, ale nezaručuje optimální jízdní vlastnosti.
- **Povrh vozovky:** Jízda na nové a kvalitní vozovce a na polní cestě je naprosto odlišná, co se odporu týče.
- **Rychlost jízdy:** Se zvyšující se rychlostí se snižuje valivý odpor. Do 80km/h je vliv rychlosti na odporu zanedbatelný. [9]

2 VÝROBA PLÁŠTŮ PNEUMTIKY

Výroba pneumatiky je velmi nákladný proces, z důvodu drahých surovin, strojů a zařízení. Při dodržení všech parametrů, co se týče výroby pneumatiky a jejím zacházením, bude její funkce na vozovce spolehlivá a pohodlná.

Suroviny pro výrobu:

- Elastomery (kaučuky)
- Kordy
- Přísady [4]

2.1 Kaučuk

Patří mezi základní surovinu pro výrobu pneumatik, používáme kaučuk přírodní i syntetický. [2]

Název kaučuk pochází z Indie, kde „Cahuthu“ v překladu znamená, plačící strom. [8]

2.1.1 Přírodní kaučuk

Základní složkou přírodního kaučuku je tzv. mléčná šťáva (latex), který se získává naříznutí kůry kaučukových stromů. Nejvíce kaučukových plantáží, se nachází v jihovýchodní Asii (92%) [8]

Latex sám o sobě obsahuje mnoho vody, čili pro získání kaučuku se používá metoda srážení, kde se latex částečně cedí, stabilizuje a homogenizuje. Tento děj se odehrává ve velkých nádržích, kde se ještě přidává kyselina mravenčí případně octová. Nakonec v jiných nádržích kaučuk houstne a mění se na bloky, ty se dále perou na dvouválcích a následně vznikne světlá krepa, či uzený kaučuk. [8]

V gumárenské technologii se nejčastěji používá uzený kaučuk s názvem RSS I a RSS II. Do firem se dodávají v balících o hmotnosti 100kg a mají světle hnědou barvu. [2]

2.1.2 Syntetický kaučuk

Jelikož se kaučukové plantáže nachází ve vzdálených oblastech a jejich doprava je nákladná, tak bylo zapotřebí vynalézt kaučuk, který si můžeme vyrobit zde, s tím že bude mít stejné vlastnosti jako kaučuk přírodní. [9]

Nejvýznamnější typy jsou *butadienstyrenový kaučuk*, *cis-1,4-polybutadien*, *cis-1,4-polyisopren* či *ethylenpropylenový terpolymer (EPDM)*. Pro běhoun se používá *Kralex 010.401*, *Kralex 011.403*. Pro kostru to je *Kralex 010.401*. [4]

2.2 Kordy

Funkce pneumatiky je z velké části dána kvalitou kordové kostry. Důležitým faktorem je chemický a hutní průmysl, z toho důvodu, že se postupně přehází z přírodních materiálů na materiály syntetické. [4]

2.2.1 Bavlněný kord

Vzniká pomocí skaní bavlny, ale v dnešní době pro výrobu pláštěů se již nepoužívá. [4]

2.2.2 Viskózní kord

Základní vlákno se připravuje z celulózy. Mezi jejich vlastnosti patří dobrá rozměrová stálost, odolnost proti stárnutí i proti oděru. Oproti bavlněnému kordu má však menší soudržnost s kaučukem, to znamená, že se musí impregnovat. Pevnost klesá se zvyšující se vlhkostí. Používají se do pláštěů pneumatik, hadic, dopravních pásů a řemenů. [5]

2.2.3 Polyamidový kord

Používají se u závodních automobilů, kde se vyskytují velké rychlosti a náhlé zatížení pneumatiky. Mají vysokou pevnost v tahu a jsou odolné vůči porušení při opakovaných deformacích, tím pádem je možno snížit počet vložek v kostře, čímž dojde k rychlejšímu ohřevu pneumatiky, tím pádem i k lepším vlastnostem na závodní dráze. Tyto kordy prodlužují životnost pneumatiky. Polyamidový kord se před impregnací musí tepelně upravovat, z důvodu vznikajícího tepla a narůstání pláště pneumatiky a vzniku trhliny zejména v drážce běhounu. [4]

2.2.4 Polyesterový kord

Používá se pro výrobu pneumatik u osobních automobilů. Jeho výhodou je tvarová stálost. [4]

2.2.5 Vlákno B

Je to druh polyamidového kordu. Jeho velkou výhodou je dvojnásobná pevnost oproti ostatním kordům. V dnešní době se vyskytuje v pláště pneumatik pro osobní automobily. [4]

2.2.6 Ocelový kord

Zdokonaluje konstrukci radiálních pneumatik s tím, že ho můžeme použít na místo viskóзовých a polyamidových kordů. Pneumatiky s ocelovým kordem vynikají dobrými tepelnými vlastnostmi a tím i životností pneumatiky. [4]

Velká výhoda je pevnost, ohebnost a odolnost vůči únavě. [5]

2.3 Přísady do kaučkových směsí

Aby bylo možné kaučuk co nejlépe využít, je nutné přidat přísady, jako jsou vulkanizační činidla, urychlovače, aktivátory, plniva, ztužovačla, změkčovadla a antioxidanty. Tyto přísady nám zaručí správnou funkci pneumatiky. [5]

2.3.1 Vulkanizační činidla

Zaručují nám zesílení makromolekul v elastomeru, čímž se z něj stane pryž s podstatně odlišnými vlastnostmi. Patří zde:

- Síra: je ve formě prášku, tající při teplot 115°C. Při tání dochází k vulkanizaci kaučkové směsi, čili z elastomeru se stane pryž. Používání množství záleží na požadovaných vlastnostech například tvrdost, pro měkkou pryž je zapotřebí 4% síry a pro tvrdou 60%. Síra se dopravuje v pytlích či sudech.
- Chlorid siřný: ostře zapáchající světle žlutá kapalina, která je jedovatá. Používá se pro studenou vulkanizaci slabých vrstev kaučkových směsí.
- Selen: Látka, která se používá ve velmi malé míře. Největší význam má však síra. [9]

2.3.2 Urychlovače

Jsou nepostradatelnou složkou. Jak z názvu vyplývá, hlavním úkolem je, urychlit čas vulkanizace. Dále také do jisté míry ovlivňuje fyzikální vlastnosti vulkanizátu a vulkanizační teplotu. Některé urychlovače umožňují snížení dávky vulkanizačního činidla. Máme možnost využití 5 druhů:

- Pomalé urychlovače:

Nazývají se *guanidiny*, které se přidávají do směsí na tvrdou pryž. Nejsou vhodné pro vulkanizaci v teplém vzduchu. Patří zde *Denax*, což je prášek bílé barvy, rozpustný v acetonu, benzenu či etylacetátu. Dále *Hexa*, který je též ve formě prášku a je rozpustný ve vodě či etanolu. Jako poslední sem patří *Vulkacid 100*. Prášek bílé barvy a bez chuti, ovšem dráždí sliznice. Je rozpustný v teplé vodě či etanolu. Hodí se především do potravinářského průmyslu.

- Rychlé urychlovače:

Jsou to jedny z nejdůležitějších urychlovačů, patří sem *urychlovače se zpožděným účinkem* či *urychlovače s plochou vulkanizační křivkou*. Mají dobrou odolnost vůči stárnutí.

Patří sem například *Pneumax MBT*, který je vhodný pro přírodní i syntetický kaučuk, nehodí se však do potravinářského průmyslu. Je ve formě žlutého prášku, s nahořklou chutí. Dále *Pneumax DM*, což je světle žlutý prášek, který se rozpouští v chloroformu, benzenu, či sirouhlíku. Jeho výhodou je, že je bezpečnější než *Pneumax MBT*.

- Velmi rychlé urychlovače:

Podstatně urychlují vulkanizační proces. Při zpracování směsí, zaručují dostatečnou bezpečnost.

Hermat TMT, prášek rozpustný v acetonu či benzenu. Nevyžaduje aktivaci, protože je sám aktivní a to při teplotě 110°C. U směsí s tímto urychlovačem, je důkladné jejich zpracování. Je možné jej použít do směsí, které neobsahují síru, ovšem děj musí probíhat za teplot 140 až 160°C.

Thionex je nejbezpečnější velmi rychlý urychlovač, nažloutlé barvy a rozpustný v benzenu či acetonu.

- Ultraurychlovače:

Nejčastěji se používají u samovulkanizujících směsí jako je například tmel a speciální lepidla.

Hermat ZDK, bílý prášek, rozpustný v acetonu. Kombinuje se s pomalejšími urychlovači, především do latexových směsí.

Hermat FEDK je nažloutlý prášek, bez chuti. Používá se do tmelů, lepidel či latexových směsí.

- Speciální urychlovače:

Jsou určeny pouze pro některé syntetické kaučuky, jako je například butylkaučuk či chloroprenový kaučuk.

Rodanin S-62 je prášek bílé barvy bez chuti. Dobrá odolnost vulkanizátů vůči stárnutí.

Permalux je vhodný pro chloroprenový kaučuk typu W. Může působit jako neprobarvující antioxidant a to u chloroprenového kaučuku typu G. [5]

2.3.3 Aktivátory

Jsou to organické i anorganické látky a jejich hlavním úkolem je aktivovat funkci urychlovačů. Z toho důvodu jsou nezbytnou přísadou kaučukové směsi.

Zinková běloba je bílý prášek, který se dopravuje v papírových pytlích. Rozpouští se se organickými kyselinami.

Uhličitan zinečnatý se používá jak aktivátor v transparentních směsích a to z důvodu, že nebarví. Ve vysokých teplotách dochází, k vytváření malých hrudek.

Kysličník olovnatý prášek červenohnědé barvy, který je velmi jedovatý. Používá se pro vulkanizaci těžké pryže. [9]

2.3.4 Plniva

Plniva zředují kaučukové směsi, upravují váhu i tuhost a v neposlední řadě cenu. Umožňují nám vyhovět požadavkům zákazníka, jako je například tvrdost vulkanizované směsi, elasticita, případně cena.

Křída je prášek šedobílé barvy. Hlavním úkolem je snižovat cenu kaučukové směsi.

Kaolín je prášek nažloutlé barvy, se stejnými vlastnostmi jako křída s tím že navíc ztužuje směs.

Zinková běloba ve větším množství ji můžeme použít ve směsích, kde je dobrá tepelná vodivost.

Těživec se získává mletím síranu barnatého a ovlivňuje váhu pryže. Používá se jako plnivo pro kyselinotvorné směsi.

Magnesia karbonik se používá k výrobě transparentních směsích. Je ve formě prášku bílé barvy. [9]

2.3.5 Ztužovadla

Jsou to látky, zlepšují fyzikální i chemické vlastnosti pryže, například odolnost proti oděru. Ztužují kaučukové směsi a nahrazují kaučuk.

Saze jsou nejdůležitější ztužovadla. Je v sypké formě a mají černou barvu. Do závodů se dodávají v papírových pytlích. [9]

2.3.6 Změkčovadla

Mají za úkol zlepšit zpracovatelnost směsí, čímž šetří energii. Zlepšuje tvarování a díky tomu, že může nahradit kaučuk, snižuje cenu. Je zapotřebí dbát přesného množství použití změkčovadel, jinak dojde ke zhoršení kaučukových směsí.

