

# Vliv plniva na opotřebení běhounových směsí

Radek Soukup

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek SOUKUP**

Osobní číslo: **T10318**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv plniva na opotřebení 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 Mañas, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **8. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: RAPEK SOULUP

Obor: TZ

## 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<sup>1)</sup>;
- 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<sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> 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<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit 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 10. 5. 2013



<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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**

Předložená práce se zabývá testováním běhounových směsí, které jsou namáhané při velmi náročných terénních podmínkách.

Měření byly prováděny na pryžových dílech, jejichž rozměry byly pro dané měření normalizované.

Jednotlivé hodnoty, které jsme naměřili, pak byly porovnávány s opotřebením.

Klíčová slova: opotřebení pryžových dílů, pneumatika, běhoun.

## **ABSTRACT**

Submitted thesis deals with tread alloys testing, which are strained in very sophisticated terrain conditions.

Measurements were done at rubber parts. Dimensions of such parts were normalized for given measurement.

Particular measured values were compared with wear of rubber parts.

Keywords: wear of rubber parts, tire, tread.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat doc. Ing. Davidu Maňasovi, Ph.D. vedoucímu mé bakalářské práce, za jeho cenné rady, inspiraci a trpělivost. Rovněž chci poděkovat všem, kteří mi při práci pomáhali a podporovali mě.

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

Ve Zlíně .....

.....

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 PNEUMATIKA</b> .....	<b>13</b>
1.1 HISTORIE PNEUMATIK .....	13
1.2 TYPY PNEUMATIK.....	15
1.3 ZÁKLADNÍ POJMY .....	15
1.3.1 Typy plášťů pneumatik podle konstrukce.....	16
1.4 HLAVNÍ ČÁSTI PLÁŠTĚ PNEUMATIK .....	17
1.5 ZNAČENÍ PNEUMATIKY .....	19
1.6 FUNKCE PNEUMATIKY .....	19
1.7 POŽADAVKY KLADENÉ NA PNEUMATIKY .....	19
1.8 ŽIVOTNOST PNEUMATIK .....	20
1.8.1 Tlak vzduchu v pneumatikách .....	20
1.8.2 Stárnutí pneumatik .....	21
1.8.3 Opravy pneumatik.....	21
1.8.4 Likvidace opotřebovaných pneumatik .....	21
<b>2 SUROVINY A MATERIÁLY POUŽÍVANÉ V PNEUMATIKÁŘSKÉM PRŮMYSLU</b> .....	<b>23</b>
2.1 PŘÍRODNÍ A SYNTETICKÉ KAUČUKY .....	23
2.2 PŘÍSADY DO KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ.....	25
2.3 VÝZTUŽNÉ MATERIÁLY .....	25
<b>3 VÝROBA PLÁŠŤŮ PNEUMATIK</b> .....	<b>27</b>
3.1 MÍCHÁNÍ SMĚSÍ PRO VÝROBU PNEUMATIK.....	27
3.2 PŘÍPRAVA A DRUHY POLOTOVARŮ .....	28
3.3 VYTlačOVÁNÍ PROFILŮ .....	29
3.4 POGUMOVÁNÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ A ŘEZÁNÍ TEXTILŮ .....	29
3.5 KONFEKCE PLÁŠŤŮ.....	29
3.5.1 Rozdělení podle profilu konfekce .....	29
3.5.2 Rozdělení podle způsobu celkové skladby radiálního pláště a počtu pracovišť.....	30
3.6 VULKANIZACE A LISOVÁNÍ PLÁŠŤŮ PNEUMATIK.....	30
3.7 VÝSTUPNÍ KONTROLA PLÁŠŤŮ.....	30
<b>4 ZKOUŠKY PNEUMATIK</b> .....	<b>32</b>
4.1 TLAKOVÁ ZKOUŠKA .....	32
4.2 NÁRAZOVÁ ZKOUŠKA.....	32
4.3 ZKOUŠENÍ PNEUMATIK NA ZKUŠEBNÍM STROJI .....	33
4.3.1 Defekty pneumatik na zkušebních strojích .....	33
4.4 SILNIČNÍ ZKOUŠKY .....	34
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>35</b>
<b>5 OPOTŘEBENÍ PRYŽOVÝCH VZORKŮ</b> .....	<b>36</b>



5.1	MĚŘENÉ VLASTNOSTI.....	36
5.1.1	Příprava zkušebních těles .....	36
5.1.2	Tahová zkouška.....	36
5.1.3	Strukturní pevnost .....	41
5.1.4	Tvrdost Shore .....	43
5.2	RYCHLÝ TEST OPOTŘEBENÍ .....	44
5.2.1	Výsledky měření .....	47
<b>6</b>	<b>DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>49</b>
6.1	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ OPOTŘEBENÍ.....	49
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>62</b>

## ÚVOD

Ve Zlíně má pneumatikářský průmysl již 70-ti letou tradici. Z původně malé dílny na výrobu pneumatik se dnes stala jedna z největších továren na výrobu pneumatik v Evropě.

Úplně první česká pneumatika byla roku 1932 vyrobena ve Zlíně a to v závodu Tomáše Bati a nesla název Baťa.

Název firmy Barum vznikl v roce 1946. Tento název vznikl z počátečních firem Baťa, Rubena, Matador. V roce 1953 byl podnik zestátněn a přejmenován na Rudý říjen.

V roce 1972 byla postavená nová pneumatikárna v Otrokovicích, která měla rozlohu 13 hektarů. V roce 1989 Barum změnil status podniku na akciovou společnost, pod názvem Barum a.s. a prakticky v tu dobu se začalo pracovat na spojení s novým partnerem. Tím se roku 1992 stal gigantický pneumatikářský koncern Continental.[1]

Automobily se prostřednictvím kol s pneumatikou stýkají s vozovkou nebo s povrchem, po kterém se pohybují. Kola s pneumatikou (dále jen pneumatiky) mají při tom za úkol přenášet všechny síly vycházející z vozidla na vozovku a naopak přenášet síly vycházející z vozovky na vozidlo. Pneumatika proto musí plnit následující funkce:

- přenášet svislé síly mezi kolem a vozovkou, tečné síly a boční síly
- umožnit pohyb vozidla v důsledku valení
- tvořit součást pérování vozidla svou pružností

Pneumatika plní na kole automobilu výše zmíněné funkce. Při plnění těchto funkcí musí pneumatika zajistit, aby jízda automobilu byla ve všech jízdních režimech co nejbezpečnější a co nejpříjemnější pro řidiče a posádku. Jízdními režimy rozumíme akceleraci, brzdění a volnou jízdu automobilu po vodorovné, klesající nebo stoupající vozovce při různých klimatických a povětrnostních podmínkách, dále pak jízdu zatáčkou buď v případě, kdy vozidlo projíždí zatáčkou bez brzdění či akcelerace, nebo v případě, že vozidlo zrychluje či zpomaluje. Průjezd zatáčkou musí být co nejbezpečnější ve všech klimatických podmínkách. Pneumatika na kole automobilu musí také zajistit co nejstabilnější chování vozidla při náhlém natočení volantu a vybočení rejdových kol automobilu z přímého směru. Dále musí pneumatika zajistit dobrý tlumící efekt při přejezdu kol přes nerovnosti, ale nesmí při tom dopustit vznik ztráty nebo nedostatečného kontaktu pneumatiky s povrchem vozovky. Aby došlo ke splnění těchto požadavků, musí pneumatika mít schopnost nést určitou zátěž bez výrazné deformace, mít schopnost tlumit nárazy, přenášet

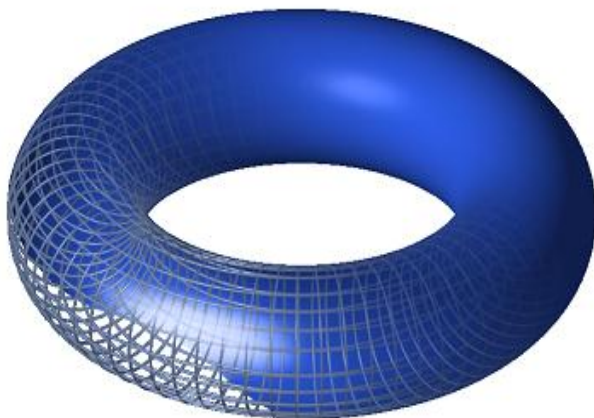
hnací a brzděné síly, vyvíjet boční síly, vyznačovat se dobrou adhezí k vozovce za různých podmínek, být rozměrově stabilní, mít určitou životnost, dobře reagovat na řízení, klást minimální valivý odpor, vyvíjet co nejméně hluku a vibrací, mít minimální hmotnost. Ideální pneumatiky by měly zprostředkovávat perfektní jízdní, brzděné a akcelerační vlastnosti automobilu za všech teplot, v každých povětrnostních podmínkách a na všech druzích povrchů. Měly by zabezpečit ideální jízdní komfort (nízká hlučnost) při minimálním odporu valení (nízká spotřeba pohonných hmot). Všechny jmenované schopnosti by měla ideální pneumatika mít po neomezenou dobu, po co největší počet ujetých kilometrů a to všechno za minimální pořizovací cenu.

Většina z výše uvedených vlastností „ideální pneumatiky“ je z hlediska její výroby a vlastností použitých materiálů navzájem protichůdná. To znamená, že je například složité vyrobit pneumatiku, která se bude pyšnit dlouhou životností (tvrdá směs + malé procento drážek v dezénu) a současně bude vykazovat vynikající chování při brzdění na mokřem povrchu (měkká směs + velké procento drážek v dezénu). Pneumatika s excelentním chováním při brzdění a akceleraci při všech teplotách (nízká tuhost směsi + speciální cenově náročné přísady) nebude již vykazovat excelentní chování při jízdě zatáčkou. Což je způsobeno malou tuhostí v axiálním směru pneumatiky a nebude patřit mezi nejlevnější. Výrobci pneumatik se proto snaží najít neoptimálnější kompromisy dlouholetým vývojem, experimentováním a množstvím výrobních zkoušek pneumatik. Reálné chování a schopnosti pneumatik obutých na discích automobilu lze však zjistit pouze při provádění silničních zkoušek pneumatik. Mezi nejvíce aplikované zkoušky patří například zkouška brzděných vlastností s ABS a bez ABS regulace. Zkouška se provádí na suchu a mokru u letních pneumatik a navíc na sněhu a ledu u zimních pneumatik. Mezi další hojně prováděné zkoušky patří zkouška ovladatelnosti na různých druzích povrchu, zkouška vzniku podélného aquaplaningu, zkouška bočního vedení pláště v zatáčce, zkouška odporu valení, zkouška hlučnosti a v neposlední řadě z ekonomického hlediska velice zajímavá zkouška životnosti pláště. [2]

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PNEUMATIKA

Pneumatika strukturně složitý celek, tvořící uzavřený prstenek toroidního tvaru. Pracuje na principu tlakové nádoby a její stěny tvoří pružná membrána. Pneumatiky se dělí podle jejich provedení na pneumatiky s duší a bezdušové pneumatiky. Pláš je pružná část pneumatiky, která zabezpečuje styk s vozovkou a svou patkovou částí dopadá na ráfek. [17]



*Obr. 1. Toroid [3]*

### 1.1 Historie pneumatik

V současné době jsou pro nás pneumatiky samozřejmou součástí dopravních prostředků. Vývoj technologií pneumatik má však již více než dvěstěletou historii.

Kolem roku 1833 se začalo používat kaučukových obručí na kola lehkých kočárů. Roku 1845 byla zhotovena plná kaučuková obruč, která se navlékala na ráfek kola. To bylo v době, kdy vulkanizace kaučuku nebyla ještě rozšířená. Obruče se vyráběly ze surového kaučuku, takže měly malou odolnost vůči trvalým deformacím. O několik let později se začaly objevovat u kočárů plné obruče z vulkanizované pryže. Nebyly to však obruče připevněné natrvalo k ráfku, nýbrž se vyráběly menší a byly na ráfku navlečeny, takže v jeho prohloubení držely napětím. Toto upevnění se posléze ukázalo jako nevýhodné, protože z ráfku padaly.

Proto se hledaly lepší způsoby, jak upevnit pryžovou obruč na ráfek. V letech 1880 až 1890 bylo navrženo mnoho patentů na principu upevnění do záhybu ráfku. Nejdůležitější

z nich byl patent Carmontův. Používalo se ho nejprve v Anglii poté i v Americe. Obruč držela v ráfku pomocí bočního zářezu. Nevýhodou bylo že se hodily jen pro velmi úzké ráfky. Proto se v 90. letech hledaly další způsoby upevnění. Začalo se používat obručí, které měly patku různě zesílenou.

Asi roku 1910 se začal rozšiřovat 3 způsob upevnění obruče na ráfku a to tvrdou pryží. Tyto obruče se hodily též pro nákladní automobily.

První pneumatická obruč byla roku 1845 Thompsonem, ale ta se příliš neosvědčila. Roku 1888 si dal John B. Dunlop patentovat pneumatickou obruč pro velociped. Dunlopova pneumatická obruč měla duši ovinutou plátem. Vnitřní duše se navlekla na ráfek a nahstila vzduchem. Ráfek byl dřevěná a duše se na něm zajistila tak, že se ovinula textilem namáčeným v kaučukovém lepidle. V roce 1889 navrhl Thompson Nový druh kotouče, který měl zvláštní běhoun na té části, která přichází do styku s vozovkou. Běhoun byl silnější a pevnější než ostatní části obruče.

Koncem roku 1898 se rozšířily automobily. Jejich složitý mechanismus a poměrně vysoká rychlost vedly k hledání lepších a trvanlivějších pneumatik.

V letech 1900 až 1905 převládala pneumatika se záhybem. Do ráfku, který měl boční záhyby se upevňovala pneumatika pomocí záhybu na patkách. Záhyby byly vyztuženy tuhým jádrem, aby pneumatika lépe seděla na ráfku. U lehčích automobilů se tyto pneumatiky osvědčily a byly zcela bezpečné. Potíže se objevily až tehdy, když se začala vyrábět těžká vozidla. To vedlo k vývoji nového typu pneumatiky a to k pneumatikám s rovnou patkou. Asi do roku 1920 se vyráběly oba typy pneumatik, se záhybem pro lehká vozidla a s rovnou patkou pro těžká vozidla. Později převládaly pneumatiky s rovnou patkou, protože se lépe montovaly na ráfek, snáze vyrábějí a jsou bezpečnější. Největší vliv na vývoj pneumatik měly obě světové války, neboť vojska potřebovala kvalitní a odolné pneumatiky s vysokou životností.[16]

Dnešní pneumatiky zaručují vysokou bezpečnost, komfort a v neposlední řadě se výrobci zaměřují na to, aby pneumatika dosáhla co nejmenšího valivého odporu a tím dosáhla nižší spotřeby paliva.

