

# Charakterizace negumových nečistot v kaučukových směsích vzniklých při výrobě pneumatik

Ladislav Šimoník

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav inženýrství polymerů  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Ladislav Šimoník  
Osobní číslo: T12227  
Studijní program: B2808 Chemie a technologie materiálů  
Studijní obor: Chemie a technologie materiálů  
Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Charakterizace negumových nečistot v kaučukových směsích vzniklých při výrobě pneumatik

Zásady pro vypracování:

**Negumové nečistoty ve směsi. Experimentální práce. Úkolem této práce bude shromažďování vzorků s vadami, které vznikly důsledkem nečistoty ve směsi, zkoumání těchto nečistot a hledání jejich zdroje. Možné využití analytických metodik, ke stanovení zdroje nečistot. Výsledkem bude pareto příčin – jak surovin, procesu, nebo nečistot pocházejících z jiných zdrojů. V konečné fázi navržení způsobu odstranění této kontaminace materiálu.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. ERICH, Frederick, Burak ERMAN a James EMARK. Science and technology of rubber. 3. vyd. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005, XVII, 743 s. ISBN 0124647863.
2. 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.
3. DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLIČKA. Gumárenské suroviny a jejich zpracování. 4. vyd., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009, 199 s. ISBN 987-80-7080-713-2.
4. POPA, Gabriel A. Rubber: types, properties and uses. New York: Nova Science Publishers, 2011, XVII, 689 s. ISBN 978-1-61761-464-4.
5. PREKOP, Štefan. Gumárenská technológia II. 1. vyd. Trenčín: GC TECH Ing. Peter Gerši, 2003, 370 s. ISBN 808891485x.
6. BROWN, Roger. Physical testing of rubber. 4. vyd. New York, NY: Springer, 2006, 387 s. ISBN 0387282866.
7. BARLOW, Fred W. Rubber compounding: principles, materials, and techniques. 2. vyd. New York: Marcel Dekker, 1993, VIII, 294 s. ISBN 0-8247-8968-7.
8. LIMPER, Andreas. Mixing of rubber compounds. Munich: Hanser Publishers, c2012, XI, 239 s. ISBN 978-3-446-41743-4.
9. GABBOT, Paul. Principles and Applications of Thermal Analysis. 1. vyd. Blackwell Publishing Ltd, 2008, XIII, ISBN 978-1-4051-3171-1.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martina Polášková, Ph.D.**  
Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce: **16. ledna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2015**

Ve Zlíně dne 2. března 2015

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



  
Ing. Lubomír Beníček, Ph.D.  
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ŠIMONIA LADISLAV

Obor: kb CHM-PM

## 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 UJB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byla jsem seznámena/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, považuji 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 22. 5. 15



.....

<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 Zveřejněním zveřejněním práce;

<sup>2)</sup> Výrobek nebo nepříležitost zveřejňuje díselec, diplomová, bakalářské a magisterské práce, o kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím dostupné elektronické práce, kterou spravuje. Zveřejněním stanoví vlastní obsah vysoké školy.

(2) Učební dílo, materiál, odborná práce odvozená učením k tomu musí být nejmeně při učením ani před konáním úhrady zveřejněny k nahlášení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem školy nebo jinak tak usnáno, včetně poskytnutí výslovné souhlasy, kde se má tomu odvolat práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, copy nebo rozmnoženiny.

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

<sup>11</sup> zákon č. 121/2005 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění dodatčků č. 1 až 6, přílohy č. 1, § 18 odst. 1.

(3) Do práva autorského také nezahrnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení učivo či učební materiál přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu nebo k vlastní potřebě této vzdělávací instituce nebo stanovenou ve vnitřní směrnici nebo studijní k učebním výukových z jeho předmětu tohoto ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školské dílo).

<sup>12</sup> zákon č. 121/2005 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění dodatčků č. 1 až 6, přílohy č. 1, § 18 odst. 1.

(4) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školského díla (§ 18 odst. 3). Odpovídá autor tohoto díla udělit svolení bez vážného důvodu, pokud se tyto osoby domáhat ochrany duševního práva jako jiné osoby. (článek 8 13 odst. 1 zákona o duševním právu)

(5) Autor si stanoví, že, může autor školského díla své dílo užívat i poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s podmínkami této školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(6) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jiní autor školského díla v případě jen ústavního a soukromého učení díla či poskytnutí licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů. Máte na vybranou díla (vytvořili), a to podle náležitosti až do jejich skutečné užití, přičemž se přibližuje k užití učitelské ústavem školy, nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školského díla podle odstavce 2.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou pláštěů pneumatik a analýzou vady, která vzniká při výrobním procesu a objevuje se na bočnicích pláštěů pneumatik. V první části je popsán celý výrobní proces, použité druhy materiálů a z nich připravené polotovary včetně závěrečné kontroly kvality vyrobených pláštěů. Praktická část je zaměřena na analýzu zmíněné vady, která je způsobena neznámými druhy nečistot nepryžové podstaty. Pomocí diferenciální skenovací kalorimetrie byl odhalen původ těchto nečistot a navržena opatření vedoucí k eliminaci této vady.

Klíčová slova: kaučukové směsi, výroba pláštěů pneumatik, lisování, kontrola kvality, diferenciální skenovací kalorimetrie

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with tyre production and defect analysis that incurs during production process and appears at the tyre sidewalls. In the first part whole production process, types of material for semi products preparation including quality control at the very end is described. Practical part is focused on the analysis of mentioned defect that is caused by unknown species of impurities of non-rubber nature. The source of these impurities was revealed by differential scanning calorimetry and measures leading to elimination of these defects were suggested.

Keywords: rubber compounds, tyre production, compression moulding, quality control, differential scanning calorimetry

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Martině Poláškové, Ph.D., za odborné vedení, poskytnuté rady a připomínky k této práci. Také bych rád poděkoval Ing. Tomášovi Vilímkovi řediteli divize Product Industrialization ve společnosti Continental Barum s.r.o., za poskytnuté materiály. Dále děkuji vedoucí oddělení Benchmarking Ing. Marcele Špaňhelové rovněž ze společnosti Continental Barum s.r.o., za laboratorní podporu a v neposlední řadě děkuji své manželce, která pro mě vytvářela prostředí umožňující tvorbu této práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 VÝROBA PLÁŠŤŮ PNEUMATIK</b> .....	<b>11</b>
1.1 VSTUPNÍ SUROVINY .....	12
1.1.1 Kaučuky .....	12
1.1.2 Přísady do kaučukových směsí .....	13
1.1.3 Výztužné materiály .....	14
1.2 MÍCHÁNÍ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ.....	16
1.3 PŘÍPRAVA POLOTOVARŮ .....	18
1.3.1 Vytlačování .....	19
1.3.2 Nánosování.....	20
1.3.3 Patní lano.....	22
1.3.4 Vnitřní guma .....	23
1.4 KONFEKCE .....	24
1.4.1 Konfekce plášťů pneumatik .....	24
1.5 LISOVÁNÍ, VULKANIZACE, KONTROLA KVALITY.....	25
1.5.1 Lisování a vulkanizace .....	25
1.5.2 Kontrola kvality .....	27
1.6 POUŽITÁ ANALÝZA PRO PRAKTICKOU ČÁST.....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>2 ÚVOD K PRAKTICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>30</b>
2.1 ANALÝZA VADY .....	30
2.2 DSC ANALÝZA .....	33
2.3 VYHODNOCENÍ VAD .....	33
2.4 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VADY .....	34
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>36</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>37</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>39</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>40</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>41</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>42</b>



## ÚVOD

V dnešní době jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu produktů a jejich cenu. Pro snížení ceny, nebo její udržení na nízké hodnotě, jsou výrobci nuceni řídit své procesy co nejefektivněji, což platí i pro výrobu pláštěů pneumatik.

Výroba pláštěů pneumatik je složitým procesem, který má přesně definované výrobní kroky a standardy, které vedou k udržení konkurenceschopnosti. Nedodržení výrobních standardů má za důsledek, že výsledný produkt nedosahuje požadovaných vlastností a jeho užití zákazníkem bude neuspokojivé. Pokud hovoříme o výrobku, jako o plášti pneumatiky, může mít jeho vadná výroba fatální následky, protože na jeho užití jsou kladeny obzvláště vysoké nároky v oblasti bezpečnosti. Zákazník od svého výrobku tedy očekává bezpečnost, spolehlivost, dlouhou trvanlivost a v neposlední řadě příznivou cenu. Skloubení všech těchto požadavků není snadné a mnohdy sebou přináší nemalé komplikace do výrobního procesu.

