

# **Vliv procesních podmínek a vulkanizačního systému na soudržnost kordu a pryže**

Bc. Ondřej Halík

---

Diplomová práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej Halík**  
Osobní číslo: **T12463**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv procesních podmínek a vulkanizačního systému na soudržnost kordu a pryže**

Zásady pro vypracování:

**1.Zpracujte studii na zvolené téma**

**2.Praktická část**

- definujte řešený problém soudržnosti mezi textilními kordy a pryží
- sestavte plánované pokusy hodnocení soudržnosti s využitím EN ČSN
- zpracujte statistické vyhodnocení experimentu
- proveďte ekonomický závěr řešení

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**PREKOP, Štefan. Gumárska technológia I. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 1998, 282 s. ISBN 8071004839.**

**DUCHÁČEK, Vratislav. Přírodní a syntetické kaučuky, termoplastické elastome-ry. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská sku-pina Zlín, 2006, 158 s. ISBN 80-02-01784**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.**

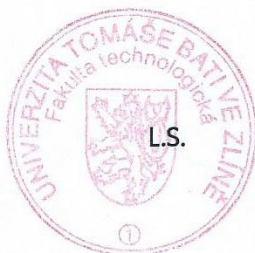
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

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



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



## 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 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 30. 4. 2014

  
.....

<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 nevydělčně 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 vzdělávacího 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Textilní výztužné materiály jsou v dnešní době nepostradatelnou součástí pryžových výrobků, jako jsou pláště pneumatik a dopravníkové pásy. Teoretická část této práce pojednává o rozdělení textilních výztužných materiálů a jejich úpravě pomocí RLF impregnace. Dále jsou zde popsány základní zkušební metody pro zjišťování adheze.

Praktická část je zaměřena na testování adheze při použití textilního kordu z aktivovaného a neaktivovaného vlákna. Součástí vyhodnocení je také vliv vybraných komponent gumárenské směsi na adhezi.

Klíčová slova: textilní kord, pryž, adheze

## **ABSTRACT**

Textile reinforcing materials at the present time are indispensable part of rubber products, such as pneumatic tires and conveyor belts. The theoretical part of this thesis will be discussing distribution of textile reinforcing materials and their treatment using RLF impregnation. It further describes basic test methods for the detection of adhesion.

The practical part is focused on the testing adhesion upon application of a textile cord from the activated and inactive fibres. This evaluation is also influenced by the selected components on the adhesion of rubber compounds.

Keywords: textile cord, rubber, adhesion

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc., za odbornou pomoc, ochotu a cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále pak Ing. Daliboru Rakovi a Ing. Jánů Horvátovi za předání jejich cenných praktických zkušeností.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VÝZTUŽNÉ MATERIÁLY</b> .....	<b>12</b>
1.1    KOMPOZITY .....	12
1.2    TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY NA VÝZTUŽNÉ MATERIÁLY .....	13
1.3    ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ VÝZTUŽNÝCH VLÁKEN .....	13
1.3.1    Bavlna .....	13
1.3.2    Viskózové vlákna .....	14
1.3.3    Polyester .....	14
1.3.4    Polyamid 6 a Polyamid 66 .....	14
1.3.5    Aramid.....	15
1.3.6    Skleněná vlákna .....	15
1.3.7    Ocelová vlákna.....	16
1.4    ADHEZIVNÍ A TEPELNÉ ÚPRAVY KORDŮ .....	17
1.4.1    Impregnační systémy pro textilní kordy .....	17
1.4.2    Tepelná úprava kordových tkanin .....	18
1.4.3    Popis linky DTU .....	19
1.4.3.1    Základní parametry linky:.....	19
1.4.3.2    Technický popis linky:.....	20
<b>2 KAUČUKOVÉ SMĚSI</b> .....	<b>23</b>
2.1    SLOŽENÍ KAUČUKOVÉ SMĚSI .....	23
2.2    PŘÍRODNÍ KAUČUK .....	23
2.3    SYNTECKÝ KAUČUK .....	23
2.3.1    Nejpoužívanější druhy syntetických kaučuků.....	23
2.4    VULKANIZAČNÍ SYSTÉM.....	24
2.5    KOMPONENTY KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ .....	25
<b>3 TECHNOLOGIE NÁNOSOVÁNÍ</b> .....	<b>27</b>
3.1    NÁNOSOVÁNÍ OCELOVÝCH KORDŮ .....	27
3.1.1    Studený způsob .....	28
3.1.2    Teplý způsob .....	29
3.2    NÁNOSOVÁNÍ TEXTILNÍCH KORDŮ.....	29
<b>4 ADHEZE, ZKOUŠENÍ ADHEZE</b> .....	<b>31</b>
4.1    TEORIE ADHEZE A KOHEZE .....	31
4.1.1    Mechanická teorie adheze .....	31
4.1.2    Elektrostatická teorie adheze.....	31
4.1.3    Chemická teorie adheze .....	32
4.1.4    Difúzní teorie adheze .....	32
4.1.5    Sorpční teorie adheze .....	32
4.2    METODY ZKOUŠENÍ ADHEZE.....	33
4.2.1    Metoda stanovení soudržnosti mezi vrstvami při separaci ČSN 62 1461 .....	33
4.2.2    Stanovení statické soudržnosti pryže s textilním kordem ČSN 62 1462 .....	34



4.2.3	Stanovení soudržnosti pryže s kordem po dynamické deformaci metodou Henley ČSN 62 1464 .....	34
<b>SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI .....</b>		<b>36</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>		<b>37</b>
<b>5</b>	<b>CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>POPIS PROBLÉMU .....</b>	<b>39</b>
6.1	VLASTNOSTI KORDOVÉ TKANINY .....	39
6.2	VLASTNOSTI GUMÁRENSKÝCH SMĚSÍ .....	40
<b>7</b>	<b>EXPERIMENT .....</b>	<b>42</b>
7.1	ANALÝZA PROCESU .....	42
7.2	NÁVRH EXPERIMENTU .....	42
7.3	PROVEDENÍ ZKOUŠEK .....	44
7.3.1	Příprava tělísek .....	44
7.3.2	Trhací zkoušky .....	46
<b>8</b>	<b>STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>47</b>
8.1	VYHODNOCENÍ DLE JEDNOTLIVÝCH SMĚSÍ .....	47
8.1.1	Vyhodnocení směsi Barum 1 .....	48
8.1.2	Vyhodnocení směsi Barum 2 .....	50
8.1.3	Vyhodnocení směsi Barum 3 .....	52
8.1.4	Vyhodnocení směsi Barum 4 .....	54
8.1.5	Vyhodnocení směsi Barum 5 .....	56
8.1.6	Vyhodnocení směsi Mitas .....	58
8.1.7	Vyhodnocení směsi Sava .....	60
8.2	VYHODNOCENÍ DLE SLOŽENÍ SMĚSÍ .....	62
8.3	DISKUSE VÝSLEDKŮ .....	65
8.4	DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ PRÁCE .....	66
<b>9</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>67</b>
9.1	VYHODNOCENÍ NÁKLADŮ ZKOUŠEK .....	67
9.2	PŘÍNOS PRO VÝROBNÍ PRAXI .....	69
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>70</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>71</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>72</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>		<b>75</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>		<b>76</b>

## ÚVOD

V současnosti, kdy jsou kladeny stále vyšší nároky na výrobky gumárenské výroby využívajících výztužných materiálů, rostou i požadavky na kvalitní spojení kordu a pryže. Na tomto rozhraní kde je interakce dvou materiálů o rozdílných mechanických vlastnostech, závisí výsledná životnost, nosnost, tuhost a užitné vlastnosti výrobku. Tohoto kompozitního uspořádání se využívá u automobilových pneumatik, dopravníkových pásů, hadic, klínových řemenů a u mnoha dalších výrobků. Dobrou adhezi na rozhraní textilního kordu a pryže zajišťuje již dlouho známá adhesivní úprava pomocí resorcinolformaldehydové impregnace. Tato impregnace je na režný textilní kord nanášena na linkách dodatečné tepelné úpravy kde probíhá i další proces stabilizování mechanických vlastností kordu. Složení této impregnace a její aplikace je založena spíše na empirické znalosti než na racionálních poznatcích. Kvalitní spojení dále ovlivňují procesní podmínky zpracování a vulkanizační systém. Správné nastavení doby vulkanizace a vulkanizačního systému, má zásadní vliv na difundování síry z gumárenské směsi do impregnačního nánosu vlákna a tím k dokonalému propojení výztužného materiálu a kaučuku. Proto u kvalitně vyrobeného výrobku nedochází k poškození na rozhraní kordu a pryže ale mimo toto rozhraní. Cílem této práce je popsat vliv procesních podmínek a vulkanizačního systému na soudržnost kordu a pryže s využitím normalizovaných zkoušek a statistického vyhodnocení naměřených dat včetně ekonomického zhodnocení.

Teoretická část se zabývá popisem jednotlivých výztužných materiálů a jejich zpracováním na lince dodatečné tepelné úpravy. Dále jsou popsány přírodní a syntetické kaučuky včetně přísad používaných do kaučukových směsí. Konec teoretické části je zaměřena na zkoušení soudržnosti kordu a pryže.

Praktická část je zaměřena na vyhotovení zkušebních tělísek z několika vybraných směsí o různém složení. Tyto tělíška jsou podrobena adhezivnímu testu dle normy ČSN 62 1462 H-test. Hodnoty z měření jsou vyhodnoceny s ohledem na použité vlákno k výrobě textilního kordu. Dále je popsán vliv vybraných komponent nánosovací směsi na adhezi kordu a pryže. Na závěr je provedeno ekonomické vyhodnocení popsané metody testování a ekonomický význam použitých vláken pro výrobu kordu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VÝZTUŽNÉ MATERIÁLY

Výztužné materiály patří k základním faktorům, které určují výkon a vlastnosti většiny gumárenských výrobků. Výztužný materiál do značné míry ovlivňuje tvar výrobku a jeho odolnost proti opakovanému namáhání. Určuje životnost, nosnost, odolnost proti mechanickému poškození a řadu dalších vlastností. K určujícím faktorům užitečných vlastností výrobku patří také druh kaučuku, z kterého je zhotoven, a také jeho konstrukce.

Všechny zde uvedené faktory se vzájemně ovlivňují a při změně každého z nich je nutné pečlivě uvážit, do jaké míry bude ovlivňovat všechny ostatní.

Nejrozšířenější oblastí gumárenské technologie je výroba pneumatik. Jejich celosvětová spotřeba a požadavky na fyzikální vlastnosti, bezpečnost, kvalitu, hospodárnost a sériovost, kladou vysoké nároky na kvalitu výztužných materiálů a na jejich komplexní řešení. Materiály, které vyhovují na výrobu pneumatik, lze aplikovat ve výztužných systémech ostatních gumárenských výrobků a to především u dopravníkových pásů, klínových řemenů, hadic, membrán vaků a mnoho dalších. [2,3]

### 1.1 Kompozity

Kompozitní materiály jsou vždy složeny ze dvou a více chemicky a fyzikálně odlišných složek. Tvrdší, pevnější a tužší složka se nazývá **výztuž**. Spojitá a obvykle poddajnější složka, která zastává funkci pojiva výztuže, se označuje jako **matrice**. [4]

Většina gumárenských výrobků je na bázi kompozitů. Jako matrice je zde zastoupena pryž, která je poddajná a určuje polohu výztužného systému. Jako výztuž jsou zde vlákna zpracované do podoby kordu, séglu nebo jako samostatné vlákna. Jelikož mechanické vlastnosti těchto složek jsou rozdílné, je kladen vysoký požadavek na rozhraní kaučukové směsi a výztužného systému.

Díky tomuto spojení, dvou a více odlišných fází, dochází v kompozitech k takzvanému **synergetickému efektu**. Díky tomuto jevu nemá výsledný kompozit vlastnosti pouhého součtu vlastností jednotlivých složek ale mnohem vyšší. Matematicky vyjádřeno  $1+1 \ll 2$ .

## 1.2 Technologické požadavky na výztužné materiály

Navrhnout optimální požadavky na výztužný systém gumárenských výrobků není jednoduché. Tuto problematiku je nutno posuzovat nejen z hlediska technického, ale i technologického a ekonomického. Technické požadavky na jednotlivé aplikace jsou rozdílné, lze je však obecně definovat. Obecně platné požadavky na vláknité výztužné materiály jsou:

- vysoká pevnost
- dobrá rozměrová stabilita
- odolnost proti vlhkosti
- odolnost proti vyšším teplotám
- vysoký modul pružnosti
- odolnost proti opakovanému namáhání
- možnost adhezivní úpravy zaručující dobré spojení s pryží
- dobrá technologická zpracovatelnost
- ekonomicky výhodné [3]

## 1.3 Základní rozdělení výztužných vláken

Výztužnými materiály pro gumárenský průmysl jsou rozmanité typy přírodních nebo syntetických vláken, které mají pro tento účel vhodné vlastnosti. Nejčastěji používané typy vláken lze třídit z různých hledisek. Nejběžnější je rozdělení dle původu, důležité pro zpracování a mechanickou technologii hotového výrobku.

### **Přírodní vlákna:**

Vlákna z přírodních makromolekulárních látek rostlinného nebo živočišného původu a látek minerálních. Vlákna se získávají mechanicky.

### **Chemická vlákna:**

Vlákna vyrobená z přírodních nebo syntetických polymerů chemickou cestou.

### **Hutnická vlákna:**

Vlákna vyrobená hutnickou technologií z anorganických látek. [2]

### 1.3.1 Bavlina

Tradiční přírodní vlákno, které se stále využívá ve výrobě některých druhů tkanin pro své vyvážené vlastnosti, snadnou technologickou zpracovatelnost a příznivou cenu. Chemickou podstatou vlákna je celulóza, která tvoří 87-91 % celkového složení. Zbytek podílu tvoří bezdusíkaté látky, bílkoviny, voda, vosky a tuky. Obsah vosku zlepšuje zpracovatelnost.

nost a částečně chrání materiál proti vnějším vlivům. Použití je, však omezeno na méně náročné aplikace jako jsou velopláště, hadice, membrány, spotřební pryžové zboží atd. [1,2,3]

### 1.3.2 Viskózní vlákna

Viskózní vlákna patří mezi základní typy chemických vláken. Z hlediska fyzikálních vlastností mají vysokou odolnost při dynamickém namáhání a výbornou tepelnou stabilitu. Jejich význam postupně klesá hlavně díky některým nežádoucím vlastnostem, jako je nízká pevnost v porovnání s polyesterem, vysoká náročnost výroby, zatížení životního prostředí a z toho vyplývající vysoká cena.

Z hlediska zpracování se vyskytují problémy se sklonem ke vzniku elektrostatického náboje, ale na druhou stranu mají malou náchylnost k fibrilaci vláken a tvorbě shluků. Mají relativně vysoký modul a dobrou rozměrovou stabilitu. Ve výrobě pneumatik se používají hlavně na radiální pláště pro vysoké rychlosti. [1]

### 1.3.3 Polyester

Patří k nejdůležitějším výztužným vláknům současnosti díky univerzálním vlastnostem. Mezi největší přednosti patří vysoká pevnost za sucha i za mokra, vysoká odolnost vůči oděru, vysoká tvarová stálost a stálost za tepla v porovnání s polyamidem a taktéž odolnost vůči chemickým vlivům.

Z hlediska užitkových vlastností nevýhodou polyesterového vlákna je náchylnost k hromadění statického náboje, má vysokou tvarovou stálost za nízkých teplot a nízkou za teplot vysokých. Hlavním důvodem velkého využití polyesterových vláken pro kostru radiálních plášťů jsou technické a ekonomické výhody. Vlákna se vyznačují výbornými mechanickými vlastnostmi, ke kterým patří například vysoká pevnost v tahu, rozměrová a tepelná stabilita a nízká hustota. Tyto vlastnosti předurčují polyesterové vlákna pro použití tam, kde potřebujeme snížit hmotnost, zlepšit jízdní vlastnosti a snížit spotřebu paliva a hlučnost. [1]

### 1.3.4 Polyamid 6 a Polyamid 66

Polyamidová vlákna vynikají vysokou pevností, dobrou odolností proti oděru a ohybu a taktéž vykazují dobré elastické vlastnosti. Mezi nevýhody patří nízká teplota tání, poměrně velké smrštění, které je ovlivnitelné tepelnou fixací a špatná tepelná stabilita.



Z hlediska mechanických vlastností je nutné upozornit na takzvaný studený tok, který je příčinou nevratných deformací vláken dlouhodobě vystavených mechanickému namáhání. Při zpracování a používání se poměrně snadno nabíjejí statickou elektřinou. Při běžné teplotě mají polyamidové vlákna vynikající tvarovou stálost, při vyšších teplotách dochází k jejich lomovitosti (hlavně v mokřém stavu).

Pro gumárenský průmysl mají význam hlavně vlákna na bázi polyamidu 6 a polyamidu 66. Polyamid 66 má v porovnání s polyamidem 6 vyšší teplotu tání, pevnost, lepší tepelnou stabilitu, nižší citlivost na vlhkost, vykazuje nižší smrštění a lepší únavovou odolnost. [1]

### 1.3.5 Aramid

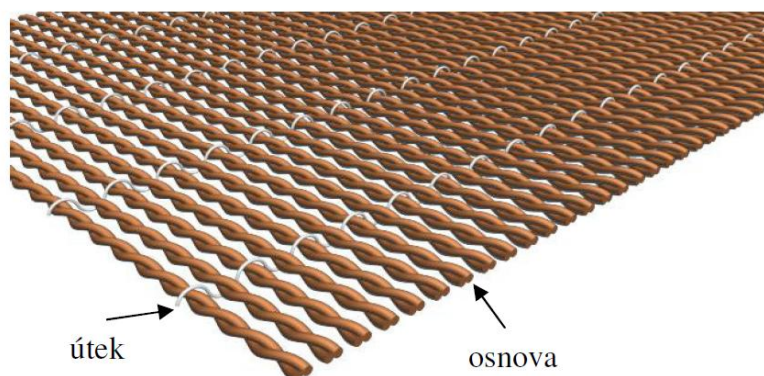
Tyto vlákna jsou technickým pokrokem ve výztužných materiálech. Vyrábějí se z vysoce orientovaného aromatického polyamidu. Vyznačuje se vysokou pevností v tahu a houževnatostí. Pevnost v tlaku je malá. Vlákno je citlivější na teploty vyšší jak 200 °C. V pneumatikách se používá hlavně ke snižování hmotnosti patních lan. Hlavní nevýhodou je cena, která je vyšší než u konvenčně používaných materiálů.

### 1.3.6 Skleněná vlákna

Skleněná vlákna vynikají svou pevností, chemickou a tepelnou odolností a rozměrovou stabilitou. Problém použití tohoto vlákna jako výztužného materiálu v gumárenském průmyslu spočívá v tom, že při vysokém dynamickém namáhání dochází k špatnému přenosu napětí a slabé adhezi ke kaučuku.

Řešení tohoto problému je možné po oddělení jednotlivých fibril a nanesením tenké vrstvy elastomeru, která zabraňuje jejich vzájemnému oděru. Při vhodném složení může zajistit taktéž dobrou adhezi k finálnímu pryžovému výrobku.

Pro aplikaci v běžných typech kaučuků se adhezivní povlak tvoří resorcinformaldehydolatexovou lázní (RFL). Celkový nános na vlákno je na rozdíl od organických vláken značně vysoký a pohybuje se okolo 18-19 %. [2,3]



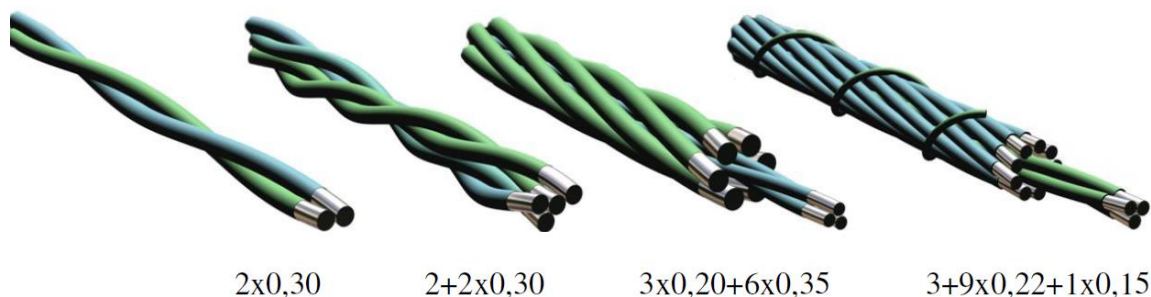
Obr. 1. Textilní kord [8]

### 1.3.7 Ocelová vlákna

Tento výstužný materiál je odlišný od výše jmenovaných a to jak svými vlastnostmi, technologií výroby ale i úpravou a zpracováním.

Základním polotovarem je válcovaný drát, který se v několika stupních opakovaně mechanicky, termicky a chemicky opracovává. Mechanické opracování spočívá v postupném protahování průvlaky a snižováním tloušťky. Mezi jednotlivými operacemi se vlákno chemicky upravuje – patentuje, moří, boraxuje a vápní. Před poslední fází se na vlákno nanáší vrstva mosazi o složení 70 % Cu, 30 % Zn. Z hlediska adheze je nezbytné, aby na povrchu oceli vznikla prostorová plošně centrovaná  $\alpha$ -modifikace mosazi.

Ocelová vlákna se zpracovávají do kordu slaňováním, což je obdoba skaní u textilních vláken. Nejprve se vyrobí svazky vláken, které se sdružují a opačně slaňují do kordu. Nakonec se kord ještě oplétá tenkým vláknem. Význam opletu je v tom, že drží celou konstrukci pohromadě, a tím zvyšuje odolnost proti únavě. [3]



Obr. 2. Ocelové kordy [8]

## 1.4 Adhezivní a tepelné úpravy kordů

Při použití výztužných materiálů v gumárenských výrobcích se vytváří systém, jehož jednotlivé složky mají velmi odlišné vlastnosti. Vlákná výztužného materiálu mají relativně vysokou pevnost a malou tažnost, pryž má naopak relativně malou pevnost a vysokou tažnost. Aby nedocházelo k separacím jednotlivých složek, je potřeba použít vhodného adhezivního systému, který působí jako pojivo mezi kordem a kaučukovou směsí. Samotné adhezivní činidlo je v pneumatice obsaženo v množství 0,5 až 1 %, jeho význam pro výkon pneumatiky je však velký.