## 1.2 Typy pneumatik

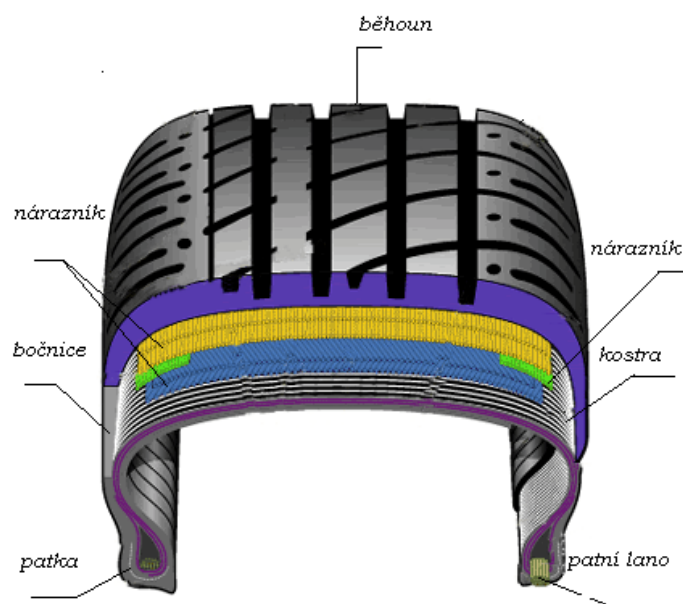
Pneumatiky se rozdělují podle Druhu vozidla, na kterém jsou použity a podle po vrchu na kterém budou používány.

### Rozdělení pneumatik podle použití:

- a) jízdní kola
- b) skútry, motokola a vozíky
- c) motocykly
- d) osobní automobily
- e) dodávkové automobily
- f) lehké nákladní automobily
- g) nákladní automobily, autobusy a přívěsy
- h) zemědělská vozidla
- i) traktory a stroje na zemní práce
- j) letadla
- k) závodní a soutěžní vozidla

## 1.3 Základní pojmy

Norma ČSN 64 0001 značí složený termín pneumatika. Tím se myslí plášť, popřípadě s duší a vložkou, namontovaný ráfek a naplněný tlakovým médiem (Obr. 2) [5]



Obr. 2. Pneumatika [5]

Řešení pneumatiky se určuje hlavně podle jejího použití.

### 1.3.1 Typy plášťů pneumatik podle konstrukce

#### a) Diagonální plášť

Jeho kostra je složená vložkami, jejichž kordy se v jednotlivých vrstvách kříží pod úhlem  $32^\circ$  až  $40^\circ$  vůči střední rovině běhounu.[17]



Obr. 3. Konstrukce diagonální pneumatiky [5]

#### b) Radiální plášť

Má kostru tvořenou vložkami, jejichž kordy jsou uloženy vzhledem k středové rovině běhounu pod úhlem  $90^\circ$ . [17]



Obr. 4. Konstrukce radiální pneumatiky [5]



## c) Plášť smíšené konstrukce

Tento plášť je nazývaný i plášť diagonální s pásem. Tvoří přechod mezi diagonálním a radiálním pláštěm. [17]

#### 1.4 Hlavní části pláště pneumatik

**Běhoun** – je část pláště opatřená vzorkem, která obepíná kostru a chrání ji před poškozením, mechanickým porušením, opotřebením, i atmosférickými vlivy. Přenáší taky záběr vozu na vozovku. [16]



Obr. 5. Běhoun pneumatiky[5]

**Nárazník** – je část pláště, jenž je mezi kostrou a běhounem a tlumí nárazy přenášené z vozovky běhounem na kostru. Spojuje také kostru s běhounem. [16]



Obr. 6. Nárazník pneumatiky [5]

**Kostra** – je část pláště, která dodává pneumatice nutnou pevnost, aby mohla nést požadované zatížení. [16]



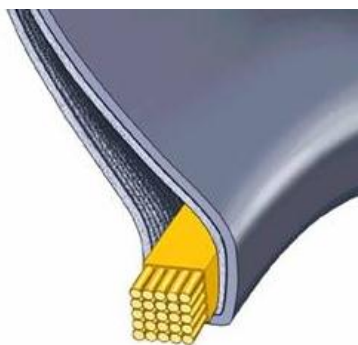
*Obr. 7. Kostra pneumatiky [5]*

**Bočnice** – je vrstva pryže na boku pláště, která chrání boční část kostry před poškozením a před povětrnostními podmínkami. [16]



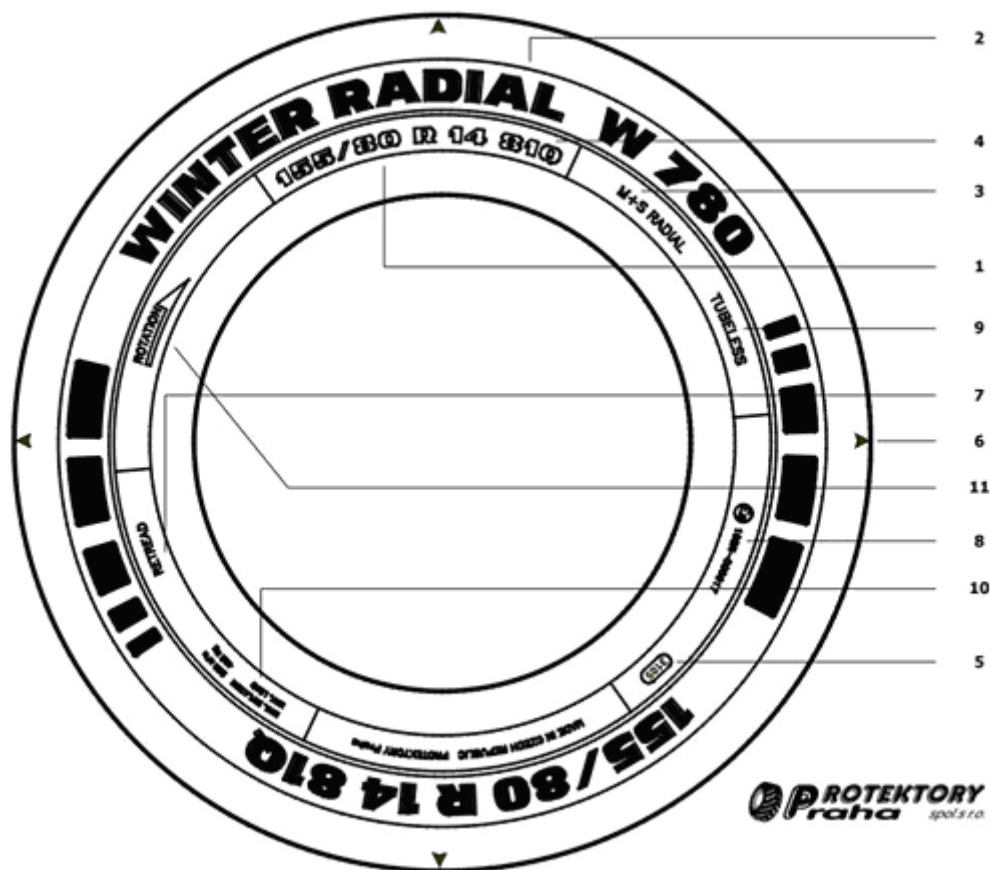
*Obr. 8. Bočnice pneumatiky [5]*

**Patní lano** – Upevňují pneumatiku na ráfku kola. Základ patky tvoří ocelový kroužek. [16]



*Obr. 9. Patní lano [5]*

## 1.5 Značení pneumatiky



Obr. 10 Značení pneumatiky na bočnici [6]

1 – označení rozměrů pláště, 2 – obchodní značka, označení dezénu  
 3 – zimní pneumatika, 4 – rychlostní kategorie, 5 – datum výroby, 6 – indikátor opotřebení,  
 7 – mezinárodní značka protektorované pneumatiky, 8 – homologační znak, 9 – bezdušový  
 plášť, 10 – největší nosnost pneumatiky, 11 – předepsaný směr otáčení, [6]

## 1.6 Funkce pneumatiky

Schopnost tlumit rázy od vozovky, přenášení brzděné a hnacího momentu, mít vysokou adhezi (přilnavost k vozovce) i za různých podmínek, klást co nejmenší valivý odpor, být co nejméně hlučná a mít co nejdelší životnost. Taky musí být co nejvíce rozměrově stabilní a co nejlépe reagovat na změnu směru jízdy.[5]

## 1.7 Požadavky kladené na pneumatiky

Snést vysoké zatížení, vydržet vysokou rychlost jízdy, dobře tlumit rázy, překonávat nerovnosti při minimálním vychýlení osy kola, ovládnání smyku, nezpůsobovat vibrace kola,

mít co největší odolnost proti opotřebení a tedy co největší životnost v kilometrech, mít dobrý záběr, co nejmenší spotřebu paliva a co nejvyšší odolnost proti průrazu. [7]

## 1.8 Životnost pneumatik

Životnost pneumatiky je podmíněna mnoha aspekty, které mohou životnost pneumatiky značně zkrátit.

### 1.8.1 Tlak vzduchu v pneumatikách

Na tlak závisí všechny funkce pneumatiky: bezpečí, spotřebu a pohodlí. Nízký, ale i vysoký tlak v pneumatice má negativní vliv nejen na životnost pneumatik ale i na jejich jízdní vlastnosti. Větší nebezpečí je způsobeno nízkým tlakem v pneumatice a to proto, že nízký tlak způsobuje tyto negativní vlastnosti:

**Jízdní vlastnosti** – Vozidlo se hůře ovládá a špatně reaguje na změnu směru jízdy při pootočení volantem.

**Bezpečnost** – Při podhuštění se prodlužuje i brzdná dráha vozidla a to v průměru o 4 metry.

**Výkon** – Při podhuštění pneumatiky se zvyšuje valivý odpor a tím roste jak spotřeba paliva, tak emise výfukových plynů.

**Životnost** – Při jízdě na podhuštěné pneumatice se pneumatika nadměrně opotřebovává.

**Odolnost proti poškození** – Pokud je pneumatika podhuštěná tak se podstatně zvyšuje riziko průrazu cizím předmětem. [8]

Aby se tomu zabránilo, je třeba dodržovat následující zásady:

- a) Pravidelná kontrola tlaku vzduchu v pneumatikách a to za studena. Při zahřátí je měření nepřesné.
- b) Při ztrátě čepičky ventilku ihned musíme nasadit novou. Jinak by mohlo dojít k poškození ventilku.
- c) Pravidelná kontrola tlaku vzduchu v rezervní pneumatice je taky velmi důležitá. Platí, že by hodnota tlaku v rezervě, měla být vyšší, než hodnota tlaku v pneumatikách na voze. Ten upravíme, až rezervu namontujeme na vozidlo.

### 1.8.2 Stárnutí pneumatik

Stárnutí pneumatik probíhá dlouhodobě. Dochází k němu v důsledku fyzikálně chemických jevů díky přítomnosti kyslíku a ozonu. Stárnutí negativně ovlivňuje provozuschopnost pláštěů.

Pneumatiky, které jsou starší 10 let se mohou používat jen za předpokladu, že byly již dříve používány normálním způsobem. V žádném případě není povoleno používat pláště, které byly skladovány po dobu 10 let. Nejvíce podléhají stárnutí pneumatiky, které jsou používány na obytných karavanech a to z důvodů dlouhých provozních přestávek a zatížení jen jedné části běhounu. Tyto pneumatiky by měly být vyměňovány pravidelně a to i při malém opotřebenání.

Rezervní pneumatiky starší 6 let nelze používat v běžném silničním provozu, ale jen v nutnosti dojetí. [9]

### 1.8.3 Opravy pneumatik

Pneumatika je v provozu velmi namáhána a vozovka nebývá vždy bezvadná a často musí vozidlo jezdit i terénem, tak velmi často dochází k poškození běhounu tím, že pneumatika najede na ostrý předmět. Při dobrém ošetřování a opatrné jízdě lze tyto defekty značně omezit. Do opravy přicházejí ale i pneumatiky, poškozené právě nedostatečnou péčí. Vznikají takto značné škody, a řádná péče o pneumatiku je proto prvním předpokladem jejich hospodárného využití. Nejvíce se pneumatiky poškozuji přetěžováním, průrazy, poškozeními patkami a mechanickým poškozením různého druhu. Většinu děr a průrazů do 6 mm dokáže každý pracovník autoservisu opravit. Při větších průrazech se volí výměna pneumatiky. [16]

Vyhláška č. 102/95 Sb. Ukládá, že na plášti musí být všechna poškozená místa trvale opravena. Je proto nepřípustné používat duše do neopraveného bezdušového pláště jako náhradní řešení. Těsnící opravárenské spreje nedoporučujeme používat pro trvalé opravy, ale vždy jen na dojetí, stejně jako opravy bez demontáže pláště a ráfku za použití speciálních přívulkanizovaných ucpávek.[10]

### 1.8.4 Likvidace opotřebených pneumatik

Pneumatiky se recyklují a v současné době jsou vynalezeny pouze 2 technologie recyklace, jejichž výsledkem je ocel z patních lan a kordů, textilie a pryž v podobě granulátu. Poměr těchto složek je asi 25:10:25.

Při kryogenní technologii se pneumatiky se zmrazí a poté mechanicky rozbijí. Tato technologie je ale vysoce nákladná. Většina nákladů je vynaložena na zmrazení pneumatik mrazícím médiem, proto je běžnější technologii mechanické mletí ve speciálních mlýnech.

Ocelová lana získané z patek a kordů se dále zpracovávají v hutním průmyslu. Nejproblematičtějším produktem recyklace je ale textil, protože obsahuje velké množství prachu. Přesto se i textil využívá a to na izolační a tlumící desky či jako katalyzátor při spojování živice s asfaltem.

Recyklovaný pryžový granulát má asi největší využití. Využití se odvíjí od jeho čistoty a konstrukce recyklovaných pneumatik. Pokud je granulát kvalitní, tak se vyrobená pryžová směs používá k dalšímu gumárenskému zpracování.

Tím se značná část syntetického i přírodního kaučuku ušetří. Z granulátu se dají vyrábět i tlumící a izolační materiály, podlahové krytiny a směsi, ze kterých se vyrábí povrchy sportovních hřišť. Nejméně kvalitní granuláty pak bývají spalovány ve spalovnách.

Dalším způsobem likvidace je spalování použitých pneumatik, zajímavostí je, že spalování je považováno za ekologičtější palivo pro cementárny, než paliva, která jsou obvykle v cementárnách používány. [1]

Skládkování pneumatik je zakázáno vyhláškou 383/2001 Sb. S výjimkou pneumatik používaných jako materiál pro technické zabezpečení skládky v souladu s provozním řádem skládky. Pneumatiky jsou na skládce nebezpečné v případě požáru pro svou obtížnou uhasitelnost. Také svým objemem snižují kapacitu skládky. [11]

## 2 SUROVINY A MATERIÁLY POUŽÍVANÉ V PNEUMATIKÁŘSKÉM PRŮMYSLU

Hlavní surovinou, ze které se vyrábějí pneumatiky je přírodní kaučuk, syntetický kaučuk, mour a olej. Podíl hmotnosti kaučukových směsí k celkové hmotnosti pneumatiky bývá vyšší jak 80%. Zbytek hmotnosti tvoří zpevňovací materiály. [12]

### 2.1 Přírodní a syntetické kaučuky

Kaučuky jsou makromolekulární látky s dlouhými řetězci a molekulovou hmotností až  $10^6$ , obvykle okolo 200 000. Při působení mechanické síly v jednom směru dochází k orientaci, řetězce se vyrovnají a často se objevuje slabá krystalizace.