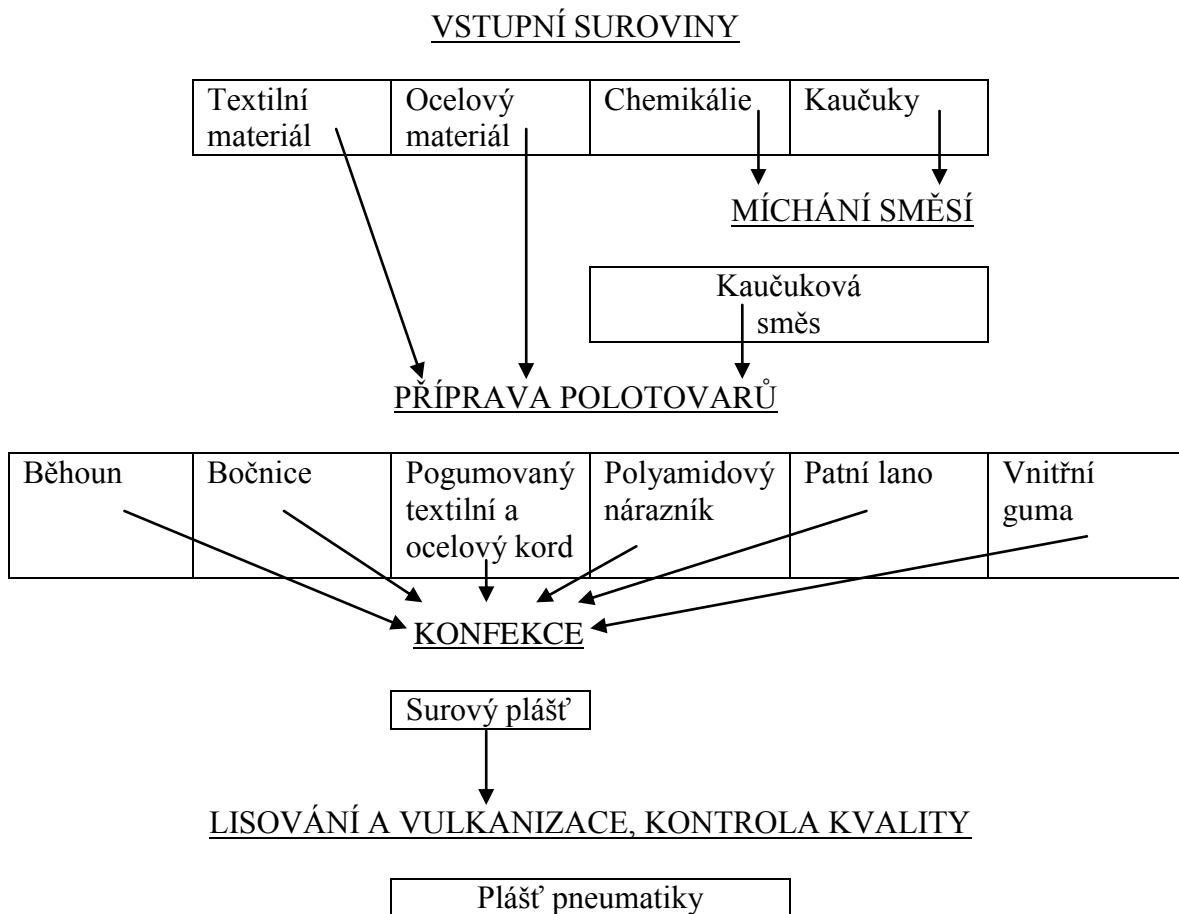
V první části této práce, je popsán proces výroby pláštěů pneumatik včetně popisu materiálů, které jsou pro výrobu použity. Ukázkou jsou i technologická zařízení, pro přípravu jednotlivých polotovarů (dílců) a vysvětlení jejich funkcí v konstrukci pláště pneumatiky.

Druhá část práce je zaměřena na konkrétní druh vady, která se vyskytuje ve výrobku, analýzu této vady a řešení její eliminace. Odstranění této vady bude mít pozitivní vliv na kvalitu vyrobených pláštěů a důsledkem toho bude posílení pozice výrobce v dnešním silném konkurenčním boji.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VÝROBA PLÁŠŤŮ PNEUMATIK

Výroba pláštěů pneumatik je složitým výrobním procesem, který je složen z více na sebe navazujících výrobních kroků. Od nákupu vstupních surovin přes míchání směsí proces pokračuje přípravou polotovarů a následně konfekcí, jak je znázorněno na Obr. 1. Konfekcí zhotovený surový plášť přechází na lisovnu a po vulkanizaci pokračuje do rukou zkušených pracovníků, kteří takto zhotovené pláště podrobí zkouškou kvality. Pro výrobu pláštěů pneumatik jsou použity materiály, jako jsou například kaučuky, přísady do kaučuků, textilie, ocelové lana a dráty. [1]



Obr. 1. Schéma výrobního procesu pláštěů pneumatik [1]

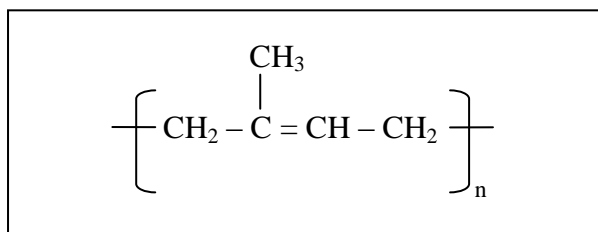
## 1.1 Vstupní suroviny

Důležitou složkou jsou kaučuky a přísady (chemikálie), ze kterých po smíchání vznikají kaučukové směsi. Dále textilní a ocelové materiály, které po potřebných úpravách slouží jako výztužné části pláště pneumatik.

### 1.1.1 Kaučuky

Kaučuky jsou makromolekulární látky, které patří do skupiny elastomerů. Při výrobě pláště pneumatik jsou používány jak přírodní, tak i syntetické kaučuky, většinou jde o kombinaci obou druhů. Abychom získali požadované vlastnosti těchto kaučuků, přimícháváme do nich další přísady (chemikálie). Přimícháním vulkanizačních činidel, dochází po vulkanizaci k tomu, že se mezi řetězci kaučuku vytvoří chemické vazby, které vytváří prostorovou síť. Takto zesíťovaný materiál změni své vlastnosti, kdy z původně plastického stavu přechází do stavu elastického. Zesíťování nikdy není 100%, a proto je materiál vlivem zbytkových dvojných vazeb (které jsou reaktivní) náchylný na degradaci termooxidací a fotooxidací. Pro zpomalení této degradace se do kaučukových směsí přidávají antioxidanty a antiozonanty. [1–3]

Přírodní kaučuk je cis-1,4-polyisopren, jehož strukturní vzorec je znázorněn na Obr. 2.



Obr. 2. Strukturní vzorec cis-1,4-polyisoprenu

Získává se z kaučukodárných stromů převážně z druhu *Hevea Brasiliensis* pěstovaných v oblastech rovníku. Z těchto stromů se vytěží latex, který je hlavní surovinou pro výrobu kaučuku. Latex obsahuje přibližně 40% kaučuku, který se z něj musí vysrážet za pomoci kyseliny mravenčí nebo octové. Získaný kaučuk se propere vodou, vysuší a nakonec konzervuje uzením, aby se stabilizoval. Nejvyšší kvalita přírodního kaučuku je krepa žlutá a hnědá, která získá tuto barvu právě uzením. Nejčastěji používané přírodní kaučuky u nás pocházejí z Indonésie, Malajsie a Thajska. [1, 2, 4, 5]

Syntetický kaučuk – je vyráběn polymerací, nebo kopolymerací nenasycených uhlovodíků. Mívá různé složení, převážně jde o konfiguraci cis1,4-polybutadien. Další známé kaučuky jsou butadien-styrenový kaučuk, silikonové a halogenové kaučuky. Monomerem může být například isopren, který je chemicky podobný přírodnímu kaučuku. Syntetické kaučuky částečně, či v některých případech úplně nahrazují přírodní kaučuk v závislosti na požadovaných vlastnostech. Základní surovinou pro jeho výrobu je ropa. V Kralupech nad Vltavou se vyrábí butadien-styrenový syntetický kaučuk, pod obchodním názvem Kralex. Pro výrobu pláštů pneumatik jsou nejpoužívanější tyto druhy syntetických kaučuků, butadien-styrenový kaučuk, butadienový kaučuk, izoprenový kaučuk, butylkaučuk, halobutylkaučuk. [1, 2, 5, 6]

### 1.1.2 Přísady do kaučukových směsí

Vulkanizační činidla – díky možnosti tvorby příčných vazeb vytváří chemickou reakci u kaučukových řetězců. Nejpoužívanější vulkanizační činidla při výrobě pláštů pneumatik jsou síra, oxidy kovů a také reaktivní pryskyřice.

Urychlovače – významně podporují proces vulkanizace a zvyšují síťovací účinnost. Snižují aktivační energii potřebnou k vulkanizaci. Používají se především sulfenamidový 2-(cyclohexylaminothio)benzothiazole, *N-tert-butyl-2-enzothiazolesulfenamide*, (merkaptoový 2,2'-dibenzothiazyl disulfide), a guanidinový (dephenyl guanidine) typ.

Aktivátory – spolu s urychlovači podporují účinek vulkanizačních činidel. Do směsí pro výrobu pláštů pneumatik se nejčastěji používá zinková běloba, anebo směs kyseliny stearové a palmitové.

Retardéry – napomáhají zpomalit nástup vulkanizace a tím zajistí bezpečné zpracování kaučukové směsi při zvýšených teplotách (např. Duslin, Vulkalet G).

Změkčovadla – snižují tuhost kaučukové směsi a tím dojde k usnadnění zpracovatelnosti. Nevýhodou je zvýšení lepidlosti tohoto materiálu na válce technologických zařízení. Pro tento účel se používají parafinické oleje, syntetické pryskyřice, asfalt, kalafuna, aromatické oleje.

Plniva ztužující – nejpoužívanější jsou saze a silika. Zlepšují fyzikálně mechanické vlastnosti materiálu, jako jsou pevnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení.

Plniva neztužující – vápenec, křída, kaolin. Používají se ke zlevnění výrobku, přidáním zvětšíme objem.

Plastikační činidla – snižují houževnatost kaučuku a tím zkracují dobu potřebnou k plastifikaci. Pro výrobu pláštěů pneumatik jsou nejpoužívanější Peptazin a Renacit.