Stearín je ve formě voskové hmoty, bílé barvy. Funguje jako aktivátor vulkanizace a do firem se dopravuje ve formě desek.

Parafín má za úkol ochránit proti povětrnostním jevům. Ve větším množství však zvyšuje lepivost směsi. Stejně jako stearín je ve formě voskové hmoty a dopravuje se ve formě desek.

Triumf je ve formě oleje tmavé barvy. Toto změkčovadlo se u nás používá nejčastěji.

Dále se používají *kalafuna*, *smrkový dehet*, *ceresin*, či *koresin*, ten zlepšuje lepivost a přidává se do cementů. [9]

2.3.7 Antioxidanty

Jsou to látky, které zabraňují stárnutí. Prodlužuje životnost a chrání proti vlivům jako je kyslík, teplota, únava či povětrnostní vlivy. Používají se jak u přírodních, tak u syntetických směsí kaučuku. Malou podskupinou jsou *antiozonanty*, ty chrání vulkanizát proti ozónu.

Fenyl- α -naftalin je žlutý prášek, používá se především proti únavě a stárnutí. Z důvodu zbarvování, není vhodný do světlých směsí.

Fenyl- α -naftalyn je též ve formě prášku, ovšem šedé barvy. Je to nejpoužívanější antioxidant s bodem tání v o teplotě 105°C. Nevýhoda je stejná jako u předešlého případu, zbarvení světlých směsí.

Antioxidant MP má velkou výhodu a to takovou, že nezbarvuje, což mu umožňuje použití i ve světlých směsích. Nevýhodou ovšem je jeho nahořklá chuť a tím pádem se nedá použít v potravinářském průmyslu. Jeho bod tání je 290°C.

Antioxidant 4010, mění svou barvu na vzduchu a tím pádem se nedá použít do světlých směsí. Chrání proti teplotě, únavě a oxidaci. Je možné jej použít u přírodních a syntetických kaučuků.

Dále zde patří *Nonos NS*, *Nonos WSL*, či *Antioxidant CD*. [5]

2.4 Výrobní postupy

2.4.1 Míchání směsí

Při míchacím procesu, je hlavním vyrobít směs, která bude dobře a snadno zpracovatelná v dalších procesech. Také je zapotřebí aby měla minimální působení na čas výroby a energii, kterou musí stroj vyprodukovat. [10]

Tento proces je obzvlášť důležitý z toho důvodu, že je zapotřebí vytvořit z daných surovin homogenní směs. Hlavními faktory jsou teplota či nadměrné hnětení. Míchání se provádí na *dvouválcích* nebo *hnětacích strojích*.

- Míchání na dvouválcích:

Mají velké využití, používají se k míchání směsí, válcování pásů a fólií a také k mletí pryžového odpadu. Dle průměru a pracovní délky se dělí na malé a velké. [11]

Je to nejpoužívanější proces míchání, které se používá při míchání málo plněných směsí, nebo u směsí, kde se často střídá složení.

Materiál dvouválců je z tvrdé kokilové litiny a jsou uloženy rovnoběžně v ložiskách. Jeden z válců je pevný a druhý lze pomocí šroubů posouvat. Každý válec je poháněn svým elektromotorem, kde poměr jejich obvodových rychlostí se nazývá *skluz*. Válce jsou uvnitř chlazeny vodou a to z důvodu, že při tření vzniká velké teplo.

V horní části mezi válci vzniká *návalek*, který se neustále zmenšuje. Abychom dosáhli důkladné homogenizace, tak pláty směsi otáčíme z jedné strany na druhou a následně je i křížíme. [5]



Obrázek 11. Dvouválec [20]

- Míchání v hnětacích strojích:

Tyto stroje jsou v dnešní době nejčastěji používané v gumárenských závodech. Tyto stroje obsahují komory, které mohou mít různé objemy (110 l, 147 l, 295 l). Do komory se nasypou přísady a díky působení síly na přítlačný klín. Ten má za úkol vtlačet přísady mezi rotory a udržovat daný tlak. Na spodu komory je tzv. uzavírací trámeč, ten se za působení stlačeného vzduchu, odsunuje pouze tehdy, jakmile směs obsahuje všechny přísady. [8]



Obrázek 12. Hnětací stroj [21]

2.4.2 Válcování

Tento proces se provádí na dvouválcích či víceválcích. U směsí hraje významnou roli plasticita, nebude-li tato hodnota správná, může nastat přilepování směsi na válce,

nebo vznik bublin. Dvouválce se nejčastěji používají k předeřtí před tažením, pogumováním a před vytlačováním.

Tříválce se z víceválcových strojů používají nejčastěji. Válce jsou z kokilové litiny a jsou duté, z důvodu ohřívání či chlazení. Poháněn je pouze střední válec, a díky ozubeným kolům pohání další dva. Válce mohou být uspořádány do tvaru I, V nebo L. Takto vyválcovaná fólie se dále chladí v chladícím bubnu a dále následuje k navíjecímu zařízení. [5]

2.4.3 Vytlačování

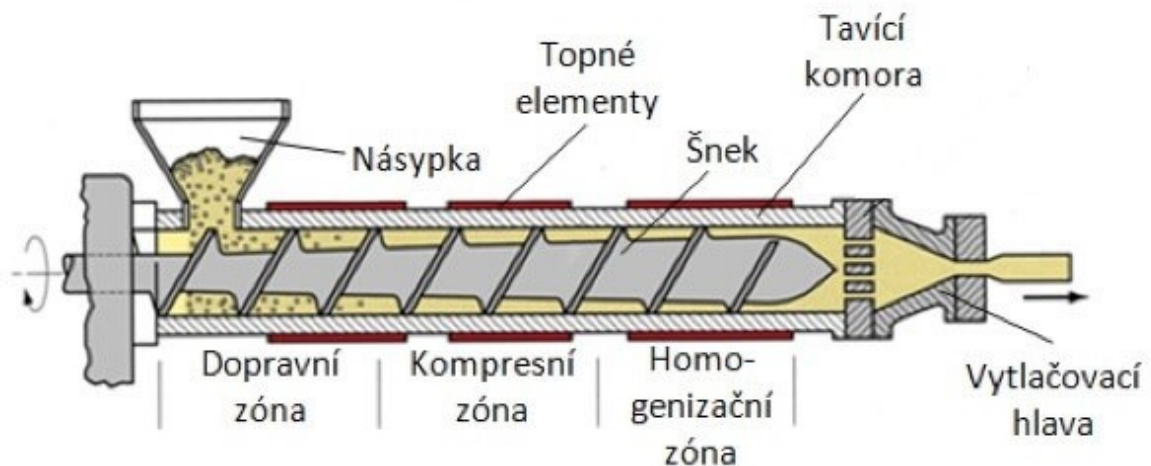
Používá se k výrobě tvarově složitějších kruhových, dutých či různě tvarovaných profilů. Stejně jako u válcování, tak i u vytlačování směs musí mít jisté vlastnosti, aby proces probíhal bez problémů. Musí být dostatečně tuhé, tvarovatelné a vhodnou lepidlost.

Celý proces probíhá na vytlačovacím stroji, kde jeho hlavní části tvoří šnek, který dopravuje směs do hlavy stroje. Průměr šneku bývá 30 až 200mm a je dutý, z důvodu chlazení. Stroje pro vytlačování dutých profilů mají ve šneku otvor z důvodu přívodu práškovadla za působení stlačeného vzduchu. V přední části stroje je *vytlačovací hlava*, kde lze vyměnit *hubice*, což jsou desky různých tvarů. Hlava může také obsahovat *rozdělovač* a *trn* pro duté polotovary. Podle polohy osy hlavy rozdělujeme na příčnou, příčnou a šikmou.

Příčná hlava je ve stejné rovině jako šnek. Konstrukce hlav je jednoduchá a odpor vytlačované směsi, není veliký. Používá se pro výrobu běžných vytlačovaných profilů.

Příčná hlava je ke šneku kolmá. Zde je největším problémem změnit směr toku směsi a to o 90°. Používá se pro opláštění (kabel, kovový trn, kovové jádro).

Šikmá hlava je oproti šneku pootočena o 40 až 60°. Používají se ke speciálnímu opláštění. Před vstupem kaučukové směsi do vytlačovacího stroje, se předeřte na dvouválci a nařeže na pásy. Moderní vytlačovací stroje si samy směs předeřtí přímo v komoře stroje, což se projeví na délce šneku a jeho stoupání. [5]



Obrázek 13. Vytlačovací stroj [22]

U vytlačeného materiálu se kontroluje rozměr, tvar a také váha. Malé váhové změny lze upravit změnou rychlosti odebíracího dopravníku, čili pokud je váha příliš vysoká, tak se rychlost odebíracího dopravníku zvýší a naopak. Rozměrové nedostatky se dají odstranit pomocí změny otáček šneku. Nevýhoda je však ta, že dochází ke zvýšení tlaku ve vytlačovací hlavě. [12]

2.4.4 Pogumování textilu

Tento proces se používá pro kostry pláštěů, dopravní pásy, či hadice. Nejčastěji se tak děje na víceválcích. Nejdříve je však zapotřebí směs důkladně vysušit a naimpregnovat.

- Sušení:

Všechny textilny, co se dopravují do závodů, obsahují až 10% vlhkosti. Je nutné tuto hodnotu srazit na 1,5 až 2%. Předchází se tím vniku bublin a horší přilnavosti kaučukové směsi k textilu.

Sušení probíhá v zařízení skládající se z 6 až 8 válců, které jsou vyhřívány párou o teplotě 100 až 130°C. Textil by se měl pogumovat co nejdříve po vysušení, dokud je textil ještě teplý. Pokud se tak nečiní, je třeba tkaninu zabalit do fólie, aby neabsorbovala další vlhkost ze vzduchu.

- Impregnace:

Používá se většinou u tkanin ze syntetických vláken. Impregnační se dosáhne větší soudržnosti kaučukové směsi s tkaninou. Nanáší se impregnační činidlo rozprašováním v kapičkách vody, které má velmi dobrou adhezi po vysušení. Impregnační činidla obsahují kaučukovou složku ve formě latexu s přísadou bílkovin.

- Vtírání:

Provádí se z důvodů usnadnění uložení nánosu do tkaniny. Při tomto procesu, není rychlost válců stejná poměr obvodových válců bývá 1 : 1,2 až 1 : 1,5. Před vtíráním se textil musí vyrovnat, aby se během procesu nepoškodil. Nejčastěji se pro vtírání používají kaučukové směsi s větším obsahem změkčovadel z obsahem pryskyřice a to z důvodu dostatečné lepivosti. Nanášení na tříválcích se provádí nejdříve z jedné strany a poté z druhé, nikdy naráz.

- Nánosování:

Při tomto procesu na tkanině vzniká vrstva kaučukové směsi. Tloušťka vrstvy je ovlivněna velikostí štěrbiny mezi horním a středním válcem, v tříválcovém stroji. Chceme-li textil nánosovat, musí být již vysušený, naimpregnovaný nebo musí obsahovat již základní nátěr. Nejvhodnější stroje pro nánosování je čtyřválec, kde lze směs nanášet z obou stran a také zaručí požadovanou tloušťku. [5]

3 ZKOUŠENÍ PNEUMATIK

Mezi základní vlastnosti výrobku patří mechanické vlastnosti, což je odolnost materiálu vůči vstupujícím vnějším silám. Tyto síly mohou být statické, nebo dynamické. Tyto hodnoty se zkouší normalizovanými zkouškami. Statické zkoušky jsou takové, kde je doba krátká, či dlouhá a síla má stejnou či pomalu měnící velikost. Patří sem například zkouška tahem, tlakem, smykem, krutem či ohybem. [16]

Při dynamických zkouškách je síla pouze nárazová, čili působí jen daném okamžiku a pak ustává, patří sem Charpyho kladivo.