Pro výrobu pneumatik se nejvíce používá kaučuků: přírodního, styrenbutadienového, butadienového, izoprenového, butylkaučuku a regenerátu. [5]

#### Přírodní kaučuk (NR)

je nejstarším druhem kaučuku, který stále pokrývá více jak 40% celkového objemu výroby, což je v současné době o něco málo více jak jeden milión tun za rok. Rozsah jeho používání nadále roste. Přírodní kaučuk se vyrábí prostřednictvím pěstování stromů *Hevea Brasiliensis*, což je název, který pochází z Jižní Ameriky [13]

#### Styrenbutadienové kaučuky (SBR)

byl poprvé vyroben v Německu v polovině 20. století a v současné době pokrývají různé druhy syntetického kaučuku většinu poptávky. Syntetický kaučuk se vyrábí polymerací monomerů styrenu a butadienu. Jejich polymerací se vyrábí styren butadienový kaučuk, SBR a také poly-butadienový kaučuk, BR. Následný vývoj přinesl zavedení dalším monomerů, jako jsou například etylén a propylén, které se používají pro výrobu EPDM. Ostatní druhy syntetického kaučuku zahrnují: Butyl, známý také jako isobutylen isoprenový kaučuk. Ten lze upravovat s pomocí atomů halogenů, jako je chlór nebo bróm, a vyrábět chlorobutyl a bromobutyl, známé pod společným názvem halogenové butyly, a nitril (akrylonitril butadien). Existuje dokonce syntetická verze přírodního kaučuku nazývaná polyisopren.[13]

### **Butadienový kaučuk (BR)**

Butadienový kaučuk je vyráběný technologií roztokové polymerace, na bázi neodymového katalyzátoru. Neobsahuje nastavovací oleje a je stabilizovaný barvicím antioxidantem.

Butadienový kaučuk je vhodný pro výrobu pláštěů pneumatik a různých dalších výrobků z technické pryže. Vzhledem k nízké polydisprzitě a teplotě skelného přechodu je vhodný pro přípravu směsí používaných pro výrobu pneumatik s nízkým valivým odporem.[4]

### **Butylkaučuk (IIR)**

Má nižší odrazovou pružnost než přírodní kaučuk, ale v porovnání s ostatními kaučuky má nejnižší propustnosti plynu. K dalším kladným vlastnostem butylkaučuku patří teplotní stabilita, odolnost vůči povětrnostním podmínkám, chemická odolnost a tlumí vibrace. Největší použití nachází při výrobě duší, lepících a těsnících pásek, těsnící vrstvy bezdušových pneumatik a kabely. Na pláště pneumatik se prakticky vůbec nepoužívá. [5]

### **Polyizopren (IR)**

Vzniká syntetickou polymerací izoprenu. Polyizopren má zcela shodnou strukturu a vlastnosti jako přírodní kaučuk, ale má nižší modul, odolnost vůči opotřebení, vyšší tažnost a dobrou odrazovou pružnost. Polyizopren nahrazuje přírodní kaučuk při výrobě pneumatik pro nákladní auta. Pro pneumatiky osobních automobilů se více používají SBR kaučuky, které jsou levnější a lépe odolávají opotřebení. [5]

### **Regenerát**

Při výrobě běhounů se přidává do směsí na kostry a bočnice. Pro výrobu pláštěů té nejlepší kvality se nehodí, protože zhoršuje odolnost vůči opotřebení. Běžně se s regenerátem setkáváme při výrobě protektorovaných pneumatik a pláštěů na jízdní kola. [5]



## 2.2 Přísady do kaučukových směsí

**Vulkanizační činidla** – látky, které jsou schopné vytvářet chemickou reakci za vzniku příčných vazeb mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. Optimální podmínky pro vulkanizaci jsou teploty v rozmezí od 140°C do 210°C. Mezi vulkanizační činidla, která jsou nejznámější patří síra, oxidy kovů, reaktivní pryskyřice.

**Urychlovače** – podporují činnost vulkanizačních činidel. Podle rychlosti reakce je dělíme na: pomalé, rychlé, velmi rychlé, ultrarychlé a speciální.

**Aktivátory** – zvyšují účinek vulkanizačních činidel. Nejpoužívanější je zinková běloba a stearin.

**Retardéry** – zpomalují nástup vulkanizace do 120 °C, umožňují zpracovatelnost směsí, zvyšují produktivitu.

**Změkčovadla** – usnadňují zpracovatelnost směsí, snižují tuhost, zvyšují lepivost. Nejznámější: parafin, ropné oleje, asfalty, dehty, pryskyřice.

**Plniva – ztužující** – zlepšují fyzikálně-mechanické vlastnosti, pevnost, pružnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení.

– **neztužující** – zvětšují objem, zlevňují výrobek. Používá se křída, kaolin.

**Saze** – mají příznivý vliv na fyzikální vlastnosti vulkanizátu, zejména na jeho pevnost a odolnost proti opotřebení. Saze se vyrábí nedokonalým spalováním olejů a plynů ve speciálním zařízení.

**Antidegradanty, antioxidanty, antiozonanty** – zabraňují předčasnému stárnutí pryže působením kyslíku, ozónu, světla, dynamického namáhání.

**Plastikací činidla** – zkracují dobu plastikace, odbourávají tuhost kaučuku. [14]

## 2.3 Výstužné materiály

Výstužné materiály rozhodujícím způsobem ovlivňují funkční vlastnosti pneumatiky, především bezpečnost a pohodlnost jízdy a mají taky významný vliv na životnost pneumatiky.

**Kordové tkaniny** – Je hlavním konstrukčním materiálem kostry pneumatik. Kordová tkanina se vyrábí z různých surovin a mezi nejrozšířenější patří:

- Viskóзовého kordového hedvábí
- Bavlna
- Polyamidová vlákna

**Ocelový kord** – Vyrábí se z drátu velké pevnosti, průměru 0,15 mm, který je sdružen v lanko. Není vhodný pro pneumatiky, které pracují s velkými deformacemi. Používá se především pro lesní a stavební stroje. [16]

**Křížové tkaniny** – Používají se pro patní pásy, patní výztuhy, ovinutí kroužků a podložky pro ventilký.[16]

**Ségly** – Jsou zhotoveny z pevných tkaných pryží. Vyznačují se velkou odolností v obou směrech a velkou hmotností. U těžších pneumatik se používají k ochraně patek.[16]

**Molino** – je to jemná tkanina v plátňové vazbě. Slouží k obalování lanek do patek pneumatik. [1]

### 3 VÝROBA PLÁŠŤŮ PNEUMATIK

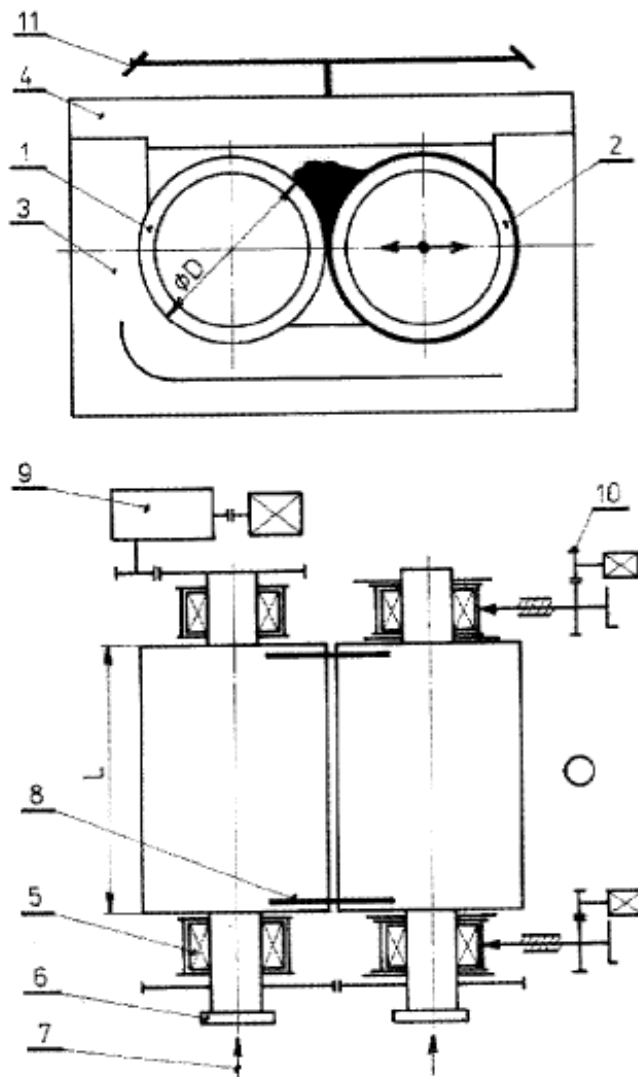
Výroba pláštěů pro vozidla je to velmi složitý výrobní proces, který zahrnuje míchání směsi, přípravy polotovarů, konfekci, lisování, vulkanizaci kaučuku a lisování. [7]

#### 3.1 Míchání směsí pro výrobu pneumatik

Promíchávání směsi probíhá na víceválcových strojích v hnětačích nebo v kontinuálních hnětačích (Obr. 11). Nedílnou součástí intenzifikace míchání směsí je vývoj míchacích postupů. Směs se míchá v hnětačích strojích v uzavřené komoře pod tlakem. V hnětači jsou dva rotory, které se otáčejí rozdílnou rychlostí v komoře hnětače. Komory jsou velmi intenzivně chlazeny, ale i přes to vzroste teplota v komorách na 110 – 130 °C.

Abychom zvýšili efektivnost míchání, můžeme použít výkonnějších hnětačích strojů, které pracují větší rychlostí a vyšším tlakem na horní uzávěr. Míchání se značně urychlí, ale teplota vzroste až na 150 – 180°C, proto připravujeme směsi ve dvou stupních. V prvním stupni mícháme jen základní směs, která se poté ochladí. Po odležení ji dáme zase do hnětače, kde se přidávají vulkanizační přísady.

Ihned po domíchání se odebírají z každé směsi kontrolní vzorky. U zpracování na linkách se provádí tzv. expresní kontrola, která využívá reometrů a ty během krátké chvíle vyhodnotí informace o kvalitě dané směsi. [15]



Obr. 11 Dvouválec [15]

1 – zadní válec, 2 – přední válec, 3 – postranice, 4 – třmen, 5 – ložisko, 6 – topná hlava, 7 – přívod temperančního média, 8 – hradítko, 9 – pohon, 10 – stavění válce, 11 - bezpečnostní vypínání

### 3.2 Příprava a druhy polotovarů

Pro výrobu automobilových plášťů se používají tyto technologie:

- Vytlačování profilů: běhouny, bočnice, jádra, profily
- Pogumování textilních materiálů: kordy
- Výroba autolanek, fólií a mezigum.

### 3.3 Vytlačování profilů

Vytlačování je proces, při kterém materiál prochází přes hubici do volného prostoru.

Po ohřátí zamíchané směsi a dalším zpracováním připravíme profilované materiály, potřebné k výrobě automobilové pláště. Vytlačovanými profily jsou běhouny, bočnice a jádra.

Vytlačovací linka se skládá z několika různých typů strojů a zařízení: ohřívací a zásobovací dvouválce, vytlačovací stroj, dopravníky, chladicí zařízení, kosičky profilů a kontrolní váhy. [8]

### 3.4 Pogumování textilních materiálů a řezání textílů

Gumování textilu – textil se gumuje po obou stranách. Textil se nejprve impregnuje latexovou směsí a na tuto impregnaci se nanáší tuhá směs buď na jedné nebo na obou stranách současně. Tato operace se provádí na potíracích trojválcových nebo čtyřválcových kalandrech.

Řezání textilu – textil se řeže na řezacích strojích. Při krájení pogumovaného textilu je nutné udržovat přesné šířky nakrájeného kordu, dodržovat určený uhel řezu, odstraňovat vady na pogumovaném textilu a vhodně vyřešit odběr nakrájeného textilu. [16]

### 3.5 Konfekce pláštů

Konfekce je nejdůležitější operací při výrobě pneumatik a na tom, jak byla provedena závisí z největší části konečná jakost výrobku. [16]

#### 3.5.1 Rozdělení podle profilu konfekce

**Plochá konfekce** – vyznačuje se tím, že průměr konfekčního se blíží vnitřnímu průměru lana. Jeho předností je, že se všechny vložky dávají na konfekční buben ploché a tak na bubnu také zůstávají ležet a nepřehybají se přes záhyb bubnu.

**Poloplochá konfekce** – vyznačuje se tím, že průměr konfekčního bubnu je jen o málo větší jak průměr lana v patce. Na rozdíl od ploché konfekce se nevyrábí patka vodorovná, ale na rozdíl od konfekce polokulaté není zcela odstraněno její přetváření při bombírování.

**Kulatá konfekce** – na kovovém jádru je skládán celý plášť, jehož rozměry se téměř shodují s vnitřními rozměry hotového pláště. Dnes je už zastaralá a prakticky se nepoužívá.

### 3.5.2 Rozdělení podle způsobu celkové skladby radiálního pláště a počtu pracovišť

**Jednostupňová konfekce** – Plášť je vytvořen na jednom zařízení. Tato konfekce je velmi časově náročná.[16]

**Jedenapůlstupňová konfekce** – Skladba je rozdělena na dvě pracovní místa. Na jednom se provádí konfekce kostry a na druhém se provádí konfekce obalu a následné spojování obou částí.[16]

**Dvoustupňová konfekce** – plášť je vytvářen na dvou samostatných strojích. V prvním stupni se provede konfekce kostry, která se provádí na plochem konfekčním bubnu. V druhém stupni dojde k vytvarování pláště a spojení kostry s obalem.[1]

**Vícetupňová konfekce** – Skládá se z více pracovišť, které jsou propojeny navzájem mezi sebou manipulatory. Cílem je maximální zjednodušení a zefektivnění procesu konfekce. [1]

## 3.6 Vulkanizace a lisování pláštěů pneumatik

Výroba pneumatik se zakončuje vulkanizací. Současně s vlastní vulkanizací probíhají i jiné důležité pochody. K nim patří:

- Slisování pneumatiky z jednotlivých dílů.
- Dokonale stejnoměrné vypnutí pneumatiky.
- Konečné vytvarování pneumatiky přesně podle navrženého profilu a vytvoření dez-énu a nápisů.

Vulkanizace a další procesy se provádějí v tvárnících za horka a za použití potřebného tlaku. Vnitřního tlaku se dosahuje pomocí pryžových topných duší, které se vkládají dovnitř pneumatiky. Při konečném vylisování pláštěů vznikají přetoky, které se vytlačují z tvárnice. Vylisování se současným vypnutím pneumatiky se dosáhne vpuštěním tlaku do topné duše. Lisovací tlak se pohybuje od 1,2 do 2,5 MPa. [17]

## 3.7 Výstupní kontrola pláštěů

Po dokončení vulkanizace a ořezání přetoků přichází řada na výstupní kontrolu. Ta je nedílnou součástí výroby pneumatik.

Výstupní kontrola pláštů je uskutečnění všech kontrol, které jsou potřebné pro správné kvalifikaci kvality každého zvulkanizovaného pláště. Rozsah výstupní kontroly je stanovený v kontrolních plánech, přičemž se vychází ze specifikací, které jsou vytvořené na základě zkušeností výrobců pláštů a na základě požadavků zákazníka. Požadavky na zařazení hotových výrobků do jednotlivých tříd kvality mají vospělí výrobci pláštů zpracované formou katalogů chyb. Na pláštích nižší kvality musí být původní symbol kategorie rychlosti odstraněn. Nový symbol musí být vyražen na obě bočnice pláště.

Výstupní kontrola pláštů se provádí na pracovaných pláštích, přičemž většina vospělých výrobců využívá 100% - ní vizuální kontrolu vyrobených kusů s následným tříděním.