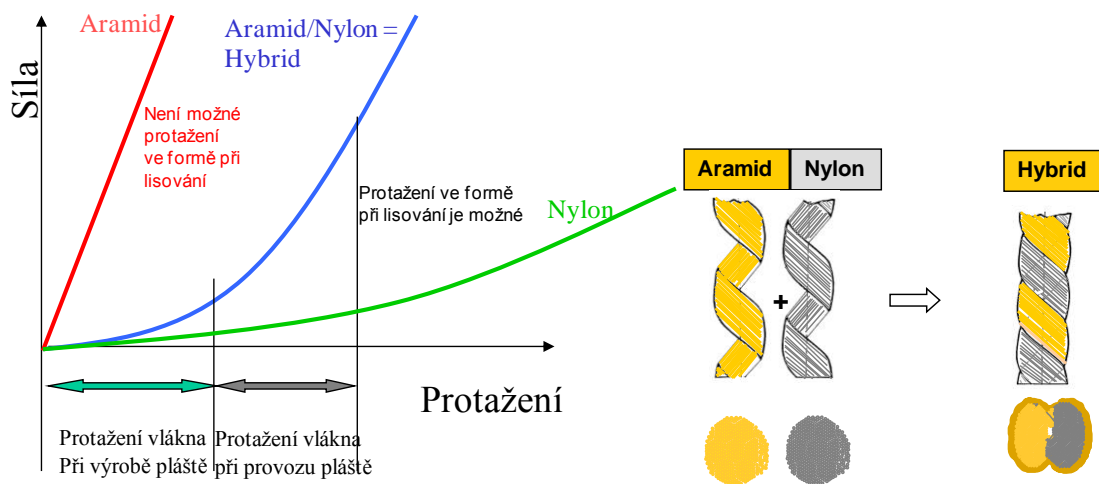
Antidegradanty, antioxidanty, antiozonanty – chrání pryž proti předčasnému stárnutí vlivem oxidačních procesů - povětrnostních podmínek, jako jsou sluneční záření, ozón, kyslík, ale i opotřebení při dynamickém namáhání. Například antioxidanty zpomalují stárnutí tak, že samy oxidují třeba na bezbarvé produkty (v závislosti na použitém antioxidantu). V pneumatikářské výrobě se běžně používají *N*-(1,3-dimethylbutyl)-*N'*-phenyl-p-phenylenediamine, poly(2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline) a v neposlední řadě vosky. [1, 3, 7–10]

### 1.1.3 Výztužné materiály

Slouží k přenosu síly krouticího momentu motoru z ráfku pneumatiky na běhounovou část. V případě ocelových materiálů jde o zesílení pneumatiky proti průrazu a snížení valivého odporu.

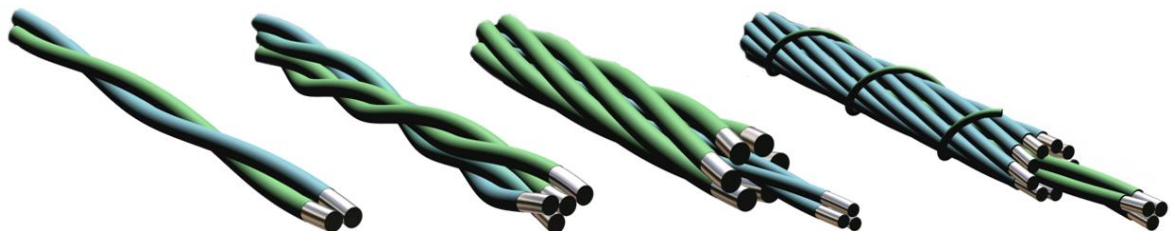
Kordové tkaniny – řadíme je do skupiny výstužných materiálů. Tvoří je kordové příze složené z jednoho materiálu s vysokou pevností, většinou se jedná o polyamid. Tyto materiály mohou být různé konstrukce a tloušťky vláken. Před zpracováním se musí upravit impregnací pro dokonalejší adhezi s kaučukovou směsí.

Hybridní kordové tkaniny – na tyto tkaniny jsou kladeny požadavky vysoké pevnosti s minimální protažitelností jak je znázorněno na Obr. 3. K tomu nám slouží materiál splétaný ze dvou vláken, která mají rozdílné vlastnosti. Jedná se o aramid, který dodává materiálu pevnost s minimální protažitelností v kombinaci s nylonem, který naopak dodává schopnost protažení, která je potřebná při dalších krocích ve výrobě, především se jedná o spojování polotovarů a lisování pláštěů ve vulkanizačních lisech. [1, 11]



Obr. 3. Znárodnění mechanických vlastností, při kombinaci dvou materiálů [1]

Ocelové kordy – řadí se mezi materiály s největší konstrukční pevností používaných při výrobě plášťů pneumatik. Osnova je tvořena z lanek, které jsou spleteny z tenkých ocelových drátků, jak je vidět na Obr. 4. Počet drátků, závisí na požadovaných vlastnostech tohoto materiálu. Drátky jsou galvanicky pomosazeny popřípadě pobronzovány (mosaz je levnější) pro dokonalejší adhezi s kaučukovou směsí.



Obr. 4. Příklady skladby ocelových kordů [1]

Ocelové dráty pro patní lana – pro tento druh výztužného materiálu se používají ocelové dráty různých průměrů v závislosti na konstrukčních požadavcích. Ocelový drát je pomosazený pro dobrou adhezi s kaučukovou směsí. [1, 11]

## 1.2 Míchání kaučukových směsí

Míchání kaučukových směsí je prvotním procesem pro výrobu pláštěů pneumatik. Jde o proces, ve kterém se kaučuky smíchávají s jednotlivými složkami vulkanizačního systému v poměrech, které jsou znázorněny v Tabulce 1.

Tabulka 1. Složkový podíl přísad do kaučukových směsí [1]

Složky do kaučukových směsí	Hmotnostní podíl jednotlivých složek v dsk
Polymery (kaučuky)	40–60
Plniva	20–40
Změkčovadla	2–12
Zpracovatelské přísady	1–4
Antidegradanty	1–4
Urychlovače	1–2
Vulkanizační činidla	1–2

Cílem tohoto procesu je dosažení co nejkvalitnějšího promíchání jednotlivých složek a tím zajistit, že celá směs bude homogenní. Nejznámější jsou dva základní procesy míchání těchto směsí. Tím prvním je míchání na otevřeném dvouválcovém stroji. Tento způsob se však v dnešní době téměř nepoužívá, protože práce na takovémto zařízení je poměrně nebezpečná pro obsluhu. Také z hlediska produktivity práce je tento způsob míchání směsí nevhodný, proto je užíván spíše v laboratořích, kde se projeví výhoda tohoto způsobu míchání a to tak, že můžeme připravit poměrně malou dávku kaučukové směsí, kterou chceme podrobovat laboratorním zkouškám. Druhým a v podstatě nejpoužívanějším procesem míchání kaučukových směsí je míchání v hnětacích strojích (hnětiče). [1, 12, 13]

Míchání kaučukových směsí v hnětiči – je proces, který se uskutečňuje v uzavřeném prostoru hnětací komory. Strojní zařízení je ve většině případů řízeno počítačem, který plně automatizuje celý proces. Jednoznačnou výhodou tohoto procesu je vysoká kvalita zamíchanosti (homogenizace) těchto směsí. Dalšími atributy jsou vysoká produktivita, nízká úrazovost obsluhy těchto strojů a v neposlední řadě čistota prostředí díky uzavřenému procesu míchání.

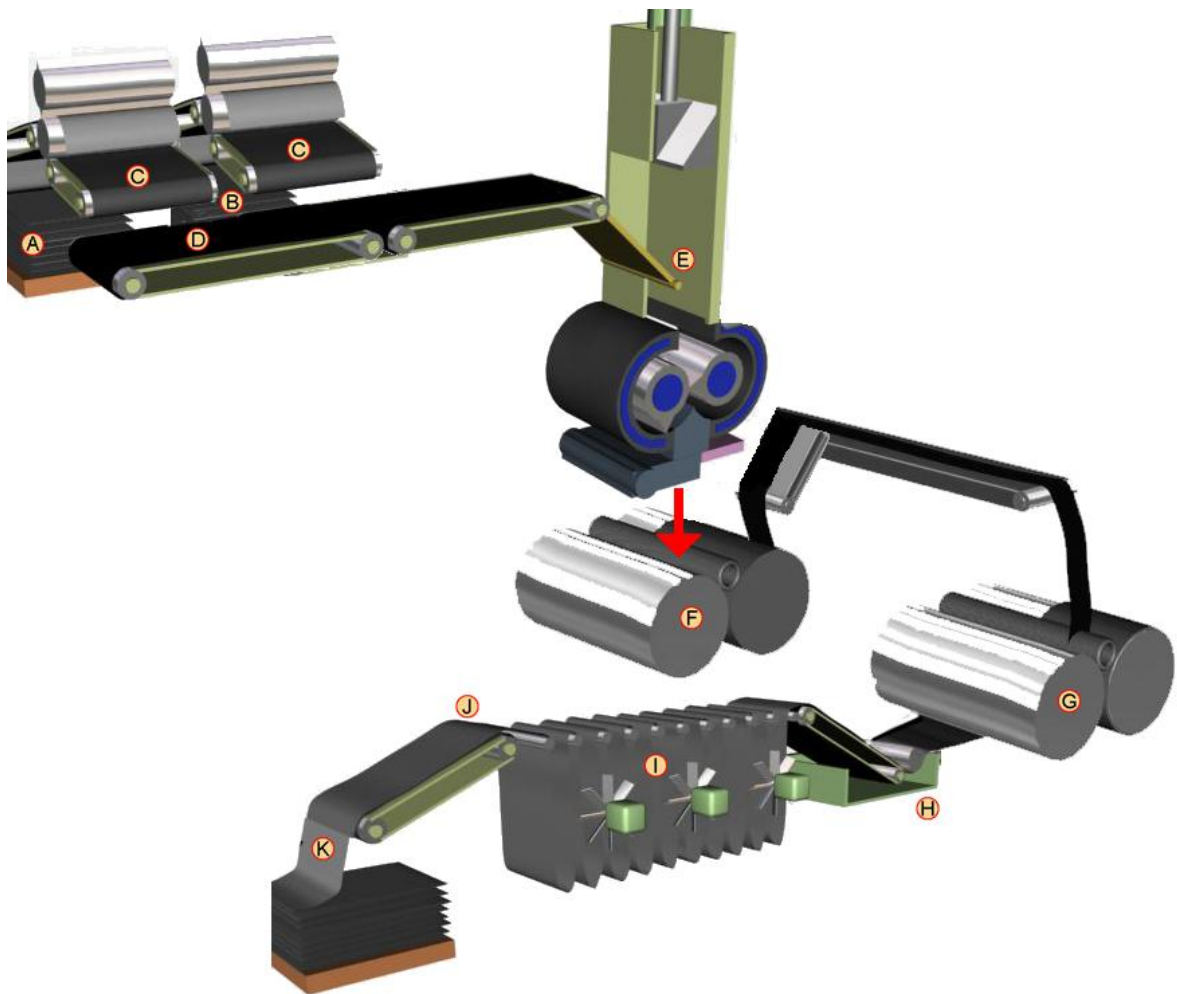
Na druhou stranu míchání směsí v hnětiči má i určité nevýhody. Jedna z nich je poměrně vysoká teplota, která vzniká třením kaučukové směsí mezi rotory a pláštěm hnětací komory. Tato teplota dosahuje až 100 °C, což je blízko hranice, kdy směsí hrozí neřízená vulkanizace a tím její znehodnocení. Abychom předešli tomuto jevu, tak se používá vícestupňové míchání, které spočívá v tom, že se v takzvaném prvním stupni míchání



zamíchají pouze kaučuky s částí vulkanizačního systému, plnivy, změkčovadly a retardéry, tím nám vzniká základová směs. V tomto kroku ještě není do směsi vložen celý vulkanizační systém. Tím zajistíme, že nedojde k neřízené vulkanizaci i při dosažení vyšší teploty. Po zamíchání směsi na prvním stupni dojde k jeho zplástování na dvouválci, ochlazení a uložení na paletu. Takto připravený materiál se dále přepracovává na druhém stupni míchání, což je další nevýhoda, která nám prodlužuje proces výroby.