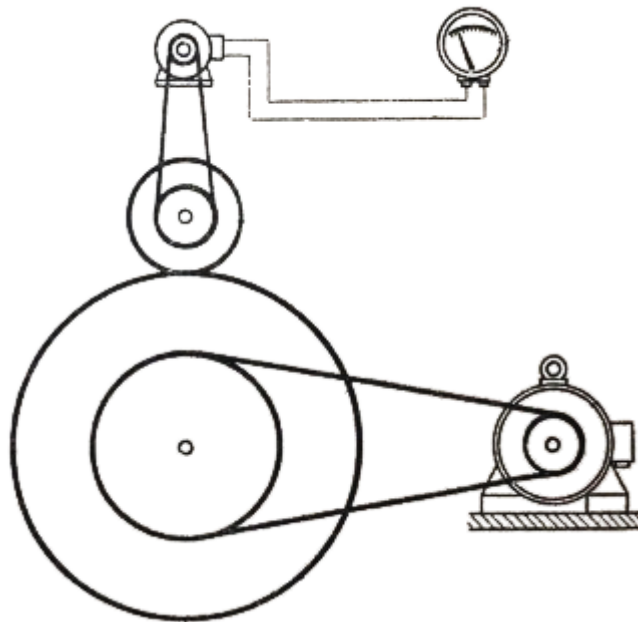
Dynamické zkoušky únavové se směr a velikost působící síly střídá a tento proces se opakuje v jistých cyklech několikrát po sobě. [17]

Zkoušení pneumatik je důležité z důvodu, že můžeme zjistit její kvalitu a funkčnost. Vyhodnocené výsledky, jsou zpětnou vazbou pro chemiky či konstruktéry, ze kterých lze čerpat při dalším vývoji. Pneumatika musí být hlavně bezpečná, proto velké firmy investují do zkušebních metod. Důležité je znát podrobně každou zkoušku a co nám může říct.

Zkoušky se dělí do tří skupin: laboratorní, provozní a speciální. Mezi laboratorní zkoušky patří například zkouška trvanlivosti, tepelná zkouška, pevnost kostry či lan apod. Provozní zkoušky se provádí za jízdy a měří se například úbytek drážky desénu či životnost kostry. Zkoušky se dělí na usilovné zkoušky, kde auto má konstantní váhu a jezdí po stejné dráze a na zkoušky za normálního provozu, kde se mění váha vozu či dráha. Speciální zkoušky se například zkouší brzdění či akcelerace na mokré a zamrzlé vozovce. Dále pneumatiky traktorů a terénních aut. [1]

3.1 Zkouška únavy

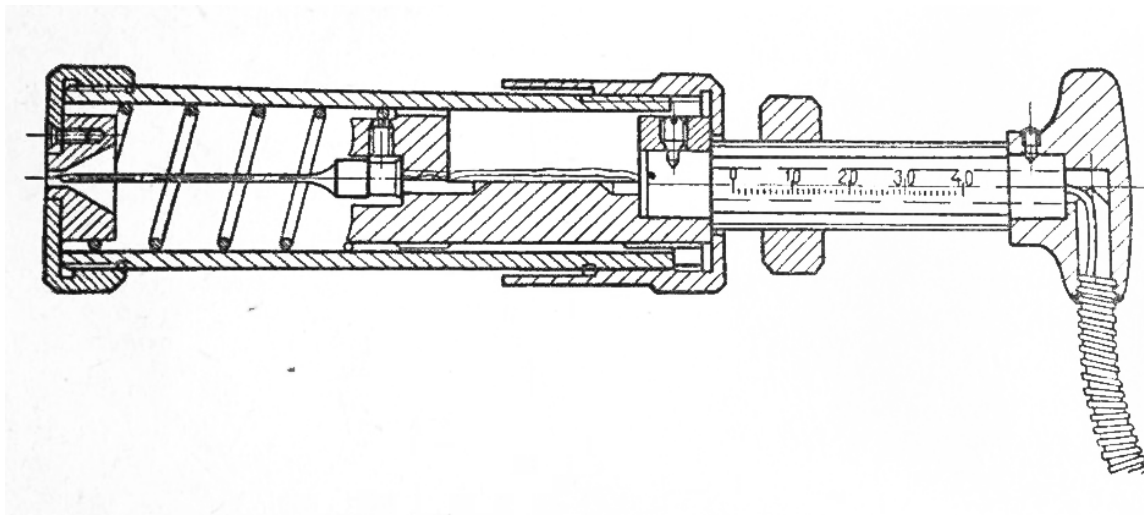
Ke zkoušce se používá zkušební kotouč, který je dutý. Jeho otáčky jsou kolem 600 otáček za minutu. K tomuto kotouči je přitlačován korundový kotouč, který má samostatný pohon a jiné otáčky. Rozdíl otáček zapříčiní prokluz o hodnotě 16%. [15]



Obrázek 14. Zkoušení únavy pneumatik [15]

3.2 Zkouška zahřívání pneumatiky

Při této zkoušce se do různých míst pneumatiky vpichuje termočlánek, který nám ukáže teplotu. Tento proces se provádí na bubnové zkušebně či přímo v provozu na vozidle. Dále se také měří teplota vzduchu uvnitř pneumatiky. [1]



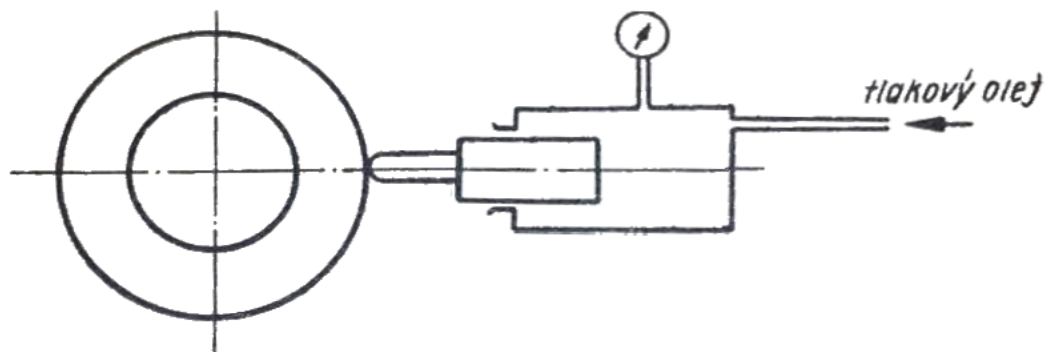
Obrázek 15. Měření zahřívání pneumatik [1]

3.3 Měření pevnosti kostry pláště

Zde se zkoušky rozdělují na dvě skupiny *statické* (tlakovou vodou či trnem) a *dynamické* (průrazová zkouška na padostroji).

Zkouška tlakem vodou je založena na principu načerpání vody do prostoru duše, při čemž je pneumatika namontována na zesíleném ráfku. Používá se speciální ventil, který umožní odvádění vzduchu z pneumatiky. Voda se napouští do té míry, než se roztrhne kostra, či praskne lanko, kde zjistíme maximální tlak.

Zkouška protlačovacím trnem, kde pneumatika je upevněna ve stojanu a za působení tlaku se píst s trnem pohybuje směrem k pneumatice. Maximální hodnotu, kterou pneumatika je schopna vydržet se nám ukáže na manometru. Nevýhodou jsou zkreslené výsledky, ovlivněné ztrátami těsnění mezi pístem a válcem.



Obrázek 16. Zkoušení protlačovacím trnem [1]

Zkouška na padostroji je téměř stejná jako zkouška trnem s tím rozdílem, že zde je vnik do pneumatiky rázem. Pneumatika je zavěšena nad trnem, který je spojen s hydraulickým pístem. Po zatáhnutí lana dojde k uvolnění pneumatiky a ta spadne na trn, který vyvolá tlak. [1]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem bakalářské práce bylo porovnání opotřebení 4 druhů běhounových směsí určených pro běhouny silně namáhaných motocyklových pláštů, pláštů pro technická vozidla, zemědělská vozidla a víceúčelová vozidla. Všechny směsi představují reálné výrobky a jsou průmyslově vyráběny a zpracovávány. Naměřené hodnoty byly graficky znázorněny a vyhodnoceny.

Měřené vlastnosti

Na základě analýzy vlastností, které mohou ovlivnit výsledné chování pryžových výrobků, bylo rozhodnuto provést u připravených vzorků následující měření:

- Tahové zkoušky (trhací stroj T 2000, Alpha Technology)
- Strukturální pevnost (trhací stroj T 2000)
- Odrazová pružnost Luepke (zařízení typ Luepke)
- Tvrdost Shore (tvrdoměr HPE – D Bereiss)
- Dynamické chování (DMA) (DMA DX – 04T, RMI)
- Rychlý test opotřebení

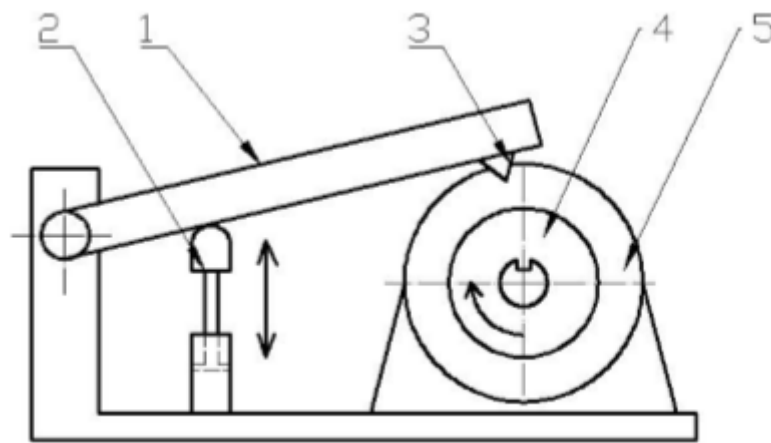
Zkušební tělesa pro všechny druhy testů byla připravena lisováním na laboratorním lisu typ 400x400 při teplotě 160°C po dobu 20 minut. Tvar a rozměry zkušebních těles odpovídají příslušným normám [6, 7, 8, 9].

4 ZKUŠEBNÍ METODY

Pro praktickou část byly použity 4 rozdílné směsi, ze kterých se vyrobily zkušební tělesa, pro jejich následné testování. Byly použity tři základní zkoušky a to zkouška opotřebení, zkouška tvrdosti (Shore) a taková zkouška.