Adheze je přitažlivá síla působící mezi povrchovými molekulami dvou látek na určité ploše. Pokud jsou látky ze stejného materiálu, hovoříme o kohezi. Z chemického pohledu jde o vzájemné působení molekul adheziva a substrátu. Je nutné předpokládat, že pro vytvoření vazeb musí oba dotýkající se materiály obsahovat funkční skupiny schopné vytvořit vazbu. [1, 2]

### 1.4.1 Impregnační systémy pro textilní kordy

Při aplikování impregnace na povrch kordových nití se zlepšuje snášenlivost s pryží. Adhezivní systém se nanáší formou máčení v impregnačním roztoku složeného z vodní emulze resorcinolu, formaldehydu a kaučuku. Následuje tepelné zpracování při teplotách vyšších jak 200 °C. Tato metoda se v praxi nazývá standardní RFL metoda a je nejdůležitější při zpracování adhezivní úpravy u viskóзовých, polyamidových a polyvinylalkoholových vláken. [2]

Požadavky na impregnační systém:

- Rychlá tvorba vlastní adhezivní formy
- Velká odolnost při opakovaném namáhání
- Adaptibilita k různým typům kaučukových směsí
- Tepelná odolnost
- Nedegradační působení na vlastnosti vlákna
- Vodné prostředí pokud je to možné [2]

V praxi rozeznáváme tyto impregnace:

- 2- stupňová RFL impregnace textilních kordů
- 1- stupňová RFL impregnace textilních kordů

2- stupňová RFL impregnace textilních kordů:

Požívá se u textilních výztužných materiálů na bázi polyamidu 6 a polyamidu 66, viskózo-  
vé vlákna a předadhezivně neaktivovaný polyester a aramid. Resorcinolformaldehydová  
pryskyřice se připravuje samostatně jako vodní roztok a přidává se k latexu. Po zreagování  
latexu a živice se roztok před použitím uskladní při teplotě 8 °C. Pokud je koncentrace  
roztoku nižší jak 20 %, může se naředit demineralizovanou vodou. Takto připravený roz-  
tok má pH v rozmezí 8-9 a je použitelný v průběhu čtyř dní při skladovací teplotě 5-10 °C.  
Standardní složení RFL impregnačního roztoku je uvedeno v tabulce 1.

*Tab. 1. Standardní složení RFL roztoku pro 2-stupňovou impregnaci*

<b>RF složka</b>	<b>Hmotnostní obsah [g]</b>
Demineralizovaná voda	418,4
NaOH (5 %)	10,3
Resorcinol	18,8
Formaldehyd (37 %)	26,9
Celkové množství RF pryskyřice	474,4
Reakční čas je 6 hodin při teplotě 25 °C	
<b>Latexová složka</b>	<b>Hmotnostní obsah [g]</b>
Demineralizovaná voda	98,7
Vinylpyridinový latex (VP) latex (40 %)	426,9
Celkové množství latexu	525,6
Celkové množství RFL roztoku (20 %)	<b>1051,2</b>

1- stupňová RFL impregnace textilních kordů:

Používá se taktéž pro vlákna polyamidu 6, polyamidu 66, u viskózo-  
vých vláken a pro pře-  
adhezivně aktivovaný polyester a aramid. Složení impregnačního roztoku je stejné jak u  
dvoustupňové impregnace. Rozdíl je, že se RF pryskyřice přidává ihned k latexu bez před-  
chozího zrání. Impregnační roztok je použitelný po 24 hodinách zrání při teplotě 25 °C. [3]

**1.4.2 Tepelná úprava kordových tkanin**

Tepelná úprava kordových tkanin závisí v podstatě na těchto třech faktorech:

- Teplota
- Napětí
- Čas

Z teoretického hlediska se musí tepelná úprava skládat ze dvou procesů a to z dloužení a následné fixace.

Při dloužení probíhá v podstatě orientace makromolekul ve směru osy vlákna. Mezi jednotlivými makromolekulami působí kohezni síly, hlavně vodíkové můstky, van der Waalsovy síly, koordinační vazby a podobně. Po zvlákňování jsou řetězové makromolekuly uspořádány nepravidelně tak, že vzdálenost mezi atomy vodíku a kyslíku je minimální. Dloužením se vyvolá určitý stav napětí ve vláknu, způsobený větší vzdáleností atomů kyslíku a vodíku, přičemž platí, že za studena se molekuly obtížněji orientují. Proto se dloužení provádí za tepla, čímž se zmenší stabilita celého systému. Vydložené vlákno za tepla se opět působením teploty ochotně smršťuje a dostává se do stavu s nižší hladinou potenciální energie.

Praktický důsledek dloužení za tepla je, že se zvýší pevnost, zmenší se tažnost, avšak negativně se projeví vyšším smrštěním vlákna za tepla. Toto zvýšené smrštění je nutno redukovat na přijatelnou úroveň procesem fixace.

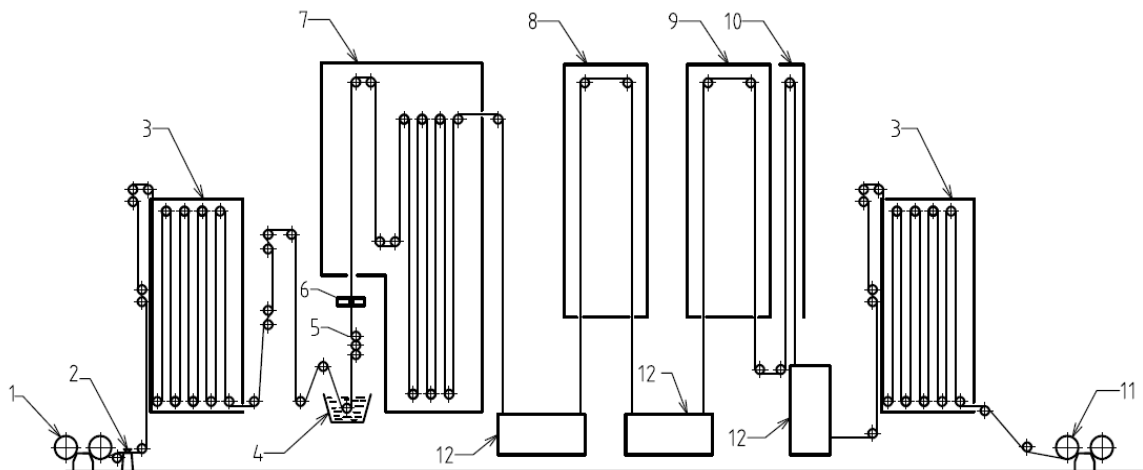
Fixací se uvolňují mezimolekulové síly a molekuly pak mohou působením tepla vykonávat tepelný pohyb a částečně se dezorientovat. Při tomto procesu se snaží zaujmout takovou polohu, při níž je hladina potenciální energie co nejnižší. Praktické důsledky fixace se projevují zvýšenou tažností vlákna, mírně sníženou pevností a hlavně menším smršťováním vlákna při zahřátí. [2]

### 1.4.3 Popis linky DTU

Tyto linky slouží k impregnaci a tepelné úpravě kordů. Skládají se z několika zón a v praxi se používají různá uspořádání těchto zón na více linkách. Princip jednotlivých linek je stejný. Níže popsaná linka se používá ve společnosti KORDÁRNA Plus a.s.

#### 1.4.3.1 Základní parametry linky:

Pracovní šířka válců:	1150 až 1650 mm
Impregnovaná šířka:	1600 mm o hmotnosti 500 g/m <sup>2</sup>
Maximální rychlost linky:	50 m/min



Obr. 3. Zjednodušený náčrt uspořádání linky DTU

#### 1.4.3.2 Technický popis linky:

1. **Odvíjecí stolice:** Dvojitý odvíjecí stojan s regulací odtahu.
2. **Spojování konců tkanin kordů:** Provádí se osmijehlovým šicím strojem, který je mimo osu nebo v ose linky. Nevýhoda způsobu spojování stroje mimo osu linky je, že dochází k naředění osnovních nití a ke stahování útků. Daleko lepší způsob je spojování v ose linky, které Kordárna Plus a.s. používá na některých linkách.
3. **Vstupní zásobník tkaniny:** Zásoba tkaniny je 3 min. při rychlosti linky 50 m/min. Tento čas je dostačující na provedení spoje a zachování kontinuálního provozu linky.
4. **Smáčecí vana:** Obsahuje jeden ponorný válec. Zde probíhá smáčení tkaniny v impregnační lázni.
5. **Ždímací válce:** Jedná se o soustavu tří válců, které slouží k odstranění přebytečného impregnačního roztoku. Prostřední tažný válec je potažen pryží. Na tento válec dosedají dva silně pochromované válce, které jsou pneumaticky ovládané, a těmito je možné regulovat přítlak.
6. **Odsávací zařízení:** Slouží k odsátí přebytečné impregnace na tkanině. Výkon odsávání lze regulovat.
7. **Sušárna:** Skládá se ze dvou zón. První zóna je mokrá a druhá zóna je suchá. Délka návodu tkaniny je v obou zónách 120 m. Nevýhodou této sušárny je, že není možné nastavit rozdílné teploty v jednotlivých zónách. Sušárna slouží k odstranění přebytečné vody z impregnačního roztoku. Tkanina po výstupu ze sušárny by neměla mít vlhkost vyšší jak 10 %.



- 8. Dloužící zóna:** Jedná se o izolovanou tepelní komoru s možností automatické regulace expoziční doby. Zvyšování expoziční doby je možné pouze snížením rychlosti linky. Délka zóny je 30 m. V zóně je umístěno 12 hubic tlačných a 12 hubic odsávacích. Výtažek je možné regulovat v rozmezí -10 až 15 %.
- 9. Stabilizační zóna:** Konstrukčně je stejná jako dloužící zóna ale teploty se zde používají o 10 °C nižší než v zóně dloužící. Převážně se používají záporné výtažky z důvodu stabilizování fyzikálně mechanických vlastností, hlavně tažnosti při maximální pevnosti, modulů a smrštění. Výtažky je možné regulovat v rozsahu -10 až 15 %. Výstupní válce musí být intenzivně chlazeny. Toto je požadováno především u materiálů polyamid 6, polyamid 66 a PES. Naopak při zpracování viskóзовého vlákna nesmí být výstupní válce chlazeny.
- 10. Chladící zóna:** Konstrukčně se jedná o komoru, kde dochází k ochlazení tkaniny vzduchem.
- 11. Navíjení tkaniny:** Dovoluje možnost regulace navíjecí síly a regulací přítlaku pro tvrdost návínu.
- 12. Soustava tažných válců:** Soustava 5-ti nebo 7-mi válců, které zabezpečují požadované výtažky na tkanině.

Linka je vybavena automatickým vedením a středěním tkaniny bez ohledu na změnu šířky tkaniny. Tento systém je důležitý pro dokonalé vedení tkaniny v ose linky.

Dále je linka vybavena rozpínacími a vyrovnávacími válci tzv. **MONT HOPE** a to dvěma typy:

**typ „J“ na nízké napětí:** 1 ks ve vstupním zásobníku  
1 ks před výstupním zásobníkem  
2 ks za výstupním zásobníkem

**typ „H“ na vysoké napětí:** 1 ks před impregnací  
1 ks za sušárnou

Dále je linka vybavena středícími a rozpínacími **TRIOVÁLCI**:

- 1 ks před impregnační vanou – příprava tkaniny před naimpregnováním
- 1 ks mezi I. a II. zónou, pro celoplošné rozpínání a středění, válce pro vysoké pnutí
- 1 ks na výstupu linky za chladicí zónou před výstupním zásobníkem
- 1 ks před navíjecími válci pro rovnání okrajů tkaniny – zkvalitnění návinu [7]

## 2 KAUČUKOVÉ SMĚSI

Pro výrobu gumárenských výrobků jsou potřeba polotovary o rozdílných vlastnostech. Rozdílných vlastností pro výrobu polotovarů jako je běhoun, bočnice, vnitřní guma, jádra lan, meziguma, patní pásek, nánosové folie a různé druhy výplní dosáhneme jiným složením kaučukové směsi. Hlavní složkou je kaučuk, do kterého jsou přimíchány přísady pro získání požadovaných vlastností.

### 2.1 Složení kaučukové směsi

Kaučuk je makromolekulární termoplastická látka. Působením vulkanizačních činidel mění své vlastnosti. Při procesu vulkanizace přechází ze stavu převážně plastického do stavu elastického. Proces vulkanizace je chemicko – fyzikální reakce.

### 2.2 Přírodní kaučuk

Je obsažen v latexu kaučukodárných stromů a keřů. Nejvhodnější pro výrobu přírodního kaučuku je druh HEVEA Brasiliensis, pěstovaný na plantážích okolo rovníku. Počátek výroby přírodního kaučuku je na plantážích, kde se čepuje latex pomocí řezu do stromu. Latex vytéká několik hodin do připravené nádoby. Latex obsahuje asi 40 % kaučuku, který se z něj získává vysrážením pomocí kyseliny mravenčí nebo octové. Takto vysrážené bloky přírodního kaučuku se před expedicí k zákazníkovi ještě propírají vodou, suší a konzervují uzením.

### 2.3 Syntetický kaučuk

Jedná se o velmi důležitou surovinu pro gumárenský průmysl. Nahrazuje přírodní kaučuk a v některých případech má lepší fyzikálně – mechanické vlastnosti. Syntetické kaučuky jsou vyráběny s ohledem na budoucí vlastnosti výrobků. Základní surovinou pro výrobu syntetického kaučuku je ropa. [8]

#### 2.3.1 Nejpoužívanější druhy syntetických kaučuků

**Butadienstyrenový:** Butadien a styren patří do skupiny monomerů, které ochotně polymerují a kopolymerují nejrůznějšími mechanismy a způsoby. Proto lze na základě kopolymerů butadienu a styrenu vyrobit dlouhou řadu makromolekulárních látek a to jak plastů, tak elastomerů

Označuje se zkratkou SBR. Nejvíce se používá pro výrobu běhounových směsí.

**Butadienový:** Označuje se zkratkou BR. Zlepšuje fyzikálně – mechanické vlastnosti běhounových směsí. Používá se v kombinaci přírodního kaučuku a butadienstyrenového kaučuku.

**Izoprenový:** Značí se IR, lze jej požit do všech částí pláště. Nejčastěji se kombinuje s přírodním kaučukem.

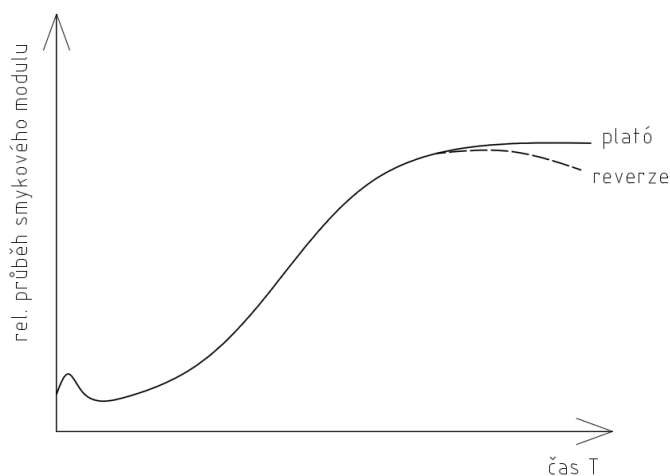
**Butylkaučuk:** Označuje se zkratkou IIR, nepoužívá se pro výrobu plášťů, jelikož se nespojuje s jinými druhy kaučuku. Používá se hlavně na výrobu membrán pro lisování plášťů a na výrobky z technické pryže. [8,9]

## 2.4 Vulkanizační systém

Vulkanizační systém umožňuje vytvoření příčných vazeb v kaučuku a upravuje průběh a stav vulkanizace. Skládá se z vulkanizačního činidla, urychlovače a aktivátoru. Zesíťování lze dosáhnout také fyzikální cestou, například radiací.

Při vulkanizaci se váže síra na kaučuk za tvorby síťové struktury. Podle množství vázané síry se vulkanizáty rozdělují do tří technologických skupin: Měkká pryž, Polotvrdá pryž a Tvrdá pryž.

Dávkování síry se pohybuje kolem 2 dsk, což vede ke zvýšenému použití organických urychlovačů. Klesne-li obsah síry, je nutné použít většího množství urychlovačů nebo jejich účinnějších typů. Vliv na vulkanizační systém má také prostředí, které může být alkalické nebo kyselé. Tyto změny prostředí způsobují saze, faktisy, kalafuna, regenerát apod. [10]



Obr. 4. Příklad vulkanizační křivky

## 2.5 Komponenty kaučukových směsí

**Vulkanizační činidla:** Jedná se o látky schopné vytvořit chemickou reakci za vzniku příčných vazeb mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. Vulkanizace probíhá neoptimálněji při teplotě 140 – 210 °C v závislosti na použitém složení kaučukové směsi. Nejznámější vulkanizační činidlo je síra, oxidy kovů a reaktivní pryskyřice.

**Urychlovače:** Podporují činnost vulkanizačních činidel a bývají složkou vulkanizačního systému. Dle rychlosti je dělíme na pomalé, rychlé, velmi rychlé, ultrarychlé a speciální. Při volbě urychlovače se musí uvážit nejenom vlastnosti pryže, ale také požadavky kladené na hotový výrobek a způsob výroby. Mezi nepoužívanější urychlovače patří: Vulkacit, Thiofise, Thiotax a Sulfenax.

**Aktivátory:** K plnému využití vulkanizačního činidla a urychlovače je nutná přítomnost aktivátorů, které jsou součástí vulkanizačního systému. Nejčastěji používanými aktivátory jsou zinková běloba a Stearin.

**Retardéry:** Zpomalují nástup vulkanizace do 120 °C, což umožňuje bezproblémové zpracování směsi před vulkanizací a zvýšení produktivity. Používané inhibitory: Santogard, Vulkalet G, Duslin.

**Změkčovadla:** Ovlivňují v různé míře jak zpracovatelnost tak také vlastnosti hotového vulkanizátu. Při zpracovatelnosti ovlivňují především plasticitu, tvarovatelnost a lepivost. Při zpracování je důležitá dobrá plasticita, tím je zaručeno dobré přeskupování materiálu, směs se méně zahřívá a má menší sklon k navulkanizování. Mezi nepoužívanější patří: Parafin, Cerezin, Ropné oleje, Asfalty, Dehty, Pryskyřice, Kalafuna, Smrkový dehet apod.

**Plniva ztužující:** Zlepšují fyzikálně - mechanické vlastnosti pevnost, pružnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení. Nejznámější jsou saze (C<sub>4</sub>), Silika (SiO<sub>2</sub>).

**Plniva neztužující:** Zvětšují objem, zlevňují výrobek. Požívá se: Křída, Kaolin, Vápenec.

**Antidegradanty, Antioxidanty, Antiozonanty:** Oddalují stárnutí pryže vlivem působení kyslíku, ozónu, světla a dynamického namáhání. Nepoužívanější jsou: Santoxlex IP, Antioxidant CD, PBN fenylbetanaftylamin.

**Plastikační činidla:** Zkracují čas plastikace, odbourávají tuhost kaučuku. Nepoužívanější jsou: Peptazin, Renacit.

**Regenerát:** Nahrazuje zčásti kaučuk jako přísada, používá se do méně kvalitních směsí. Vyrábí se regenerací staré pryže.

**Zvláštní přísady:** Nadouvadla, faktisy, pigmenty, barviva apod. [8,10]



### 3 TECHNOLOGIE NÁNOSOVÁNÍ

Kvalita kordů a tkanin má značný vliv na kvalitu a bezpečnost konečných výrobků, tak jako kvalitní a přesné zpracování. Čím je kord kvalitnější, tím je jeho spotřeba menší při zachování, popřípadě zlepšení kvality pneumatiky. Při snižování spotřeby kordů se zmenšuje tloušťka stěny pláště pneumatiky a zlepšuje se její teplotní režim při exploataci. To má za následek zvýšení životnosti pneumatiky a umožňuje vyvíjet pneumatiky pro vysoké rychlosti a extrémní teplotní zatížení při zachování dlouhé životnosti a bezpečnosti pneumatiky.

Před zpracováním se kordová tkanina opatřuje oboustranným nánosem kaučukové směsi. Tento nános zajišťuje pružné spojení jednotlivých kordových vrstev v kostře pláště pneumatiky. Tím se zlepšuje pružnost pneumatiky a zabraňuje jednotlivým kordovým vložkám, aby se při zatížení a provozu dotýkaly jedna druhé. Pokud by došlo ke kontaktu jednotlivých vložek, tak by se vlivem stříhových sil zahřívaly, a tím by způsobily porušení sítě pryže a její regeneraci s následným odseparováním jednotlivých vložek a poškození celé pneumatiky.