U druhého stupně míchání jde v podstatě o stejný druh strojního zařízení, který se používá pro první stupeň míchání. Dojde k odebírání materiálu (základové směsi) z palety a k jeho nasekání na menší kusy. Takto nasekaný materiál je přesunut za pomoci systému dopravníků do komory hnětiče (vše je znázorněno na Obr. 5), kde dojde k jeho rozmíchání a doplnění o zbylé složky (chemikálie). Dále se v tomto kroku do směsi přidává takzvaný rework, jde o přepracovaný materiál, který vzniká při procesu výroby polotovarů, jedná se především o rozměrově nevyhovující běhouny, bočnice, vnitřní gumu a jiné. Smícháním všech těchto složek vzniká takzvaná finální kaučuková směs. Díky dvoustupňovému způsobu míchání docílíme dokonalejší homogenizaci (zamíchanosti) směsi. Z komory hnětiče je kaučuková směs přepuštěna na otevřený dvouválec (kalandr), kde je zplástována, ochlazená a poskládána na paletu.

Z takto zamíchané finální směsi jsou odebrány vzorky, na kterých jsou v laboratoři provedeny zkoušky kvality. Po provedení zkoušky je směs uvolněna na další zpracování, jako jsou vytlačování běhounů a bočnic, nánosování na ocelové a textilní kordy a válcování vnitřní gumy. [1, 12–14]



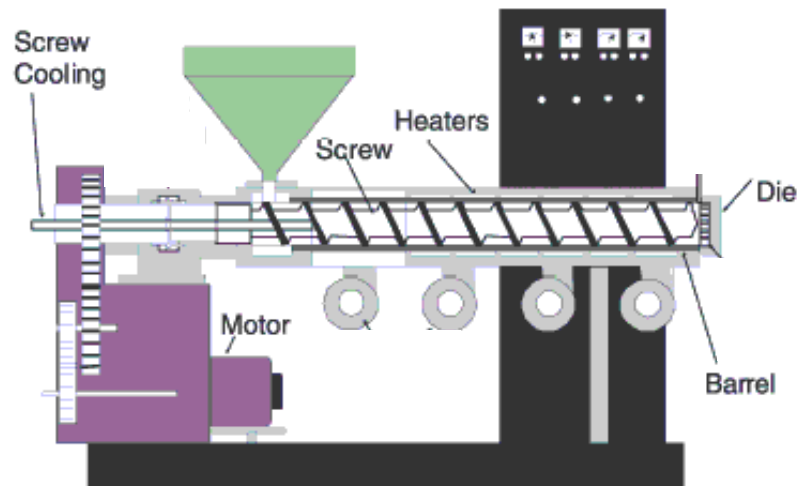
Obr. 5. Míchací linka finálních směsí, kde A je základová směs, B směs vratného odpadu, C podavače se sekacími noži, D dopravníková váha, E komora hnětiče s rotory, F otevřený dvouválec, G zásobovací dvouválec, H smáčecí vana se suspenzí, I chlazení pláštů, J místo odběru vzorků, K pokládání plástu na paletu [1]

### 1.3 Příprava polotovarů

V této fázi výroby pláštů pneumatik se z připravené kaučukové směsi vyrábí polotovary, které jsou následně na konfekci seskládány a dají tak vzniku surového pláště. Základní typy polotovarů jsou běhouny, bočnice, vnitřní guma, pogumovaný textilní a ocelový kord, polyamidový nárazník a patní lana.

### 1.3.1 Vytlačování

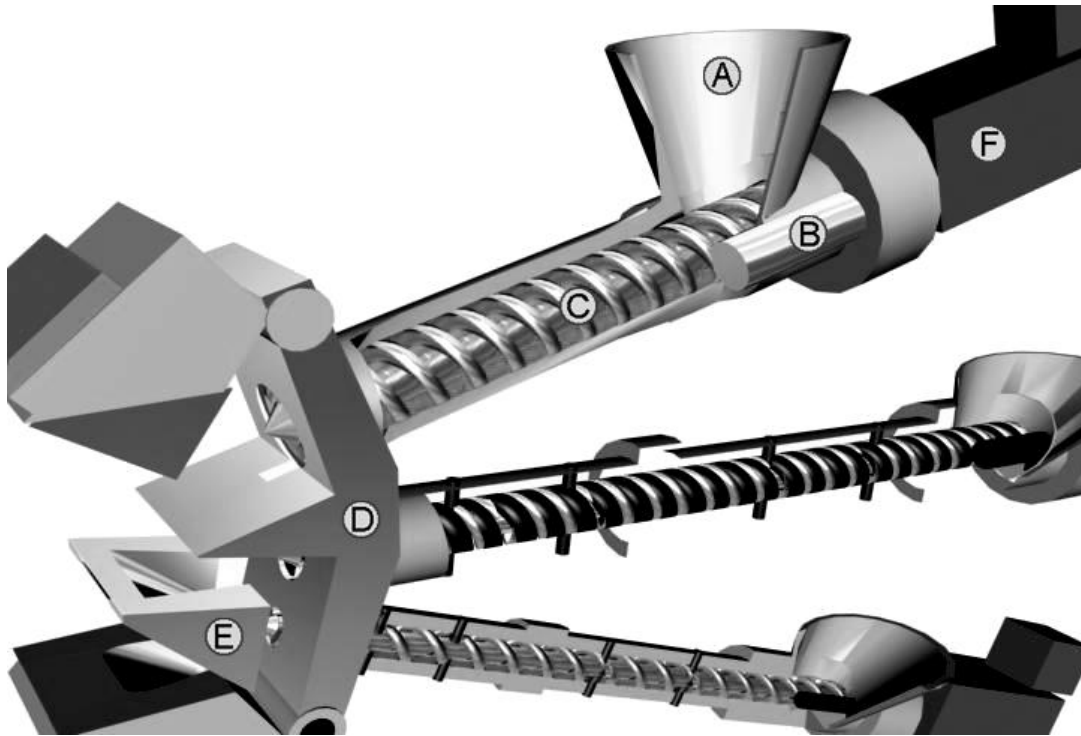
Vytlačování běhounů – je metoda zpracování kaučukových směsí, pro kterou se nejčastěji používají šnekové vytlačovací stroje. Ukázka vytlačovacího stroje je na Obr. 6.



Obr. 6. Šnekový vytlačovací stroj s popisem, kde Screw Cooling je chlazení šneku, Screw je samotný šnek, Heaters - vyhřívání, Die – šablona, Barrel – plášť, Motor – pohon. [15]

Proces vytlačování je operace, při které je kaučuková směs rozpracována ve štěrbině mezi šnekem a samotným pláštěm vytlačovacího stroje. Takto rozpracovaný materiál, je šnekem neustále posouván vpřed a je vytlačen přes šablonu dále do volného prostoru. Šnekové vytlačovací stroje je možné zásobovat jak předem ohřátou směsí, tak i studenou směsí přímo z palety. Tvar vytlačeného profilu udává šablona, kterou tento materiál prochází. Při konstruování šablony je potřeba klást důraz na aspekty materiálu, který bude přes tuto šablonu vytlačován. Jeden z aspektů je narůstání materiálu za šablonou. Vytlačený materiál má vlivem tlaku, který byl na něj kladen v průběhu vytlačování tendenci po vytlačení narůstat. Pro přípravu běhounů pláštěů pneumatik se nejčastěji používá vytlačovací zařízení, které se skládá ze tří vytlačovacích strojů ústících do jedné vytlačovací hlavy se šablonou (pro bližší představu zobrazeno na Obr. 7).