Činnost výstupní kontroly musí být dokumentovaná přehledy vývoje kvality, třídami vývoje interních ztrát, případně dalšími statistickými analýzami. Tyto přehledy a analýzy slouží k udržení přijatelné hladiny kvality výroby a pro správné a preventivní opatření v řízení materiálů a procesů. [17]

## 4 ZKOUŠKY PNEUMATIK

Zkoušky pneumatik se provádějí:

- U nově konstruovaných pneumatik
- U pneumatik u nichž byly provedené různé změny z hlediska výroby
- U sériově vyráběných pneumatik pro ověření jejich jakosti

Zkouškami se ověřuje zda pneumatika vyhovuje požadavkům, které jsou an ni kladeny v běžném provozu. Z těchto zkoušek jsou nejvýznamnější zkoušky silniční, které jsou ale velmi časově náročné. Proto se pevnost a soudržnost kostry zajišťuje dalšími zkouškami, podle kterých je možno si učinit obraz o jakosti pneumatiky. Tyto zkoušky je potřebabráť jen jako vodítko pro konstruktéra pneumatiky, konečné závěry se s těchto zkoušek vyvozovat nedají. Přesto mají význam především pro své krátké trvání. Odolnost běhounu proti opotřebení a jiné vlastnosti konstrukce dezénu a patky se dají posoudit s konečnou platností pouze podle zkoušek silničních.[16]

### 4.1 Tlaková zkouška

Pevnost kostry se zjišťuje zkouškou pneumatiky na roztržení hydraulickým tlakem. Pneumatika se umístí do vhodného zařízení, jehož součástí je zesílený ráfek, jenž musí být pevnější než zkoušené pneumatika. Jinak se ráfek rozletí dříve než pneumatika, což může vést k úrazům. Na ventil duše se připojí tlakové hadice a pumpou se v pneumatice zvyšuje tlak vody. Na manometru se sleduje tlak potřebný k roztržení pneumatiky. Tlak se zvyšuje tak dlouho než pneumatika nepraskne. Výsledná hodnota charakterizuje pevnost kostry. [16]

### 4.2 Nárazová zkouška

Odolnost kostry proti průrazům se zjišťuje na zvláštním zkušebním zařízení. Pneumatika se namontuje na ráfek kola upevněného v náboji pohyblivého vozíku, klouže dolů po vedení. Vozík s pláštěm se zvedne do určité výšky a nechá se volně spadnout, při čemž při dopadu narazí na kovový trn. Váha vozíku se může podle potřeby zvětšovat přidáním závaží. Tímto způsobem při známé váze padající soustavy dostaneme sílu potřebnou k proražení pneumatiky. Při zkoušení se pneumatika otáčí, aby úder zasáhl různé části jejího povrchu. Podle rozměru a konstrukce pneumatiky se tak může určit energie úderu, kterou musí pneumatika vydržet. [16]



### 4.3 Zkoušení pneumatik na zkušebním stroji

Účelem zkoušení pneumatik na zkušebních strojích je poměrně rychlé stanovení hodnot nutných pro zjištění jejich použitelnosti v praktickém provozu. Na zkušebních strojích se také zkontroluje vliv různých změn prováděných ve výrobě - v konstrukci nebo receptuře pneumatiky. Při tom se porovnává zkoušené pneumatika s pneumatikou standardní. Přednost tohoto způsobu je rychlost provedení a možnosti celkem spolehlivě hodnotit některé provozní vlastnosti pneumatik.

Při zkoušce se pneumatika nechá běžet na kovovém bubnu při předem určených podmínkách. Na oběžnou část bubnu lze upevnit několik překážek, které jsou rovnoměrně rozloženy po obvodu. Tyto překážky se upevňují pod různými úhly. Při zkoušení nákladních pneumatik se zpravidla používá rychlosti 40 - 48 km/h, u osobních pneumatik 56 - 66 km/h. Obvyklá teplota při zkoušení je 38°C.

Kromě uvedeného příkladu zkušebních podmínek se používá řady speciálních podmínek pro velké rychlosti, velké přetížení, podhuštění při vysoké teplotě atd.. Chování pneumatiky při velkých rychlostech se zkouší na hladkém bubnu a rychlost se zvyšuje postupně. Při zkoušení podhuštěných pneumatik se tlak v pneumatice postupně snižuje, při zkoušení přetížených pneumatik se zatížení postupně zvyšuje. Při zkoušení pevnosti patek se pneumatika montuje tak, aby její osa nebyla souběžná s osou bubnu. Podmínky zkoušky se volí vždy podle požadavků kladených na pneumatiku. [16]

#### 4.3.1 Defekty pneumatik na zkušebních strojích

Při zkoušení pneumatik na zkušebních strojích se posuzuje zejména jakost kostry, soudržnost pryže s kordovými nitěmi, soudržnost jednotlivých vrstev kordu mezi sebou, soudržnost běhounů s poduškou a nárazníku s kostrou. Některé vznikají již krátce po začátku zkoušení, jiné teprve po velkém počtu ujetých kilometrů. Jestliže se defekt objeví brzy, bývá jeho příčinou výrobní vada, objeví-li se teprve po delší době, bývá způsobena únavou materiálu. Nejčastější defekty, které se projeví po krátké době zkoušení, jsou separace běhounů, separace vložek mezi sebou, separace kordových nití od pryže na kostry a průrazy. Nejčastější defekty způsobené únavou materiálu jsou rozdrcené nárazníky, rozdrcené kordové vložky. [16]

#### 4.4 Silniční zkoušky

Silniční zkoušky na automobilech jsou nejdůležitějšími zkouškami pneumatik. A to proto, že probíhají v podmínkách, při kterých normálně pneumatika pracuje. Jsou to jediné zkoušky, které plně charakterizují jakost pneumatik.

Velmi složitá konstrukce pneumatiky a značně rozsáhlé podmínky, za kterých pneumatika pracuje, nedovolují, aby se jakost pneumatiky dala posoudit pouze podle výsledků jediného druhu zkoušek, zejména ne podle laboratorních zkoušek a zkoušek na zkušebních strojích. Oba tyto druhy dávají snad řadu užitečných výsledků, kterými je možno se řídit při konstrukci pneumatik, přesto však neukazují s dostatečnou přesností, jak se bude pneumatika chovat na automobilu. To zjistíme pouze zkouškami na silnici. Při těchto zkouškách se využívá zvláštních automobilů, určených pouze ke zkoušení pneumatik. Tyto automobily jezdí s plným zatížením na určitém okruhu a při tom se důkladně sleduje stav zkušebních pneumatik.

Kontrolou zkoušek je pověřen technik, který doprovází kolonu zkušebních automobilů a provádí měření tlaku v pneumatikách, prohlíží zkušební pneumatiky a dohlíží, aby se dodržovaly všechny zkušební předpisy. Protože při tomto způsobu zkoušení mohou vozy najet denně velký počet kilometrů, získá se brzy přehled o tom, jak se zkušební pneumatiky osvědčují v provozu. Tento drahý způsob zkoušení má velký význam u pneumatik se syntetického kaučuku, protože u nich jak laboratorní zkoušky, tak zejména zkoušky na zkušebních strojích dávají nedostatečný obraz o jejich kvalitě.

Někdy se zkoušky pneumatik na automobilech místo na silnici provádějí v autodromech, vybavených eliptickou dráhou s rozlišným povrchem (štěrk, beton, asfalt, dlažba). Při praktických zkouškách na automobilu se pneumatiky periodicky přemontovávají a při každé demontáži se důkladně prohlédnou a přemění se hloubka dezénu. Po montáži se nahuštěné pneumatiky znovu proměří, aby se zjistilo, jak se roztahují.

Při zkouškách se musí sledovat i počasí. Praktické zkoušky na silnici mají význam jen tehdy, když spolu s počtem ujetých kilometrů se udá, za jakých podmínek pneumatika pracovala a přesně se zjistí příčiny, které vedly k jejímu zničení. Proto po ukončení zkoušek se pneumatika rozřeže, jednotlivé vrstvy se oddělí a podrobí se různým měřením a laboratorním zkouškám. [16]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 OPOTŘEBENÍ PRYŽOVÝCH VZORKŮ

Pro moji experimentální část (rychlý test opotřebení) jsem vybral běhounovou směs určenou pro silně namáhané mimosilniční pneumatiky. Gumárenská směs byla vyrobena na základě NR, SBR a jako plnicí systém byly použity saze. Směs se používá pro reálné výrobky a je průmyslově vyráběna a zpracovávána.

### 5.1 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)
- Strukturní pevnost (trhací stroj T 2000)
- Tvrdost Shore (tvrdoměr HPE - D Bereiss)
- Rychlý test opotřebení (Zařízení Chip - Chunk, Manas 2005)

#### 5.1.1 Příprava zkušebních těles

Zkušební tělesa pro všechny druhy testů byly připraveny lisováním na laboratorním lisu typu 400x400 v laboratořích UVI FT UTB ve Zlíně. Tvar a rozměry zkušebních těles odpovídají příslušným normám. Doba vulkanizace byla výrobcem doporučena 20 minut při teplotě 160°C. [5]

#### 5.1.2 Tahová zkouška

Podstatou tahové zkoušky je protahování zkušebního tělesa konstantní rychlostí na trhacím stroji. Při tahové zkoušce jsme schopni odečíst na stroji hodnoty sílu potřebnou k přetržení a poměrné prodloužení tělesa.

Do trhacího stroje vložíme zkušební těleso tak, aby bylo zabezpečeno symetrické upnutí rovnoběžných částí lopatek, a aby byl tah rozložen rovnoměrně na příčný průřez tělesa. Spustí se chod stroje a průběžně se zaznamenávají změny pracovní délky zkušebního tělesa a síly po celou dobu zkoušky s přesností +/- 2%. Jmenovitá rychlost příčnicku s pohyblivou upínací čelistí je 500 mm/min. Zkušební těleso, u kterého dojde k přetržení mimo pracovní část, musí být z hodnocení vyřazeno a zkouška se opakuje na dalším zkušebním tělese. Po celou dobu provádění daného testu, nebo při srovnávacích měřeních musí být teplota okolí konstantní.

**Napětí v tahu** je definováno jako napětí způsobující protažení zkušebního tělesa. Vypočítá se jako použitá síla, která je vztažena na jednotku plochy původního příčného průřezu v pracovní části zkušebního tělesa.

**Prodloužení** je protažení vzniklé působením napětí v tahu na zkušební těleso vyjádřené v procentech délky pracovní části.

**Pevnost v tahu** je definována jako maximální napětí v tahu zaznamenané při protahování zkušebního tělesa do okamžiku přetržení.

**Pevnost v tahu při přetržení** je tahové napětí zaznamenané v okamžiku přetržení.

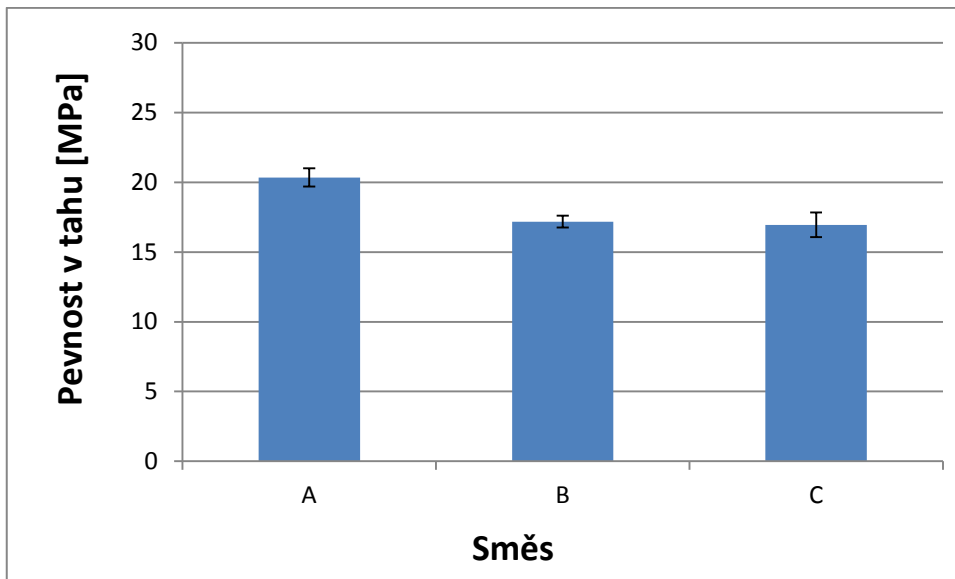
**Tažnost** je definována jako tahová deformace pracovní délky v okamžiku přetržení.

Pro účely přehlednějšího vyhodnocení všech souborů měření je zavedena tzv. bezrozměrná hodnota, která je definovaná jako podíl příslušné hodnoty k hodnotě maximální. Je označena [-].

Zkušební tělesa byla připravena a zkouška realizována dle normy na trhačím stroji typu T 2000 v laboratoři Demo room ALFA TECHNOLOGIES při teplotě okolí 21 °C. Pro zkoušku bylo použito vždy 10 zkušebních tělísek a naměřené hodnoty byly zpracovány a statisticky vyhodnoceny. [1]

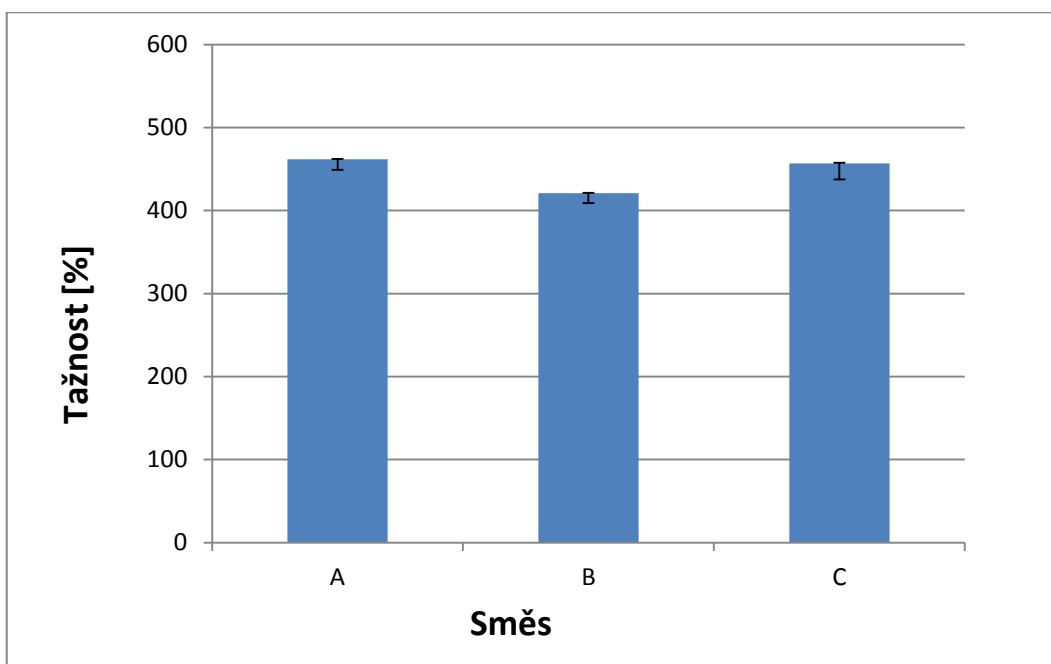
Tab. 1. Tahová zkouška

Směs	Pevnost v tahu [MPa]	Směrodatná odchylka	Tažnost [%]	Směrodatná odchylka
A	20,35	0,66	461,77	12,53
B	17,18	0,43	421,03	11,88
C	16,95	0,88	456,69	19,04



Obr. 12. Porovnání pevnosti v tahu u daných směsí

Při tahové zkoušce nejvyšší hodnoty pevnosti v tahu dosáhla směs A. Naopak nejnižší hodnoty dosáhla směs C (Obr. 12).