4.1 Zkouška opotřebení

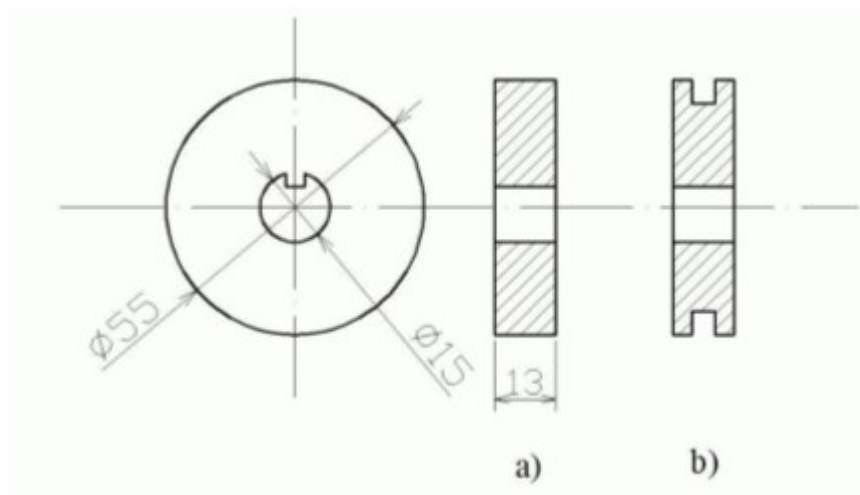
Tato zkouška se používá pro zjištění úbytku materiálu běhounu, při opakovaném vpichování ostrého hrotu. Tato zkouška je jak časově tak i ekonomicky náročná. Z důvodu usnadnění, bylo navrženo zařízení pro testování Chip-Chunk opotřebení, které lze provádět v laboratořích a na malých zkušebních tělesech. [18]



Obrázek 17. Schéma zařízení pro testování opotřebení
Chip – Chunk [18]

Zařízení pracuje na tom principu, že k elektromotoru (5) je upevněn zkušební vzorek (4) a ten se otáčí. Na vzorek dopadá hrot (3), upevněný na rameni (1). Poloha ramena čili zdvih, je dán hydraulickým pístem (2).

Jako zkušební těleso bylo vyrobeno kolečko o vnějším průměru 55mm a šířky 13mm. Během zkoušky se v materiálu, díky vpichování hrotu následném vytrhávání materiálu, vytvořila drážka jak je zjevné na obrázku č. 18

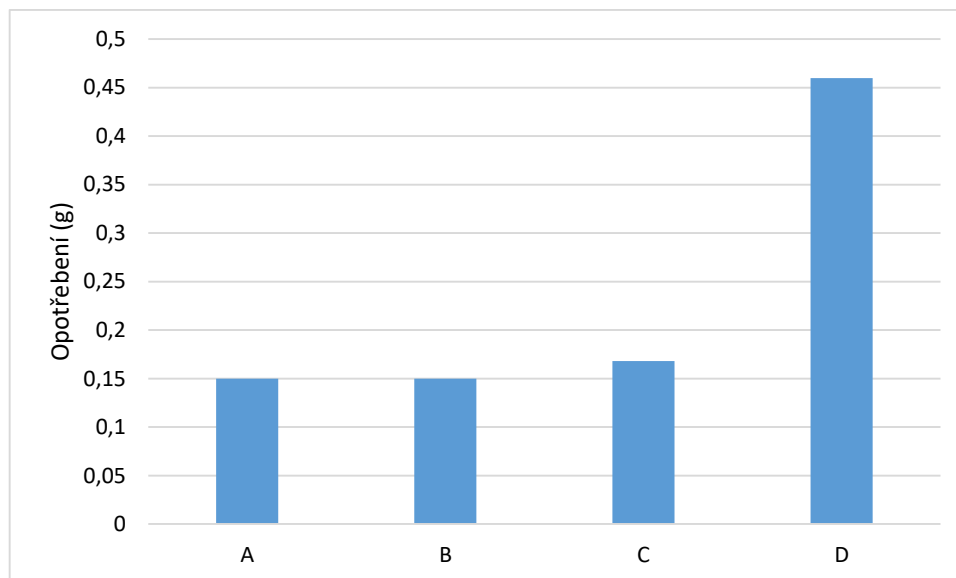


Obrázek 18. Rozměr a tvar zkušební vzorku [18]

Hrot se do materiálu vpichuje rychlostí 1Hz čili 1 vpich za 1 sekundu. Zkušební vzorek se otáčí proti směru pohybu hrotu rychlostí 0 – 910min⁻². Zdvih hrotu je 90 mm. Teplota okolí 20°C, doba trvání experimentu 90s a rychlost dopadu 2,1m/s.

Tabulka 1. Opotřebení

Směs	Opotřebení (g)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	0,15	0,03
B	0,15	0,02
C	0,168	0,001
D	0,46	0,03



Obrázek 19. Opotřebení

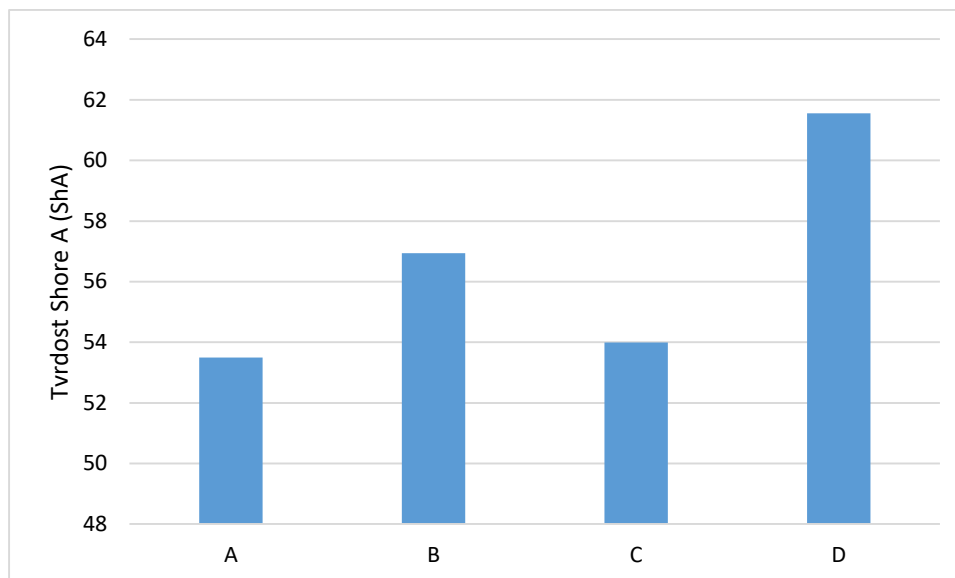
Při rychlém testu opotřebení bylo zjištěno, že nejvyšší míru opotřebení vykazala směs *D*, zatímco nejmenší opotřebení bylo naměřeno u směsí *A* a *B*, jak je patrné z grafu (Obrázek 19.)

4.2 Tvrdość Shore A

Tato zkouška se provádí v kvalifikovaných laboratořích. Do zkušebního vzorku se určitou silou vpichuje hrot tvaru kužele o vrcholovém úhlu 32°C. Vpichy se provádí několikrát a na různých místech. Hodnota vpichu závisí na modulu pružnosti materiálu a dalších vlastnostech materiálu. Následná hodnota se provede z aritmetického průměru.

Tabulka 2. Tvrdość Shore A

Směs	Tvrdość Shore A (ShA)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	53,50	0,86
B	56,94	0,59
C	53,99	0,61
D	61,55	0,91



Obrázek 20. Tvrdość Shore A

Při zkoušce tvrdosti bylo zjištěno, že nejvyšší hodnotu tvrdosti vykázala běhounová směs *D*, naopak nejmenší hodnota tvrdosti byla zjištěna u směsi *A*, jak je patrné z grafu (Obrázek 20.).

4.3 Tahová zkouška

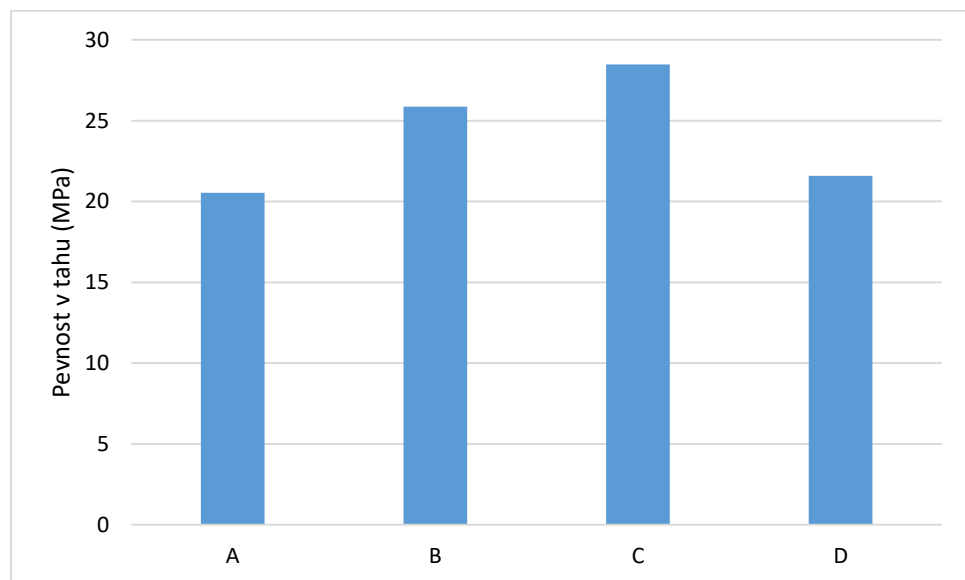
Zkouška probíhá též v laboratořích na trhačím stroji. Vzorek, který jsme si vyrobili nastříháním z vylisovaného polotovaru, je upnut mezi 2 čelisti. Ty se za působení konstantní síly od sebe oddalují a tím vzorek napínají, dokud nedojde k přetržení. Celý průběh zkoušky je zaznamenáván a zobrazen v tahové křivce, kde odečítáme hodnotu napětí a deformace.

4.3.1 Pevnost v tahu

Je to maximální napětí, které je vzorek schopen vydržet. Je to poslední hodnota na křivce, poté následuje přetržení vzorku.

Tabulka 3. Pevnost v tahu

Směs	Pevnost v tahu (MPa)	Sřední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	20,54	0,52
B	25,87	0,68
C	28,49	0,36
D	21,59	0,42



Obrázek 21. Tahová zkouška

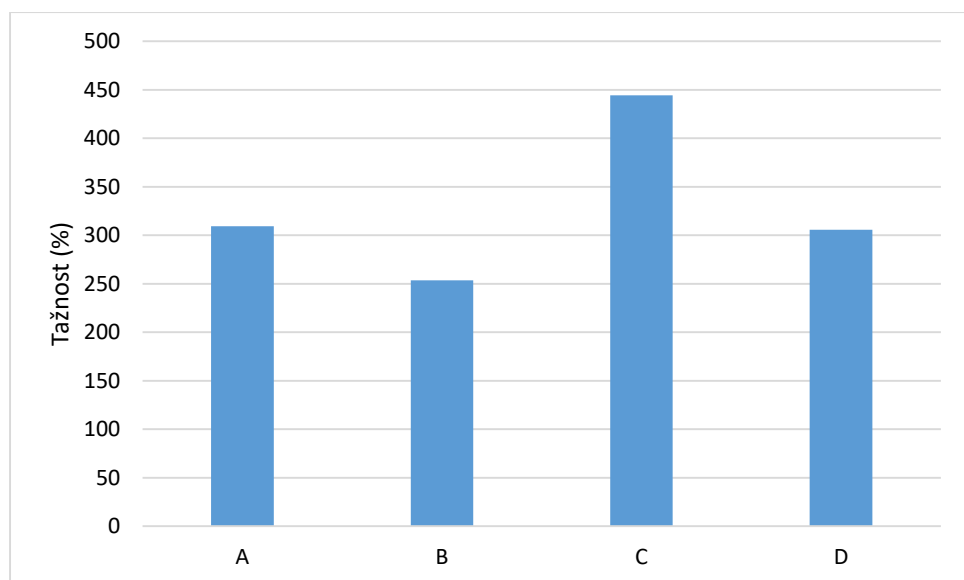
Z tahové zkoušky vyplynulo, že maximální hodnotu vykazuje směs C, naopak nejnižší hodnotu vykazuje směs A, jak je patrné z grafu (Obrázek 21.).