Pomocí tohoto druhu vytlačovacího stroje docílíme sdružení (seskládání) tří různých materiálů do jednoho tvaru, aniž by došlo k jejich vzájemnému promíchání. Takto připravený materiál je nařezán na předepsanou délku (ta je určena velikostí obvodu budoucího pláště) a uložen do přepravních vozíků, které jsou připraveny pro následnou operaci, a tou je konfekce pláště. [14, 16]



Obr. 7. Vytlačovací stroj se třemi šnekami, kde A je násypka, B vnitřní přítlačný váleček, C šnek, D sdružená hlava, E předšablona, F pohon [1]

Vytlačování bočnic – je proces, který je po praktické stránce shodný s procesem vytlačování běhounů. Na jejich výrobu se používají šnekové vytlačovací stroje se dvěma šnekami. Výsledný profil je tedy po vytlačení složen ze dvou různých druhů kaučukových směsí. Pro zvýšení efektivity tohoto procesu, je šablona uzpůsobena pro výrobu dvou profilů (bočnic) současně. Po vytlačení jsou bočnice shlazeny ve vodní lázni, osušeny a navinuty do kazet se zábalen, ve kterých jsou přepraveny na konfekci. [14, 17]

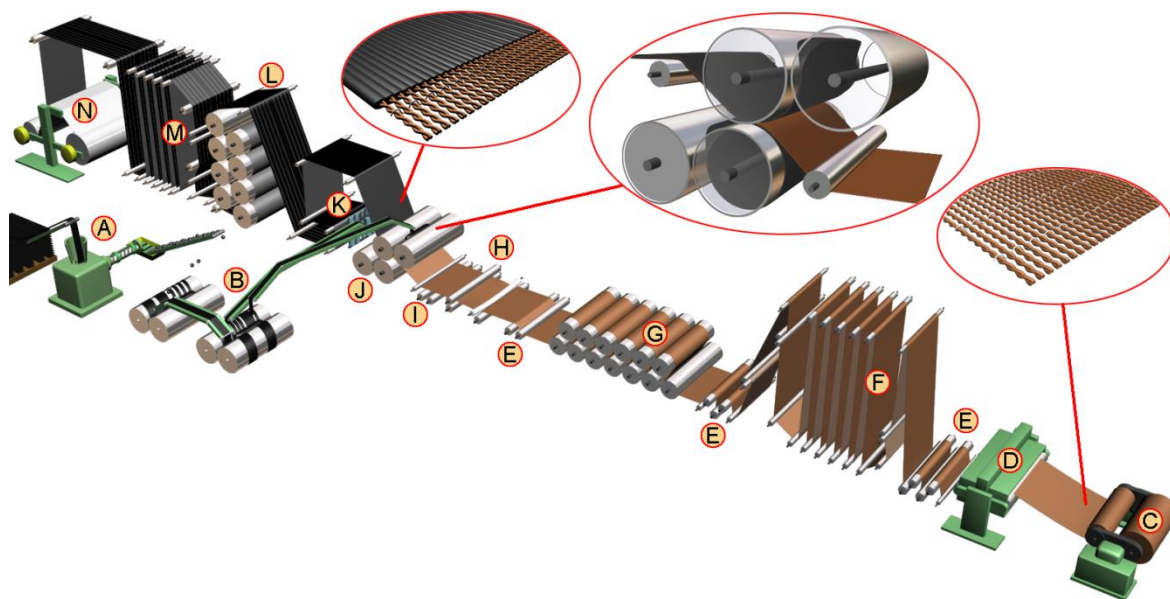
### 1.3.2 Nánosování

Nanášení (nánosování) kaučukových směsí na textilní a ocelový materiál je nedílnou součástí kroků ve výrobě pláště pneumatik. Hlavní účely, proč se tyto materiály musí opatřit vrstvou kaučukové směsi jsou:

- a) Izolace jednotlivých nití či drátů pro eliminaci vzájemného tření a tím se sníží teplo, které by vznikalo při provozu vyrobeného pláště.
- b) Nánosová vrstva nám umožní díky lepivosti materiálu (kaučukové směsi) konfekci pláště, kde je nutno jednotlivé vrstvy spojit.

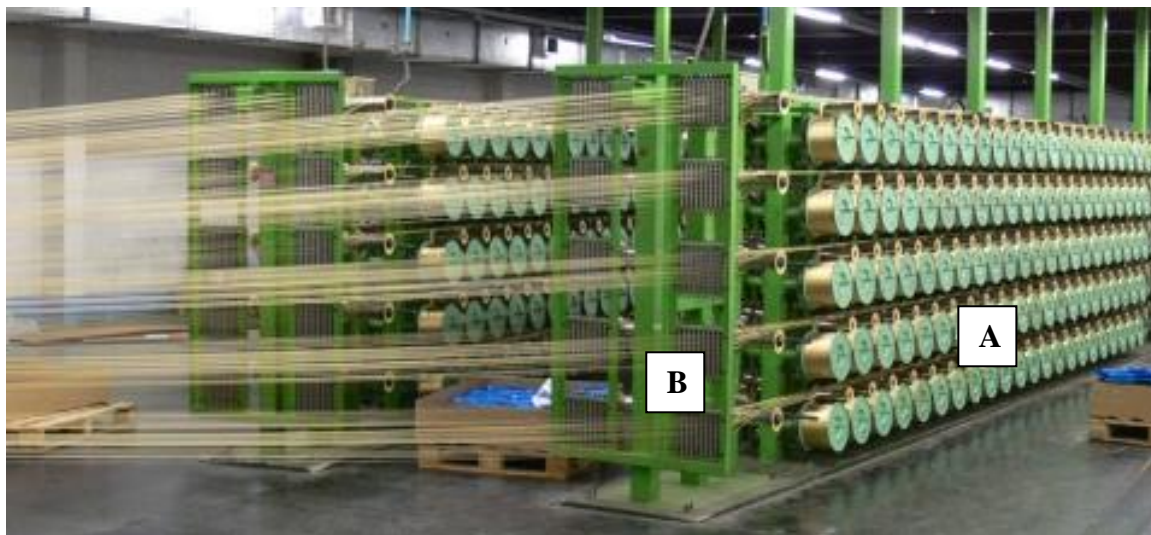
- c) Kaučuková směs po vulkanizaci kdy se změní v pryž, zajistí elasticitu v kostře pláště.
- d) V neposlední řadě kaučuková vrstva chrání textilní kord proti poškození při samotné montáži pláště na ráfek.

Nánosování na textilní materiál – se provádí technologií, která umožňuje oboustranné nanesení kaučukové směsi na textilní materiál v jednom kroku výroby. K tomuto procesu se používá strojní zařízení se čtyřmi válci, mezi kterými prochází textilní kord, jak je vidět na Obr. 8. Štěrbiny válců, jsou nepřetržitě zásobovány ohřátou kaučukovou směsí, která je v souvislé vrstvě nanášena na procházející textilii. Po nanesení kaučukové směsi je materiál ochlazen a navinut do rolí se zábalovou vložkou. Zábalová vložka nám zaručí, že nedojde ke slepení jednotlivých vrstev na sebe. Takto připravený materiál je nastříhán, popřípadě nařezán (např. polyamidový nárazník) na potřebnou délku a šířku a převezen na konfekci plášťů. [1, 7, 11, 18]



Obr. 8. Linka oboustranného nánosování kaučukové směsi na textilii s popisem, kde A je ohřívací extruder, B ohřívací a zásobovací dvouválec, C odvíjení surového textilního kordu, D spojovací lis, E odtahové válce, F zásobník surového kordu, G sušička, H napínací zařízení, I středící zařízení, J nánosovací čtyřválec, K pokládání odvzdušňovacích nití, L chladička, M zásobník nánosovaného kordu, N navijení [1]

Nánosování na ocelový materiál – tento proces oboustranného nanášení kaučukové směsi na ocelový kord je z 90% shodný s procesem nánosování na textilní kord. Odlišnost ve strojním zařízení spočívá v tom, že u linky na ocelový kord není odvíjecí stanice jako u textilního kordu, ale je zde cívečnice, která je znázorněna na Obr. 9. V cívečnici jsou uloženy cívky s ocelovými lankami, které jsou vedeny přes otvory dostavy a rýhovaný válec, který rozprostře ocelovou lanku do jedné souvislé vrstvy, která vjíždí do čtyřválece, kde dochází k oboustrannému nanesení kaučukové směsi. Materiál je ochlazen a navinut do role se zábalovou vložkou. Je nastříhán na potřebnou šířku a převezen na konfekci. Další strojní odlišností je sušení (ohřívání) kordu před nánosováním jako je tomu u textilní linky, které v tomto případě není potřebné, protože ocelová lanka nejsou navlhavá. [1, 7, 11, 18]



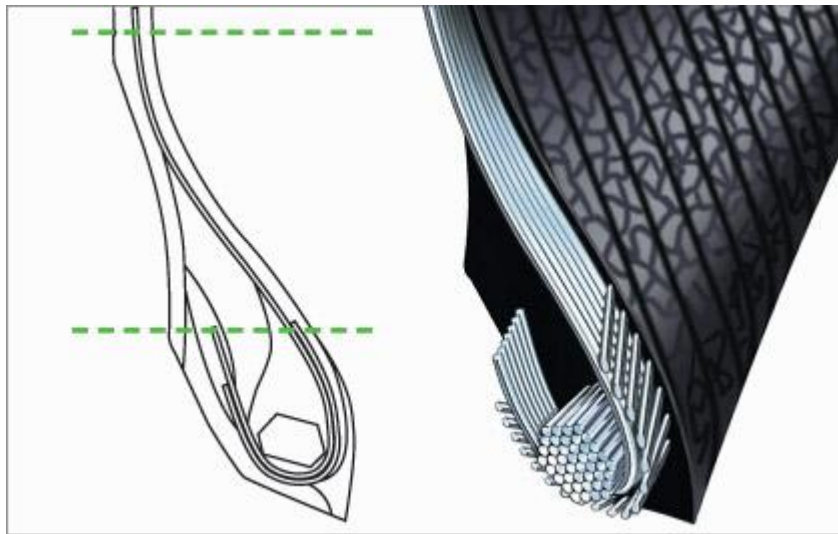
Obr. 9. Cívečnice ocelového kordu, kde A. jsou Cívky s ocelovými lankami, B. Dostava s děrami [19]

### 1.3.3 Patní lano

Bez patního lana by v dnešní době nebylo možné použití pláště pneumatik v běžném provozu, tak jak je známe. Patní lano nám zajišťuje pevné usazení pláště pneumatiky na ráfku. Konstrukce patních lan je volena na základě druhu a použití pláště pneumatik, ve kterých budou použity. Základem patních lan jsou vysokopevnostní ocelové dráty. [1]

Výroba patních lan – se provádí z ocelových drátů, které jsou povrchově upraveny pomosazením pro dokonalejší adhezi s kaučukovou směsí. Dráty jsou v cívkách, ze kterých se odvíjejí a prochází napříč hlavou vytlačovacího stroje, kde dojde k jejich opláštění

kaučukovou směsí. Po opláštění jsou ochlazeny a navinuty vedle sebe a do předepsaného počtu vrstev. Takto navinuté dráty jsou useknuty a přesunuty do zásobníku, aby proces výroby mohl pokračovat. Patní lana pokračují na další úpravu, kde se na ně přidávají takzvané jádra patních lan. Jde o vytlačený profil kaučukové směsi, která slouží jako výztuha patky pláště pneumatiky. Ojádrované patní lano se ještě okřídluje, a to tak, že se obalí pogumovaným textilním kordem. Tento textilní kord slouží jako ochrana patního lana při montáži pláště na ráfek. Použití patního lana je znázorněno na Obr. 10. [1, 11, 18]



Obr. 10. Průřez patního lana v patce pláště [20]

#### 1.3.4 Vnitřní guma

Vnitřní guma je vyrobena ze speciální kaučukové směsi. Jedná se o halobutylkaučuk, který má výborné plynunepropustné vlastnosti. Použitím tohoto materiálu docílíme, že vyrobený plášť pneumatiky nepotřebuje k udržení vnitřního plynu duši v pneumatice.