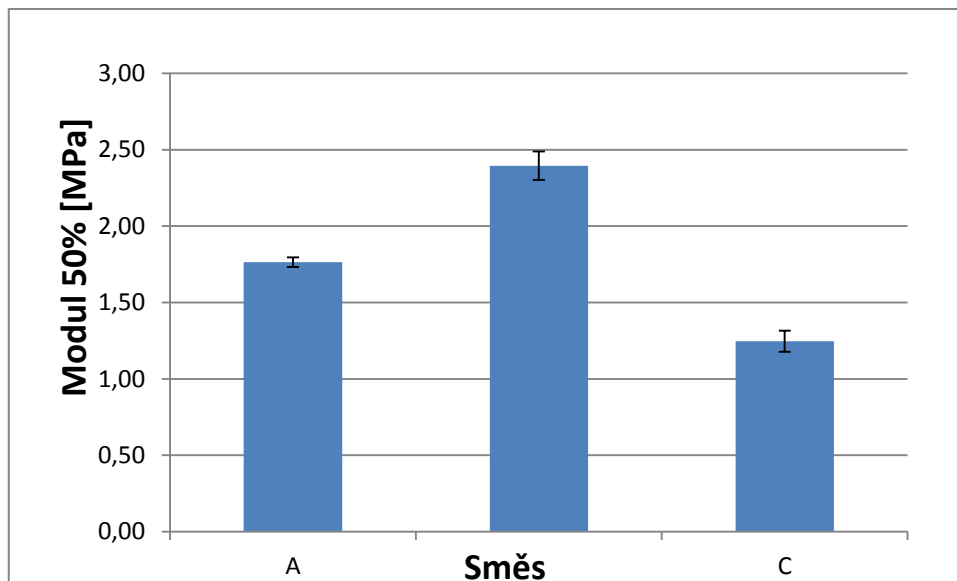


Obr. 13. Porovnání tažnosti

Při tahové zkoušce dosáhla nejvyšší hodnoty tažnosti směs A. Naopak nejnižší hodnoty dosáhla směs B (Obr. 13).

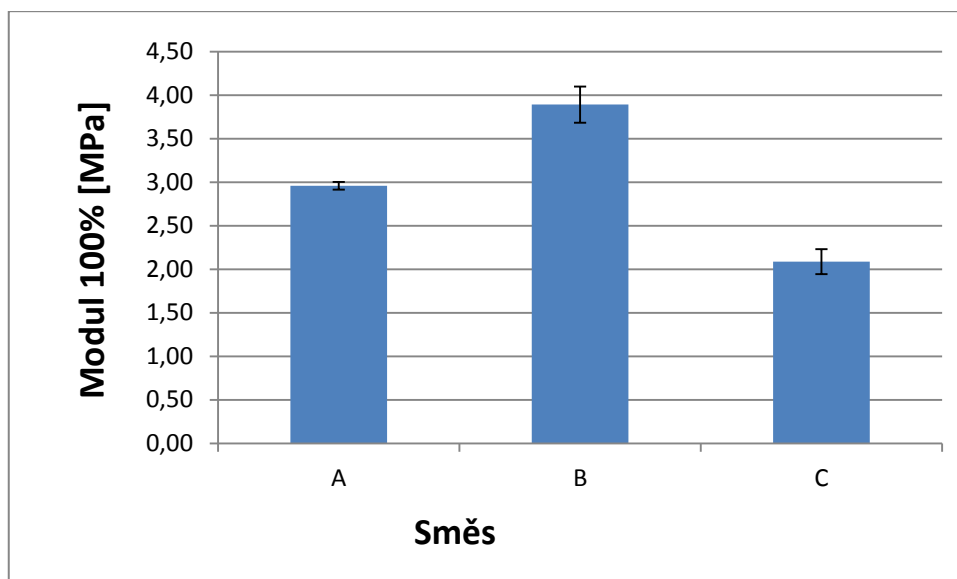
Tab. 2. Moduly 50% a 100%

Směs	Modul 50%	Směrodatná odchylka	Modul 100%	Směrodatná odchylka
A	1,76	0,03	2,96	0,05
B	2,40	0,09	3,89	0,21
C	1,25	0,07	2,09	0,14



Obr. 14. Modul 50%

Při tahové zkoušce bylo dosaženo nejvyšších hodnot modulu 50% ve směsi B. Naopak nejnižších hodnot ve směsi C (Obr. 14).

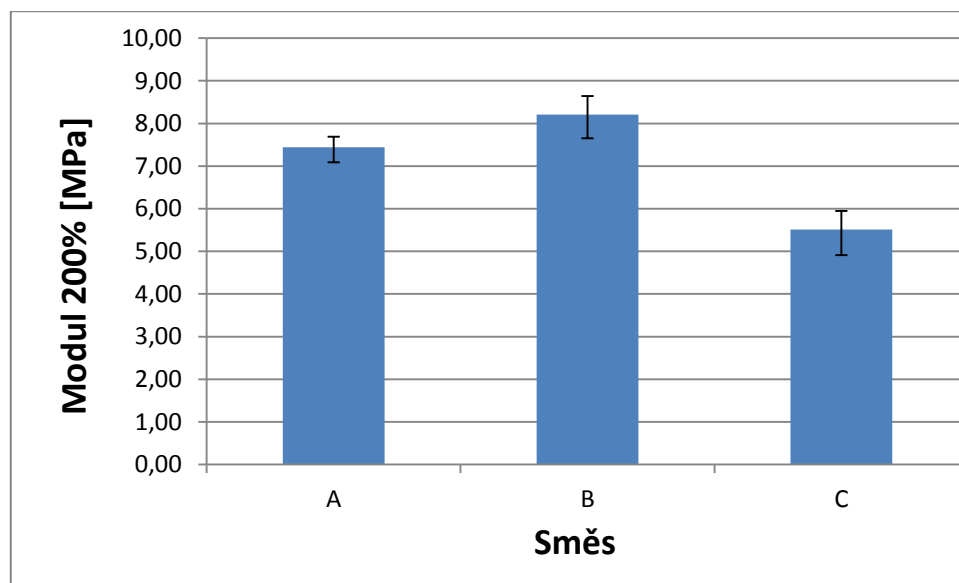


Obr. 15. Modul 100%

Při tahové zkoušce bylo dosaženo nejvyšších hodnot modulu 100% ve směsi B. Naopak nejnižších hodnot ve směsi C (Obr. 15).

Tab. 3. Moduly 200% a 300%

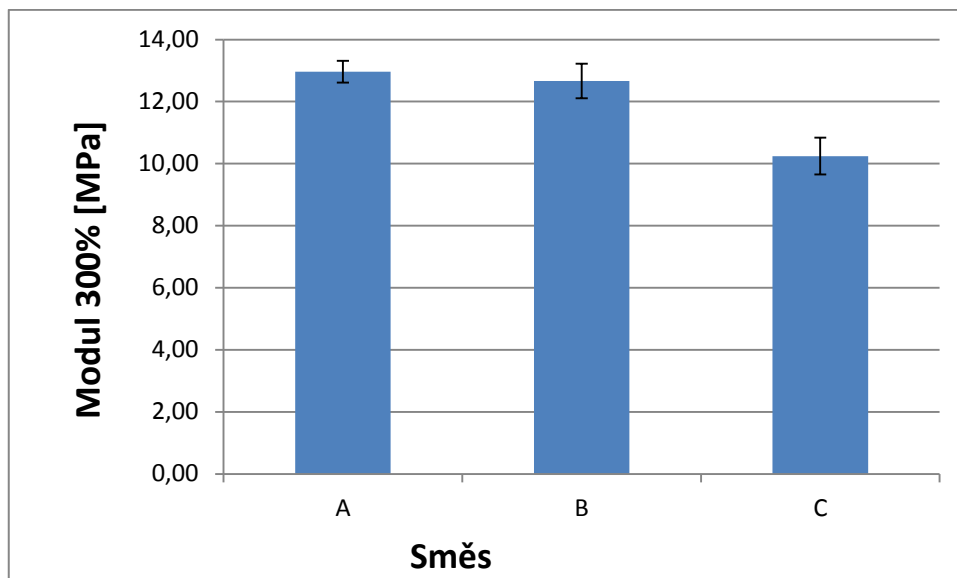
Směs	Modul 200%	Směrodatná odchylka	Modul 300%	Směrodatná odchylka
A	7,44	0,25	12,96	0,35
B	8,21	0,43	12,66	0,56
C	5,51	0,44	10,24	0,60



Obr. 16. Modul 200%

Při tahové zkoušce dosáhla nejvyšších hodnot modulu 200% směs B. Naopak nejnižších hodnot dosáhla směs C (Obr. 16).





Obr. 17. Modul 300%

Při tahové zkoušce bylo naměřeno nejvyšších hodnot modulu 300% ve směsi A. Naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny u směsi C (Obr. 17).

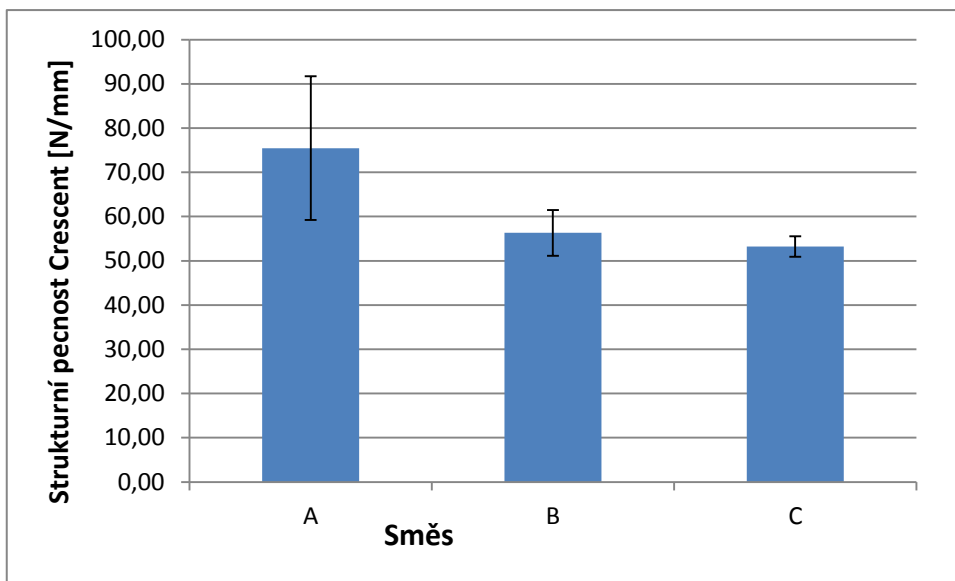
### 5.1.3 Strukturní pevnost

Zkouška spočívá v namáhání zkušebních těles upnutých v čelistech trhacího stroje. Zkušební tělesa se namáhají tahem při rychlosti posuvu pohyblivé čelisti  $500 \pm 50$  mm/min a zaznamenává se nejvyšší síla, která je potřebná k přetržení zkušebního tělesa.

Strukturní pevnost ( $T_s$ ) v N/mm je podíl maximální síly potřebné k přetržení a tloušťky zkušebního tělesa v mm. [14]

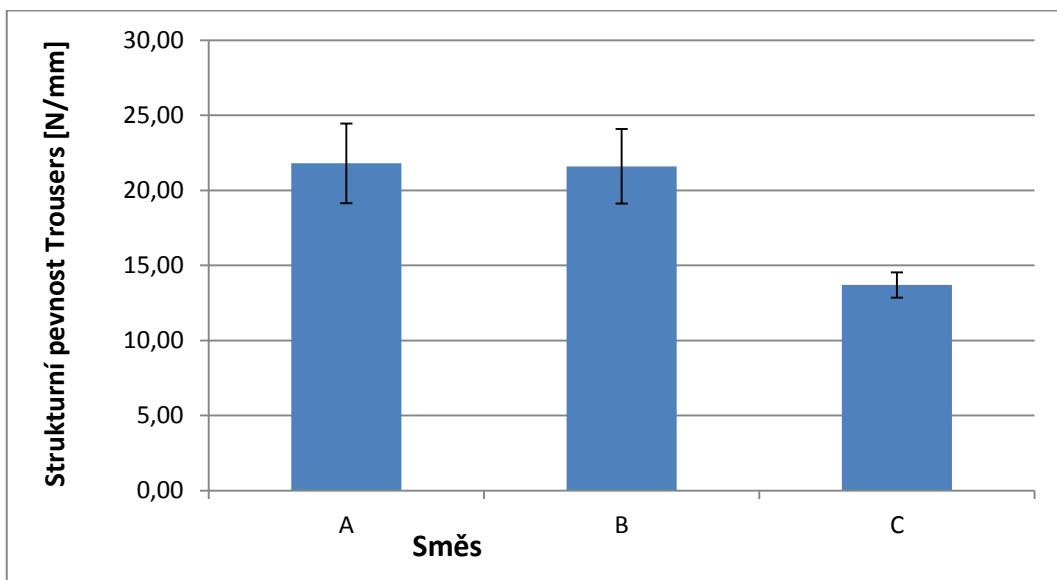
Tab. 4. Strukturní pevnost

Směs	Strukturní pevnost Crescent [N/mm]	Směrodatná odchylka	Strukturní pevnost Trousers [N/mm]	Směrodatná odchylka
A	75,44	16,24	21,80	2,65
B	56,30	5,18	21,60	2,48
C	53,23	2,31	13,69	0,84



Obr. 18. Strukturální pevnost Crescent

Nejvyšší hodnoty strukturální pevnosti Crescent dosáhla směs A. Naopak nejnižší hodnoty dosáhla směs C (Obr. 18).



Obr. 19. Strukturální pevnost Trousers

U strukturální pevnosti Trousers nejvyšší hodnoty dosáhla směs A. Naopak nejmenší hodnoty dosáhla směs C (Obr. 19).

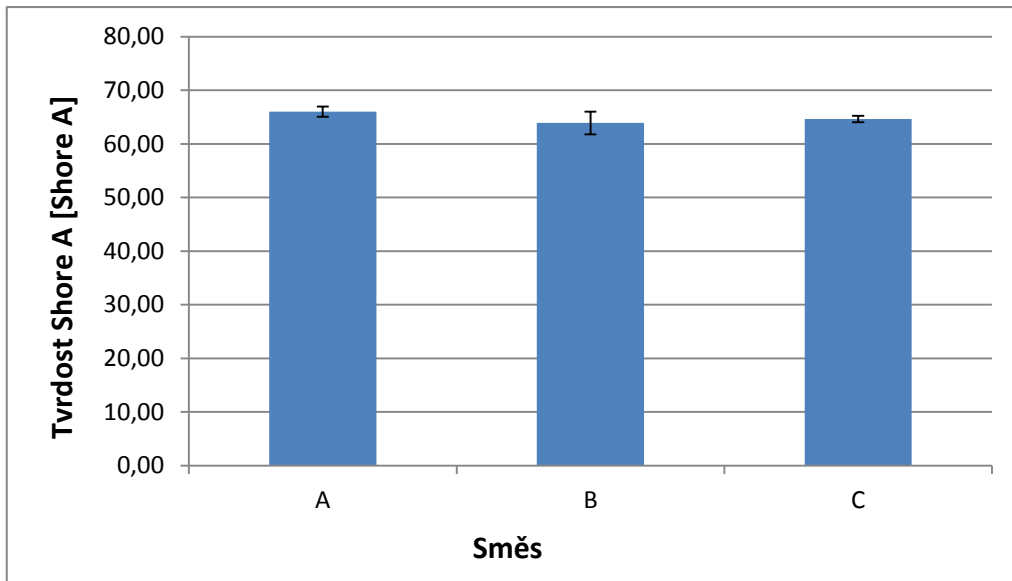
### 5.1.4 Tvrdost Shore

Podstatou zkoušky tvrdosti je měření hloubky vniknutí zkušební hrotu vtlačovaného do materiálu za specifických podmínek. Hodnota tvrdosti je nepřímo úměrná hloubce vniknutí hrotu do materiálu a závisí na modulu pružnosti a viskoelastických vlastnostech materiálu. Tvar hrotu, přítlačná síla a doba vtlačování hrotu do materiálu ovlivňují výsledky měření. Takže mezi výsledky získanými na jednom typu tvrdoměru a hodnotami naměřenými na jiném tvrdoměru či jiném přístroji pro měření tvrdosti, není žádný přímý vztah. Pro měření tvrdosti se používají dva typy tvrdoměrů. Tvrdoměr typu A (Shore A) se používá ke stanovení tvrdosti měkčích materiálů a tvrdoměr typu D (Shore D) ke stanovení tvrdosti tvrdších materiálů.