4.3.2 Tažnost

Je to podélná deformace v okamžiku přetržení v % a značí se A .

Tabulka 4. Tažnost

Směs	Tažnost (%)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	309,38	12,81
B	253,50	20,65
C	444,24	14,63
D	305,58	17,42



Obrázek 22. Tažnost

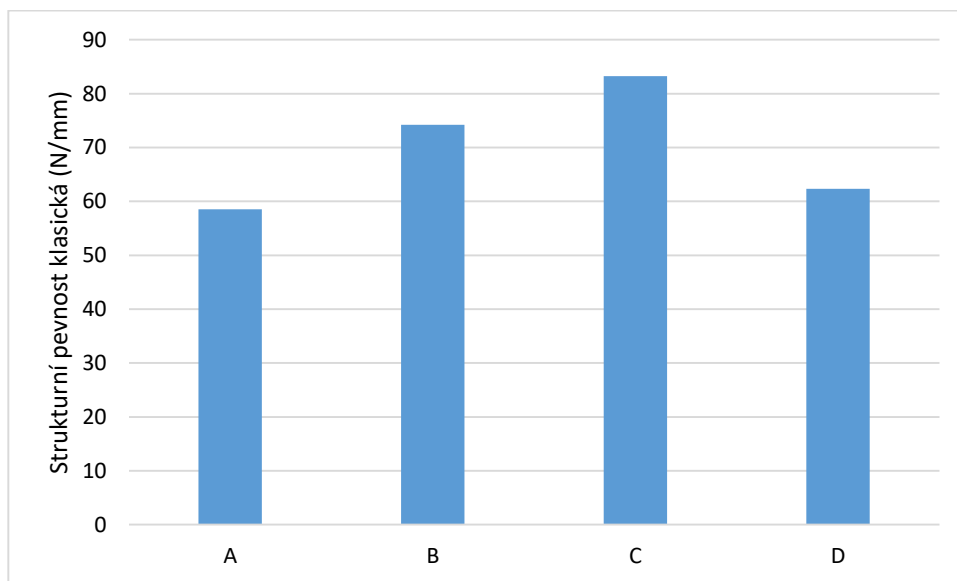
Výsledky tažnosti při zkoušce tahem ukázaly, že nejvyšší hodnotu tažnosti vykazuje směs C, naopak nejnižší hodnotu tažnosti vykazuje směs B, jak je čitelné z grafu (Obrázek 22.).

4.3.3 Strukturní pevnost

Strukturní pevnost je definovaná jako síla potřebná k přetržení vzorku. Značí se T_s a je to podíl maximální síly, která je potřebná k přetržení a tloušťky zkušebního tělesa v mm.

Tabulka 5. Strukturní pevnost kl.

Směs	Strukturní pevnost kl. (n/mm)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	58,51	3,17
B	74,21	4,03
C	83,25	4,52
D	62,32	3,38



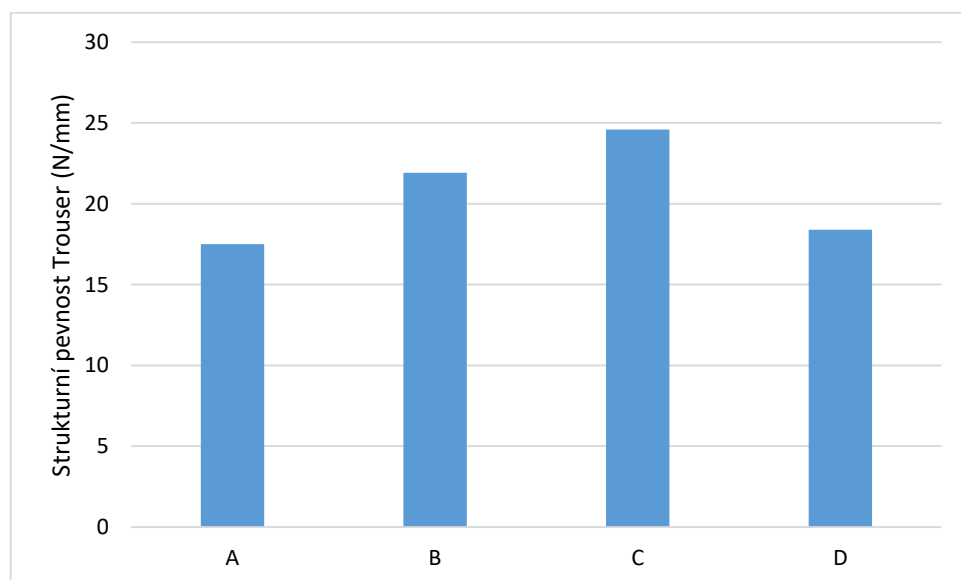
Obrázek 23. Strukturní pevnost klasická

Z výsledků zkoušky strukturní pevnosti klasické vyplývá, že nejvyšší hodnotu má běhounová směs C, naopak směs A vykazuje nejnižší hodnoty, jak je znázorněno na grafu (Obrázek 23.).

4.3.4 Strukturní pevnost Trouser

Tabulka 6. Strukturní pevnost Tr.

Směs	Strukturní pevnost Tr. (n/mm)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	17,51	1,13
B	21,91	1,41
C	24,58	1,58
D	18,39	1,18



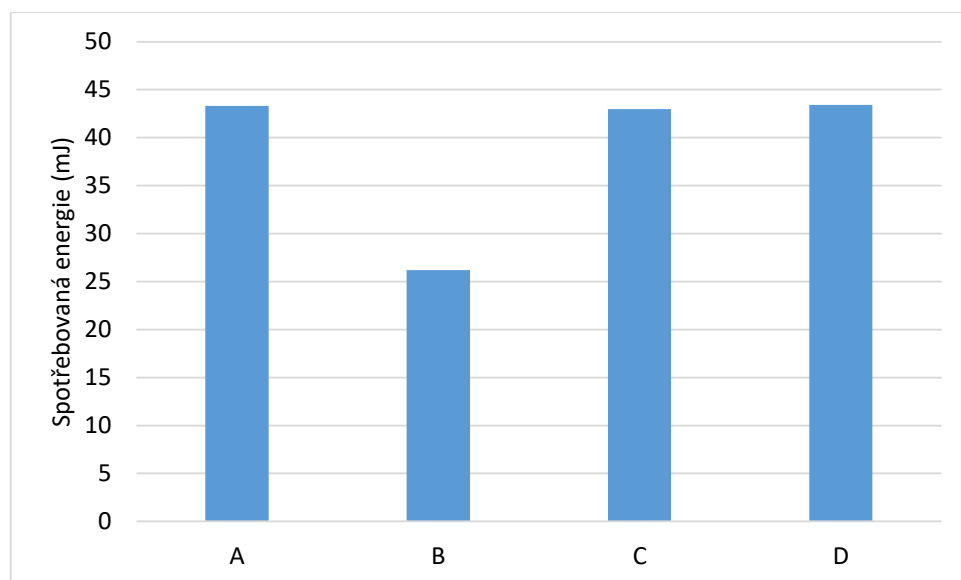
Obrázek 24. Strukturní pevnost Trouser

Z výsledků zkoušky strukturní pevnosti Trouser je patrné, že nejvyšší hodnotu vykazuje směs C. Naopak směs s nejnižší hodnotou je A, jak je patrné z grafu (Obrázek 24.).

4.3.5 Spotřebovaná energie

Tabulka 7. Spotřebovaná energie

Směs	Spotřebovaná energie (mJ)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	43,31	0,36
B	26,21	22,56
C	42,98	0,09
D	43,40	0,01



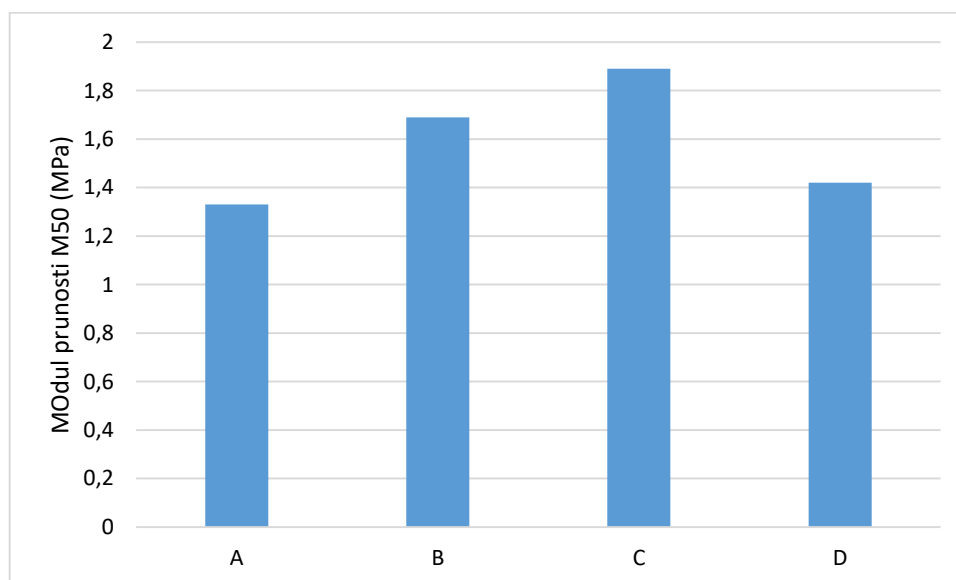
Obrázek 25. Spotřebovaná energie

Z naměřených hodnot při testu opotřebení se ukázalo, že nejvyšší hodnotu spotřebované energie má směs *D*. Těsně za ní se nachází směs *A*. naopak nejmenší hodnotu spotřebované energie při testu opotřebení vykazala směs *B*, jak je patrné z grafu (Obrázek 25.).