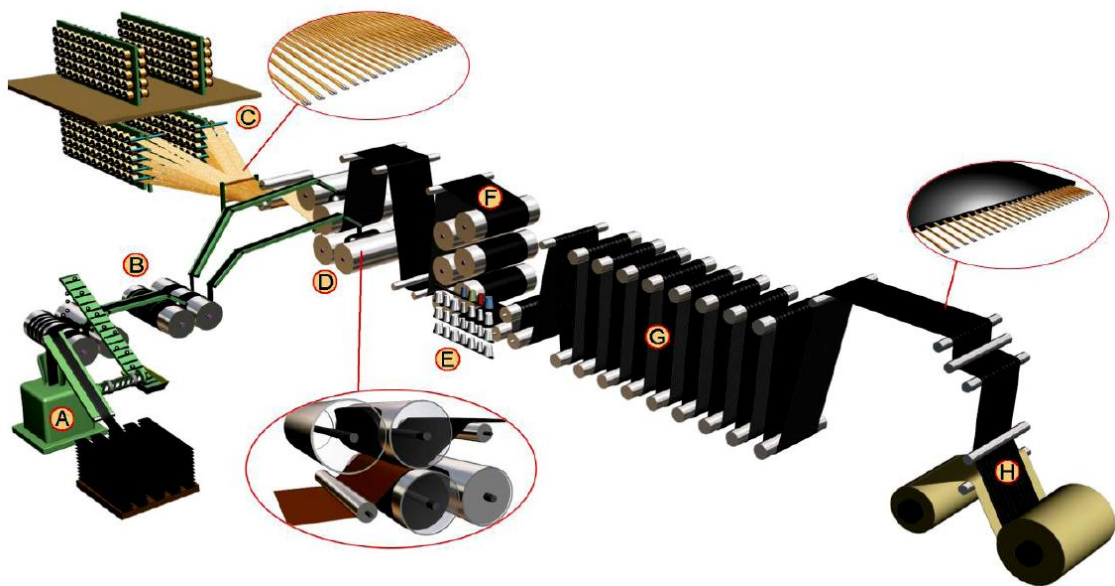
Nános kaučukové směsi umožňuje provádět technologické operace, především kvalitní konfekci pláštěů, což zvyšuje přesnost výroby. Po dobu zpracování musí mít kaučuková směs potřebnou lepivost. [5]

#### 3.1 Nánosování ocelových kordů

Pro pogumování ocelových kordů je možné využít dva způsoby nanášení kaučukové směsi na ocelokord:

- Studený způsob
- Teplý způsob

Seřazení linky pro nánosování ocelového kordu kaučukovou směsí je znázorněno na obrázku 5. Studený způsob nánosování není ve vysokoproduktivním gumárenském průmyslu tak rozšířený jako teplý způsob. Uplatnění nachází především v malých výrobních jednotkách s malou kapacitou výroby, nebo pro výrobky produkované v malých sériích. Pracovní rychlost těchto linek se pohybuje okolo 20 m/min při šířce nanášení 1000 mm. Kaučuková směs ve tvaru fólie se připravuje předem a je na nábalu proložena separační fólií, aby nedocházelo ke slepení jednotlivých vrstev. [6]



A – ohřivací extruder, B – ohřivací a zásobovací dvouválec, C – cívečnice, D – čtyřválec, E – pokládání nití, F – chladící válce, G – zásobník nánosovaného kordu, H – navíjecí stanice

Obr. 5. Linka pro oboustranné nánosování ocelového kordu [8]

### 3.1.1 Studený způsob

Z nábalů je odvíjena fólie kaučuku (dva nábalý najednou) současně s ocelovým kordem. Mezi válci je kaučuková fólie z obou stran natlačována na ocelový kord. Všeobecně lze říct, že při správné funkčnosti linky není rozdíl v kvalitě nánosování teplou nebo studenou cestou.

Samotnou linku tvoří soustava cívek s ocelovým kordem, která je umístěna v temperované místnosti. Po temperaci je ocelový kord odvíjen pod tahem a rozvrstvený v rovině po celé šířce válců. V šterbině čtyřválece se nanáší z obou stran kaučuková fólie. Dopravníkem se následně odtahuje k navíjecímu zařízení a přechodem přes zásobník se navíjí se separační fólií na cívky.

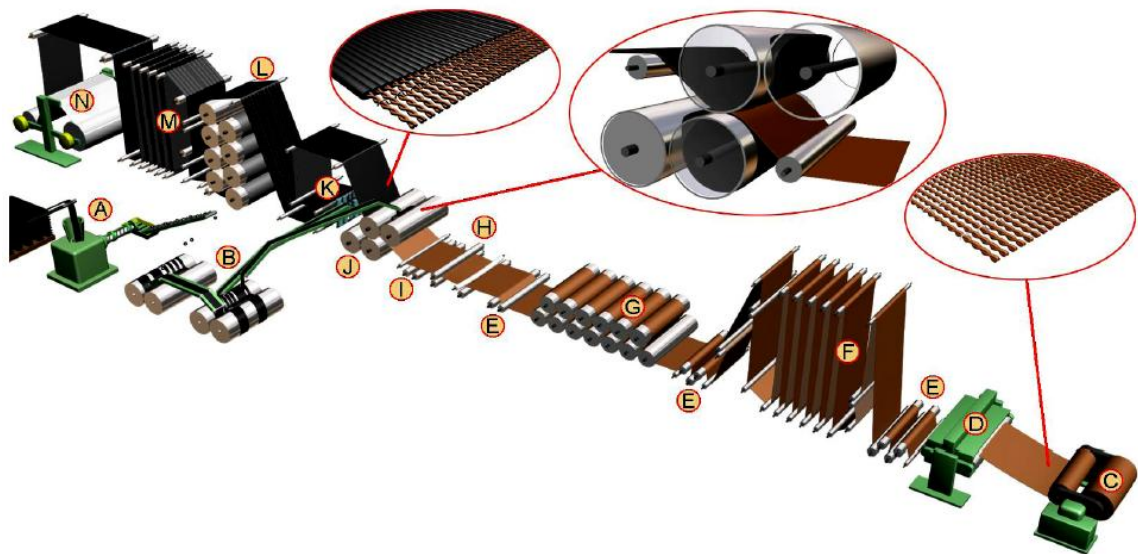
Rovnoměrné řazení kordu se dosahuje pomocí speciálních hřebenů, které mají přesně definovanou rozteč jednotlivých mezer pro kordy od sebe. [6]

### 3.1.2 Teplý způsob

Teplý způsob nánosování se využívá více než studený způsob. Směs se po ohřátí na dvou-válcovém stroji nebo v extrudéru dopravuje dopravníky mezi dvě šterbiny čtyřválece a na vytáhnoutou teplou fólii se nanáší ocelový kord. Pracovní rychlost je běžně nad 50 m/min při zpracovávané šířce až 1500 mm. Po nánosování se kord musí chladit soustavou chladících válců a při návínu se musí prokládat separační fólií. [6]

### 3.2 Nánosování textilních kordů

Oboustranné nánosování textilního kordu lze provádět pouze teplým způsobem. Jelikož struktura a mechanické vlastnosti textilního kordu nedovolují studené nánosování z důvodu narušení roztečí osnovy. Moderní linky pro nánosování textilních kordů dosahují pracovních rychlostí až 90 m/min při šířce materiálu 2100 mm. Na obrázku 6. je znázorněno typické uspořádání linky pro nánosování textilních kordů. Nejvíce se upřednostňuje uspořádání válců typu S.



A – ohřívací extruder, B – ohřívací a zásobovací dvouválec, C – odvíjecí stanice, D – parní spojovací lis, E – tažné válce, F – zásobník surového kordu, G – sušička, H – napínací zařízení (Mont Hope), I – středící zařízení kordu, J – čtyřválec, K – pokládání nití, L – chladící válce, M – zásobník pogumovaného kordu, N – navíjecí stanice

Obr. 6. Linka pro oboustranné nánosování textilního kordu [8]

Linka na nánosování textilního kordu obsahuje zásobovací systém, po kterém je umístěna sušárna a temperace kordu. Kordová tkanina musí být vysušena, aby obsah vody nebyl vyšší než 1 %. Vyšší vlhkost by měla za následek tvorbu parního polštáře při vulkanizaci, což by vedlo k separacím na rozhraní kordu a pryže. Následuje čtyřválcová linka, chladicí systém válců se zásobníkem a před navinutím nánosovaného textilu do cívek rozřezávací zařízení. Nánosování textilního kordu je také možné provádět v soustavě dvou tříválcových linek. Tato soustava je však náročnější na prostor a synchronizaci celé soustavy. [6]

## 4 ADHEZE, ZKOUŠENÍ ADHEZE

Adheze na rozhraní kordu a pryže je důležitá pro správnou funkci výrobků využívajících výztužných materiálů. Existuje několik teorií adheze, jako mechanická, elektrostatická atd. Tyto teorie jsou nezbytné pro pochopení adheze a její funkci ve výrobcích.

### 4.1 Teorie adheze a koheze

Adheze neboli přilnavost je vzájemné přitahování dvou povrchů pomocí adhezních sil. Velikost adheze souvisí s molekulovou strukturou pojiva. Adheze je výsledkem působení fyzikálních sil, mezimolekulárních a chemických vazeb.

Koheze udává stav látky (pojiva), kde dochází k vzájemnému držení částic působením mezimolekulárních a valenčních sil pohromadě. Velikost koheze je udávána kohezní energií, což je velikost energie, která je potřebná k odtržení jedné částičky od ostatních.

Autoheze se vztahuje k povrchovým silám téže látky.

Adherendum je těleso které je drženo u druhého tělesa adhezí.

Adhezivum je materiál schopný držet tělesa. [12]

V současné době se setkáváme s několika teoriemi adheze.

#### 4.1.1 Mechanická teorie adheze

Je založena na představě, že proniká kapalně adhezivum do trhlin a kavit spojovaného povrchu. Následně dojde k zatumnutí adheziva a jeho zaklínění v povrchu adherentu. Teoreticky by zvýšená penetrace adheziva do materiálu při nižší viskozitě adheziva měla vést k vyšší pevnosti spoje. V praxi však dochází často k poklesu pevnosti z důvodu diskontinuálního adhezního filmu.

Mechanická teorie adheze se dnes používá sporadicky. Jedná se především o specifické případy, jako je adheze pryžových směsí k textilním vláknům. [11]

#### 4.1.2 Elektrostatická teorie adheze

Teorie elektrostatických sil byla vypracována Děřjaginem. Ten přinesl experimentální důkaz o příspěvku elektrostatických sil v adhezním spoji. Moskvitin modifikoval původní koncepci zohledňující relaxační jevy při rozlepování adhezního spoje, které označil jako deformační práci. Tato úprava předpokládá, že celková práce při rozlepení spoje je souč-

tem práce potřebné pro oddálení desek nabitého kondenzátoru a práce potřebné pro uvedení do nového rovnovážného stavu. [11,12]

#### 4.1.3 Chemická teorie adheze

Vychází z představy, že působící síly na fázovém rozhraní adherentu a adhezního filmu mají charakter chemických (kovalentních) vazeb. U adheze kaučuků ke kovu, je povrch pokovený mědí. Zde se podařilo detekovat polysulfidické vazby mezi mědí a kaučukem. Tyto látky, které zprostředkovávají adhezi (v tomto případě měď) se nazývají promotory adheze. [11]

#### 4.1.4 Difúzní teorie adheze

Difúzní teorie adheze je založena na teorii mechanické s tím, že místo mikroskopické úrovně se uvažuje úroveň molekulární. Základem jsou studie autoadheze polymerů (adheze vrstev téhož polymeru). Pevnost tohoto adhezního spojení je dána několika faktory:

- Doba kontaktu adheziva a adherentu
- Teplota
- Charakter polymerů (kompatibilita)
- Molekulární hmotnost polymerů [11]

#### 4.1.5 Sorpční teorie adheze

V dnešní době je nejvíce přijímaná teorie adsorpční adheze, která vychází z analogie jevu smáčení. Mezi nejvýznamnější síly působící ve spoji se pokládají van der Waalsovské (působící na krátké vzdálenosti).

V procesu adhezního spojování rozeznáváme dvě stádia:

V prvním převažuje transport molekul adheziva k povrchu adherentu na vzdálenost která umožňuje vzájemnou interakci obou fází silami van der Waalsovskými. Toto stádium urychlují všechny faktory, které zvyšují pohyblivost molekul (teplota, tlak, dobré smáčení povrchu, atd.).

Druhé stádium, k němuž dochází v okamžiku kdy se molekuly adherentu a adheziva přiblíží na vzdálenost, při které začínají působit van der Waalsovské síly (řádově cca 5 Å) je analogická sorpci a je časově méně náročná. [11]



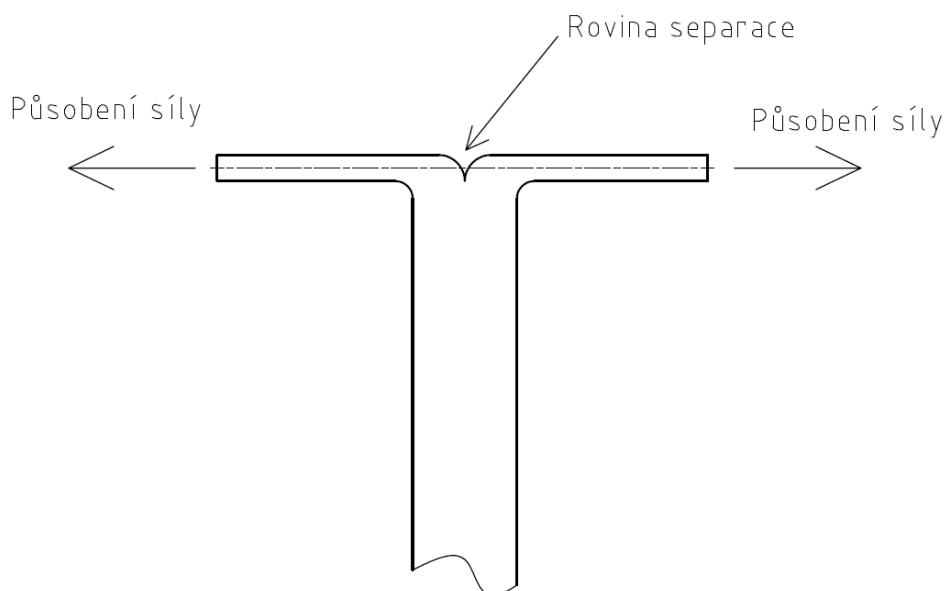
## 4.2 Metody zkoušení adheze

V současné době se v průmyslu využívají tři metody zkoušení adheze na rozhraní kordu a pryže a to soudržnost mezi vrstvami při separaci, statická soudržnost pryže s textilním kordem a metoda Henley. Tyto zkušební metody jsou normalizovány. V jednotlivých normách je přesný popis přípravy zkušebních vzorků, podmínky zkoušky, postup zkoušení a vyhodnocení zkoušky. V průmyslu jsou taktéž vyvíjeny i jiné metody zkoušení, ale tyto zkoušky slouží pouze pro vnitřní účely a jsou popsány vnitřními normativy firem.

### 4.2.1 Metoda stanovení soudržnosti mezi vrstvami při separaci ČSN 62 1461

Platnost této normy skončila 1. 11. 2001 a to bez náhrady. Přesto se tato metoda dále hojně využívá.

Norma popisuje stanovení soudržnosti mezi vrstvami pryž - pryž, pryž – tkanina, pryž – nánosovaná tkanina a nánosovaná tkanina – nánosovaná tkanina. Při zkoušce je zaznamenávána síla potřebná na separaci jednotlivých vrstev odlupováním na trhacím stroji. Zkušební vzorek se připraví zavulkanizováním jednotlivých vrstev ve vulkanizační formě. Základem výpočtu průměrné hodnoty je 80 % střední části grafického záznamu síla - prodloužení. Výsledek je udáván v kN/m. Rovina separace vzorku musí být v úrovni působení tahové síly, jinak se výsledky mohou lišit. [4]

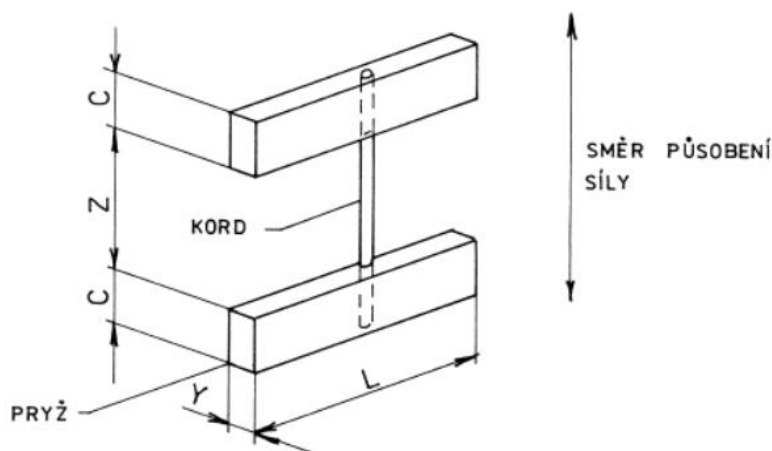


Obr. 7. Princip zkoušky soudržnosti mezi vrstvami při separaci

#### 4.2.2 Stanovení statické soudržnosti pryže s textilním kordem ČSN 62 1462

Tato norma uvádí metodu stanovení statické adheze textilního kordu k pryži. Výsledky zkoušky prováděné touto metodou jsou ovlivněny ve značné míře historií kordu a kaučukové směsi.

Podstata metody spočívá ve vytrhávání zavulkanizovaného kordu do bloku pryže a určení síly potřebné k vytržení jednotlivé niti kordu. Síla působí ve směru podélné osy kordové niti. Výsledek je udáván v N za definovaných podmínek.



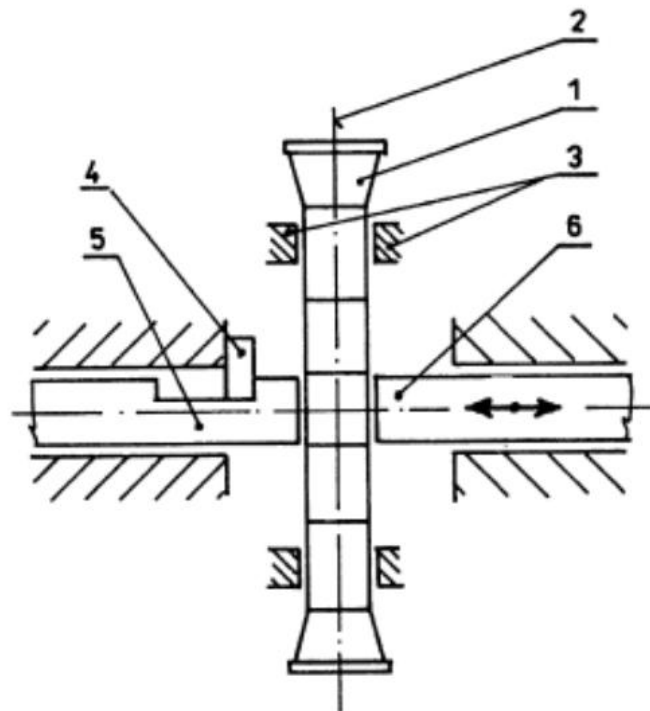
Obr. 8. Zkušební těleso (H-test)

#### 4.2.3 Stanovení soudržnosti pryže s kordem po dynamické deformaci metodou Henley ČSN 62 1464

Norma platí pro určení soudržnosti pryže s kordem z úbytku soudržnosti po opakované deformaci.

Zkušební těleso se zalisovaným kordem je nejdříve namáháno v jeho střední části dynamicky tlakovou a ohybovou silou v přístroji Henley. Pak se zkušební těleso nařízne na řezacím zařízení na 3 válečky. Následně se stanoví soudržnost kordu s pryží ve střední předem deformované části a v okrajových nedeformovaných částech zkušební tělesa.

Výsledkem je průměrná soudržnost pryže s kordem u kontrolních zkušebních těles v N a relativní úbytek soudržnosti po dynamické deformaci. Úbytek soudržnosti se vyjadřuje v %.



- 1 - zkušební těleso před deformací, 2 – zalisovaný kord, 3 – uchycení zkušebního tělesa,  
4 – distanční vložky, 5 – pevná opěrná kovadlinka, 6 – pohyblivá kovadlinka

*Obr. 9. Zkušební přístroj Hanley*

## SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V první části jsou popsány jednotlivé výztužné materiály používané v gumárenském průmyslu. Je zde popsána jejich funkce ve výrobku a technologické požadavky na tyto materiály z hlediska jejich zpracování a užitných vlastností. Jednotlivé materiály jsou zde rozřazeny dle původu na přírodní, chemická a hutnická vlákna včetně popisu jejich charakteristických vlastností. Je zde podrobně popsána adhezivní a tepelná úprava kordů včetně základního složení impregnačního systému pro textilní kordy. Spolu s popisem linky DTU a jejich jednotlivých částí je popsán ucelený přehled charakteristik které zásadně ovlivňují celou soudržnost pryže a kordu.

Druhá část se zabývá kaučukem a jeho směsmi. Popis a rozdělení kaučuků na přírodní a syntetické je doplněn o nejčastěji používané druhy kaučuků. Dále jsou zde popsány jednotlivé komponenty kaučukových směsí, jako je vulkanizační systém urychlovače, retardéry, aktivátory atd. U každé z komponent je jednoduchý popis funkce ve výsledné směsi.

V třetí části je popis metod nánosování textilních a ocelových kordů. Přednosti teplého a studeného způsobu nánosování včetně popisu linek a jejich částí. V této fázi výroby gumárenských výrobků dochází ke styku kordu a kaučukové směsi. V této operaci je určena poloha výztužného materiálu ve výrobku což má vliv na celkovou kvalitu.

Ve čtvrté části je popis adheze a její zkoušení. Je zde popsána základní terminologie a teorie adheze. Tyto teorie dávají popis pro pochopení dějů na rozhraní materiálů, kde dochází k působení adheze. Závěr této části je věnován zkušebními metodám pro testování soudržnosti pryže a kordu, což je podstatná část mé praktické práce.

Celá teoretická část diplomové práce je sestavena tak, aby dávala komplexní přehled na problematiku soudržnosti kordu a pryže včetně zkoušení dle norem.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem praktické části je stanovit adhezi kordové tkaniny k vybraným nánosovacím gumárenským směsím. Pro experimenty budou použity dvě kordové tkaniny z aktivovaného a neaktivovaného vlákna. Kordová tkanina z neaktivovaného vlákna je testovaná a tkanina z vlákna aktivovaného je pro srovnání. V současné době je snaha nahradit vlákno aktivované vláknem neaktivovaným. Výsledkem bude srovnání a nalezení interakcí mezi jednotlivými experimenty a tkaninami v závislosti na složení gumárenských směsí.