Válcování vnitřní gumy – je technologie, při které se využívá kombinace dvou technologických zařízení. V prvním kroku se kaučuková směs ohřeje ve vytlačovacím stroji a je z ní přes šablonu vytlačen profil, který má podobu fólie. Takto vytlačená fólie pokračuje mezi štěrbinou válcovacího stroje, který fólii doválcuje na potřebnou tloušťku. Po vyválnování se okraje fólie ořežou a tím se stanoví výsledná šířka. Fólie je dále ochlazená na kovovém (planžetovém) dopravníku a navinuta do kazety s prokladovou textilií. Fólie pro vnitřní gumu je připravena jako polotovár pro konfekci. [14, 16, 21]

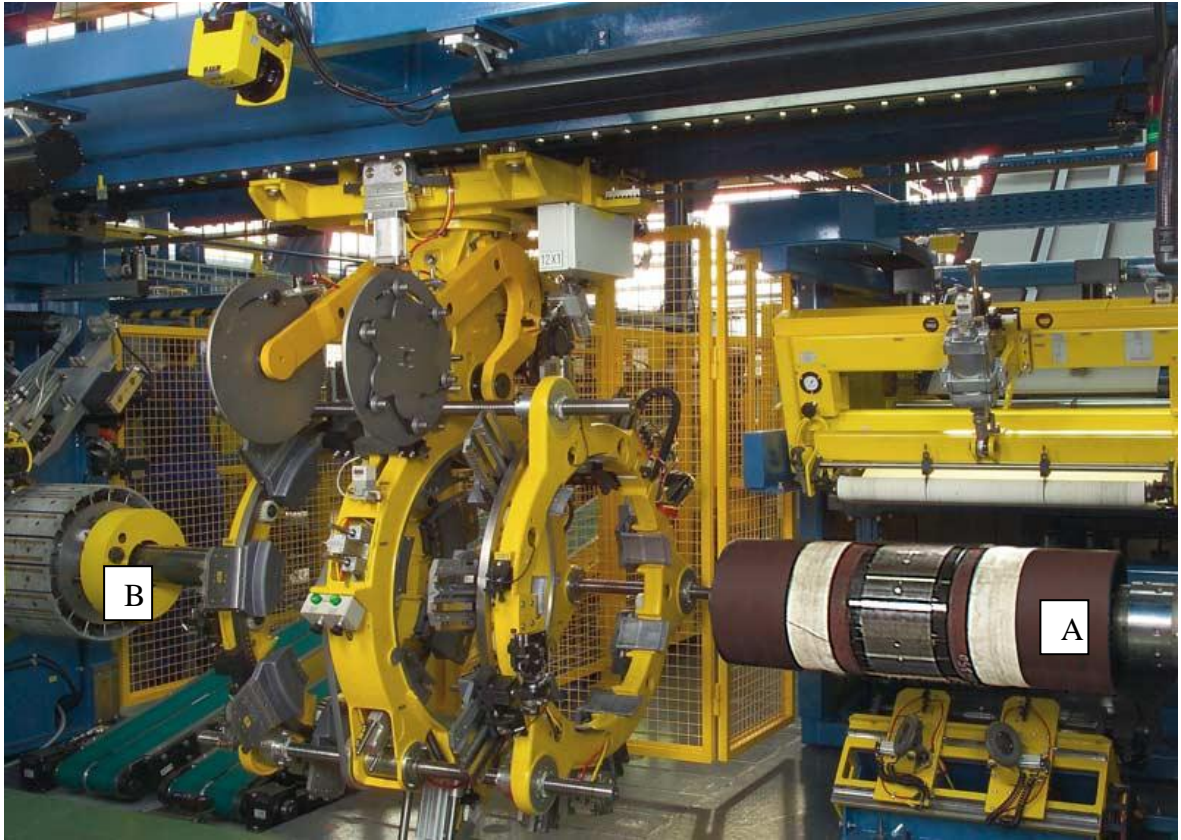
## 1.4 Konfekce

V gumárenské výrobě se výrazem konfekce označuje montáž (skládání) polotovarů, po které se získá surový plášť. V podstatě se jedná o nejnáročnější krok při výrobě plášťů pneumatik. Proces konfekce pláště asi nejvíce ovlivňuje kvalitu, kterou bude mít výsledný produkt. Nepřesné uložení (seskládání) jednotlivých dílů se projeví na jízdních vlastnostech. Pro eliminaci těchto chyb je ukládání jednotlivých dílů navigováno světelnými paprsky. [1, 11]

### 1.4.1 Konfekce plášťů pneumatik

Provádí se ve dvou stupních (viz. Obr. 11). Na prvním stupni konfekce se z vyrobených polotovarů poskládá takzvaná kostra pláště. Jednotlivé složky kostry pláště jsou vnitřní guma, textilní kord, patní lana a bočnice. Polotovary jsou seskládány na konfekčním bubnu. Zhotovená kostra pláště pokračuje na druhý stupeň konfekce. Na druhém stupni konfekce se z polotovarů poskládá takzvaný prstenec pláště. Ten je složen ze dvou až tří vrstev ocelového kordu, polyamidového nárazníku a běhounu. Tato operace se provádí také na konfekčním bubnu. Zhotovený prstenec je spojen s kóstrou pláště. Pro dokonalé spojení je na dílce vyvinuta mechanická síla, která zajistí, že nedojde k jejich separaci před vylisováním. [1, 11]





Obr. 11. *Dvoustupňový konfekční stroj, kde A je Konfekční buben prvního stupně, B Konfekční buben druhého stupně [22]*

## 1.5 Lisování, Vulkanizace, Kontrola kvality

Mezi poslední kroky výroby pláštěů pneumatik patří lisování a vulkanizace. Po tomto kroku už následuje jen kontrola kvality vylisovaných pláštěů pneumatik. Lisování a vulkanizace je nevratný děj, který změní surový plášť a jeho fyzikálně mechanické vlastnosti. Z plastickeho materiálu se po vylisování stává elastická pryž a plášť dostává vlastnosti, které jsou žádoucí pro jeho použití.

### 1.5.1 Lisování a vulkanizace

Oba tyto děje probíhají v jeden čas, při kterém je důležitých několik činitelů a to zejména tlak, teplota a doba vulkanizace. Lisování pláštěů pneumatik se provádí převážně v segmentových formách na vulkanizačních lisech (zobrazení lisu na Obr. 12), které mají komorové vyhřívání. Jako vyhřívací médium slouží pára nebo horká voda. Děj lisování a vulkanizace

lze popsat v několika krocích. Vložení surového pláště do lisu, následné zasunutí membrány do vnitřku surového pláště. Membrána se naplní horkou párou, tím dojde k jejímu natlakování a rozprostření uvnitř pláště. Zajistí nám, že při vyvinutí vnějšího tlaku formou na plášť nedojde k jeho zhroucení (deformaci). Forma se uzavře a segmenty dosednou na plášť a vyvíjejí na něj tlak. Díky vysokému tlaku a teplotě se materiál rozteče do dezénu formy a nastává proces vulkanizace. Na Obr. 12 vlevo je znázorněn cyklus lisování, kde je vidět, jak se ze surového pláště stane vulkanizovaný plášť pneumatiky. Vpravo na stejném obrázku jsou přiblíženy segmenty s dezénem lisovací formy. Optimální teplota pro vulkanizaci osobních plášťů pneumatik je mezi 150 – 170 °C v závislosti na druhu pláště. To samé platí i pro dobu vulkanizace, která se také stanovuje na základě druhu pláště, který se lisuje. Většinou se doba vulkanizace pohybuje v rozmezí od 11 do 16 minut u plášťů pneumatik pro osobní automobily. Po uplynutí doby vulkanizace se lis otevře a je z něj automaticky vyjmut hotový plášť. Všechny vyrobené pláště jsou přepraveny na kontrolu kvality. [1, 11, 16, 21]