4.3.6 Modul pružnosti 50 %

Tabulka 8. Modul pružnosti M50

Směs	Modul pružnosti 50% (MPa)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	1,33	0,07
B	1,69	0,01
C	1,89	0,10
D	1,42	0,08



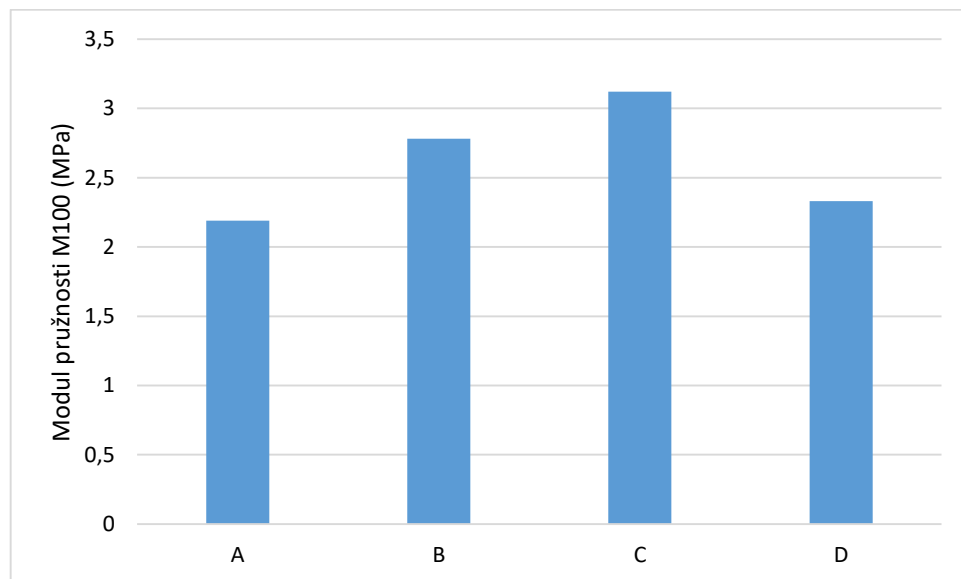
Obrázek 26. Modul pružnosti M50

Z naměřených hodnot modulu $M50$ vyplývá, že nejvyšší hodnotu vykazuje běhounová směs C. Na posledním místě s nejnižší hodnotou je směs A, jak můžeme vyčíst z grafu (Obrázek 26.).

4.3.7 Modul pružnosti 100%

Tabulka 9. Modul pružnosti $M100$

Směs	Modul pružnosti 100% (MPa)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	2,19	0,10
B	2,78	0,31
C	3,12	0,15
D	2,33	0,11



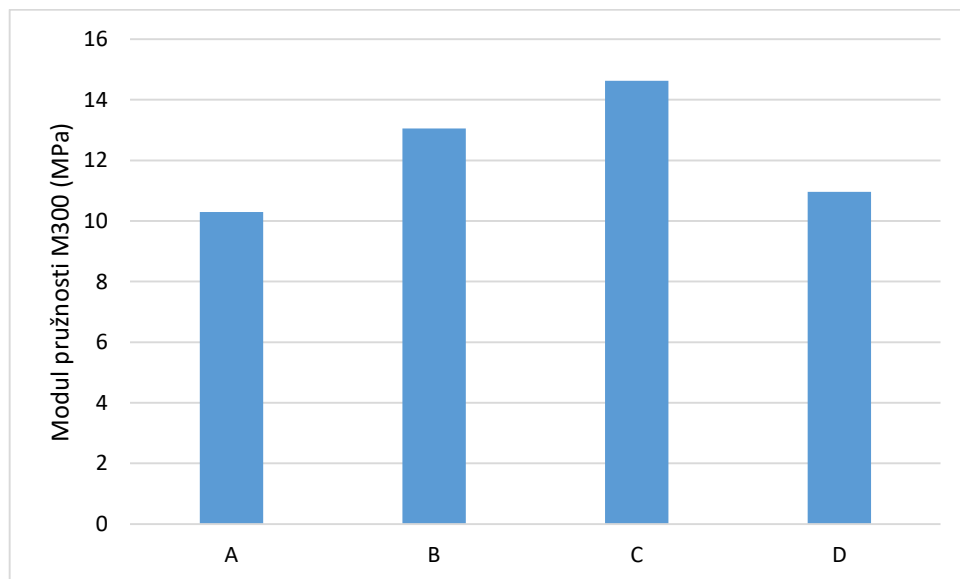
Obrázek 27. Modul pružnosti $M100$

Z výsledků je patrné, že nejvyšší hodnotu modulu $M100$ vykazuje běhounová směs C. Naopak nejnižší hodnotu modulu $M100$ má směs A, jak je patrné z grafu (Obrázek 27.).

4.3.8 Modul pružnosti 300%

Tabulka 10. Modul pružnosti M300

Směs	Modul pružnosti 300% (MPa)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	10,29	0,49
B	13,05	0,63
C	14,63	0,71
D	10,96	0,53



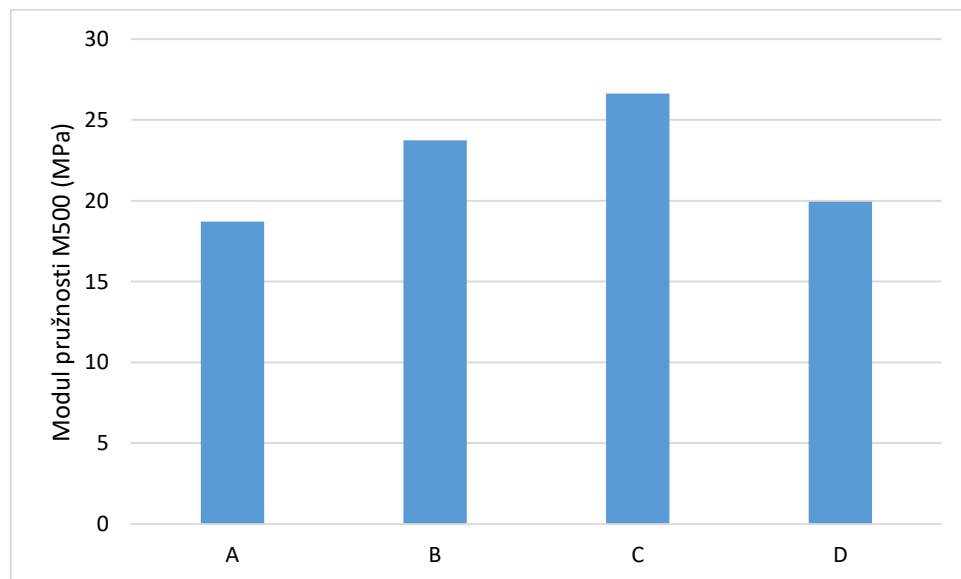
Obrázek 28. Modul pružnosti M300

Z výsledků je patrné, že nejvyšší hodnotu modulu M_{300} má směs C, naopak nejnižší hodnota byla zaznamenána u směsi A, jak je čitelné z grafu (Obrázek 28.).

4.3.9 Modul pružnosti 500%

Tabulka 11. Modul pružnosti M500

Směs	Modul pružnosti 500% (MPa)	Střední kvadratická odchylka aritmetického průměru
A	18,71	0,58
B	23,73	0,74
C	26,62	0,83
D	19,93	0,62



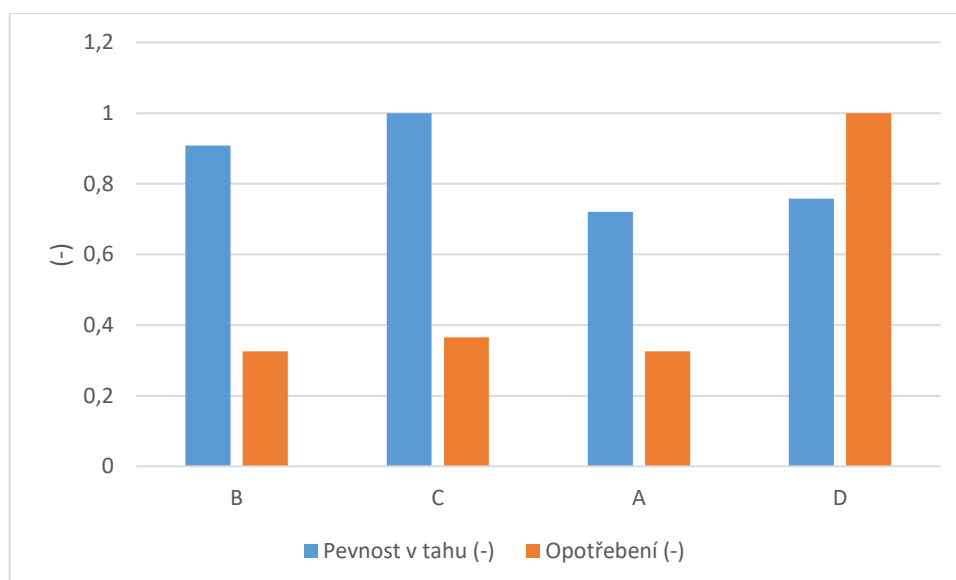
Obrázek 29. Modul pružnosti M500

Z naměřených výsledků vyplývá, že nejvyšší hodnotu modulu $M500$ vykazuje běhounová směs C, naopak nejnižší hodnotou disponuje směs A, jak je patrné z grafu (Obrázek 29.).

5 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

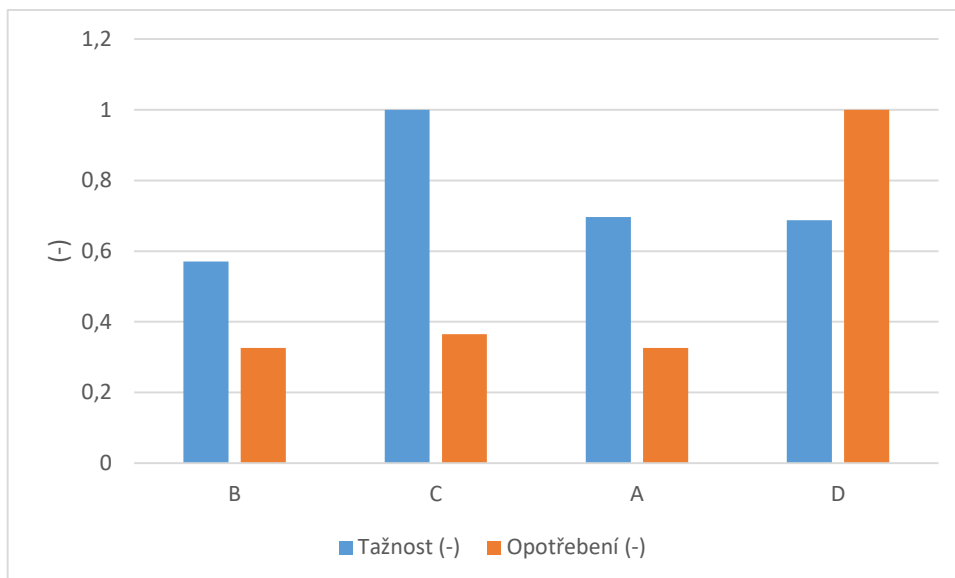
Cílem bakalářské práce bylo porovnání opotřebení 4 druhů běhounových směsí určených pro běhouny silně namáhaných motocyklových pláštů, pláštů pro technická vozidla, zemědělská vozidla a víceúčelová vozidla. Všechny směsi představují reálné výrobky a jsou průmyslově vyráběny a zpracovávány. Naměřené hodnoty byly graficky znázorněny a vyhodnoceny.

Pro snadnější orientaci a rychlé porovnání naměřených hodnot, byly použity tzv. bezrozměrné hodnoty, vyjádřené jako poměr jednotlivých měření, k maximální hodnotě dosažené v průběhu příslušného měření.