### **Stanovené cíle:**

- Definování řešeného problému soudržnosti textilního kordu a pryže
- Sestavení experimentu
- Statistické vyhodnocení experimentu
- Ekonomické zhodnocení experimentu

## 6 POPIS PROBLÉMU

K dispozici jsem dostal dvě kordové tkaniny z aktivovaného a neaktivovaného vlákna. Dále jsou k dispozici vybrané gumárenské směsi, které se používají k nanášení na kordové tkaniny. Je potřeba zjistit, jak se jednotlivé směsi chovají k daným kordovým tkaninám z hlediska adheze. Bude sledována potřebná síla k oddělení kordu od pryže.

Bude hodnocen vliv složení jednotlivých směsí a procesních podmínek vulkanizace na výslednou soudržnost. V prvním případě budou nastaveny procesní podmínky vulkanizace na optimum. V případě druhém, se prodluží čas vulkanizace na trojnásobek optima při zachování předepsané teploty a tlaku. V tomto případě nastane reverze s následným porušováním vazeb.

Pro dokonalé vytvoření adheze na rozhraní kordu a pryže dochází při optimální rychlosti vulkanizace. Při vyšší teplotě vulkanizace a tím i kratším čase, dochází k neúplné migraci síry do impregnační vrstvy kordu. To má za následek špatnou adhezi a porušení nastává na rozhraní kordu a pryže.

### 6.1 Vlastnosti kordové tkaniny

V prvním případě byla pro experiment vybrána kordová impregnovaná tkanina SLK 144x1x2 380/370 D-1050. Je vyrobena z polyesterového neaktivovaného vlákna SLK 144. Pro impregnaci byla použita dvoustupňová impregnace. V případě druhém, je použito téhož vlákna, pouze je aktivováno již při výrobě. Při výsledném zpracování kordové tkaniny na DTU je použito pouze jednostupňové impregnace.

Tab. 2. Základní vlastnosti vlákna SLK 144

Jemnost	tex	146,5+/-2,5
Pevnost	N	103,0 - 3,0
Relativní pevnost	N/tex	Min. 0,68
Tažnost	%	12,0 +2,0
M45	%	4,0+/-0,7
M70	%	6,4 +/-0,8
HAS 180/2/0,1	%	5,5+/-1,0
Preparace	%	0,9±0,3

Tab. 3. Vlastnosti impregnované korové tkaniny SLK 144x1x2 380/370 D-1050

Zákrut I	t/m	380±15
Zákrut II	t/m	370±15
Pevnost	N	Min. 168 avg.178
Tažnost	%	14 - 18
Modul 45N	%	3,2±0,2
Modul 90N	%	7,3±0,4
Modul 135N	%	10,7±0,5
Smrštění 180/2/0,1cN tex	%	avg. 1,8 max. 2,2
Zbytkové smrštění	%	avg. 1,5 max. 2,1
Síla smrštění	N	Max. 4
Nános impregnace	%	2,3±0,5
Tloušťka	mm	0,63±0,03
Hmotnost m2 při max. 0% vlh.	g	348±16
Tuhost	cN	avg.20 max. 40
Vlhkost	%	max. 0,5

Číslo balíků ve výrobě:

Aktivované vlákno: K353910401

Neaktivované vlákno: K337410601

## 6.2 Vlastnosti gumárenských směsí

Pro posouzení a vyhodnocení soudržnosti kordu a pryže je třeba znát základní údaje o použitých směsích. Jelikož se jedná o citlivá data jednotlivých firem, jsou složení směsí popsána pouze obecně. Pouze složení směsi Sava nebylo možné poskytnout pro tuto práci.

Důležité údaje o směsích pro vyhodnocení jsou:

- Optimum vulkanizace
- Vulkanizační rychlost
- Obsah síry
- Obsah urychlovače

Na základě těchto informací se určí, zda mají tyto proměnné vliv na výslednou soudržnost kordu a pryže.



Tab. 4. Obecné složení směsí

složka		Barum 1	Barum 2	Barum 3	Barum 4	Barum 5	Mitas
Přírodní kaučuk	[dsk]	60	60	40	60	80	50
Syntetický kaučuk	[dsk]	40	60	60	40	20	60
Plniva	[dsk]	62	69	65	56	60,5	64
Změkčovač	[dsk]	8	15	6	5	5	18
Síra	[dsk]	4,6	3,4	8,1	4,5	5,1	2,8
Urychlovač	[dsk]	2,2	1,2	1,2	1,1	1,9	1
Retardér	[dsk]	0,3	0	0	0,35	0,3	0,19

Tab. 5. Vulkanizační podmínky směsí

směs	Teplota [°C]	Čas [min.]	Tlak [MPa]
<b>Barum 1</b>	170	10	18
<b>Barum 2</b>	170	10	18
<b>Barum 3</b>	170	10	18
<b>Barum 4</b>	170	10	18
<b>Barum 5</b>	150	30	18
<b>Mitas</b>	145	25	20
<b>Sava</b>	150	20	20

## 7 EXPERIMENT

Výstupem experimentu má být zhodnocení, jak se použití neaktivovaného vlákna liší v adhezi od vlákna aktivovaného za daných podmínek vulkanizace a variability různých nánosovacích směsí. Pro experiment bude využito zkoušky dle platné normy ČSN 62 1462 stanovení statické soudržnosti pryže s textilním kordem.

### 7.1 Analýza procesu

Výstupní veličinou celého experimentu bude síla v newtonech potřebná k oddělení kordu od pryže. Na základě výsledků jednotlivých směsí, se porovná adheze u použitého kordu (aktiv. a neaktiv.).

U prvního hodnocení budou zkušební vzorky vulkanizovány za optimálních podmínek pro danou směs a za trojnásobku optima času. Trojnásobný čas vulkanizace se zkouší z důvodu zjištění adheze při reverzi. Zde se přesvědčíme, zda se soudržnost bude významně měnit u jednotlivých kordů. U tohoto hodnocení bude proměnnou čas a použitý kord.

V případě druhého hodnocení bude posuzováno složení nánosovací směsi na výslednou adhezi.

### 7.2 Návrh experimentu

Experiment je rozčleněn do jednotlivých bloků dle testované gumárenské směsi. Vždy je použita kombinace vybrané gumárenské směsi a kordu z vlákna aktivovaného a neaktivovaného (v tabulce označeno jako aktiv. a neaktiv.). Každá z těchto kombinací je vulkanizována v optimu času vulkanizace a trojnásobek optima času vulkanizace.

Z každé jednotlivé kombinace bude vyrobeno 15 tělísek pro měření. Tudíž při použití sedmi gumárenských směsí vznikne 420 zkušebních tělísek.

Tab. 6. Rozpis prováděných zkoušek

<u>Materiály</u>		<u>Procesní podmínky</u>			
Směs	Kord	Teplota[°C]	Tlak [MPa]	Doba vulkanizace [min.]	Počet tělísek [n]
Barum 1	Neaktiv.	170 ± 5	18	10 ± 1	15
Barum 1	Neaktiv.	170 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 1	Aktiv.	170 ± 5	18	10 ± 1	15
Barum 1	Aktiv.	170 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 2	Neaktiv.	170 ± 5	18	10 ± 1	15
Barum 2	Neaktiv.	170 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 2	Aktiv.	170 ± 5	18	10 ± 1	15
Barum 2	Aktiv.	170 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 3	Neaktiv.	170 ± 5	18	10 ± 1	15
Barum 3	Neaktiv.	170 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 3	Aktiv.	170 ± 5	18	10 ± 1	15
Barum 3	Aktiv.	170 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 4	Neaktiv.	170 ± 5	18	10 ± 1	15
Barum 4	Neaktiv.	170 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 4	Aktiv.	170 ± 5	18	10 ± 1	15
Barum 4	Aktiv.	170 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 5	Neaktiv.	150 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 5	Neaktiv.	150 ± 5	18	90 ± 1	15
Barum 5	Aktiv.	150 ± 5	18	30 ± 1	15
Barum 5	Aktiv.	150 ± 5	18	90 ± 1	15
Mitas	Neaktiv.	145 ± 5	20	25 ± 1	15
Mitas	Neaktiv.	145 ± 5	20	75 ± 1	15
Mitas	Aktiv.	145 ± 5	20	25 ± 1	15
Mitas	Aktiv.	145 ± 5	20	75 ± 1	15
Sava	Neaktiv.	150 ± 5	20	20 ± 1	15
Sava	Neaktiv.	150 ± 5	20	60 ± 1	15
Sava	Aktiv.	150 ± 5	20	20 ± 1	15
Sava	Aktiv.	150 ± 5	20	60 ± 1	15

### 7.3 Provedení zkoušek

Zalisování tělísek proběhlo v laboratořích Mitas za předem určených vulkanizačních podmínek. Zkoušky proběhly dle platné normy ČSN 62 1462 stanovení statické soudržnosti pryže s textilním kordem v mechanické laboratoři společnosti Kordárna Plus a.s..

Podstata zkoušky spočívá ve stanovení soudržnosti mezi pryží a textilním kordem na základě měření síly potřebné k vytržení jednotlivé kordové niti z pryžového bloku. Síla působí ve směru podélné osy kordové niti a délka niti zalísované do pryže je dána formou.

Zkušební těleso má tvar písmene „H“ a je tvořeno dvěma bloky pryže spojenými kordovou nití.

#### 7.3.1 Příprava tělísek

Jelikož jsou nánosovací směsi nepřipravené na potřebnou tloušťku, je potřeba je nejdříve nakalandrovat na potřebnou tloušťku a opatřit výztužnou tkaninou.



Obr. 10. Kalandrování nánosovací směsi

Dále se připraví nitě ze vzorku kordu, aniž by se porušil zákrut. Pak se připraví pás pryže o tloušťce  $2 \pm 0,2$  mm, chráněný z jedné strany folií a z druhé strany výztužným materiálem (bavlněná tkanina plátňové vazby o hmotnosti cca  $340 \text{ g/m}^2$ ), ze kterého se po odstranění fólie vyseknou pásy o šířce 6,4 mm.

Do vyhřáté formy se vloží pryžové pásy výztužnou tkaninou dolů a kolmo k nim niti, na které se zavěsí závaží o hmotnosti 50 g na nit'. Na vzorek se vloží další vrstva pryžových pásků výztužnou tkaninou nahoru.



*Obr. 11. Forma pro lisování tělísek*

Při manipulaci se vzorkem kordu a pryže se nesmí dotýkat rukama těch částí, které budou tvořit zkušební těleso. Po přípravě do formy probíhá lisování za daných vulkanizačních podmínek (viz. Tabulka *rozpis prováděných zkoušek*). Po zavulkanizování a vyjmutí tělísek z formy, je nutné nechat výlisek kondicionovat minimálně 16 hodin. Následně se odstraní přetoky pryže a těleso je připraveno k provedení zkoušek na trhacím stroji.



*Obr. 12. Odsraňování přetků*

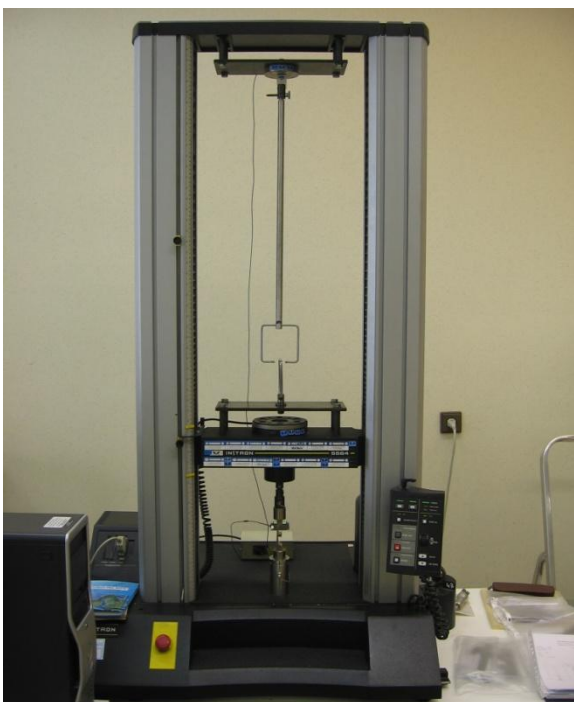
Pro výrobu zkušebních tělísek byly použity tyto stroje:

- Kalandr dvouválcový (150x400)  
Typ: 10 336
- Vulkanizační lis 400x400  
Typ P11-2  
Modernizace pro automatické řízení:
  - Nastavení teplot v rozsahu 145 °C – 175 °C
  - Nastavení lisovacího tlaku
  - Časovač

### 7.3.2 Trhací zkoušky

Proběhly v laboratorním prostředí ve společnosti Kordárna Plus a.s. na trhacím stroji INSTRON 5564 za daných podmínek.

- Teplota prostředí: 24 °C
- Vlhkost prostředí: 55 %
- Rychlost čelistí: 100 mm/min
- Typ držáku: viz. norma obr. 4
- Počet zkoušených tělísek: 15 tělísek z každé dávky tzn. celkem 420 tělísek
- Datum zkoušek: 24. Března 2014 a 7. Dubna 2014



Obr. 13. Trhací stroj INSTRON 5564

## 8 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ

Pro vyhodnocení tělísek byla zvolena metoda H-testu. Z každé dávky a kombinace bylo naměřeno 15 hodnot. Tyto hodnoty je třeba nejdříve zbavit extrémních hodnot měření. Tyto extrémní hodnoty vznikají jako zcela náhodný jev. Ze zkušeností je známo že mohou vzniknout špatným zalisováním kordu do pryže, nebo poškozením textilního kordu při odstraňování přetoků. V případě vysokých hodnot nedošlo k dokonalému odstranění přetoků, nebo nebyl kord umístěn rovnoběžně s působící silou. Pro zjištění těchto extrémních hodnot je použito krabicového diagramu.

Po odstranění extrémních hodnot, jsou vypočítány základní statistické údaje, jako je aritmetický průměr, medián, maximum a minimum. Dále jsou tyto hodnoty seřazeny pro lepší přehlednost od minima po maximum a vynesena do grafu. Křivka proložená body slouží pouze jako ukazatel trendu hodnot.

Jako hlavní ukazatel při porovnání jednotlivých souborů měření je střední hodnota medián. Hodnocení dle aritmetického průměru nelze použít, jelikož by bylo zkresleno odlehlými hodnotami, za kterými se aritmetický průměr posouvá. Toto posunutí aritmetického průměru za odlehlými hodnotami je patrné z krabicového diagramu.

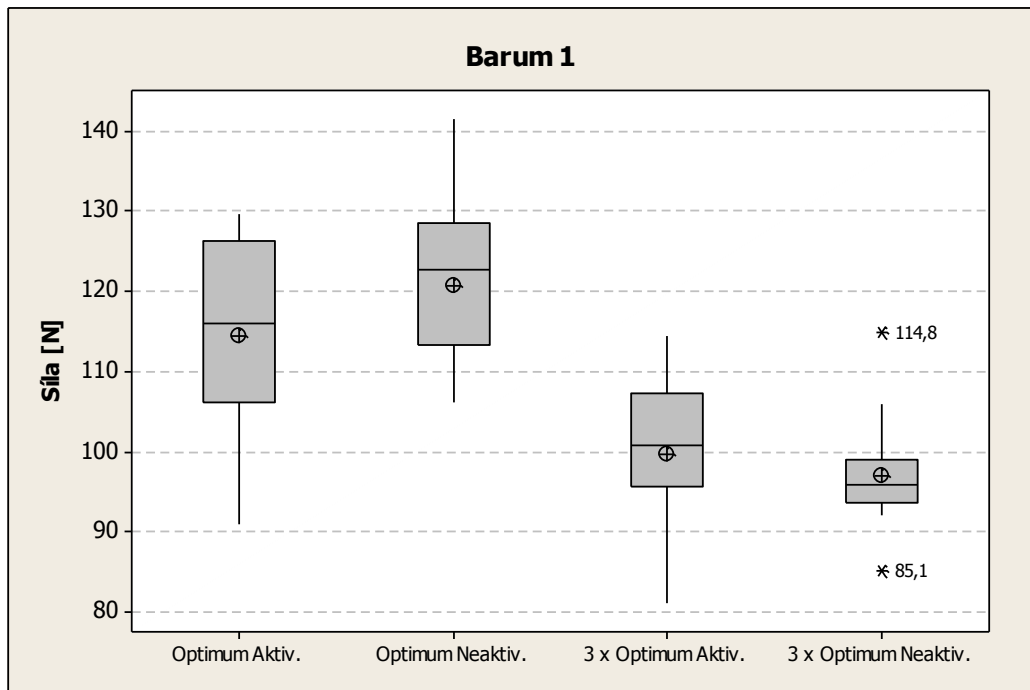
### 8.1 Vyhodnocení dle jednotlivých směsí

Vyhodnocení dle jednotlivých směsí je zaměřeno na porovnání chování aktivovaného textilního kordu a neaktivovaného vůči použité nánosovací směsi. Toto vyhodnocení je jak u optima času vulkanizace, tak i u trojnásobku času vulkanizace.

Zkouška u trojnásobného času vulkanizace by měla prokázat, zda nedochází k prudkému poklesu adheze vůči optimu z hlediska reverze a porušování vazeb mezi kordem a pryží.

Dále je sledován rozptyl jednotlivých měření. Při menším rozptylu hodnot se dá předpokládat větší ustálenost procesu při dané kombinaci textilního kordu a použité nánosovací směsi.

8.1.1 Vyhodnocení směsi Barum 1



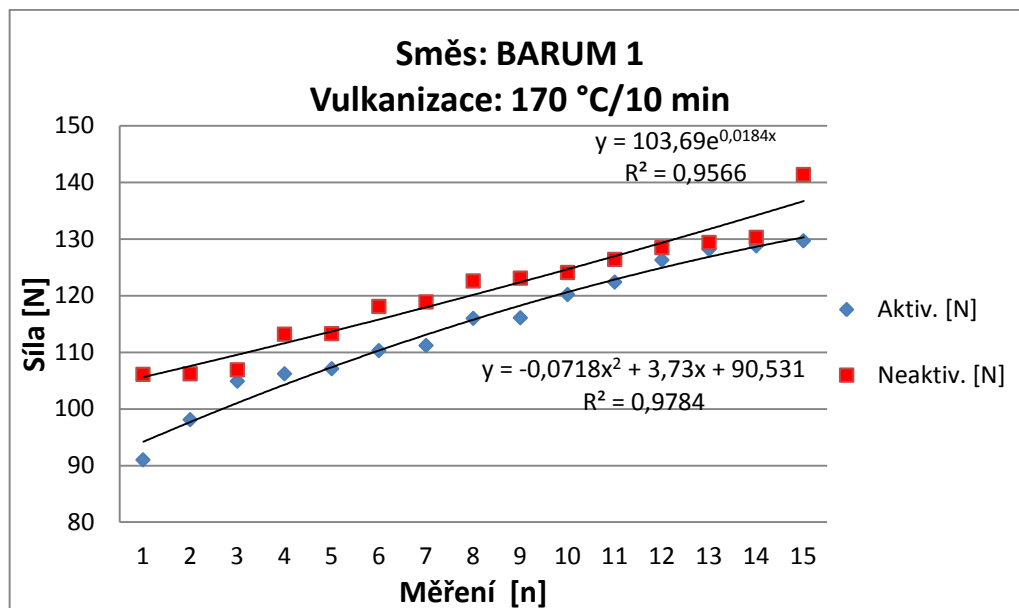
Obr. 14. Boxplot Barum 1

U této směsi jsou u kombinace 3 x optimum času vulkanizace a použití neaktivovaného vlákna pozorovány extrémní hodnoty. Tyto hodnoty jsou pro další vyhodnocování vyloučeny.