Hrot se vysunuje od 0 do 2,5 mm. Velikosti vysunutí odpovídá tvrdost od 0 do 100. Při měření se tvrdoměr přiloží v kolmém směru na zkušební těleso tak, aby špička zkušební hrotu byla nejméně 12 mm od kteréhokoliv okraje zkušební tělesa. Tvrdost se odečítá na stupnici přístroje po uplynutí tří sekund od dosažení pevného dotyku mezi opěrnou patkou a zkušebním tělesem. Provádí se pět měření tvrdosti na různých místech zkušební tělesa, vzdáleného od sebe nejméně 6 mm. Z takto naměřených hodnot se stanoví střední hodnota. [1]

Tab. 5. Tvrdost Shore A a opotřebení

Směs	Tvrdost Shore [Shore A]	Směrodatná odchylka	Opotřebení 90s	Opotřebení 180s	Opotřebení 180s (30Hz)
A	66,01	0,95	1,60	3,18	0,75
B	63,89	2,12	1,44	3,15	0,70
C	64,63	0,60	0,90	2,56	0,15



Obr. 20. Tvrdość Shore A

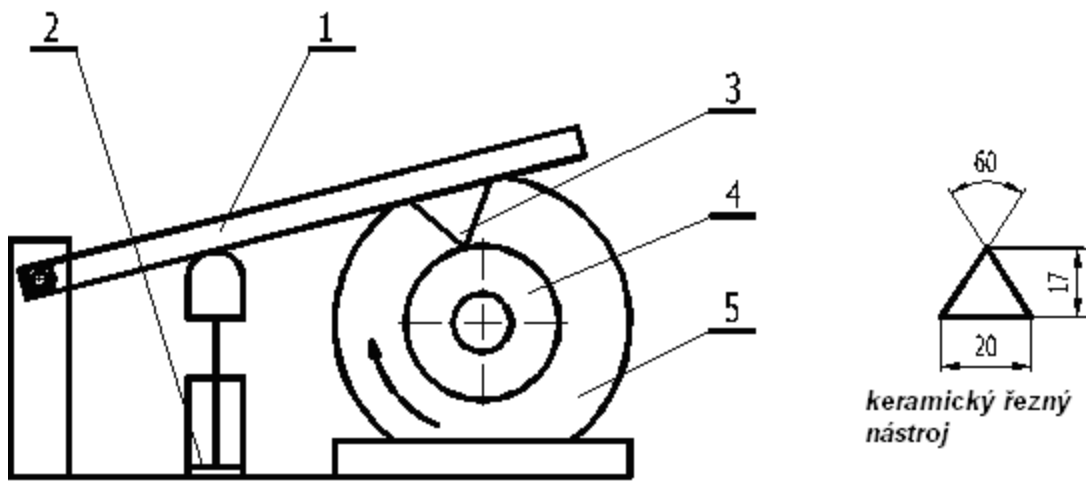
U tvrdosti Shore A bylo nejvyšších hodnot dosaženo ve směsi A. Naopak nejnižších hodnot dosáhla směs B (Obr. 20).

## 5.2 Rychlý test opotřebení

Zkoušky opotřebení pneumatik (běhounů) jsou časově i ekonomicky velmi náročné. Provádí se s hotovými pneumatikami na zkušebnách nebo přímo v terénu při jízdách zkouškách. Proto je snaha nalézt takovou metodu, při níž by bylo možné velmi rychle (v minutách) na malých vzorcích testovat opotřebení a tak navzájem porovnávat jednotlivé druhy směsí.

Na základě těchto požadavků bylo navrženo zařízení, jehož princip je znázorněn níže (Obr. 21). Jako základ bylo zvoleno zařízení pro testování Chip - Chunk opotřebení.

Bylo navrženo nové zařízení s možností změn parametrů testů, poskytující reálnou simulaci provozních podmínek. Princip zařízení je zřejmý z Obr. 21.

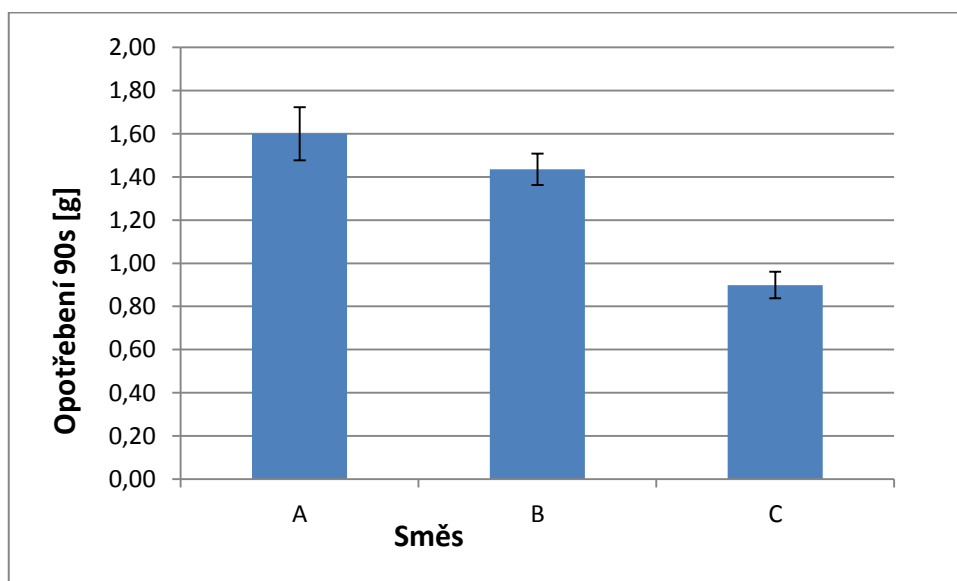


Obr. 21. Schéma zařízení pro testování opotřebení.

1 - rameno, 2 - pneumatický válec, 3 - keramický břit, 4 - zkušební těleso,  
5 - elektromotor

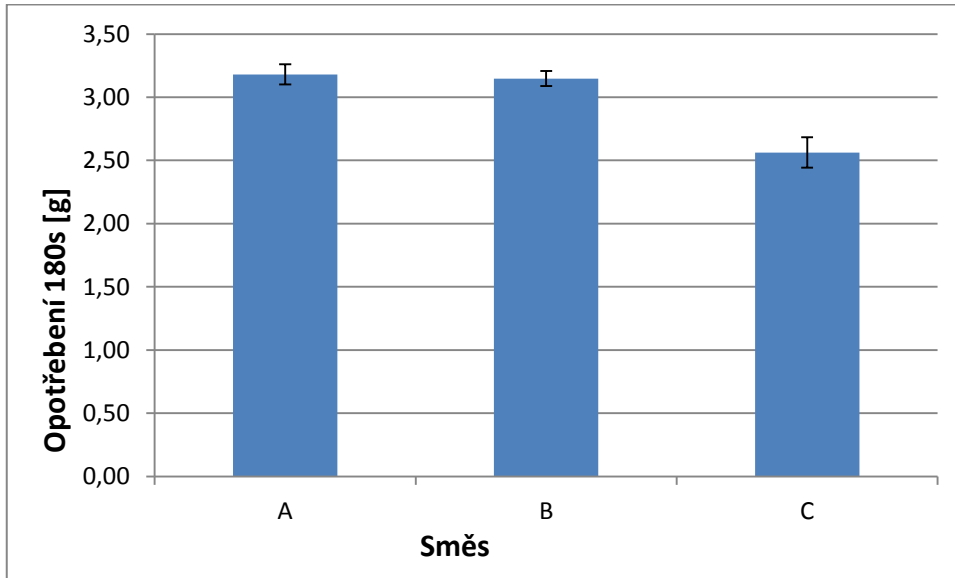
### Princip měřícího zařízení

Rameno (1) otočné okolo čepu je zvedáno pístem pneumatického válce (2). Po zvednutí padá rameno, na jehož konci je připevněn speciální keramický břit (3), na zkušební těleso (4) poháněné elektromotorem (5). Při dopadu na rotující zkušební těleso břit postupně vysekává materiál a tvoří v tělese drážku. Velikost drážky zhotovené břitem za určitý čas je měřítkem opotřebení. [1]



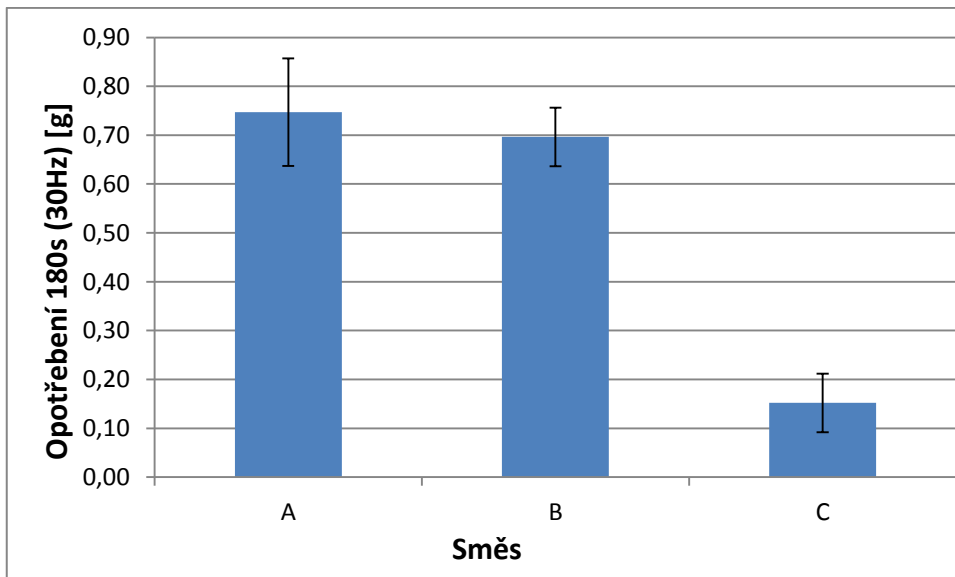
Obr. 22. Opotřebení po 90s

Při srovnání opotřebení zkušebních vzorků za 90 sekund, bylo nejvyšších hodnot opotřebení dosaženo u směsi A, naopak nejmenších hodnot u směsi C (Obr. 22).



Obr. 23. Opotřebení po 180s

Při srovnání opotřebení zkušebních vzorků za 180 sekund, byly nejvyšší hodnoty opotřebení naměřeny u směsi A i B, tyto dvě hodnoty jsou téměř shodné. Naopak nejmenší hodnoty dosáhla směs C (Obr. 23).



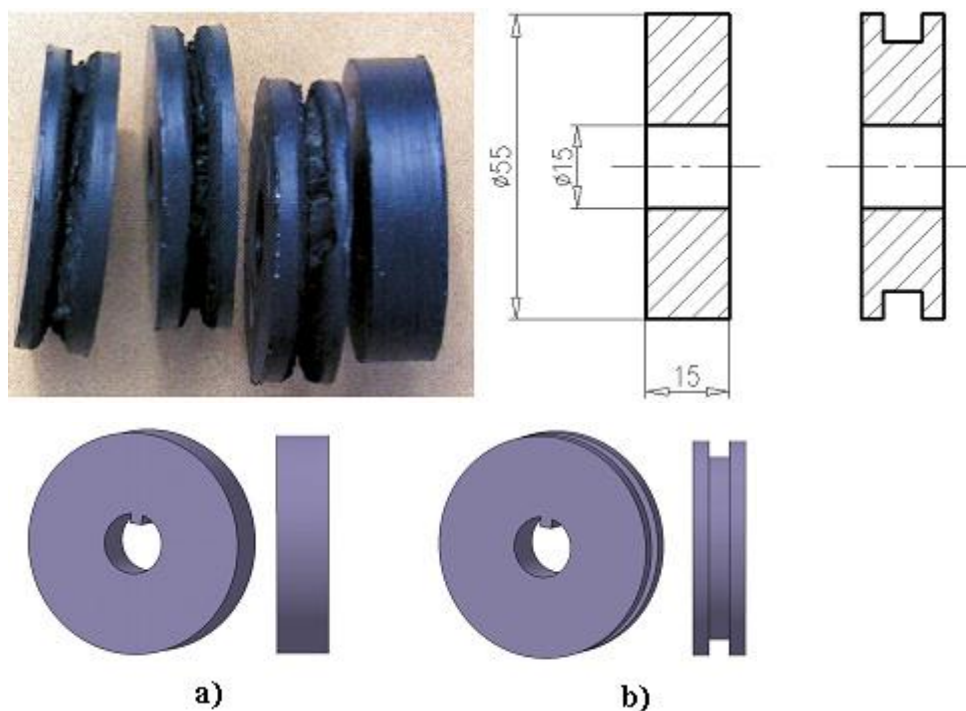
Obr. 24. Opotřebení po 180s při frekvenci 30Hz

Při srovnání opotřebení zkušebních vzorků za 180 sekund při frekvenci 30 Hz, bylo nejvyšších hodnot opotřebení dosaženo u směsi A, naopak nejmenších hodnot bylo dosaženo u směsi C (Obr. 24).

## Zkušební tělesa

Z důvodu snadné přípravy zkušebních těles (vzorků) byl navržen rozměr dle Obr. 25.

V průběhu testu byla do zkušebního tělesa vytvořena (vykousána) keramickým nástrojem drážka. Po zkušenosti s obráběním jiných materiálů zejména kovů, ale i dřeva a plastů, by se dalo očekávat, že tvar drážky bude pravidelný. Vzhledem k vlastnostem obráběné pryže, u které se výrazně projevil její elastický charakter, došlo k nerovnoměrnému vytrhávání (vykusování) materiálu v okamžiku dopadu břitu na rotující kotouč. Z těchto důvodů bylo taky upuštěno od původní představy vyhodnocování opotřebení měřením průměru drážky a místo toho bylo vyhodnocení provedeno gravimetricky.[1]



Obr. 25. Zkušební těleso pro zkoušku rychlého opotřebení.

a) Před zkouškou

b) Po zkoušce

### 5.2.1 Výsledky měření

#### Analýza opotřebení

Rozhodující vliv na opotřebení má energie, kterou vyvodí při dopadu na zkušební těleso keramický břit. Pokud by bylo těleso pevné, byl by výpočet dopadové energie poměrně jednoduchý. Elastická vlastnost tělesa však způsobuje, že po první dopadu keramického břitu na povrch, dojde k mnoha dalším účinkům menší intenzity (poskakování). Hlavní

účinek břítu má na celkové opotřebení pouze částečný vliv. Ukázalo se, že posuzování práce potřebné k opotřebení jen energií hlavního dopadu, by bylo značně zkreslené. Pro náš experiment se uvažovalo, že výsledky měření dané série budou srovnatelné, pokud dodržíme stejné podmínky při měření.