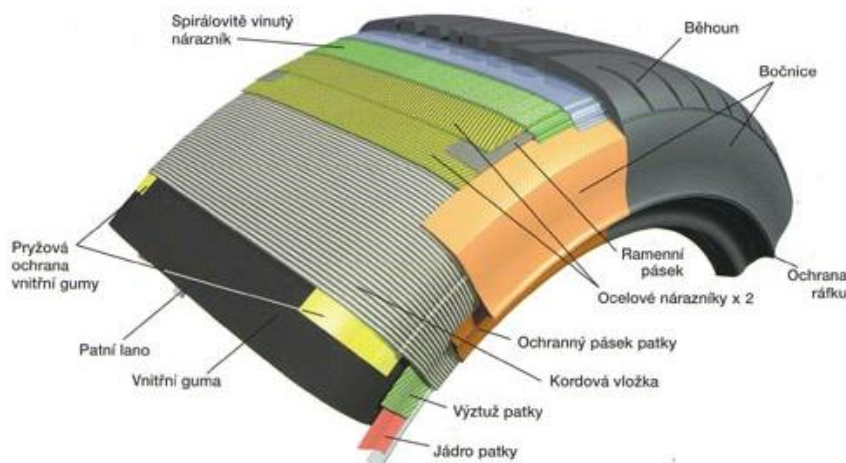


Obr. 12. *Vulkanizační lis s bližším pohledem na segmenty formy vpravo [1, 23]*

### 1.5.2 Kontrola kvality

Zhotovené pláště, ještě před uvedením do provozu, musí projít zkouškou kvality. První zkouška je vizuální, u které se plášť zbaví přetoků vzniklých při lisování, tak, že se odřežou. Při ořezávání přetoků se zrakem zjišťují možné abnormality uvnitř i z venku pláště. Další zkouškou je test uniformity. Plášť je uchycen na disky v inspektometru (stroj vykonávající zkoušku), kde je natlakována na dvojnásobek předepsaného hustícího tlaku pro zjištění pevnosti. Poté je tlak upraven na předepsaný provozní tlak a provádí se zkouška bočnic. Bočnice jsou snímány lasery, které skenují jejich povrch a vyhodnocují, zda na nich nejsou prohlubně či boule. Po této zkoušce je pneumatika přitlačena na kotouč, který se otáčí a tím simuluje jízdu pneumatiky na vozovce. Při této zkoušce se zjišťují jízdní vlastnosti pneumatik, například jakou vykazují házivost a jaké jsou jejich radiální a boční síly. Namátkou vybrané pláště jsou ještě dále zkoumány preparací, nebo rentgenováním. Při preparaci se plášť rozřeže zpět na jednotlivé polotovary, jak je znázorněno na Obr. 13 a zkoumají se změny, které na nich proběhly při procesu lisování a vulkanizace. U zkoušky rentgenovým zářením není plášť znehodnocen, je pouze vystaven tomuto záření, přičemž dochází k pořizování snímků. Tyto snímky ukáží, jak jsou ocelové a textilní materiály vycentrovány a jestli nevykazují jiné abnormality. Poslední z řady zkoušek jsou zkoušky únavové a zkoušky opotřebení. Tyto zkoušky se provádí na pneumatikách za běžného provozu, kdy auta ujedou stanovenou trasu a poté se zkoumá jejich opotřebení.

Některé vady, které vzniknou při výrobě plášťů pneumatik, se dají opravit, ale většinou jde pouze o vady kosmetické. Pokud se jedná o vadu konstrukční, či jinak závažnou, tak se z hlediska bezpečnosti tyto pláště neopravují a jsou znehodnoceny, aby nedošlo k jejich zneužití. [1, 7, 11, 18]



Obr. 13. Průřez pláštěm pneumatiky [24]

## 1.6 Použitá analýza pro praktickou část

V praktické části byly vzorky podrobeny laboratorním zkouškám pomocí Diferenční Skenovací Kalorimetrie (DSC).

### Princip DSC:

Diferenciální skenovací kalorimetrie se používá k získání charakteristických teplot zkoumaného vzorku, např. teploty tání a skelného přechodu, nebo krystalinity. Zkoumaný vzorek je vystaven lineárnímu ohřevu či chlazení, přičemž se plynule ve vzorku mění rychlost tepelného toku. U této metody se sleduje tepelný tok měřeného vzorku (uzavřeného v měřicím kalíšku) a vzorku referenčního (zpravidla vzduchu uzavřeného v druhém kalíšku). Oba kalíšky jsou umístěny v měřicí komoře obklopeny inertním plynem, zpravidla se jedná o dusík. K měření lze použít poměrně malé množství vzorku (10 – 300 mg), což bývá výhodou. [25]

DSC analýza ukáže vlastnosti zkoumaného polymeru:

- teplotu tání
- teplotu skelného přechodu
- teplotu krystalizace
- studenou krystalizaci
- změny krystalizace
- krystalinitu
- chování taveniny
- odpařování
- měrnou tepelnou kapacitu

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 2 ÚVOD K PRAKTICKÉ ČÁSTI

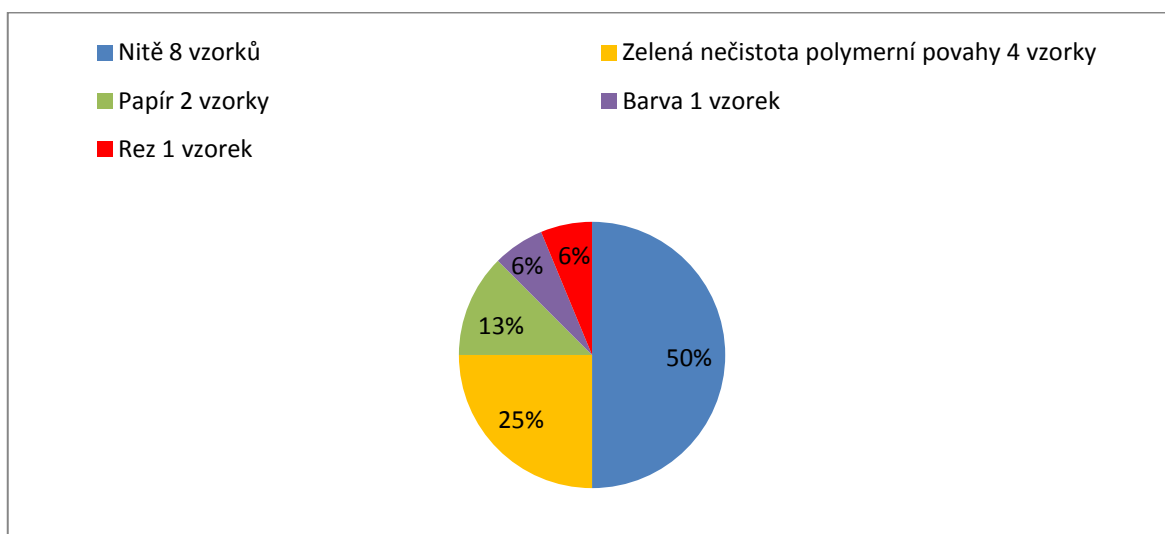
Jak již bylo zmíněno v kapitole zabývající se kontrolou kvality vyrobených pláštěů pneumatik, je jedna ze zkoušek prováděna vizuálně. U této zkoušky se odhalí okem viditelné vady, které se mohou vyskytovat jak na vnitřním, tak i vnějším povrchu pláště.

Ve společnosti Continental Barum s.r.o. jsou všechny vady evidovány v takzvaném katalogu vad. Každý druh vady je veden v tomto katalogu pod příslušným kódem, díky kterému je možné sledovat statistické údaje výskytu jednotlivých vad.

Praktická část práce je zaměřena na jednu konkrétní vadu, která se vyskytuje na vnější straně bočnice pláště pneumatiky, a bývá odhalena vizuální kontrolou. V katalogu vad společnosti Continental Barum s.r.o., je vedena pod kódem 02B - zalisovaná nečistota negumová.

### 2.1 Analýza vady

Během měsíce března 2015, bylo odebráno 16 reprezentativních vzorků s nejčastěji se opakujícími zalisovanými nečistotami. Jednalo se převážně o neznámé druhy textilních nití, které byly u osmi vzorků, ve čtyřech dalších případech se potom jednalo o neznámý druh polymeru zeleného zbarvení, v dalších dvou papír, v jednom vzorku barevná šupina (tato vada je známa, jedná se o odloupávající se nátěr ze strojního zařízení) a v posledním vzorku šupina rzi, která se vyskytuje jen ojediněle. V Grafu 1., jsou rozděleny vzorky dle četnosti a druhu nečistot.



Graf 1. Rozdělení četnosti nečistot

Analyzovány byly pouze vzorky s četností výskytu nad 20 %, jednalo se tedy o neznámé druhy textilních vláken a o zelenou zalisovanou nečistotu polymerní povahy. Na Obr. 14 je vidět odebraný vzorek zalisovaného neznámého druhu textilní nitě (vlákna) a Obr. 15 potom ukazuje zalisovanou polymerní nečistotu zeleného zbarvení. Obdobně byly viditelné i ostatní odebrané vzorky s vadou typu 02B.



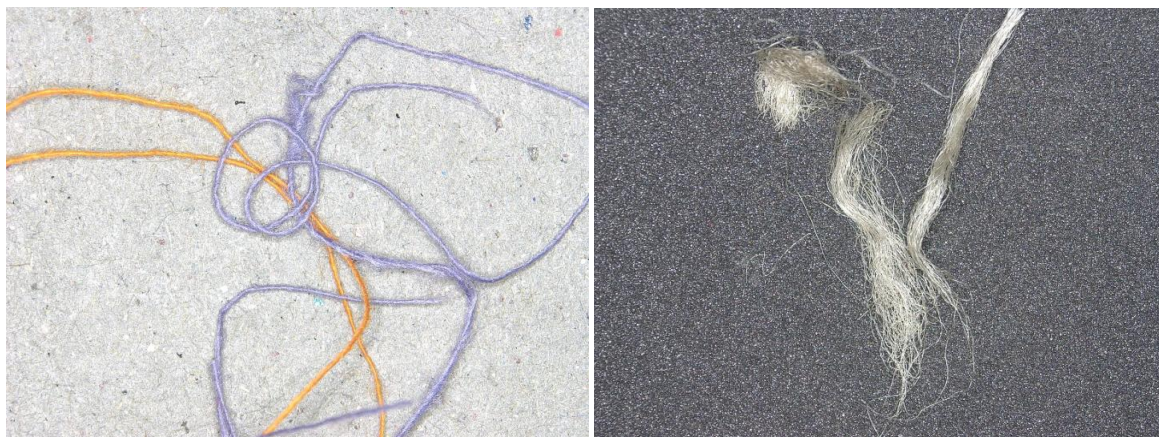
Obr. 14. Zalisovaná nečistota negumová

Neznámé druhy zalisovaných vláken a zelená nečistota polymerní povahy, byly separovány od zbytku pryže a následně podrobeny DSC analýze. Dále pak bylo z výrobního procesu odebráno několik vzorků nití a polymerních materiálů (viz. Obr. 16 a Obr. 17), které mohly v průběhu výroby být v kontaktu s kaučukovou směsí a mohly tak způsobit její kontaminaci. Na těchto vzorcích byla taktéž provedena DSC analýza. Termogramy jednotlivých materiálů byly poté vyhodnoceny a porovnány.