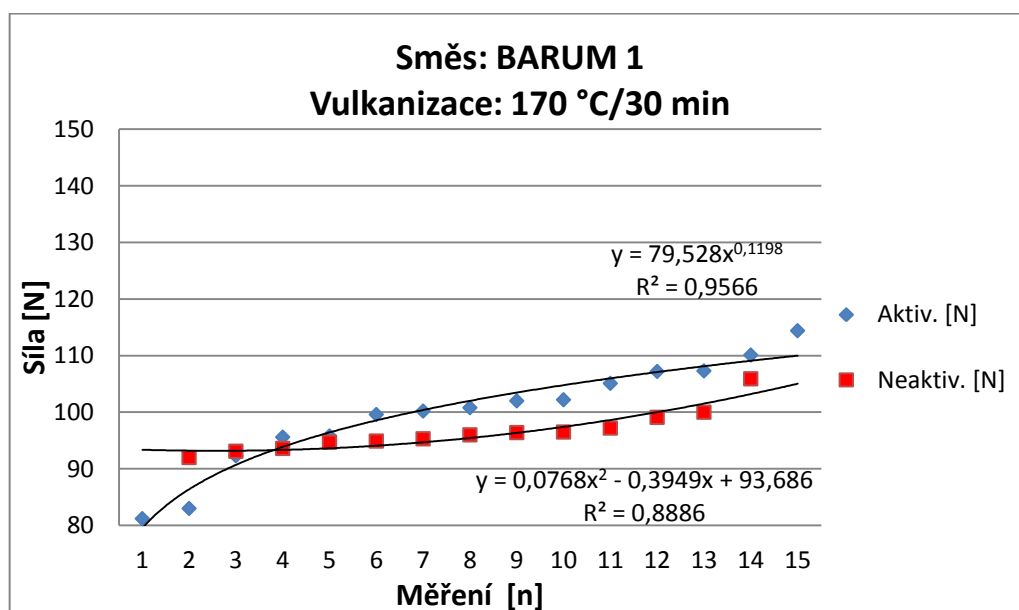
Tab. 7. Vhodnocení směsi Barum 1

Optimum					
Aktív.	Směs: BARUM 1 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 1 Vulkanizace: 170 °C/10 min	
	Průměr	114,4		Průměr	120,6
	<b>Medián</b>	<b>116,0</b>		<b>Medián</b>	<b>122,6</b>
	Minimum	91,0		Minimum	106,1
	Maximum	129,7		Maximum	141,4
3 x Optimum					
Aktív.	Směs: BARUM 1 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 1 Vulkanizace: 170 °C/30 min	
	Průměr	99,8		Průměr	96,5
	<b>Medián</b>	<b>100,8</b>		<b>Medián</b>	<b>96,0</b>
	Minimum	81,2		Minimum	92,0
	Maximum	114,4		Maximum	105,9





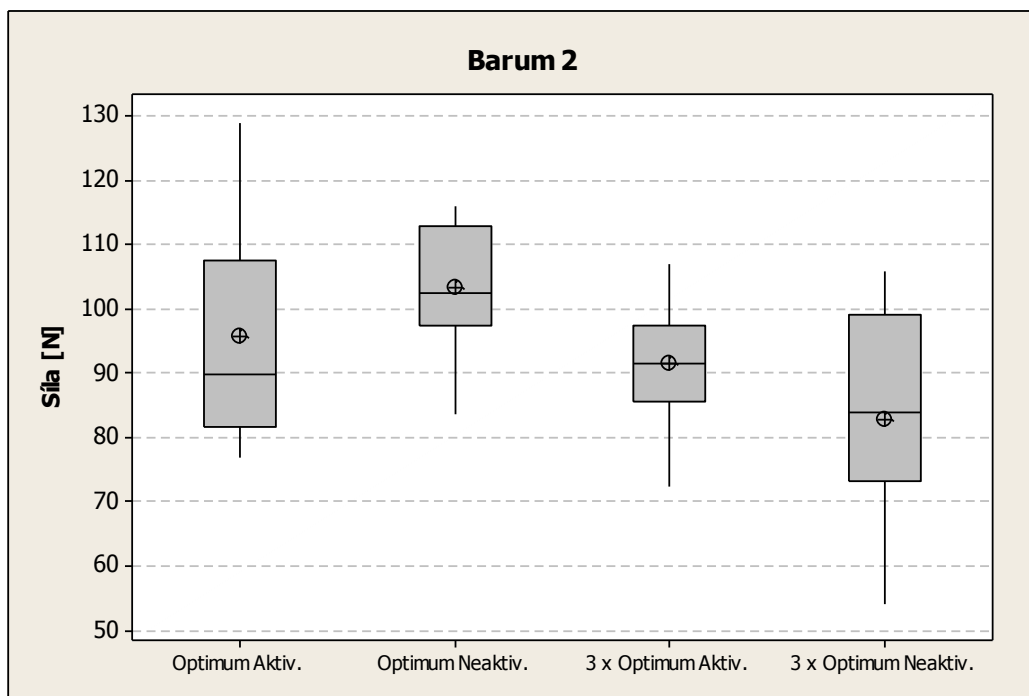
Obr. 15. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 1



Obr. 16. Graické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 1

Při použití neaktivovaného vlákna pro kord, lze pozorovat menší rozptyl hodnot měření. Tento menší rozptyl je patrný jak u optima času, tak i u trojnásobku optima. Z toho lze usuzovat, že se jedná o lépe ustálený proces než u aktivovaného vlákna kordu. V celkovém porovnání adheze vychází u optima času lépe kord z vlákna neaktivovaného, kdežto u trojnásobku optima času vulkanizace vychází lépe kord z vlákna aktivovaného.

## 8.1.2 Vyhodnocení směsi Barum 2

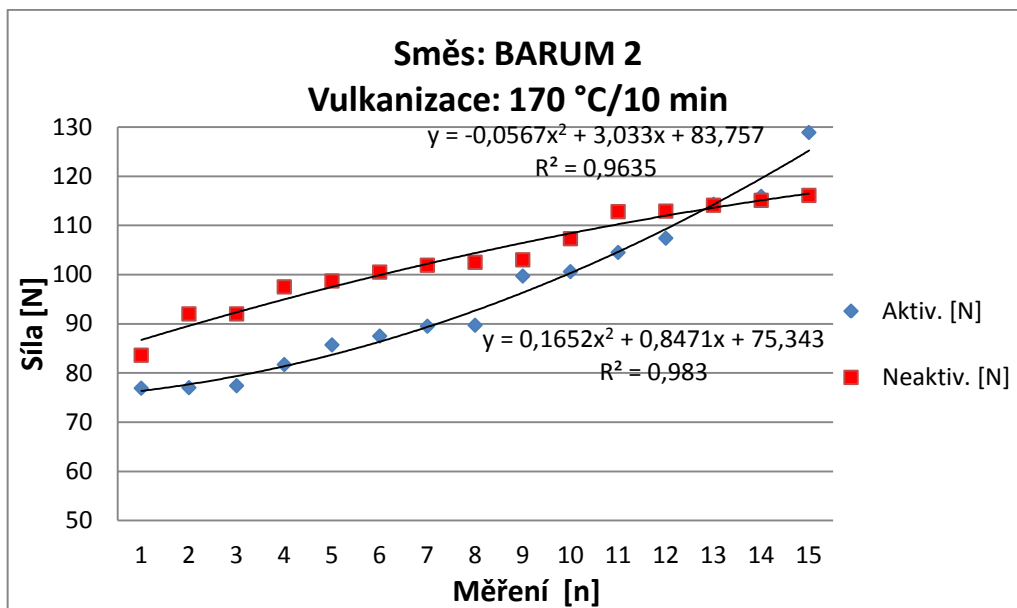


Obr. 17. Boxplot Barum 2

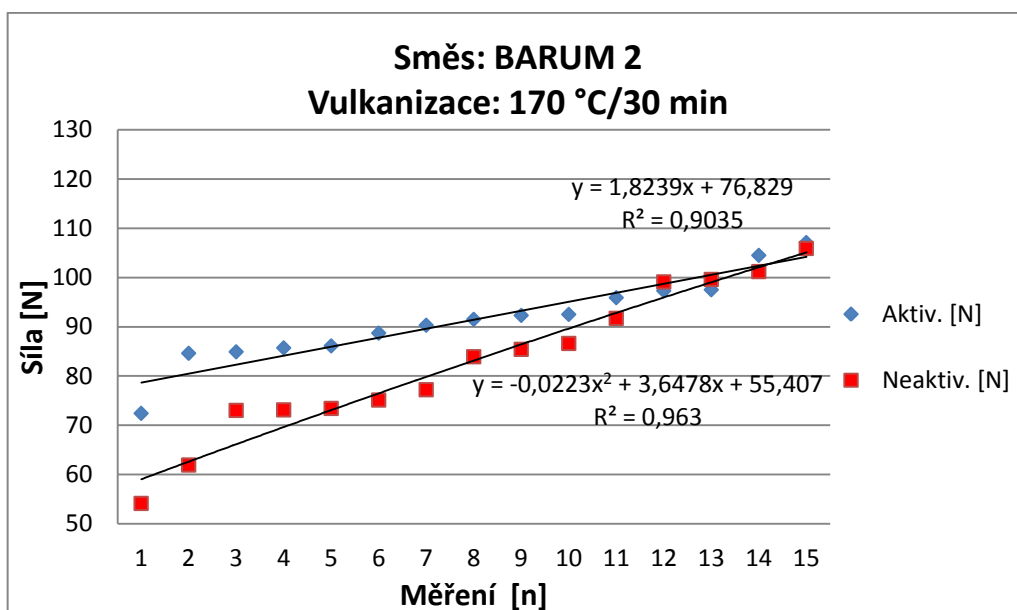
U měření této směsi, nevznikly žádné extrémní hodnoty.

Tab. 8. Vhodnocení směsi Barum 2

Optimum					
Aktiv.	Směs: BARUM 2 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 2 Vulkanizace: 170 °C/10 min	
	Průměr	95,8		Průměr	103,3
	<b>Medián</b>	<b>89,7</b>		<b>Medián</b>	<b>102,5</b>
	Minimum	76,9		Minimum	83,6
	Maximum	128,9		Maximum	116,1
3 x Optimum					
Aktiv.	Směs: BARUM 2 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 2 Vulkanizace: 170 °C/30 min	
	Průměr	91,4		Průměr	82,7
	<b>Medián</b>	<b>91,5</b>		<b>Medián</b>	<b>83,9</b>
	Minimum	72,4		Minimum	54,1
	Maximum	107,1		Maximum	105,9



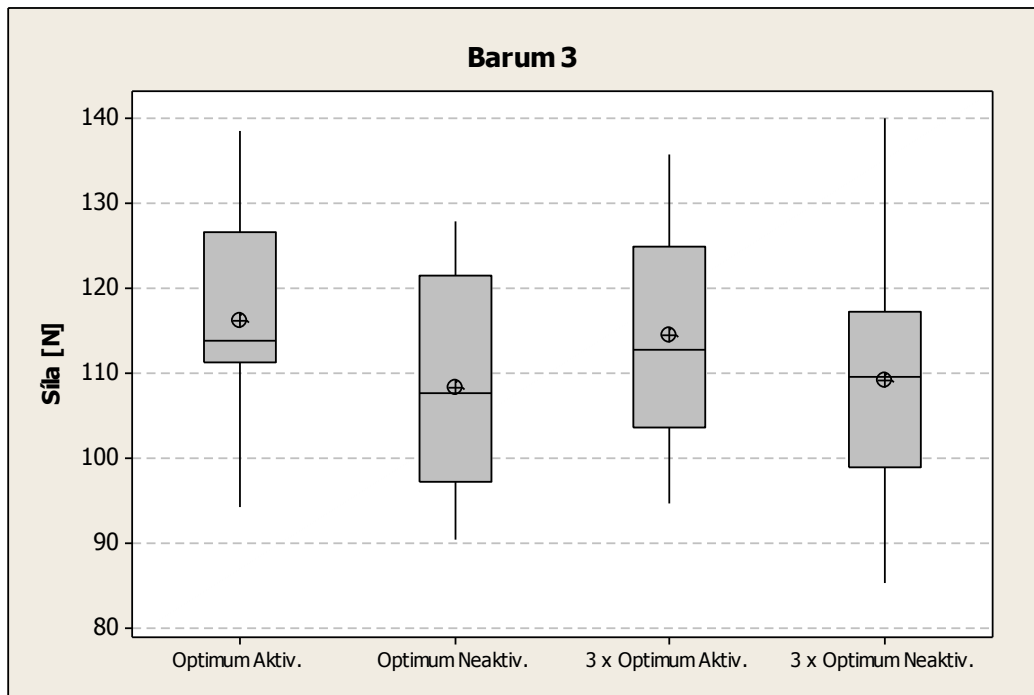
Obr. 18. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 2



Obr. 19. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 2

U optima času je u kordu z neaktivovaného vlákna menší rozptyl než u aktivovaného, což značí větší ustálenost procesu. U optima času vulkanizace vychází adheze lépe u kordu z neaktivovaného vlákna. U trojnásobku času vulkanizace dochází ke snížení adheze neaktivovaného vlákna kordu pod kord z vlákna aktivovaného. Rozdíl v adhezi u trojnásobku optima a optima u aktivovaného vlákna kordu není významný, což značí malou citlivost na prodloužení času vulkanizace.

8.1.3 Vyhodnocení směsi Barum 3

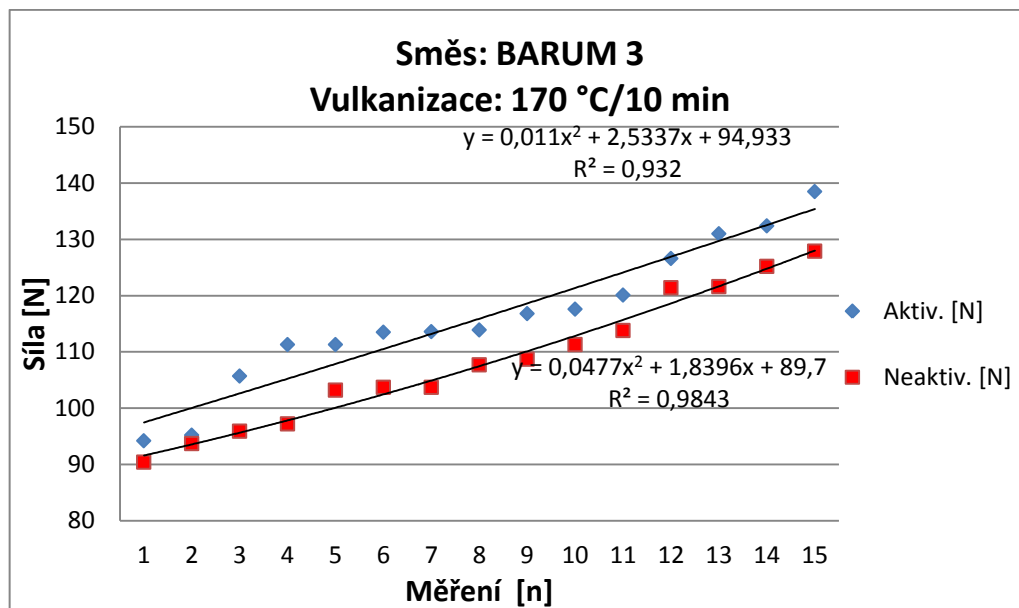


Obr. 20. Boxplot Barum 3

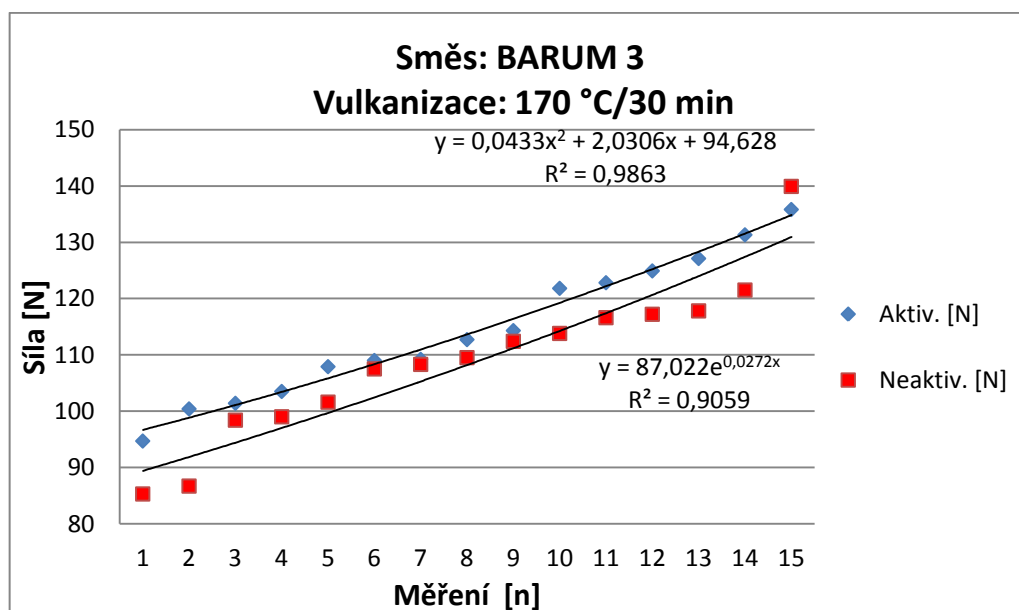
U měření této směsi, nevznikly žádné extrémní hodnoty.

Tab. 9. Vhodnocení směsi Barum 3

Optimum					
Aktiv.	Směs: BARUM 3 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 3 Vulkanizace: 170 °C/10 min	
	Průměr	116,1		Průměr	108,4
	<b>Medián</b>	<b>113,9</b>		<b>Medián</b>	<b>107,7</b>
	Minimum	94,2		Minimum	90,4
	Maximum	138,5		Maximum	127,9
3 x Optimum					
Aktiv.	Směs: BARUM 3 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 3 Vulkanizace: 170 °C/30 min	
	Průměr	114,5		Průměr	109,0
	<b>Medián</b>	<b>112,7</b>		<b>Medián</b>	<b>109,5</b>
	Minimum	94,7		Minimum	85,3
	Maximum	135,8		Maximum	139,9



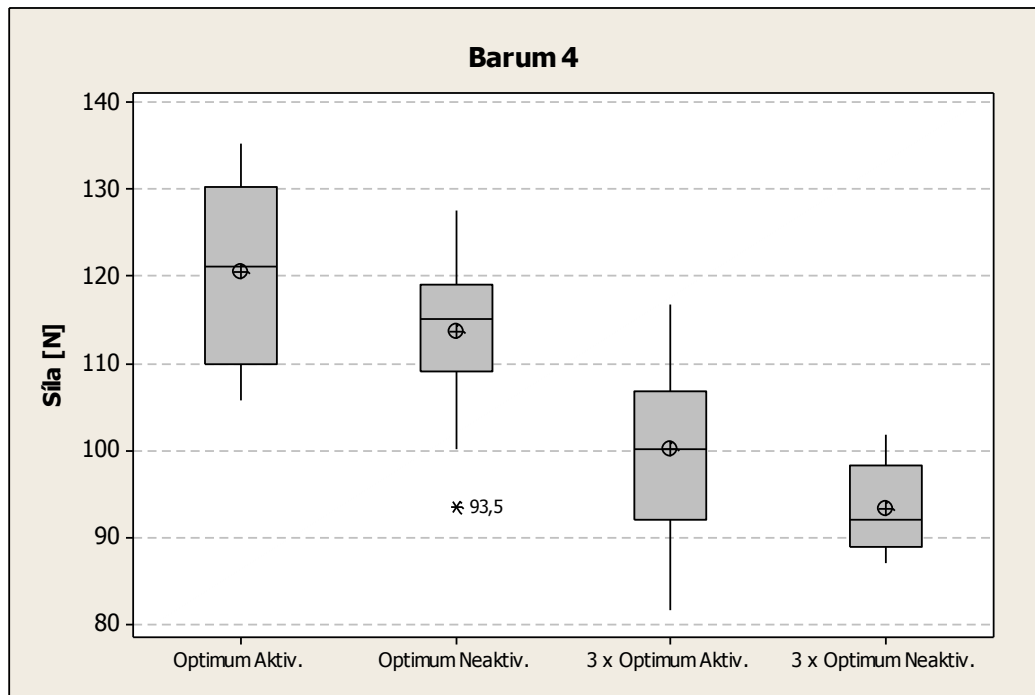
Obr. 21. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 3



Obr. 22. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 3

V případě směsi Barum 3 vychází adheze lépe v obou případech u kordu z aktivovaného vlákna. Na základě porovnání výsledků vulkanizace v optimu času a trojnásobku, je zřejmé, že tato kombinace směsi a kordů není citlivá na prodloužení času vulkanizace.

8.1.4 Vyhodnocení směsi Barum 4

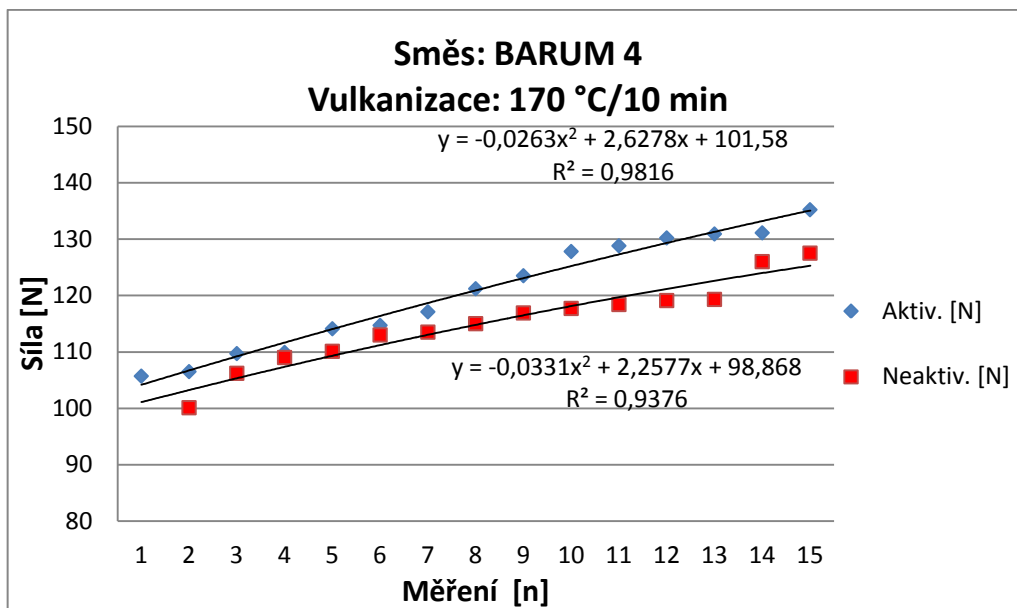


Obr. 23. Boxplot Barum 4

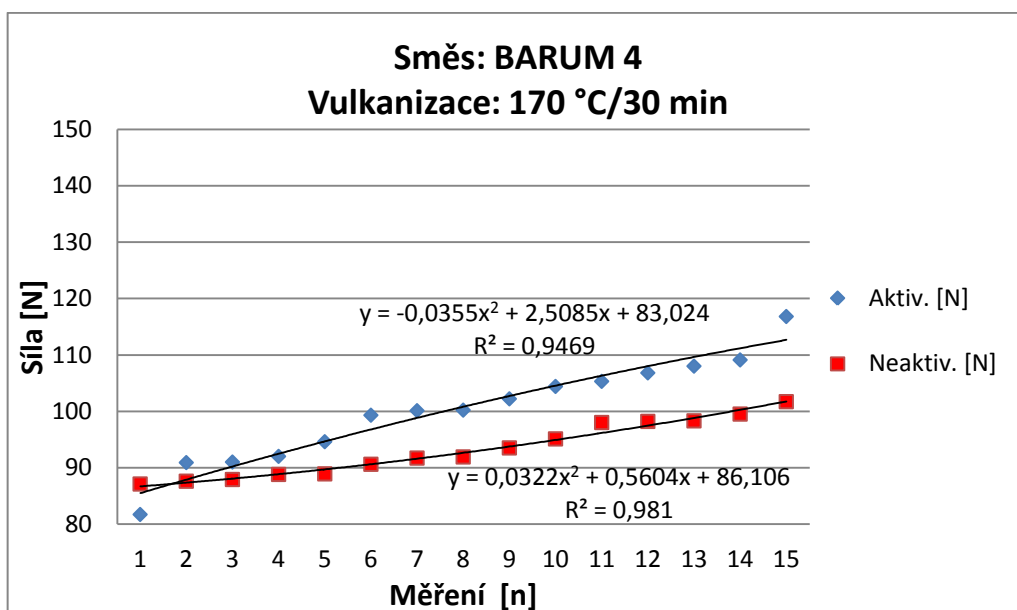
V Případě této směsi je u kombinace optimum času vulkanizace a použití neaktivovaného vlákna pozorována extrémní hodnota. Tato hodnota je pro další vyhodnocování vyloučena.