### **Podmínky experimentu**

Zkoušky rychlého opotřebení byly prováděny na experimentálním zařízení při následujících podmínkách:

- otáčky zkušebního tělesa  $910 \text{ min}^{-1}$ ,  $500 \text{ min}^{-1}$
- frekvence dopadu keramického břítu 1 Hz
- zdvih keramického břítu 60 mm
- doba trvání experimentu 90 s, 180 s

Zkušební těleso jsme upnuli do čelistí stroje tak, abychom zabránili jeho prokluzování a uvedli jsme ho do rotace. Uvedli jsme do chodu i zdvihací mechanismus, který zvedá keramické rameno s keramickým břitem. Od prvního kontaktu břítu se zkušebním tělesem jsme začali měřit čas. K měření jsme použili vždy deset zkušebních těles vyrobených z jednotlivých směsí. Na konci experimentu jsme zjišťovali hmotnostní úbytek pomocí analytických vah. Naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány a vyhodnoceny.



## 6 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Experimentální část zahrnuje soubor měření, k nimž byly použity gumárenské směsi A, B, C. Použitá běhounová gumárenská směs je používána pro výrobu běhounů pneumatik pro vysoce namáhané motocyklové pneumatiky.

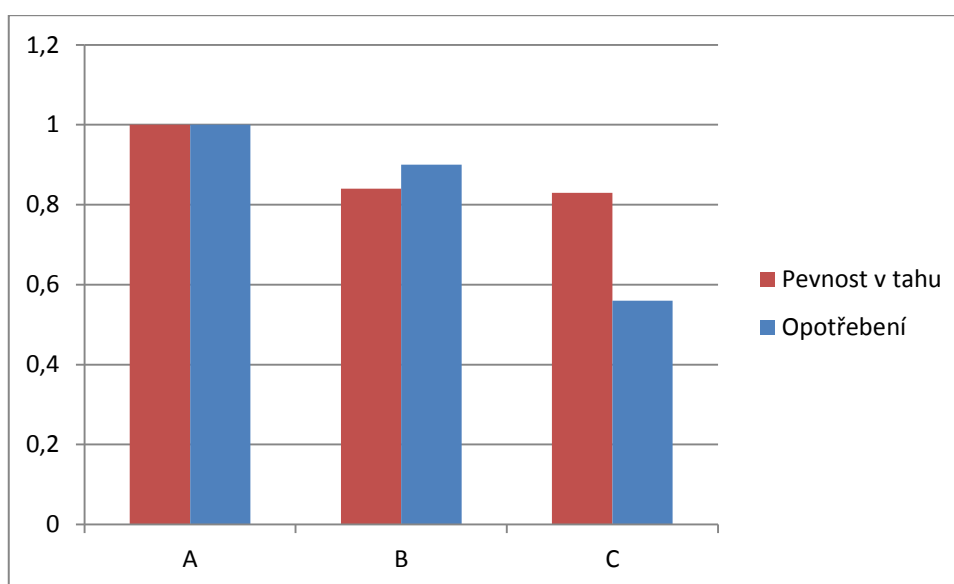
Byly provedeny 3 soubory standardních testů (tahová zkouška, strukturní pevnost a tvrdost).

Soubory naměřených hodnot byly zpracovány a výsledky graficky znázorněny. 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.

Byl hledán vliv mechanických vlastností na opotřebení za 90 sekund silně namáhaných pryžových výrobků (běhounových směsí).

### 6.1 Vyhodnocení výsledků měření opotřebení

#### Pevnost v tahu a opotřebení

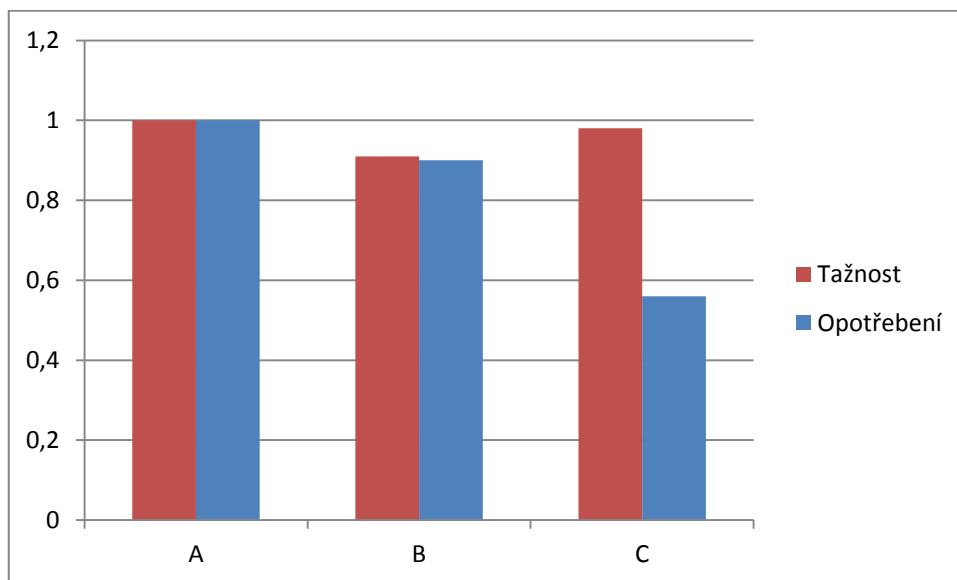


Obr. 26. Porovnání pevnosti v tahu a opotřebení

Při porovnání pevnosti v tahu a opotřebení (Obr. 26) se ukázalo, že nejvyšších hodnot pevnosti v tahu dosáhla směs A, která ale zároveň vykazovala nejvyšší míru opotřebení. Naopak nejmenší hodnota pevnosti v tahu byla naměřena u směsi C, u které bylo navíc naměřeno nejmenší opotřebení. Z uvedeného grafu vyplývá, že čím vyšší hodnoty

pevnosti v tahu bude daná gumárenská směs mít, tím méně bude odolávat opotřebení. Naopak čím menší bude pevnost v tahu dané směsi, tím může být opotřebení směsi menší.

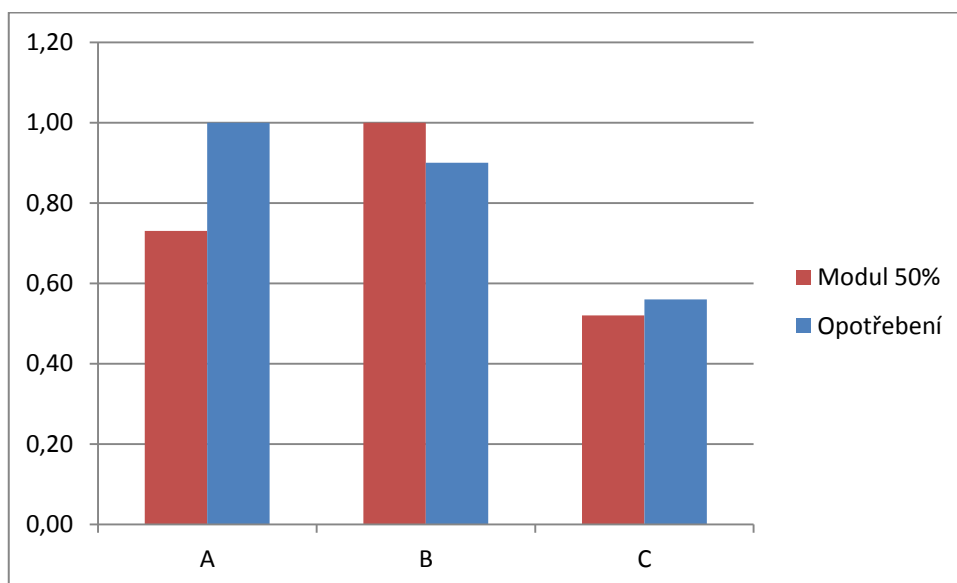
### Tažnost a opotřebení



Obr. 27. Porovnání tažnosti a opotřebení

Porovnání tažnosti a opotřebení ukázalo (Obr. 27), že nejvyšší hodnoty tažnosti byly naměřeny u směsi A. U této směsi bylo rovněž zjištěno nejvyšší opotřebení. Nejnižší hodnota opotřebení byla naměřena u směsi C, ale hodnoty tažnosti zde nebyly naměřeny nejmenší.

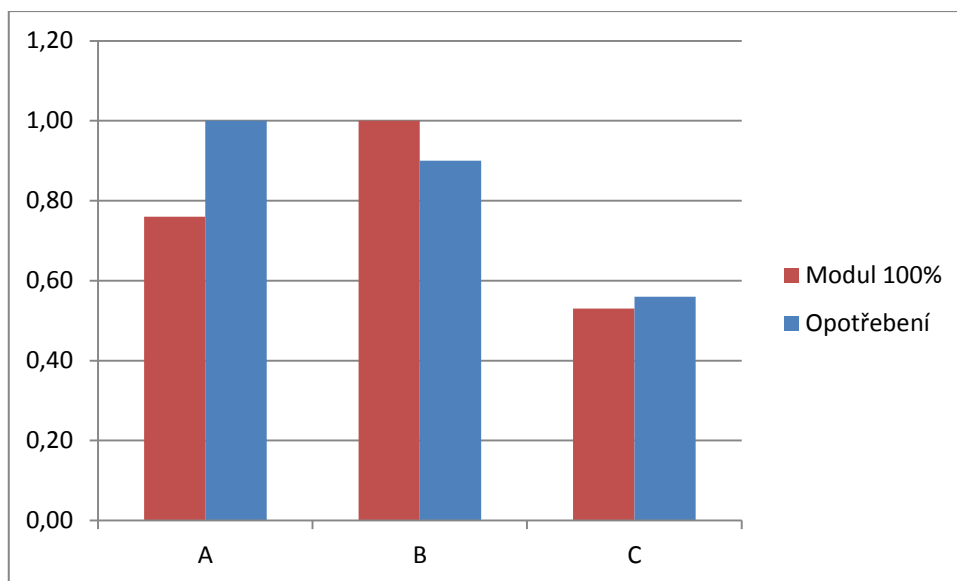
### Modul 50% a opotřebení



Obr. 28. Porovnání modulu 50% a opotřebení

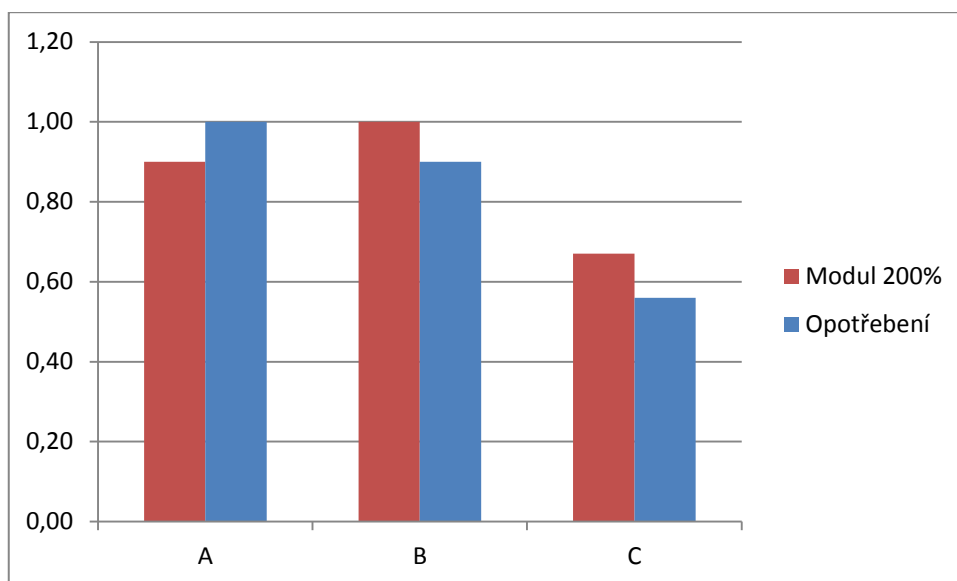
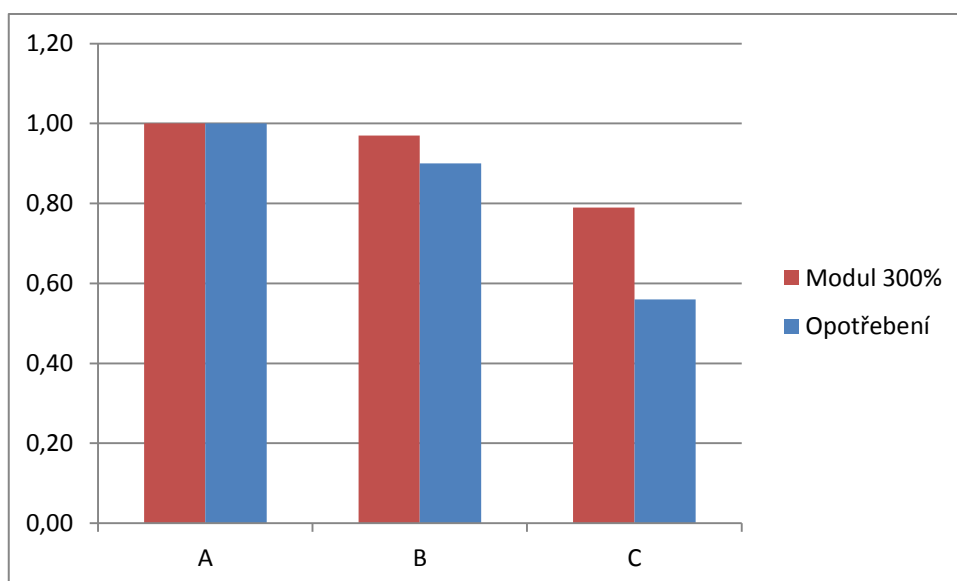
Porovnáním modulu 50% a opotřebením bylo zjištěno (Obr. 28), že nejmenší hodnoty modulu 50% vykazuje směs C, která zároveň vykazuje nejmenší opotřebení. Naopak největší hodnoty modulu 50% dosáhla směs B, která ale nevykazovala největší míru opotřebením. Největší opotřebením vykazala směs A.