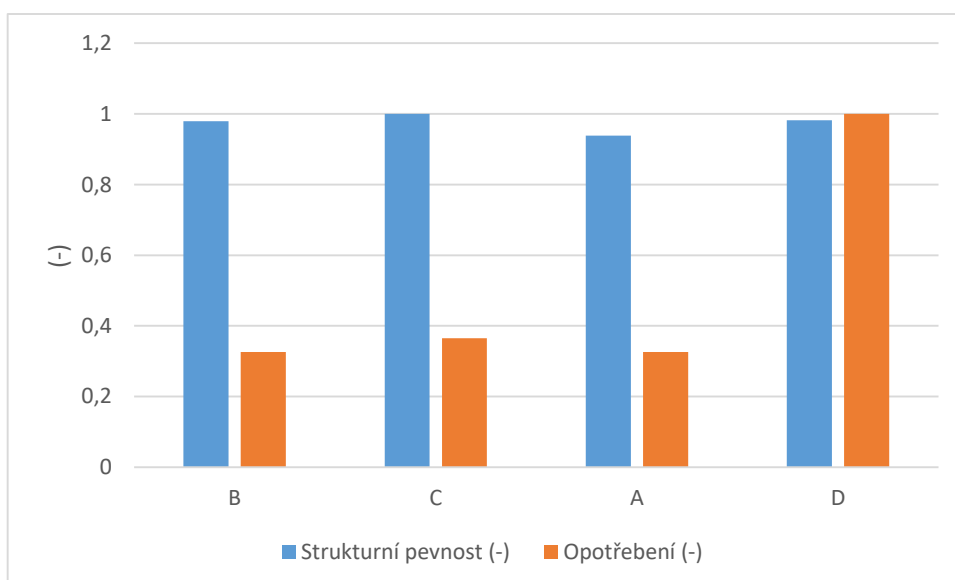
Obrázek 30. Porovnání pevnosti v tahu a opotřebení

Při porovnání pevnosti v tahu a opotřebení vyšlo najevo, že nejmenší hodnotu opotřebení vykazala směs *A*, u které byla zároveň naměřena nejmenší hodnota pevnosti v tahu. Nejvyšší hodnota opotřebení byla naměřena u směsi *D*, přičemž nejvyšší hodnota pevnosti v tahu byla naměřena u směsi *C*, jak je patrné z grafu (Obrázek 30.)



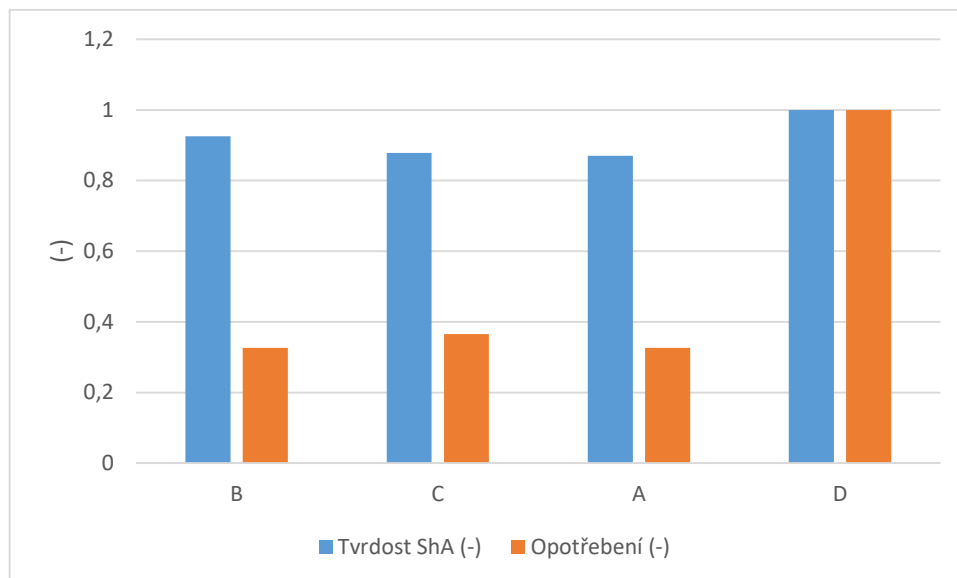
Obrázek 31. Porovnání tažnosti a opotřebení

Při porovnání tažnosti a opotřebení bylo zjištěno, že nejvyšší hodnoty tažnosti byly naměřeny u směsi C, která zároveň vykázala druhou nejvyšší míru opotřebení. Největší opotřebení bylo naměřeno u směsi D, která zároveň vykázala druhou nejvyšší tažnost, jak je čitelné z grafu (Obrázek 31.)



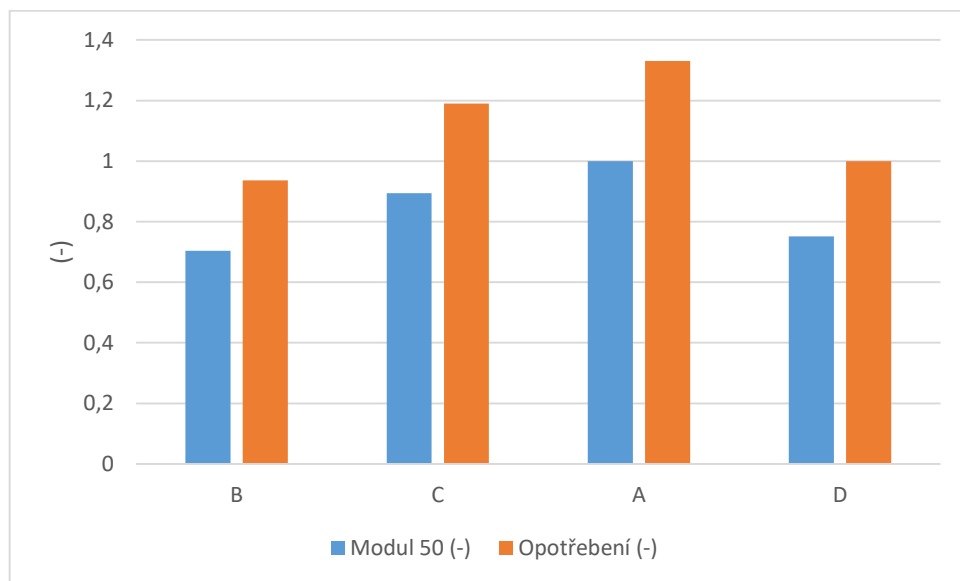
Obrázek 32. Porovnání strukturální pevnosti a opotřebení

Na grafu (Obrázek 32.) je při porovnání strukturní pevnosti a opotřebení patrné, že nejvyšší míru opotřebení vykazuje běhounová směs *D*, která zároveň vykazuje také nejvyšší hodnoty strukturní pevnosti. Nejmenší hodnoty strukturní pevnosti a opotřebení byly zjištěny u směsi *A*. Zde je patrné, že čím vyšší bude hodnota strukturní pevnosti, tím vyšší bude míra opotřebení.



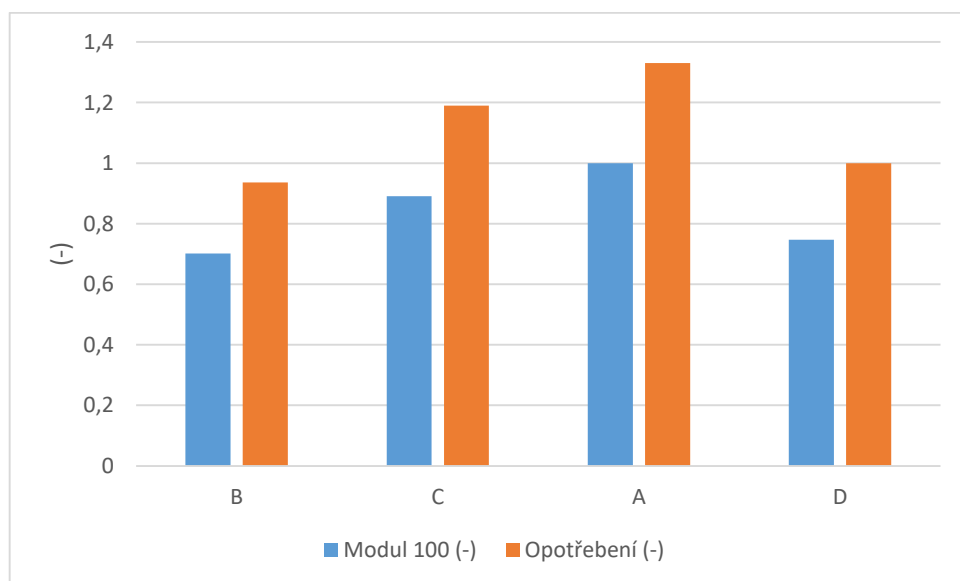
Obrázek 33. Porovnání Shore A a opotřebení

Porovnáním výsledků tvrdosti *Shore A* a opotřebení vyplývá, že směs *D* vykazuje nejvyšší hodnoty obou zkoušek. Naopak směs *A* má nejnižší hodnoty jak je patrné z grafu (Obrázek 33.)



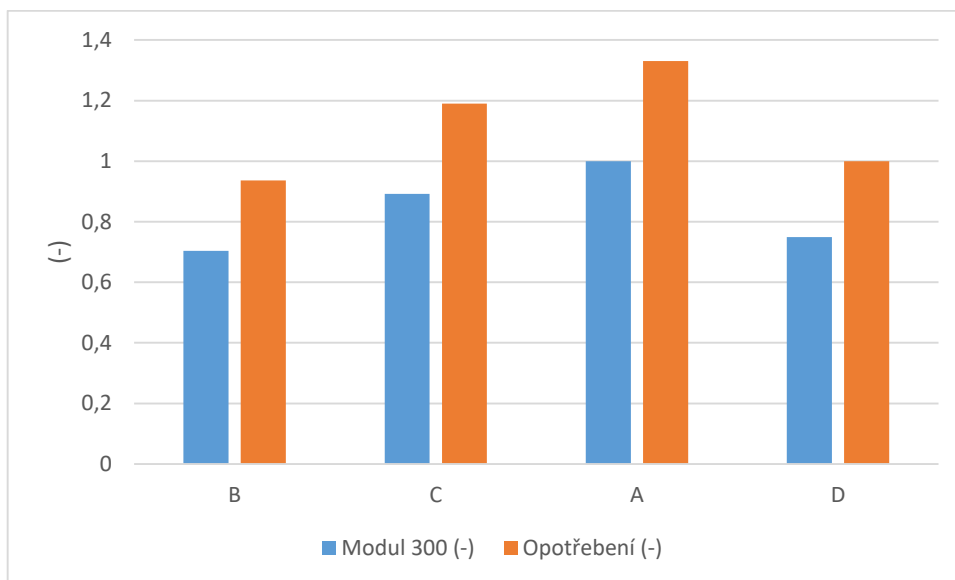
Obrázek 34. Porovnání modulu M50 a opotřebení

Dle grafu (Obrázek 34.) nám při porovnání hodnot modulu $M50$ a opotřebení vyšlo najevo, že běhounová směs A vykazuje nejvyšší hodnotu jak opotřebení, tak i modulu $M50$. Naopak nejnižší hodnoty vykazuje směs D . Je tedy patrné modul $M50$ je závislý na opotřebení.