Tab. 10. Vhodnocení směsi Barum 4

Optimum					
Aktiv.	Směs: BARUM 4 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 4 Vulkanizace: 170 °C/10 min	
	Průměr	120,4		Průměr	115,1
<b>Medián</b>	<b>121,2</b>	<b>Medián</b>	<b>116,0</b>		
Minimum	105,7	Minimum	100,1		
Maximum	135,2	Maximum	127,5		
3 x Optimum					
Aktiv.	Směs: BARUM 4 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 4 Vulkanizace: 170 °C/30 min	
	Průměr	100,2		Průměr	93,3
<b>Medián</b>	<b>100,2</b>	<b>Medián</b>	<b>91,9</b>		
Minimum	81,7	Minimum	87,1		
Maximum	116,8	Maximum	101,7		



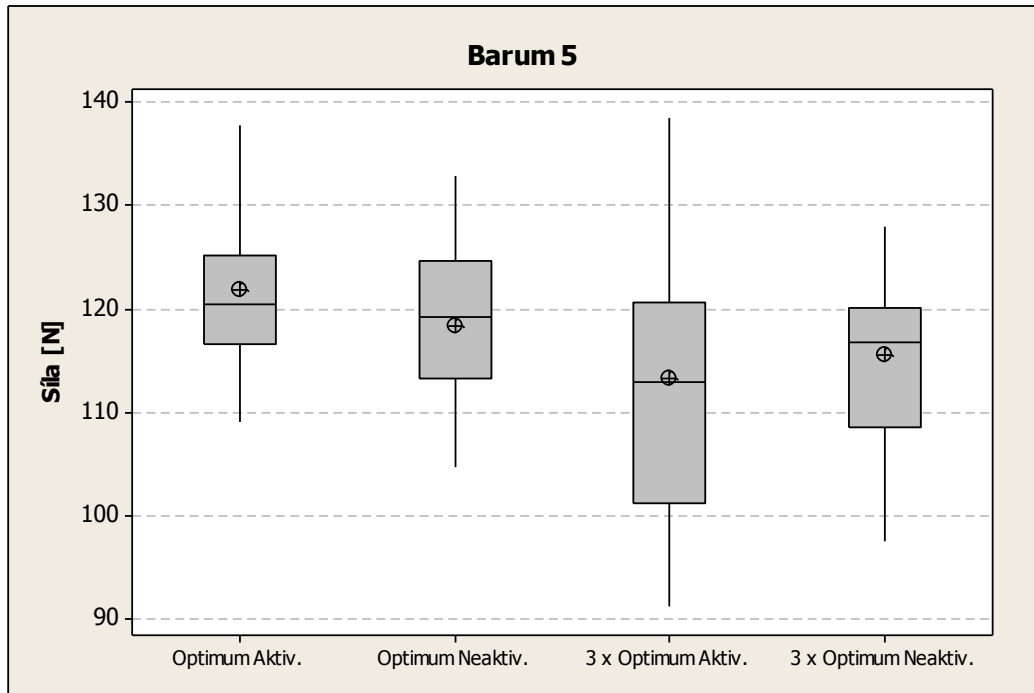
Obr. 24. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 4



Obr. 25. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 4

U směsi Barum 4 vychází adheze ve všech případech nejlépe pro kord z aktivovaného vlákna. Pouze u trojnásobku optima času vykazuje kord z neaktivovaného vlákna menší rozptyl a tím i větší ustálenost.

8.1.5 Vyhodnocení směsi Barum 5



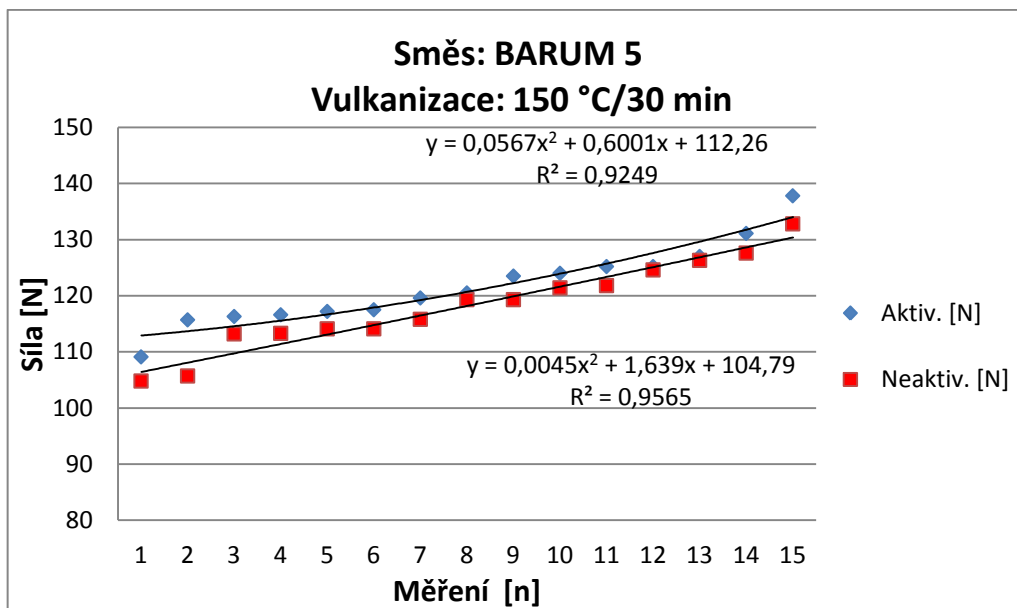
Obr. 26. Boxplot Barum 5

U měření této směsi, nevznikly žádné extrémní hodnoty.

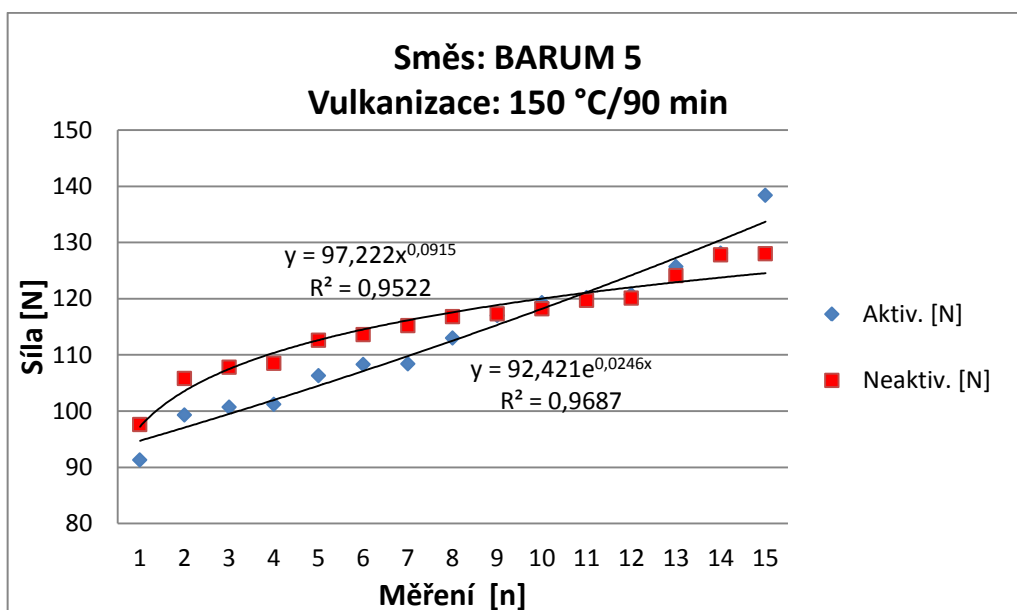
Tab. 11. Vhodnocení směsi Barum 5

Optimum					
Aktiv.	Směs: BARUM 5 Vulkanizace: 150 °C/30 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 5 Vulkanizace: 150 °C/30 min	
	Průměr	121,8		Průměr	118,3
	<b>Medián</b>	<b>120,5</b>		<b>Medián</b>	<b>119,3</b>
	Minimum	109,1		Minimum	104,8
	Maximum	137,8		Maximum	132,8
3 x Optimum					
Aktiv.	Směs: BARUM 5 Vulkanizace: 150 °C/90 min		Neaktiv.	Směs: BARUM 5 Vulkanizace: 150 °C/90 min	
	Průměr	113,2		Průměr	115,5
	<b>Medián</b>	<b>113,0</b>		<b>Medián</b>	<b>116,8</b>
	Minimum	91,3		Minimum	97,6
	Maximum	138,4		Maximum	128,0





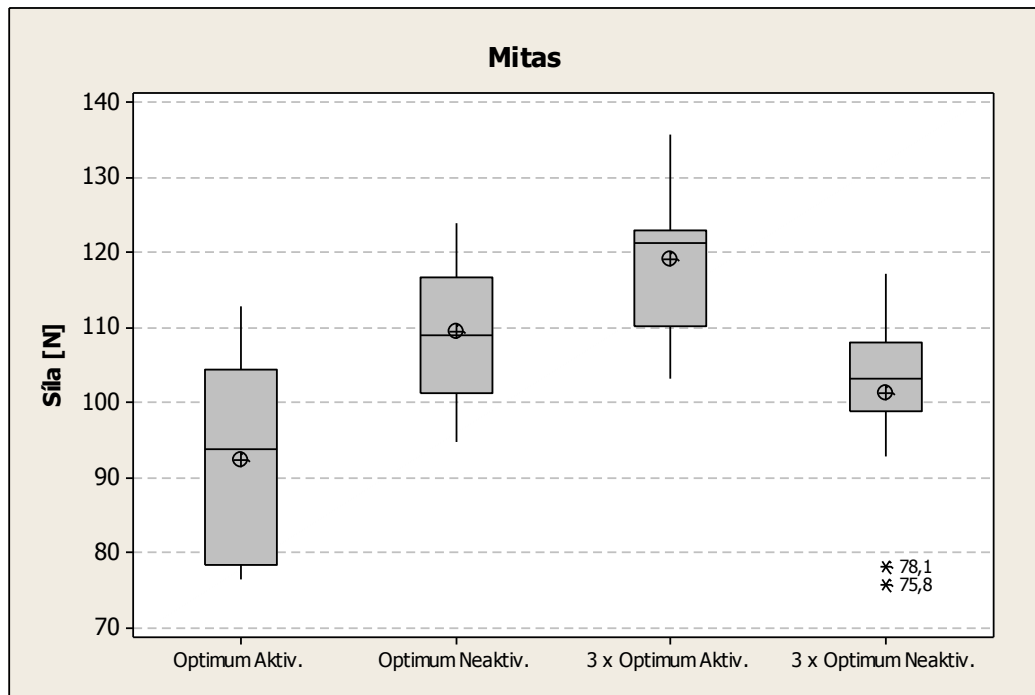
Obr. 27. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 5



Obr. 28. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 5

Směs Barum 5 v kombinaci s aktivovaným vláknem kordu vykazuje lepší adhezi v optimu času. Neaktiv naopak vykazuje lepší adhezi při trojnásobku času vulkanizace. Rozdíly mezi aktivem a neaktivem jsou v řádu jednotek N a tudíž pro praxi a vzhledem k použité zkušební metodě nepodstatné.

8.1.6 Vyhodnocení směsi Mitas

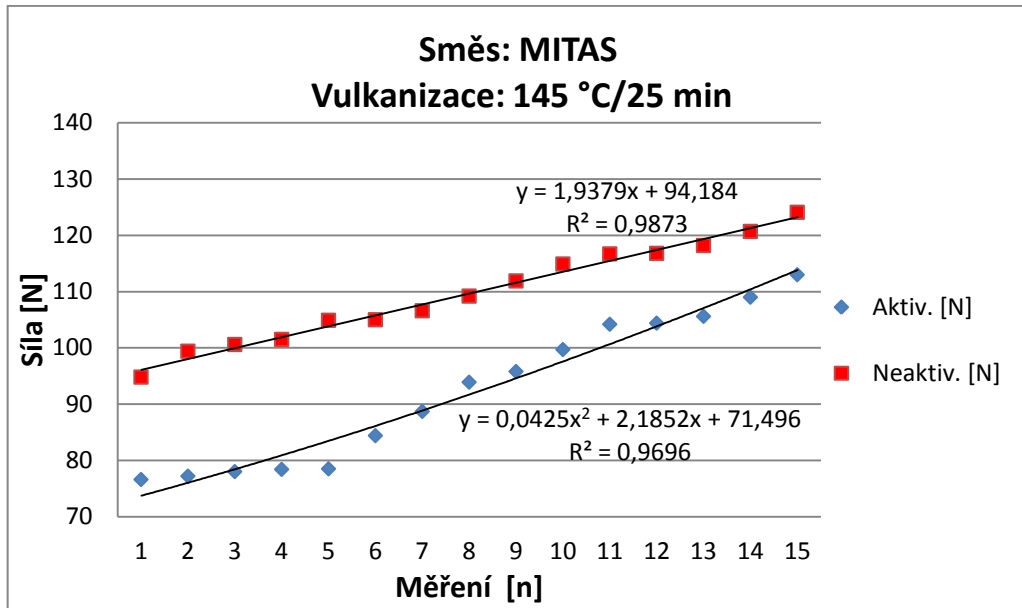


Obr. 29. Boxplot Mitas

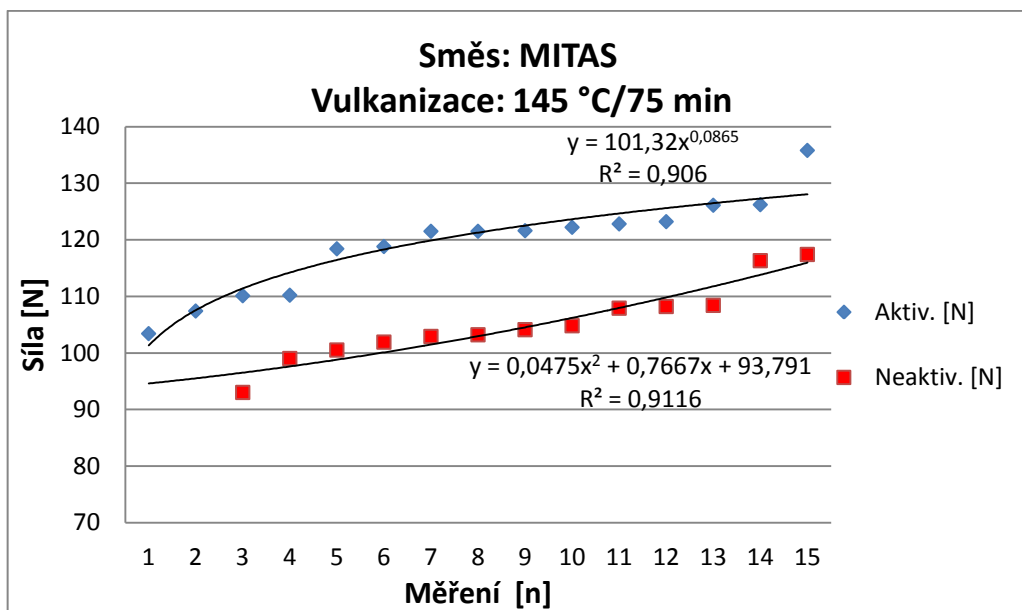
Ve směsi Mitas jsou u kombinace 3 x optimum času vulkanizace a použití neaktivovaného vlákna pozorovány extrémní hodnoty. Tyto hodnoty jsou pro další vyhodnocování vyloučeny.

Tab. 12. Vhodnocení směsi Mitas

Optimum					
Aktiv.	Směs: MITAS Vulkanizace: 145 °C/25min		Neaktiv.	Směs: MITAS Vulkanizace: 145 °C/25 min	
	Průměr	92,5		Průměr	109,7
<b>Medián</b>	<b>93,9</b>	<b>Medián</b>	<b>109,2</b>		
Minimum	76,6	Minimum	94,8		
Maximum	113,0	Maximum	124,1		
3 x Optimum					
Aktiv.	Směs: MITAS Vulkanizace: 145 °C/75 min		Neaktiv.	Směs: MITAS Vulkanizace: 145 °C/75 min	
	Průměr	119,3		Průměr	105,2
<b>Medián</b>	<b>121,5</b>	<b>Medián</b>	<b>104,1</b>		
Minimum	103,4	Minimum	93		
Maximum	135,8	Maximum	117,4		



Obr. 30. Grafické vyhodnocení Optimum Mitas

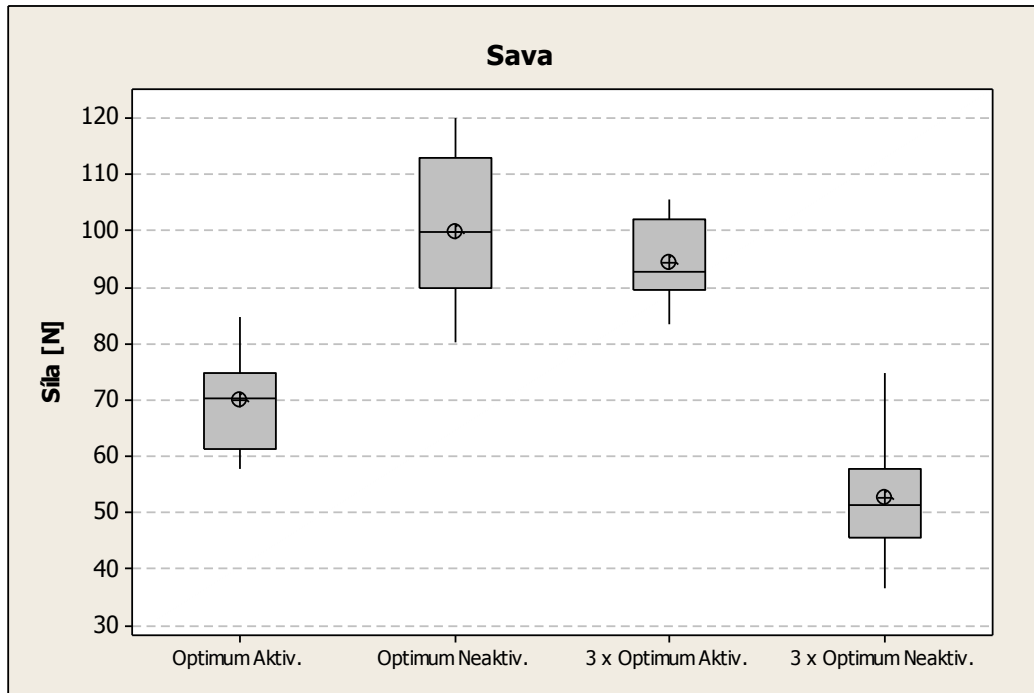


Obr. 31. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Mitas

V optimu času vulkanizace u směsi Mitas měl lepší adhezi kord z neaktivovaného vlákna.

U trojnásobku optima času má lepší adhezi kord z aktivovaného vlákna.