### Modul 100% a opotřebením

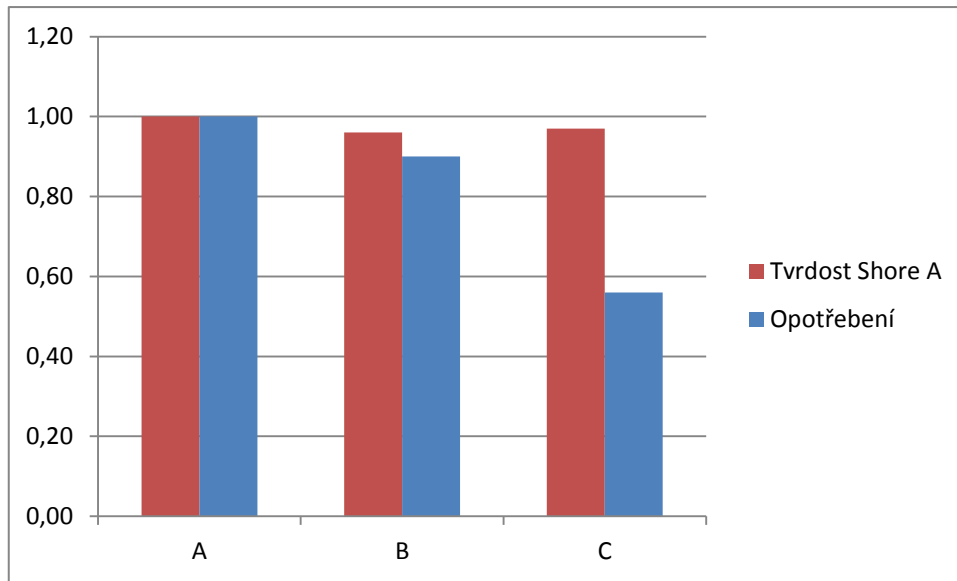


Obr. 29. Porovnání modulu 100% a opotřebením

Při srovnání modulu 100% a opotřebením vyšlo najevo (Obr. 29), že nejmenší hodnota modulu 100% byla naměřena u směsi C, u které byla naměřena i nejmenší hodnota opotřebením. Nejvyšší hodnota modulu 100%, která popisuje tuhost směsi, byla zjištěna u směsi B a ta dosáhla druhé nejmenší hodnoty opotřebením. Nejvyšší hodnotu opotřebením vykazala směs A.

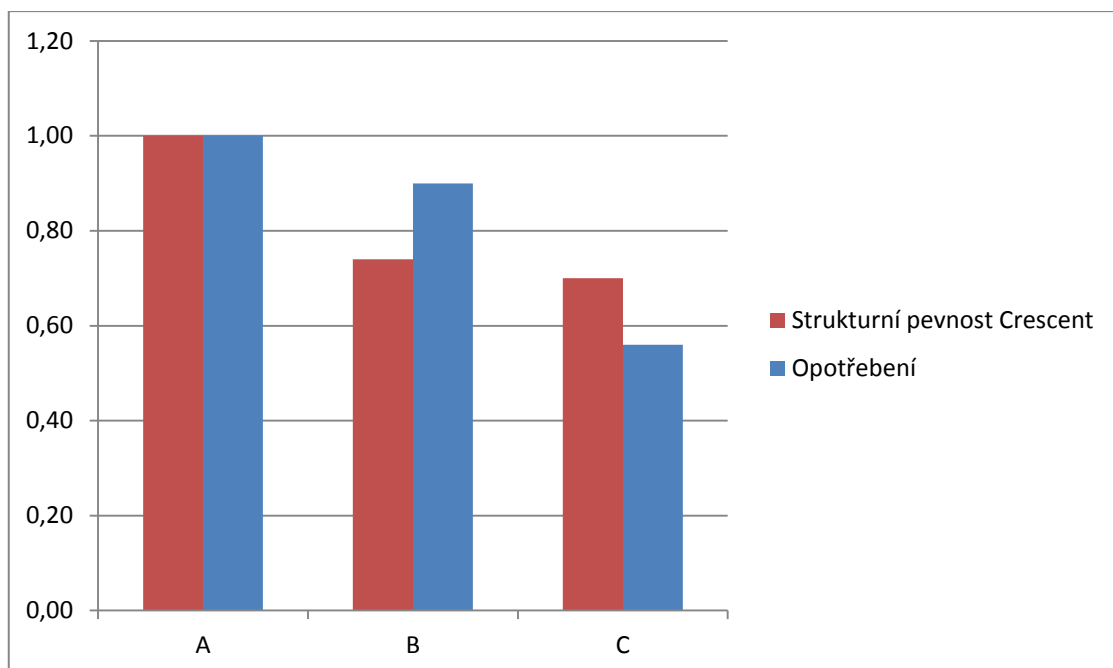
**Modul 200%, modul 300% a opotřebením***Obr. 30. Porovnání modulu 200% s opotřebením**Obr. 31. Porovnání modulu 300% s opotřebením*

Pokud byl porovnáván modul 200% a 300% s opotřebením (Obr. 31 a Obr. 32), tak se ukázalo, že nejmenší hodnoty modulů a opotřebením byly zjištěny u směsi C. Nejvyšší hodnota modulů byla pro 200% u směsi B a pro 300% u směsi A, avšak nejvyšší míru opotřebením vykazala směs A.

**Tvrdość a opotřebení**

*Obr. 32. Porovnání tvrdosti s opotřebením*

Jako velmi zajímavé se projevilo srovnání tvrdosti s opotřebením (Obr. 32). Z naměřených výsledků vyplývá, že nejmenší hodnota tvrdosti byla zjištěna u směsi C, která zároveň vykazovala nejmenší hodnotu opotřebení. U směsi A byla zjištěna skutečnost, že směs vykazovala nejen nejvyšší hodnotu tvrdosti, ale také největší míru opotřebení.

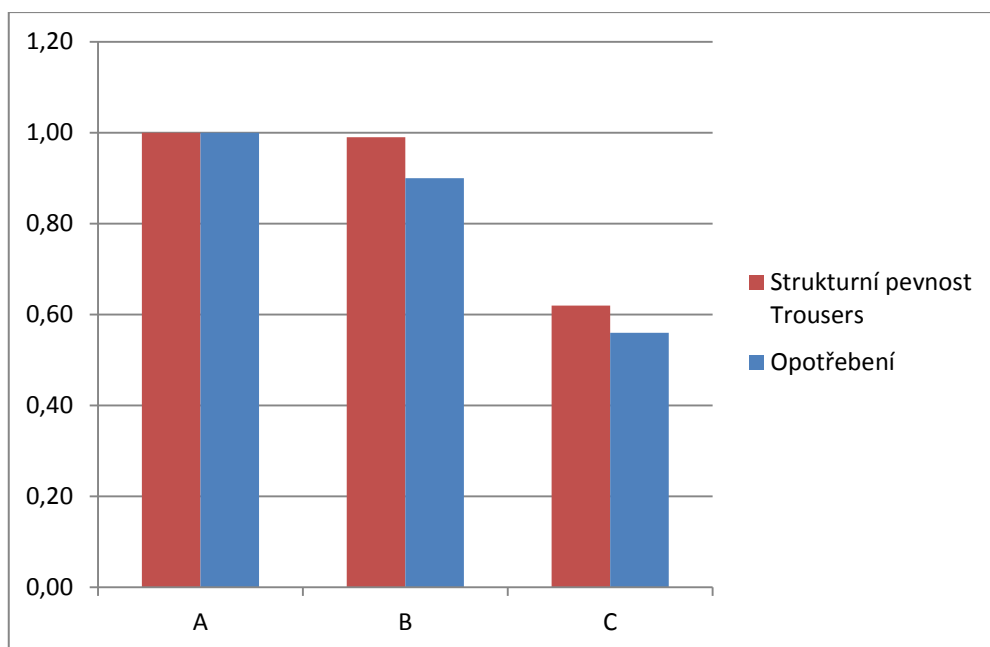
**Strukturní pevnost Crescent a opotřebení**

*Obr. 33. Porovnání strukturní pevnosti Crescent a opotřebení.*

Srovnáním naměřených hodnot strukturální pevnosti Crescent s opotřebením bylo zjištěno (obr. 33), že nejvyšší hodnoty strukturální pevnosti byly naměřeny u směsi A, která zároveň vykazala největší hodnotu opotřebením. Nejmenší hodnota strukturální pevnosti společně s nejnižší hodnotou opotřebením byly zjištěny u směsi C.

Z uvedených výsledků vyplývá určitý vztah mezi strukturální pevností Crescent a opotřebením. Vysoké hodnoty strukturální pevnosti mohou znamenat nižší odolnost testované směsi vůči opotřebením. Naopak vysoká hodnota opotřebením může být zapříčiněna vysokou hodnotou strukturální pevnosti Crescent.

### Strukturální pevnost Trouser a opotřebením



Obr. 34. Porovnání strukturální pevnosti Trouser a opotřebením

Porovnání strukturální pevnosti Trouser s opotřebením ukázalo (Obr. 34), že hodnota strukturální pevnosti je nejvyšší u směsi A, ale zároveň je u směsi A nejvyšší míra opotřebením. U směsi C jsme naměřili nejmenší hodnotu strukturální pevnosti a zároveň i nejmenší míru opotřebením.

## ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce se zabývá opotřebením vybraných typů běhounových směsí určených pro silně namáhané mimosilniční pneumatiky. Opotřebení běhounů pneumatik bylo porovnáváno s mechanickými vlastnostmi (pevnost v tahu, strukturní pevnost, pevnost Shore, tažnost). Byl hledán vliv mezi opotřebením a jednotlivými mechanickými vlastnostmi. Testované směsi představují reálné výrobky, které jsou průmyslově vyráběny a zpracovány.

Z naměřených hodnot vyplynulo, že největší vliv z mechanických vlastností na míru opotřebení vykazovaly hodnoty modulu při příslušné hodnotě protažení a hodnoty strukturní pevnosti a pevnosti v tahu. Běhounová směs, která bude velmi poddajná, vykazovala nízkou míru opotřebení, naproti tomu směs tuhá vykazovala nejvyšší míru opotřebení. V reálných podmínkách to znamená, že směs dobře obtékající terénní nerovnosti bude vykazovat nejmenší míru opotřebení.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ACHILLESOVÁ, Jana. *Opotřebení pryžových výrovků*. Zlín, 2011. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.
- [2] *Pneuservis v Rokytnici, Poradce při výběru pneumatik, OMV dealer* [online]. 2007, 2010-05-20 [cit. 2010-05-21]. Konstrukce, funkce a výroba pneumatiky. Dostupné z WWW: <<http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce-funkce-a-vyrobapneumatiky>>.
- [3] Toroid. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 24. 4. 2006, last modified on 8. 12. 2010 [cit. 2011-01-31]. Dostupné Z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Toroid>>.
- [4] SYNTHOS S.A. *Sythos: Butadienový kaučuk BR* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://synthosgroup.com/?id=168&L=2>
- [5] NOVÁK, Bc. Jan. *Opotřebení pryžových dílů*. Zlín, 2008. 96 s. Diplomová práce. UTB ve Zlíně.
- [6] PROTEKTORY PRAHA SPOL. S R.O. *Protektory Praha: Technický rádce* [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.protektorypraha.cz/pneumatiky/technicky-radce/>
- [7] MAŇAS, David. *Hodnocení opotřebení pneumatik*. Zlín, 2002. 90 s. Diplomová práce. UTB ve Zlíně.
- [8] VŠEUMĚL.CZ : *hobby magazín pro kutily a kutilství* [online]. 2005 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW:<<http://www.vseumel.cz/view.php?cislocclanku=2005052401>>.
- [9] *Pneu360.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.pneu360.cz/prakticke-informace>>.
- [10] *FULDA-pneumatiky* [online]. 2010 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <[http://www.fulda.com/fulda\\_cz\\_cz/test\\_and\\_tips/maintenance/tyre\\_repair/](http://www.fulda.com/fulda_cz_cz/test_and_tips/maintenance/tyre_repair/)>.
- [11] *Ekolist.cz* [online]. 2002 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <http://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/dotazy-a-odpovedi/recyklace-pneumatik>
- [12] *NokianTYRES : Výrobní proces pneumatiky* [online]. 2010 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <[http://www.nokiantyres.cz/Produktionsprozess\\_copy](http://www.nokiantyres.cz/Produktionsprozess_copy)>.
- [13] RESINEX GROUP. *Distribution of Plastics & Elastomers: Kaučuk* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.resinex.cz/polymerove-typy/natural-rubber.html>
- [14] MÁLEK, Martin. *Opotřebení pneumatik pro plochou dráhu*. Zlín, 2008. 84 s. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.



[15] MAŇAS, M.; MAŇAS, D.; STANĚK, M. *Výrobní stroje a zařízení I. : Stroje gumárenské a plastikářské*. UTB Zlín: I.E.S , 2007. 264 s.

[16] ŠTĚPÁN, Miroslav. *Gumárenská technologie: Výroba pneumatických obručí*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. ISBN 30105147.

[17] PREKOP, Štefan a kol.. *Gumárska technológia II*. Trenčín: GC TECH Ing. Peter Gerši v spolupráci s Trenčianskou univerzitou A. Dubčeka, 2003. ISBN 80-88914-85-x.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS Antiblockiersystem (Anti-lock Brake System)

ČSN Česká technická norma

NR Přírodní kaučuk

SBR Stytobutadienový kaučuk

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Toroid [3]</i> .....	13
<i>Obr. 2. Pneumatika [5]</i> .....	15
<i>Obr. 3. Konstrukce diagonální pneumatiky [5]</i> .....	16
<i>Obr. 4. Konstrukce radiální pneumatiky [5]</i> .....	16
<i>Obr. 5. Běhoun pneumatiky[5]</i> .....	17
<i>Obr. 6. Nárazník pneumatiky [5]</i> .....	17
<i>Obr. 7. Kostra pneumatiky [5]</i> .....	18
<i>Obr. 8. Bočnice pneumatiky [5]</i> .....	18
<i>Obr. 9. Patní lano [5]</i> .....	18
<i>Obr. 10 Značení pneumatiky na bočnici [6]</i> .....	19
<i>Obr. 11 Dvouválec [15]</i> .....	28
<i>Obr. 12. Porovnání pevnosti v tahu u daných směsí</i> .....	38
<i>Obr. 13. Porovnání tažnosti</i> .....	38
<i>Obr. 14. Modul 50%</i> .....	39
<i>Obr. 15. Modul 100%</i> .....	39
<i>Obr. 16. Modul 200%</i> .....	40
<i>Obr. 17. Modul 300%</i> .....	41
<i>Obr. 18. Strukturní pevnost Crescent</i> .....	42
<i>Obr. 19. Strukturní pevnost Trousers</i> .....	42
<i>Obr. 20. Tvrdost Shore A</i> .....	44
<i>Obr. 21. Schéma zařízení pro testování opotřebení</i> .....	45
<i>Obr. 22. Opotřebení po 90s</i> .....	45
<i>Obr. 23. Opotřebení po 180s</i> .....	46
<i>Obr. 24. Opotřebení po 180s při frekvenci 30Hz</i> .....	46
<i>Obr. 25. Zkušební těleso pro zkoušku rychlého opotřebení</i> .....	47
<i>Obr. 26. Porovnání pevnosti v tahu a opotřebení</i> .....	49
<i>Obr. 27. Porovnání tažnosti a opotřebení</i> .....	50
<i>Obr. 28. Porovnání modulu 50% a opotřebení</i> .....	50
<i>Obr. 29. Porovnání modulu 100% a opotřebení</i> .....	51
<i>Obr. 30. Porovnání modulu 200% s opotřebením</i> .....	52
<i>Obr. 31. Porovnání modulu 300% s opotřebením</i> .....	52
<i>Obr. 32. Porovnání tvrdosti s opotřebením</i> .....	53

---

<i>Obr. 33. Porovnání strukturní pevnosti Crescent a opotřebení. ....</i>	53
<i>Obr. 34. Porovnání strukturní pevnosti Trouser a opotřebení.....</i>	54

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Tahová zkouška.....</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 2. Moduly 50% a 100% .....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 3. Moduly 200% a 300% .....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 4. Strukturní pevnost.....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 5. Tvrdost Shore A a opotřebení.....</i>	<i>43</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: CD-ROM obsahující plný text práce