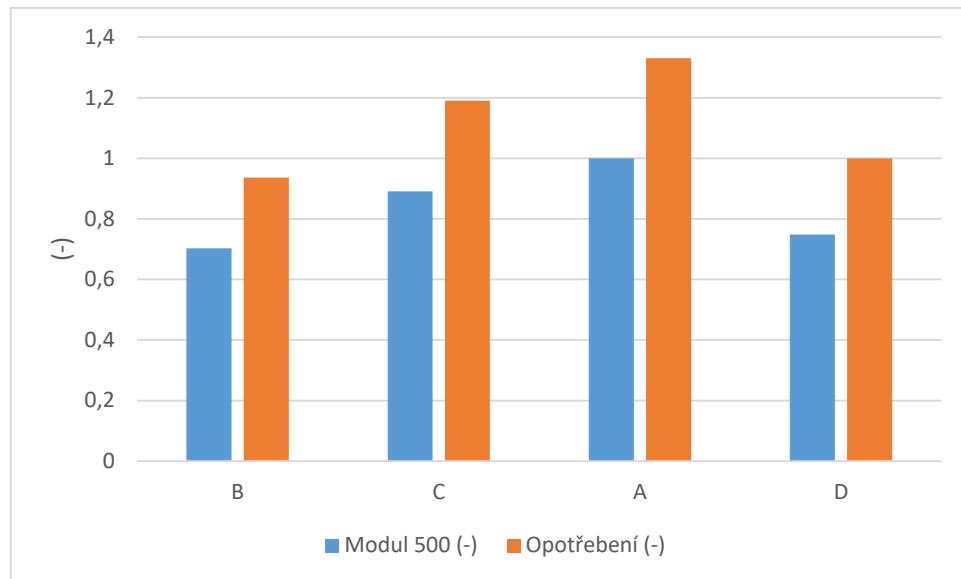
Obrázek 35. Porovnání modulu M100 a opotřebení

Z Grafu (Obrázek 35.) vyplývá, že směs *A* disponuje nejvyššími hodnoty modulu *M100* i opotřebením. Nejnižší hodnoty patří ke směsi *B*. To znamená, že čím vyšší bude opotřebením, tím vyšší bude modul *M300*.



Obrázek 36. Porovnání modulu *M300* a opotřebením

Při porovnání následujících hodnot, modulu *M300* a opotřebením, má nejvyšší hodnoty směs *A*. Naopak u směsi *B* je patrné, že zde jsou hodnoty nejnižší, jak je čitelné z grafu (Obrázek 36.). Opět je opotřebením závislé na modulu.



Obrázek 37. Porovnání modulu M500 a opotřebení

Z grafu (Obrázek 37.) nám při posledním srovnání vyplývá, že směs *A* vykazuje nejvyšší hodnoty jak modulu M500 tak i opotřebení. Následuje směs *C* a *D*. Nejnižší hodnoty obou srovnávaných zkoušek, má směs *B*. Je tedy patrné, že čím vyšší bude opotřebení, tím vyšší bude modul *M500*.

ZÁVĚR

Bakalářská práce řeší problém opotřebení silně namáhaných běhounových směsí, určených pro výrobu pneumatik pohybujících se v náročných terénních podmínkách. Cílem bakalářské práce bylo porovnání opotřebení 4 druhů vybraných běhounových směsí určených pro běhouny silně namáhaných motocyklových pláštů, pláštů pro technická vozidla, zemědělská vozidla a víceúčelová vozidla. Všechny směsi představují reálné výrobky a jsou průmyslově vyráběny a zpracovávány. Naměřené hodnoty byly graficky znázorněny a vyhodnoceny.

Pro snadnější orientaci a rychlé porovnání naměřených hodnot, byly použity tzv. bezrozměrné hodnoty, vyjádřené jako poměr jednotlivých měření, k maximální hodnotě dosažené v průběhu příslušného měření.

Byla provedena série zkoušek zahrnující jak statické, tak dynamické zkoušky běhounových směsí. Výsledky zkoušek byly porovnány s mírou opotřebení naměřených u jednotlivých běhounových směsí.

Z výsledků měření vyplynulo, že míra opotřebení závisí na mechanických vlastnostech. Při vyšších hodnotách pevnosti v tahu byla míra opotřebení testovaných běhounových směsí vyšší. Naopak při nižší pevnosti v tahu, kdy se projevila vyšší tažnost testované běhounové směsi, byla zjištěna větší odolnost proti opotřebení.

Pokud byla tvrdost testované běhounové směsi vyšší, byla zjištěna také vyšší hodnota opotřebení. Naopak nižší hodnota opotřebení u testovaných běhounových směsí byla spojena nižší hodnotou tvrdosti.

V případě, že bude plášť pneumatiky vyroben podle zmíněných výsledků, bude pneumatika nižší tvrdosti a pevnosti vykazovat větší odolnost proti opotřebení. Běhoun pneumatiky bude kopírovat terénní nerovnosti a jeho deformační složky budou mnohem větší. Pokud však bude běhoun vyroben z tvrdé pevné směsi, bude takový běhoun pneumatiky vykazovat výrazné poškození už v samotném počátku. Směs nebude schopna kopírovat terénní nerovnosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FISCHER, Miroslav. *Konstrukce pneumatik: učební text pro 4. ročník středních průmyslových škol chemických*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962.
- [2] MARCÍN, Jiří. *Pneumatiky: Gumárenské výroby I*. Praha: SNTL, 1985.
- [3] MAREŠ, Alois. *Konstrukce pneumatik*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958.
- [4] MARCÍN, Jiří. *Pneumatiky - výroba, použití, údržba*. Praha: SNTL, 1976.
- [5] KOMÁREK, Zdeněk. *Přehled výroby pryže*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1973.
- [6] *Autolexicon.net* [online]. Praha: Jan Sajdl, 2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/konstrukce-pneumatiky/>. ISSN 1804-2554.
- [7] *Pneumatikar.cz* [online]. Praha, 2010 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.pneumatikar.cz/technicky-radce>
- [8] KOLEČEK, Petr a Bronislav RŮŽIČKA. *Pneumatiky pro váš automobil*. Brno: CP Books, 2005. Rady a tipy pro řidiče (CP Books). ISBN 80-251-0561-X.
- [9] *Pneuporadna* [online]. Jakub Raš, 2015 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.pneuporadna.cz/vse-o-pneu/valivy-odpor-pneumatik>
- [10] SCHINDLER, Juraj, Jiří DROBNÝ a Zdeněk KOMÁREK. *Základy gumárenskej technológie*. 1. vyd. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1966. Malá technická knižnica (Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry).
- [11] MARCÍN, Jiří. *Příprava gumárenských směsí*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961. Knižnice dělníka v chemickém průmyslu.
- [12] JOHNSON, Peter S. *Rubber processing: an introduction*. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 2001. ISBN 1569903093.
- [13] MAŇAS, Miroslav. *Výrobní stroje a zařízení*. Brno: Vysoké učení technické, 1990. ISBN 80-214-0213-X.
- [14] ČERVENÝ, Josef. *Výroba automobilových pneumatik*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1957.

- [15] KUBÍK, Josef a Arnošt ZYTKA. Zkušební metody v gumárenství. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. Gumárenská technologie.
- [16] MACHEK, Václav. Kovové materiály 2: vlastnosti a zkoušení kovových materiálů. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05527-4.
- [17] *Strojírenská technologie část I. - II.: Studijní text pro tříletý učební obor zámečnick* [online]. Olomouc: Müller Miloslav, 2011 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.unicprum.cz/index.php/component/phocadownload/category/9-ucebnice?download=52:strojni-mechanik-ucebnice>.
- [18] HŮSEK, Ondřej. *Bakalářská práce: Testování opotřebení běhounových směsí pro výceúčlové pneu*. 53 s. 2013. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [19] Toroid. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-04-02].
- [20] *SpolehlivePneu.cz* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.spolehlivepneu.cz/blog/radialni-a-diagonalni-pneumatiky-87.html>
- [20] *Zrunek* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.zrunek.at/cz/viton/kompetence/fluoroelastomery/vlastnosti/vyznam-zruelast-fpm-viton-fkm.html>
- [21] *Wuxi dvojí slon guma a plasty stroje* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://cz.sx-rubbermachine.com/equipment-for-rubber-mixing/rubber-kneader-mixing-machine.html>
- [22] *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/izolovani-vodivych-jader-v-kabelove-technice/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

M 50	Modul pružnosti při 50 % protažení [MPa]
M 100	Modul pružnosti při 100 % protažení [MPa]
M 300	Modul pružnosti při 300 % protažení [MPa]
M 500	Modul pružnosti při 500 % protažení [MPa]
Tr	Trousers [N/mm]
ShA	Shore A

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1. Toroid [19]</i>	13
<i>Obrázek 2. Diagonální pneumatika [20]</i>	15
<i>Obrázek 3. Radiální pneumatika [20]</i>	16
<i>Obrázek 4. Běhoun [6]</i>	17
<i>Obrázek 5. Nárazník [6]</i>	18
<i>Obrázek 6. Kostra [6]</i>	19
<i>Obrázek 7. Bočnice [6]</i>	19
<i>Obrázek 8. Vnitřní gumová vložka [6]</i>	20
<i>Obrázek 9. Patka [6]</i>	21
<i>Obrázek 10. Patní lanko [6]</i>	22
<i>Obrázek 11. Dvouválec [20]</i>	32
<i>Obrázek 12. Hnětací stroj [21]</i>	32
<i>Obrázek 13. Vytlačovací stroj [22]</i>	34
<i>Obrázek 14. Zkoušení únavy pneumatik [15]</i>	37
<i>Obrázek 15. Měření zahřívání pneumatik [1]</i>	38
<i>Obrázek 16. Zkoušení protlačovacím trnem [1]</i>	39
<i>Obrázek 17. Schéma zařízení pro testování opotřebení</i>	42
<i>Obrázek 18. Rozměr a tvar zkušební vzorku [18]</i>	43
<i>Obrázek 19. Opotřebení</i>	44
<i>Obrázek 20. Tvrdost Shore A</i>	45
<i>Obrázek 21. Tahová zkouška</i>	46
<i>Obrázek 22. Tažnost</i>	47
<i>Obrázek 23. Strukturální pevnost klasická</i>	48
<i>Obrázek 24. Strukturální pevnost Trouser</i>	49
<i>Obrázek 25. Spotřebovaná energie</i>	50
<i>Obrázek 26. Modul pružnosti M50</i>	51
<i>Obrázek 27. Modul pružnosti M100</i>	52
<i>Obrázek 28. Modul pružnosti M300</i>	53
<i>Obrázek 29. Modul pružnosti M500</i>	54
<i>Obrázek 30. Porovnání pevnosti v tahu a opotřebení</i>	55
<i>Obrázek 31. Porovnání tažnosti a opotřebení</i>	56
<i>Obrázek 32. Porovnání strukturální pevnosti a opotřebení</i>	56

<i>Obrázek 33. Porovnání Shore A a opotřebení</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 34 Porovnání modulu M50 a opotřebení</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 35. Porovnání modulu M100 a opotřebení</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 36. Porovnání modulu M300 a opotřebení</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 37. Porovnání modulu M500 a opotřebení</i>	<i>60</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1. Opatření</i>	43
<i>Tabulka 2. Tvrdost Shore A</i>	44
<i>Tabulka 3. Pevnost v tahu</i>	46
<i>Tabulka 4. Tažnost</i>	47
<i>Tabulka 5. Strukturální pevnost kl.</i>	48
<i>Tabulka 6. Strukturální pevnost Tr.</i>	49
<i>Tabulka 7. Spotřebovaná energie</i>	50
<i>Tabulka 8. Modul pružnosti M50</i>	51
<i>Tabulka 9. Modul pružnosti M100</i>	52
<i>Tabulka 10. Modul pružnosti M300</i>	53
<i>Tabulka 11. Modul pružnosti M500</i>	54

PŘÍLOHA PI: CD ROM