8.1.7 Vyhodnocení směsi Sava

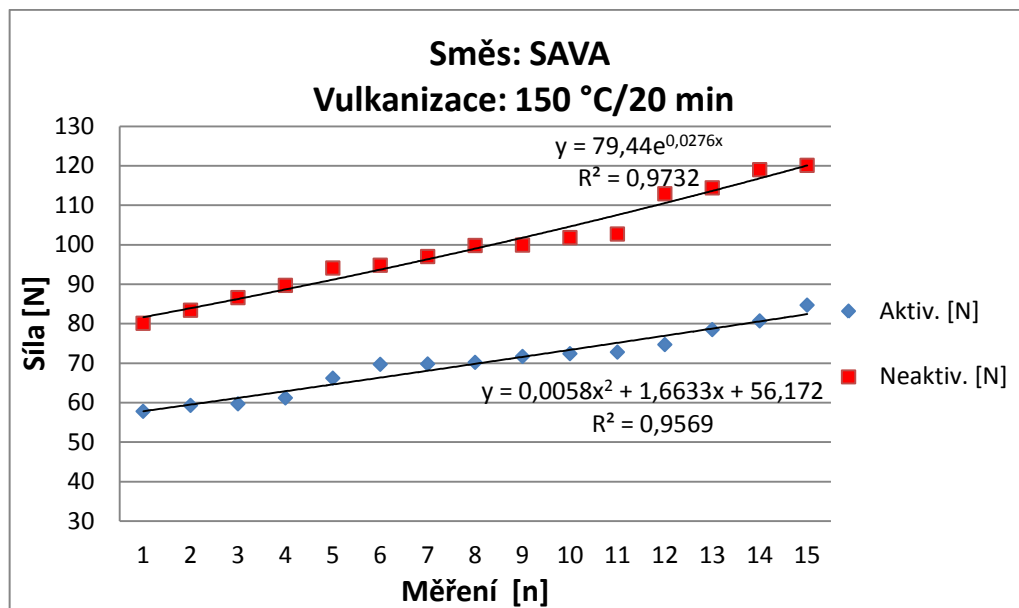


Obr. 32. Boxplot Sava

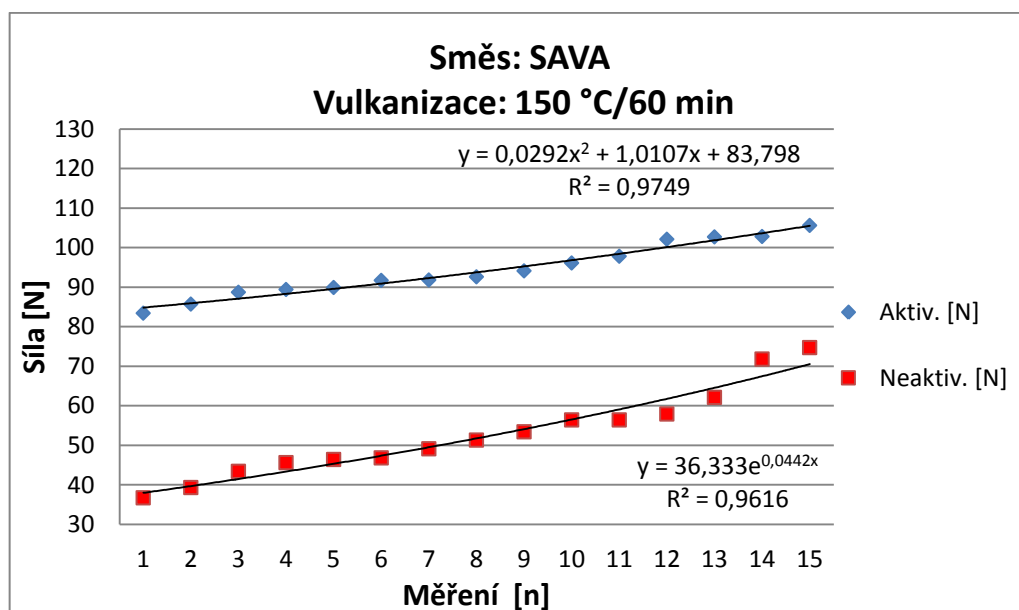
U měření této směsi, nevznikly žádné extrémní hodnoty.

Tab. 13. Vhodnocení směsi Sava

Optimum							
		Směs: SAVA Vulkanizace: 150 °C/20 min				Směs: SAVA Vulkanizace: 150 °C/20 min	
Aktiv.	Průměr	70,0		Neaktiv.	Průměr	99,8	
	<b>Medián</b>	<b>70,2</b>			<b>Medián</b>	<b>99,8</b>	
	Minimum	57,8			Minimum	80,1	
	Maximum	84,7			Maximum	120,1	
3 x Optimum							
		Směs: SAVA Vulkanizace: 150 °C/60 min				Směs: SAVA Vulkanizace: 150 °C/60 min	
Aktiv.	Průměr	94,3		Neaktiv.	Průměr	52,8	
	<b>Medián</b>	<b>92,6</b>			<b>Medián</b>	<b>51,3</b>	
	Minimum	83,4			Minimum	36,7	
	Maximum	105,6			Maximum	74,7	



Obr. 33. Grafické vyhodnocení Optimum Sava

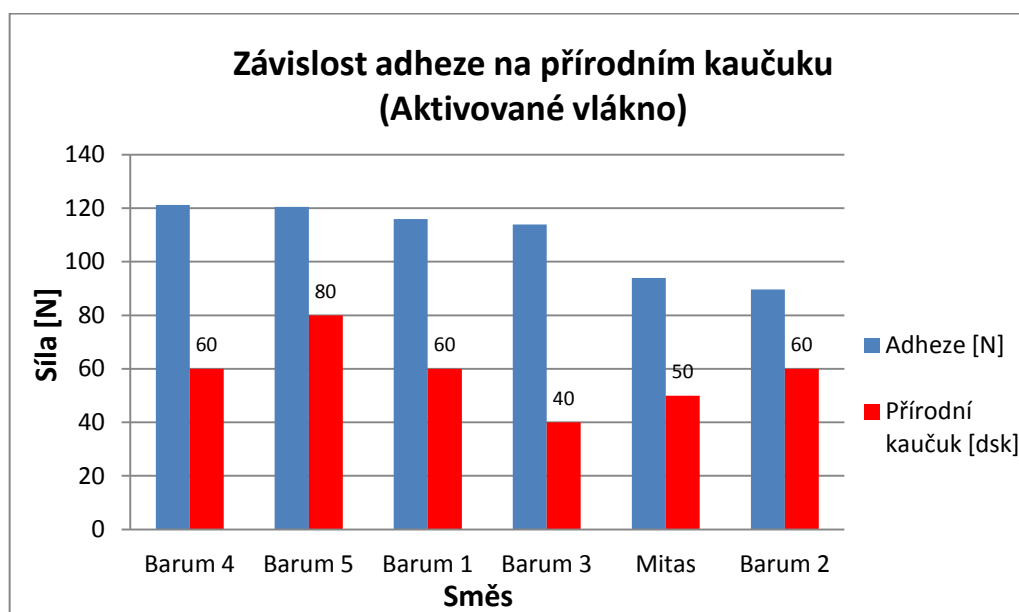


Obr. 34. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Sava

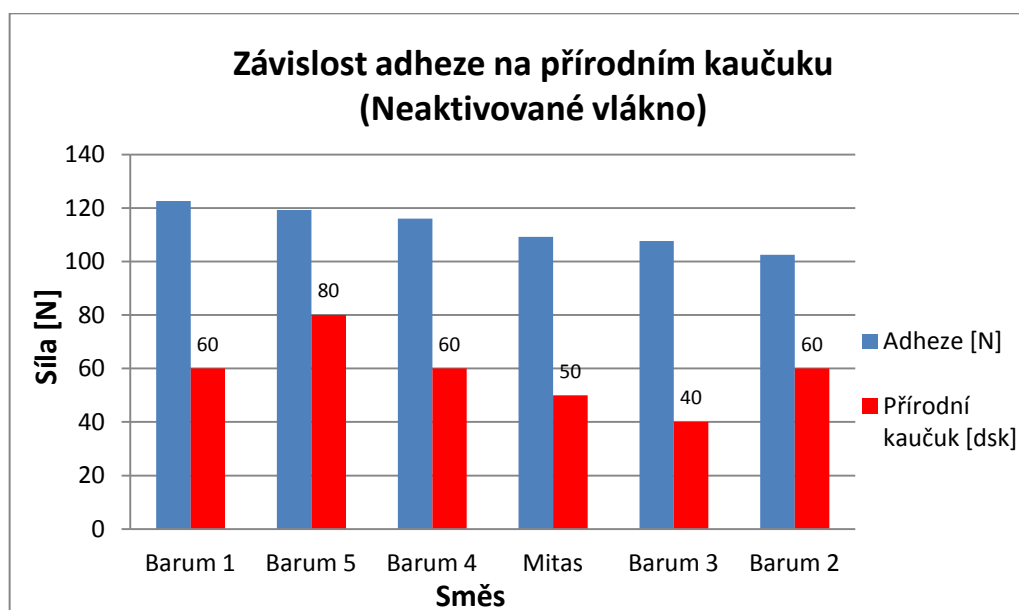
V optimu času vulkanizace u směsi Sava má lepší adhezi kord z neaktivovaného vlákna. U trojnásobku optima času má lepší adhezi kord z aktivovaného vlákna. Tyto rozdíly byly v desítkách N a tudíž pro praxi významné.

## 8.2 Vyhodnocení dle složení směsí

V této části bude vyhodnocován vliv jednotlivých komponent směsí Barum a Mitas na výslednou adhezi. Pro vyhodnocení bude použito vzorků vulkanizovaných v optimu času. V teoretické rovině se předpokládá, že největší vliv na adhezi má podíl přírodního kaučuku a síry. Při sledování složení jednotlivých směsí jsou patrné i jiné závislosti komponent jako jsou retardéry a změkčovadla, avšak tyto závislosti jsou ovlivněny ostatními komponenty směsi.

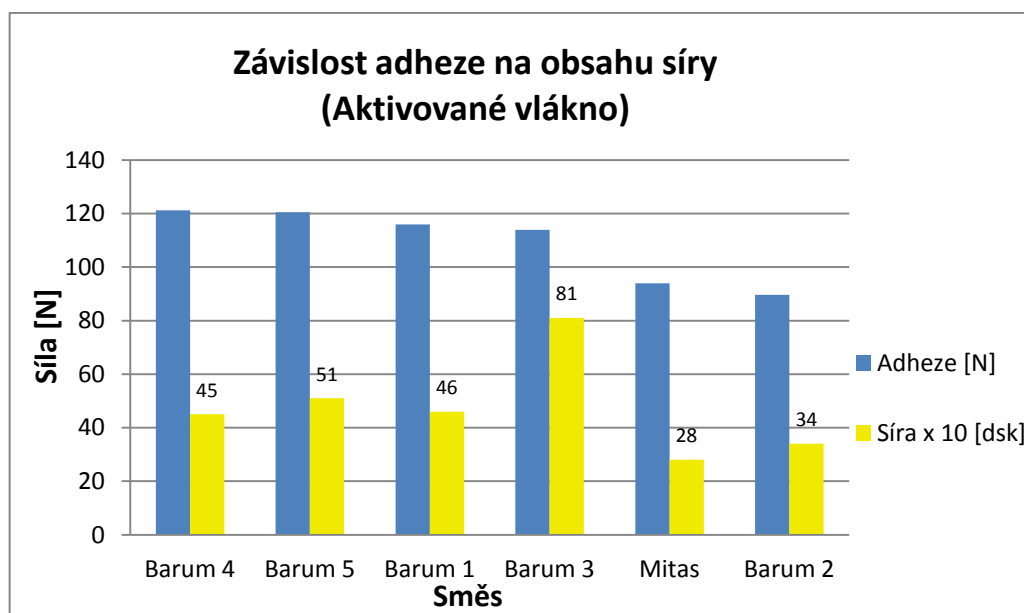


Obr. 35. Závislost adheze na přírodním kaučuku (Aktiv.)

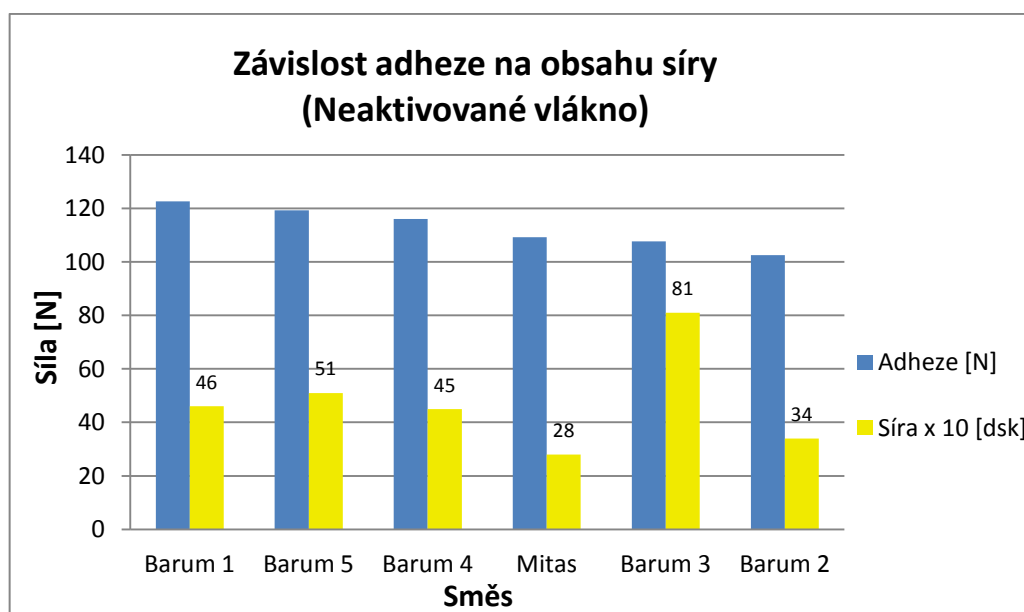


Obr. 36. Závislost adheze na přírodním kaučuku (Neaktiv.)

Z výše uvedených grafů je patrné, že zde není přímá závislost mezi obsahem přírodního kaučuku a adhezí mezi textilním kordem a pryží. To že zde není prokazatelná přímá závislost, je dáno různým obsahem a poměrem ostatních komponent směsi. Platí, že se změnou jedné komponenty se mění vlastnosti a význam komponent ostatních.



Obr. 37. Závislost adheze na obsahu síry (Aktiv.)

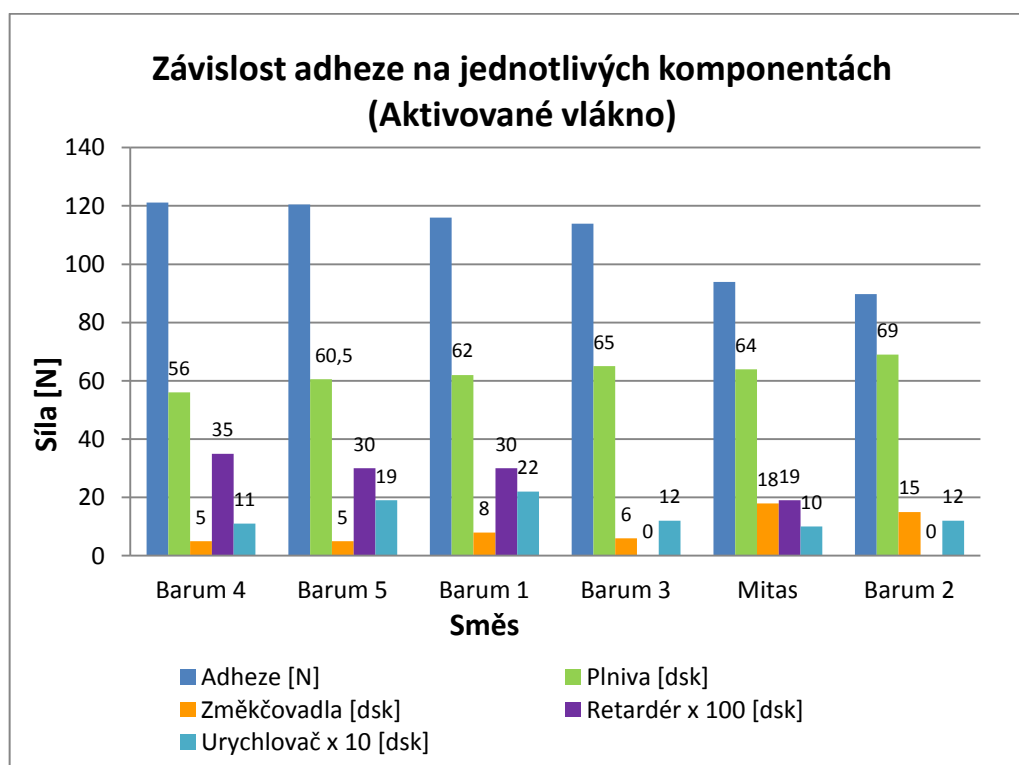


Obr. 38. Závislost adheze na obsahu síry (Neaktiv.)

U komponent které mají nízký obsah dsk v celkovém podílu směsi je použita pro lepší grafické zobrazení **násobící konstanta 10 a 100**. Použití konstanty je uvedeno vždy v legendě příslušného grafu.

Taktéž u srovnání adheze a obsahu síry není pozorována žádná závislost. Taktéž platí, že se změnou jedné komponenty se mění vlastnosti a význam komponent ostatních. A jelikož mají směsi různé poměry složení komponent, není zde pozorována závislost.

Za povšimnutí stojí směs Barum 3, kde je nejnižší obsah přírodního kaučuku, ale nejvyšší obsah síry z vyhodnocovaných směsí.



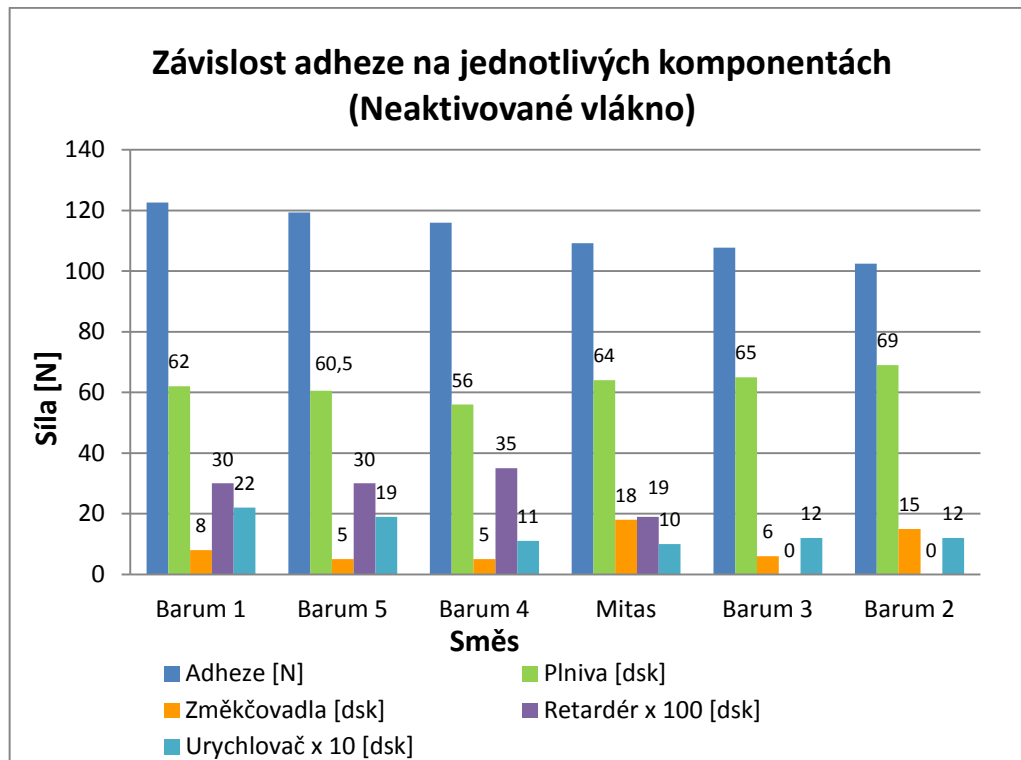
Obr. 39. Závislost adheze na jednotlivých komponentách (Aktiv.)

U porovnání adheze na jednotlivých komponentách u aktivovaného vlákna kordu lze pozorovat určité závislosti. S klesající adhezí roste obsah plniva a naopak klesá obsah retardéru.

U neaktivovaného vlákna nelze tyto závislosti pozorovat. Zde je jen nepatrná závislost urychlovače, kdy s klesající adhezí klesá i obsah urychlovače.

Veškeré tyto závislosti jsou ale ovlivněny ostatními komponenty ve směsích a změnou obsahu jedné komponenty se mění chování ostatních komponent na adhezi.





Obr. 40. Závislost adheze na jednotlivých komponentách (Neaktiv.)

### 8.3 Diskuse výsledků

Diplomová práce se zabývá vyhodnocením soudržnosti kordu a pryže při použití textilního kordu z předem aktivovaného vlákna a vlákna neaktivovaného za různých procesních podmínek. Jsou srovnány jak tyto dvě varianty kordu k různým gumárenským směsím, tak i vliv složení směsí na výslednou soudržnost. Pro vyhodnocení byla použita normalizovaná zkouška stanovení statické soudržnosti pryže s textilním kordem ČSN 62 1462. Pro měření byl použit trhací stroj INSTRON 5564.

Nejlepších hodnot adheze dosahoval kord z neaktivovaného vlákna při optimu času vulkanizace u směsí Barum 1, Barum 2, Mitas a Sava. Přičemž nejvyšší síly pro oddělení kordu od pryže bylo naměřeno u směsi Barum 1. Zde soudržnost dosahovala střední hodnotu síly 122,6 N. Naopak nejmenších hodnota soudržnosti byla naměřena u směsi Sava, a to 99,8 N střední hodnoty. Při vulkanizaci u trojnásobku optima času, dosahoval kord z neaktivovaného vlákna lepších výsledků pouze u směsi Barum 5 a to 116,8 N střední hodnoty. Nejhoršího výsledku dosáhl neaktiv u směsi Sava 51,3 N střední hodnoty. Tudíž lze usuzovat, že kord z neaktivovaného vlákna je citliví na prodloužení času vulkanizace při zachování teploty a porušování vazeb na rozhraní kordu a pryže.

Nejvyšší střední hodnota adheze dosažená u kordu z aktivovaného vlákna při optimu času vulkanizace bylo u směsi Barum 4 a to 121,2 N. Naopak nejnižší hodnota potřebné síly pro oddělení kordu a pryže je pozorována u směsi Barum 2 a to 89,7 N střední hodnoty. U aktivu a trojnásobku času vulkanizace dosahovala nejlepší adheze směs Mitas 121,5 N střední hodnoty a nejhoršího výsledku Barum 2 a to 91,5 N střední hodnoty.

Při hodnocení vlivu komponent směsi na výslednou adhezi se neprokázal vliv podílu síry ani přírodního kaučuku. U aktivu je prokazatelný trend růstu obsahu plniv se zároveň se snižující adhezí. Je tu také pozorována nepatrná závislost obsahu retardéru vulkanizace. Kdy s klesající adhezí klesá podíl retardéru. U neaktivovaného vlákna nelze žádné významné závislosti pozorovat.

#### **8.4 Doporučení pro další práce**

Jelikož byla v této práci použita pouze jedna metoda vyhodnocování adheze, a to H-test, bylo by vhodné výsledky a jednotlivé trendy porovnat s jinou metodou. V praxi se totiž prokazuje, že při porovnání stejného souboru vzorků při zachování stejných podmínek, ale použití různých zkušebních metod tyto výsledky nemají stejný konečný trend. Jako ideální porovnávací zkouška by byl peel-test odlupováním popř. jiné testy užívané ve výrobní praxi.

U této práce byly použity nánosovací směsi užívané v běžné praxi a tudíž s různým složením poměru jednotlivých komponent. Tudíž nelze jednoznačně určit vliv jednotlivé komponenty na výslednou adhezi. Pro další práci bych doporučil jednotné složení směsi a pouze měnit obsah síry a urychlovačů. Zde by se prokázalo, jaký mají tyto složky skutečný vliv na adhezi. U mé práce lze pozorovat určité závislosti, ale nejsou jednoznačně prokazatelné, právě z důvodu různého složení jednotlivých směsí.

Dále by bylo vhodné vyhodnotit vliv zkrácení času vulkanizace za současného zvýšení teploty vulkanizace. Dá se předpokládat, že se snižujícím časem vulkanizace bude klesat adheze z důvodu krátkého času pro vytvoření potřebných vazeb mezi pryží a adhezivní úpravou kordu.

## 9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Ekonomické zhodnocení je provedeno s ohledem na náklady pro použité zkoušky v daném rozsahu. Pro výpočet je uvažována současná průměrná mzda laborantky. V nákladech jsou zahrnuty jak přípravy vzorků, tak i jejich zkoušení na trhačce. Je předpokládáno, že při lisování jedné série tělísek je mezičas využit pro další přípravu další série.

Druhá část vyhodnocení je zaměřena na ekonomičnost použití pro výrobu kordů vlákna aktivovaného a neaktivovaného. Vzhledem k citlivosti těchto údajů je použito pouze vyhodnocení obecné pomocí obecných číselných poměrů.

### 9.1 Vyhodnocení nákladů zkoušek

*Tab. 14. Náklady na laboratoř*

Hodinová sazba laborantky	65 Kč
Výkonová prémie 20%	13 Kč
Ostatní náklady (energie, amortizace)	20 Kč/hod.
<b>Hodinové náklady celkem</b>	<b>98 Kč</b>

*Tab. 15. Normohodiny práce*

Příprava směsi (kalandrování, výztužná tkanina)	0,5 hod.
Řezání pásků kaučukové směsi	0,1 hod.
Příprava formy (kordy, kaučuk, závažíčka)	0,4 hod.
Vulkanizace + práce na lisu	(dle požadavku) + 0,1 hod.
Odstranění přetoků a stříhání tělísek	0,25 hod.
Ostatní čas (přechod mezi pracovišti)	0,1 hod.
Práce na trhačce (15 tělísek, tisk protokolu)	0,3 hod.

**Činnosti, které lze provádět pouze samostatně:**

Příprava směsi (kalandrování, výztužná tkanina)

$$7 \times 0,5 = \mathbf{3,5 \text{ hod.}}$$

Ostatní čas (přechod mezi pracovišti)

$$28 \times 0,1 = \mathbf{2,8 \text{ hod}}$$

Práce na trhačce (15 tělísek, tisk protokolu)

$$28 \times 0,3 = \mathbf{8,4 \text{ hod.}}$$

**Celkem: 14,7 hod.**

**Činnosti, které lze provádět během vulkanizace:**

Vulkanizace + práce na lisu

$$15,35 + (28 \times 0,1) = \mathbf{18,15 \text{ hod.}}$$

**Celkem: 18,5 hod.**

Řezání pásků kaučukové směsi

$$28 \times 0,1 = \mathbf{2,8 \text{ hod.}}$$

Příprava formy (kordy, kaučuk, závažíčka)

$$28 \times 0,4 = \mathbf{11,2 \text{ hod.}}$$

Odstranění přetoků a stříhání tělísek

$$28 \times 0,25 = \mathbf{7 \text{ hod.}}$$

**Celkem: 21 hod.**

**Výpočet:**

$$(21-18,5) + 14,7 = \mathbf{17,2 \text{ hod.}}$$

$$\mathbf{\underline{\underline{17,2 \times 98 = 1685,6 \text{ Kč}}}}$$

## 9.2 Přínos pro výrobní praxi

### **Aktivované vlákno:**

U impregnace aktivovaného vlákna je použito pouze jednostupňové impregnace. Impregnace probíhá v první vaně. Poměr vlákna a impregnace je 95% vlákna a 5% impregnace. Cena aktivovaného vlákna je podstatně vyšší než u neaktivovaného.

### **Neaktivované vlákno:**

Hlavní výhodou neaktivovaného vlákna je nákupní cena suroviny oproti aktivovanému vláknu. Na lince DTU probíhá dvoustupňová impregnace RFL. Cena roztoku prvního stupně impregnace je zhruba 1/3 ceny roztoku druhého stupně impregnace.

Postupným vývojem bylo dosaženo, že první a tudíž levnější impregnace je použita ve větším množství než druhá, která je o 2/3 dražší. Při druhém stupni impregnace je nanášeno pouze 1/3 množství první impregnace. Po celé dvoustupňové RFL impregnaci je celkový nános nižší. Obsah vlákna 97,5% a 2,5% impregnace.

Zde je evidentní ekonomická výhoda použití neaktivovaného vlákna.

Pozn.: podrobná ekonomická kalkulace a ekonomické srovnání je majetkem firmy a nebyly poskytnuty.

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce řeší problém použití textilního kordu z neaktivovaného a aktivovaného vlákna. Je kladen důraz na vyhodnocení adheze k různým nánosovacím směsím používaných ve výrobní praxi. V práci je použito sedm různých nánosovacích směsí o různém poměrovém složení. Pro vyhodnocení adheze a srovnání jsou změněny taktéž procesní podmínky vulkanizace. S prodloužením času vulkanizace na trojnásobek, je sledován vliv této změny na adhezi a rozptyl jednotlivých měření. Jelikož je v současnosti ekonomicky výhodnější zpracovávat předem neaktivované vlákno pro výrobu textilního kordu z PES, je zde kord z aktivovaného vlákna pouze pro srovnání. Toto srovnání nám dává informaci jak dalece je vývoj použití neaktivovaného vlákna pro výrobu kordů vzhledem na aktivaci kordu až při konečném zpracování na DTU.

Dále se práce zabývá vlivem jednotlivých komponent směsi na výslednou adhezi kordu a pryže. Jelikož jsou ale složení směsí v různých poměrech, dává, táto část práce spíše podnět k hlubšímu prozkoumání problematiky obsahu jednotlivých komponent směsi. Pro prozkoumání této problematiky jsou v této práci uvedeny návrhy a doporučení pro další výzkum.

Práce je ukončena ekonomickým zhodnocením práce vzhledem k prováděným přípravám vzorků a zkouškám použitých pro tuto práci. Ekonomické zhodnocení taktéž obsahuje hrubé nastínění výhody použití pro výrobu textilního kordu neaktivovaného vlákna.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] PREKOP, Štefan. *Gumárska technológia II*. Vyd. 1. Trenčín: GC TECH Ing. Peter Gerši, 2003, 370 s. ISBN 808891485x.
- [2] FRANTA, Ivan. *Gumárenské suroviny*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1979, 606 s.
- [3] ŠVÉDOVÁ, Jarmila. *Technické textilie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1978, 453 s.
- [4] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II*. 2., opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 8072042483.
- [5] MARCÍN, Jiří a Petr ZÍTEK. *Pneumatiky*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985, 492 s.
- [6] PREKOP, Štefan. *Gumárska technológia I*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 1998, 282 s. ISBN 8071004839.
- [7] Interní materiály Kordárna Plus a.s.
- [8] Barum Continental spol. s r.o. *Učební texty Gumárenská technologie*, 2008, 100 s.
- [9] DUCHÁČEK, Vratislav. *Přírodní a syntetické kaučuky, termoplastické elastomery*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2006, 158 s. ISBN 80-02-01784-6.
- [10] FRANTA, Ivan. *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: SNTL, 1969, 536 s.
- [11] LANGMAIER, Ferdinand. *Adhese a adhesiva*. 1. vyd. Zlín: FT VUT, 1999, 106 s. ISBN 8021413735.
- [12] *Přednáškové materiály TUL* [online]. [cit. 2013-06-12]. Dostupný z URL: <[https://moodle.fp.tul.cz/nano/pluginfile.php/1912/course/section/780/TNT\\_2.prednaska%20Adheze%20-%20C3%BAvod.pdf](https://moodle.fp.tul.cz/nano/pluginfile.php/1912/course/section/780/TNT_2.prednaska%20Adheze%20-%20C3%BAvod.pdf)>
- [13] JAROŠOVÁ, Eva. *Navrhování experimentů - základ inovací a neustálého zlepšování*. Praha: Česká společnost pro jakost, 1997, 105 s. ISBN 8002011546.
- [14] DVOŘÁK, Zdeněk. *Zpracovatelské procesy gumárenské* [online]. [cit. 2014-06-3]. Dostupný z URL: <<http://www.utb.cz/file/41195/>>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

RFL	Resorcinol-Formaldehyd-Latex
Cu	Měď
Zn	Zinek
Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
PES	Polyester
ks.	Kus
SBR	Butadienstyrenový kaučuk
BR	Butadienový kaučuk
IIR	Butylkaučuk
IR	Izoprenový kaučuk
dsk	Dílů na sto dílů kaučuku
atd.	A tak dále
SLK	Slovkord
DTU	Dodatečná tepelná úprava
Aktiv.	Předem aktivované vlákno
Neaktiv.	Neaktivované vlákno
tzn.	To znamená
Kč.	Korun českých



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Textilní kord [8]</i> .....	16
<i>Obr. 2. Ocelové kordy [8]</i> .....	16
<i>Obr. 3. Zjednodušený nákres uspořádání linky DTU</i> .....	20
<i>Obr. 4. Příklad vulkanizační křivky</i> .....	24
<i>Obr. 5. Linka pro oboustranné nánosování ocelového kordu [8]</i> .....	28
<i>Obr. 6. Linka pro oboustranné nánosování textilního kordu [8]</i> .....	29
<i>Obr. 7. Princip zkoušky soudržnosti mezi vrstvami při separaci</i> .....	33
<i>Obr. 8. Zkušební těleso (H-test)</i> .....	34
<i>Obr. 9. Zkušební přístroj Hanley</i> .....	35
<i>Obr. 10. Kalandrování nánosovací směsi</i> .....	44
<i>Obr. 11. Forma pro lisování tělísek</i> .....	45
<i>Obr. 12. Odsraňování přetků</i> .....	45
<i>Obr. 13. Trhací stroj INSTRON 5564</i> .....	46
<i>Obr. 14. Boxplot Barum 1</i> .....	48
<i>Obr. 15. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 1</i> .....	49
<i>Obr. 16. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 1</i> .....	49
<i>Obr. 17. Boxplot Barum 2</i> .....	50
<i>Obr. 18. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 2</i> .....	51
<i>Obr. 19. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 2</i> .....	51
<i>Obr. 20. Boxplot Barum 3</i> .....	52
<i>Obr. 21. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 3</i> .....	53
<i>Obr. 22. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 3</i> .....	53
<i>Obr. 23. Boxplot Barum 4</i> .....	54
<i>Obr. 24. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 4</i> .....	55
<i>Obr. 25. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 4</i> .....	55
<i>Obr. 26. Boxplot Barum 5</i> .....	56
<i>Obr. 27. Grafické vyhodnocení Optimum Barum 5</i> .....	57
<i>Obr. 28. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Barum 5</i> .....	57
<i>Obr. 29. Boxplot Mitas</i> .....	58
<i>Obr. 30. Grafické vyhodnocení Optimum Mitas</i> .....	59
<i>Obr. 31. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Mitas</i> .....	59
<i>Obr. 32. Boxplot Sava</i> .....	60

---

<i>Obr. 33. Grafické vyhodnocení Optimum Sava .....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 34. Grafické vyhodnocení 3 x Optimum Sava .....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 35. Závislost adheze na přírodním kaučuku (Aktiv.) .....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 36. Závislost adheze na přírodním kaučuku (Neaktiv.) .....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 37. Závislost adheze na obsahu síry (Aktiv.) .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 38. Závislost adheze na obsahu síry (Neaktiv.) .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 39. Závislost adheze na jednotlivých komponentách (Aktiv.) .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 40. Závislost adheze na jednotlivých komponentách (Neaktiv.) .....</i>	<i>65</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Standartní složení RFL roztoku pro 2-stupňovou impregnaci.....</i>	18
<i>Tab. 2. Základní vlastnosti vlákna SLK 144 .....</i>	39
<i>Tab. 3. Vlastnosti impregnované korové tkaniny SLK 144x1x2 380/370 D-1050.....</i>	40
<i>Tab. 4. Obecné složení směsí .....</i>	41
<i>Tab. 5. Vulkanizační podmínky směsí .....</i>	41
<i>Tab. 6. Rozpis prováděných zkoušek .....</i>	43
<i>Tab. 7. Vhodnocení směsi Barum 1 .....</i>	48
<i>Tab. 8. Vhodnocení směsi Barum 2 .....</i>	50
<i>Tab. 9. Vhodnocení směsi Barum 3 .....</i>	52
<i>Tab. 10. Vhodnocení směsi Barum 4 .....</i>	54
<i>Tab. 11. Vhodnocení směsi Barum 5 .....</i>	56
<i>Tab. 12. Vhodnocení směsi Mitas .....</i>	58
<i>Tab. 13. Vhodnocení směsi Sava .....</i>	60
<i>Tab. 14. Náklady na laboratoř.....</i>	67
<i>Tab. 15. Normohodiny práce .....</i>	67

## SEZNAM PŘÍLOH

P I: Naměřená data optimum aktiv.

P II: Naměřená data optimum neaktiv.

P III: Naměřená data 3 x optimum aktiv.

P IV: Naměřená data 3 x optimum neaktiv.

## PŘÍLOHA P I: NAMĚŘENÁ DATA OPTIMUM AKTIV

Směs: BARUM 1 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Směs: BARUM 2 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Směs: BARUM 3 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Směs: BARUM 4 Vulkanizace: 170 °C/10 min	
n	[N]	n	[N]	n	[N]	n	[N]
1	91	1	76,9	1	94,2	1	105,7
2	98,1	2	77	2	95,2	2	106,5
3	104,9	3	77,4	3	105,7	3	109,7
4	106,2	4	81,7	4	111,3	4	109,9
5	107,1	5	85,7	5	111,3	5	114,1
6	110,3	6	87,5	6	113,5	6	114,7
7	111,2	7	89,5	7	113,6	7	117,1
8	116	8	89,7	8	113,9	8	121,2
9	116,1	9	99,7	9	116,8	9	123,5
10	120,2	10	100,6	10	117,6	10	127,8
11	122,4	11	104,5	11	120,1	11	128,8
12	126,3	12	107,4	12	126,6	12	130,2
13	128,2	13	114,3	13	131	13	130,9
14	128,8	14	115,9	14	132,4	14	131,1
15	129,7	15	128,9	15	138,5	15	135,2

Směs: BARUM 5 Vulkanizace: 150 °C/30 min		Směs: MITAS Vulkanizace: 145 °C/25min		Směs: SAVA Vulkanizace: 150 °C/20 min	
n	[N]	n	[N]	n	[N]
1	109,1	1	76,6	1	57,8
2	115,7	2	77,2	2	59,3
3	116,3	3	78	3	59,7
4	116,6	4	78,4	4	61,2
5	117,2	5	78,5	5	66,2
6	117,5	6	84,4	6	69,7
7	119,6	7	88,7	7	69,8
8	120,5	8	93,9	8	70,2
9	123,5	9	95,8	9	71,7
10	124	10	99,7	10	72,4
11	125,2	11	104,2	11	72,8
12	125,2	12	104,4	12	74,7
13	127	13	105,6	13	78,5
14	131,1	14	109	14	80,7
15	137,8	15	113	15	84,7

## PŘÍLOHA P II: NAMĚŘENÁ DATA OPTIMUM NEAKTIV

Směs: BARUM 1 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Směs: BARUM 2 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Směs: BARUM 3 Vulkanizace: 170 °C/10 min		Směs: BARUM 4 Vulkanizace: 170 °C/10 min	
n	[N]	n	[N]	n	[N]	n	[N]
1	106,1	1	83,6	1	90,4	1	93,5
2	106,2	2	92	2	93,7	2	100,1
3	106,9	3	92	3	95,9	3	106,2
4	113,2	4	97,5	4	97,2	4	109
5	113,3	5	98,7	5	103,2	5	110,1
6	118,1	6	100,5	6	103,7	6	113
7	118,9	7	101,9	7	103,7	7	113,5
8	122,6	8	102,5	8	107,7	8	115
9	123,1	9	103	9	108,7	9	116,9
10	124,1	10	107,3	10	111,3	10	117,7
11	126,4	11	112,8	11	113,8	11	118,4
12	128,5	12	112,9	12	121,4	12	119,1
13	129,4	13	114,1	13	121,6	13	119,3
14	130,3	14	115,1	14	125,2	14	126
15	141,4	15	116,1	15	127,9	15	127,5

Směs: BARUM 5 Vulkanizace: 150 °C/30 min		Směs: MITAS Vulkanizace: 145 °C/25 min		Směs: SAVA Vulkanizace: 150 °C/20 min	
n	[N]	n	[N]	n	[N]
1	104,8	1	94,8	1	80,1
2	105,7	2	99,4	2	83,4
3	113,2	3	100,6	3	86,6
4	113,3	4	101,5	4	89,7
5	114,1	5	104,9	5	94,1
6	114,1	6	105	6	94,8
7	115,8	7	106,6	7	97
8	119,3	8	109,2	8	99,8
9	119,3	9	111,9	9	99,9
10	121,4	10	114,9	10	101,8
11	121,8	11	116,7	11	102,7
12	124,6	12	116,8	12	112,9
13	126,3	13	118,2	13	114,4
14	127,6	14	120,7	14	119
15	132,8	15	124,1	15	120,1

## PŘÍLOHA P III: NAMĚŘENÁ DATA 3 X OPTIMUM AKTIV

Směs: BARUM 1 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Směs: BARUM 2 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Směs: BARUM 3 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Směs: BARUM 4 Vulkanizace: 170 °C/30 min	
n	[N]	n	[N]	n	[N]	n	[N]
1	81,2	1	72,4	1	94,7	1	81,7
2	83	2	84,6	2	100,4	2	90,9
3	92,3	3	84,9	3	101,4	3	91
4	95,6	4	85,7	4	103,5	4	92
5	95,8	5	86,1	5	107,9	5	94,6
6	99,6	6	88,7	6	109	6	99,3
7	100,2	7	90,3	7	109,2	7	100,1
8	100,8	8	91,5	8	112,7	8	100,2
9	102	9	92,3	9	114,3	9	102,2
10	102,2	10	92,5	10	121,8	10	104,4
11	105,1	11	95,9	11	122,8	11	105,3
12	107,2	12	97,3	12	124,9	12	106,8
13	107,3	13	97,5	13	127,1	13	108
14	110,1	14	104,5	14	131,3	14	109,1
15	114,4	15	107,1	15	135,8	15	116,8

Směs: BARUM 5 Vulkanizace: 150 °C/90 min		Směs: MITAS Vulkanizace: 145 °C/75 min		Směs: SAVA Vulkanizace: 150 °C/60 min	
n	[N]	n	[N]	n	[N]
1	91,3	1	103,4	1	83,4
2	99,3	2	107,4	2	85,7
3	100,7	3	110,1	3	88,7
4	101,2	4	110,2	4	89,4
5	106,3	5	118,4	5	89,9
6	108,3	6	118,8	6	91,7
7	108,4	7	121,5	7	91,8
8	113	8	121,5	8	92,6
9	117	9	121,6	9	94,1
10	119,3	10	122,2	10	96,1
11	120,2	11	122,8	11	97,8
12	120,7	12	123,2	12	102,1
13	125,7	13	126,1	13	102,7
14	128,1	14	126,2	14	102,8
15	138,4	15	135,8	15	105,6

## PŘÍLOHA P IV: NAMĚŘENÁ DATA 3 X OPTIMUM NEAKTIV

Směs: BARUM 1 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Směs: BARUM 2 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Směs: BARUM 3 Vulkanizace: 170 °C/30 min		Směs: BARUM 4 Vulkanizace: 170 °C/30 min	
n	[N]	n	[N]	n	[N]	n	[N]
1	85,1	1	54,1	1	85,3	1	87,1
2	92	2	61,9	2	86,7	2	87,6
3	93,1	3	73	3	98,4	3	87,9
4	93,6	4	73,1	4	99	4	88,8
5	94,7	5	73,4	5	101,6	5	88,9
6	94,9	6	75,1	6	107,5	6	90,6
7	95,3	7	77,2	7	108,3	7	91,7
8	96	8	83,9	8	109,5	8	91,9
9	96,4	9	85,4	9	112,4	9	93,5
10	96,5	10	86,6	10	113,8	10	95,1
11	97,2	11	91,7	11	116,6	11	98
12	99,1	12	99,1	12	117,2	12	98,2
13	100	13	99,6	13	117,8	13	98,3
14	105,9	14	101,2	14	121,5	14	99,5
15	114,8	15	105,9	15	139,9	15	101,7

Směs: BARUM 5 Vulkanizace: 150 °C/90 min		Směs: MITAS Vulkanizace: 145 °C/75 min		Směs: SAVA Vulkanizace: 150 °C/60 min	
n	[N]	n	[N]	n	[N]
1	97,6	1	75,8	1	36,7
2	105,8	2	78,1	2	39,3
3	107,8	3	93	3	43,4
4	108,5	4	99	4	45,6
5	112,6	5	100,5	5	46,4
6	113,6	6	101,9	6	46,8
7	115,2	7	102,9	7	49,1
8	116,8	8	103,2	8	51,3
9	117,3	9	104,1	9	53,4
10	118,2	10	104,8	10	56,4
11	119,7	11	107,9	11	56,4
12	120,1	12	108,2	12	57,9
13	124,1	13	108,4	13	62,1
14	127,8	14	116,3	14	71,8
15	128	15	117,4	15	74,7