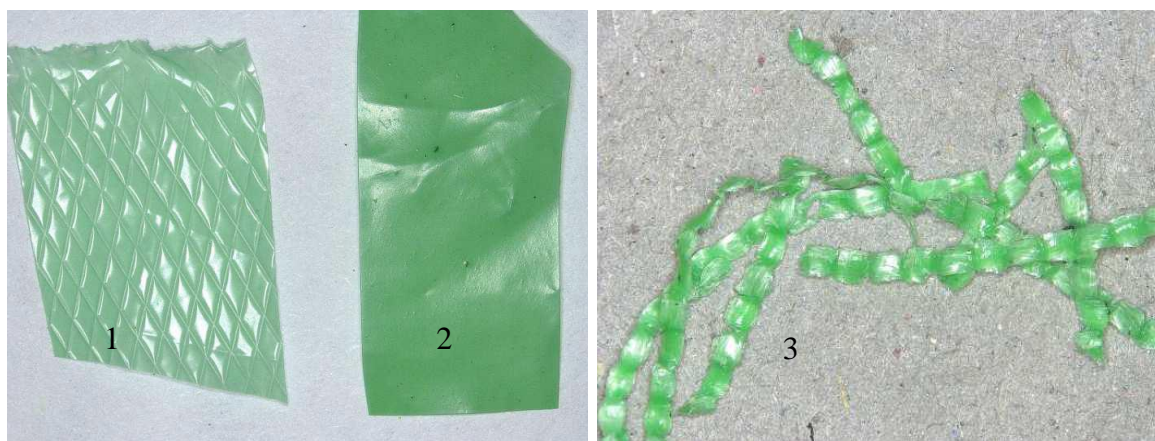
Obr. 15. Plastová nečistota zeleného zbarvení

Na Obr. 16 jsou vidět odebrané vzorky vláken, které přichází do kontaktu s kaučukovou směsí či vyrobenými polotovary, které jsou použity v samotném plášti pneumatiky. Bavlněné nitě slouží jako od vzdušňovací nitě a jsou kladeny na textilní a ocelový materiál při jejich oboustranném nánosování kaučukovou směsí. Polypropylenová nit znázorněna vpravo na stejném obrázku, byla odebrána z prokladů, které se používají při navíjení pogumovaných textilních a ocelových kordů do balíků.



Obr. 16. Odebrané vzorky nití, vlevo bavlněná nit a vpravo polypropylenová nit z prokladů

V případě polymerní nečistoty zeleného zbarvení se podařilo nalézt tři možné zdroje této nečistoty. Jak můžeme vidět na Obr. 17., jednalo se o prokladovou fólii, pytel na odpadní směsi a vlákna ze zábalových kartuší.



Obr. 17. Odebrané vzorky možných kontaminantů, kde 1 je prokladová folie, 2 pytel na odpadní směsi, 3 vlákna ze zábalových kartuší



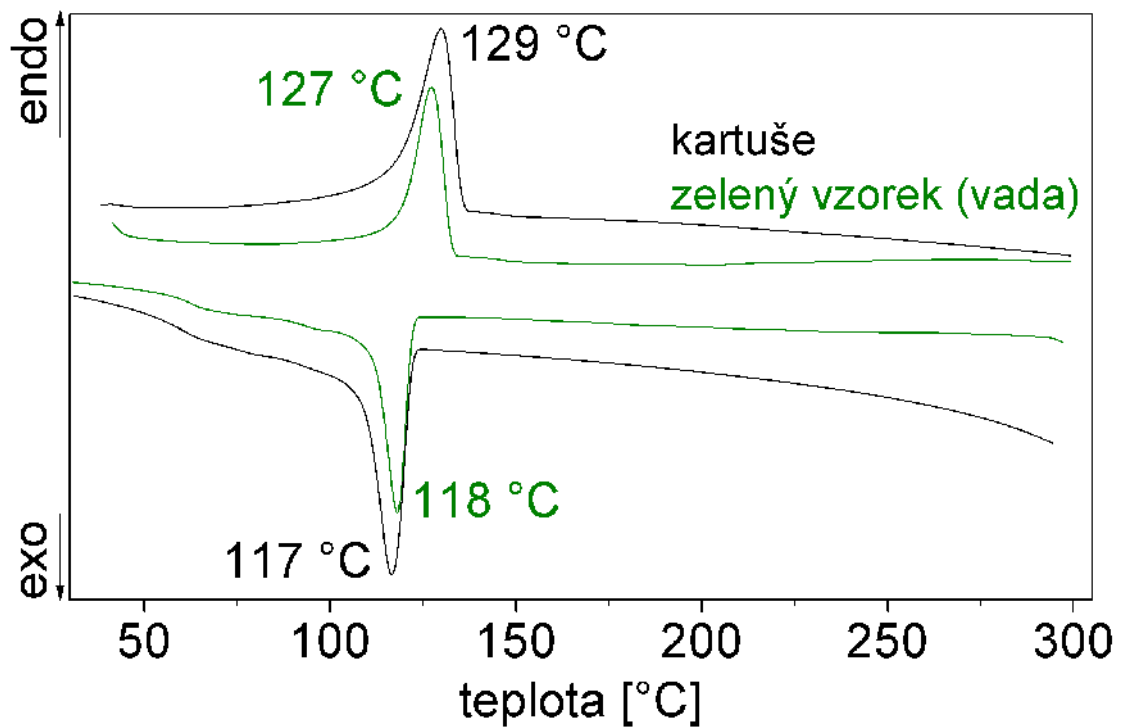
## 2.2 DSC analýza

DSC analýza odebraných vzorků byla provedena pomocí měřicího přístroje DSC1 METTLER. Vzorky byly uzavřeny do hliníkových kalíšků a po vložení do měřicího zařízení zahřívány z 30 °C na 300 °C rychlostí 10 °C/min. Měření bylo provedeno v inertní dusíkové atmosféře; rychlost průtoku dusíku v měřicí cele byla 50 ml/min. Pro vyhodnocení měření se použil záznam až druhého ohřevu/chlazení, aby se sjednotila tepelná historie zkoumaných vzorků.

## 2.3 Vyhodnocení vad

V případech vad, které způsobila kontaminace neznámým vzorkem vláken, DSC analýza odhalila přítomnost bavlny, polypropylenu a polyethylentereftalátu. Bavlněná vlákna se mohla uvolnit a kontaminovat tak kaučukovou směs z bavlněných nití, které se používají jako odvzdušňovací nitě u pogumovaných textilních a ocelových kordů. Stopy polypropylenu pochází zřejmě z podkladových a zábalových textilií, které se dostávají do styku s kaučukovou směsí v několika stupních výroby. Přítomnost polyethylentereftalátu se však během žádného výrobního kroku nepodařilo prokázat. Nejspíše se tedy jedná o náhodnou kontaminaci materiálu.

U polymerní nečistoty zeleného zbarvení lze na základě provedené analýzy s velkou pravděpodobností konstatovat, že se jedná o vysokohustotní polyetylen. Svým tepelným chováním vykazuje největší shodu se vzorkem ze zábalových kartuší. Porovnání jejich termogramů je vidět na Obr. 18.

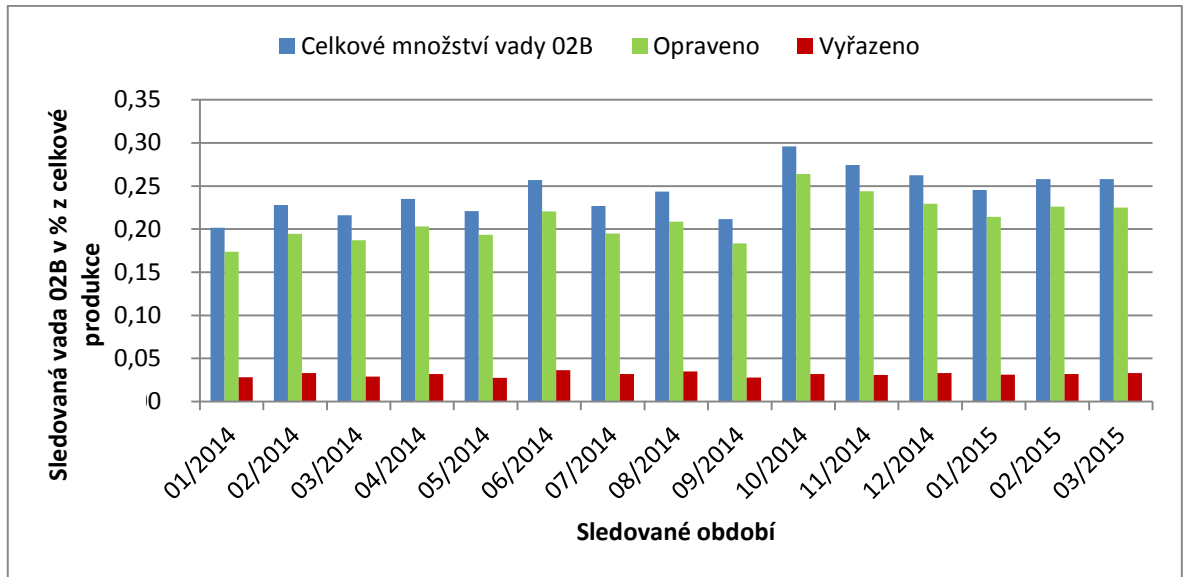


Obr. 18. Záznam měření z DSC analýzy

## 2.4 Statistické vyhodnocení vady

Pro statistické zhodnocení vady 02B byl její výskyt sledován v závislosti na měsíční produkci v delším časovém horizontu a to od začátku roku 2014 po měsíc březen následujícího roku. Výsledky jsou přehledně shrnuty v Grafu 2., který vyjadřuje procentuální výskyt vady v závislosti na celkové měsíční produkci. Dále pak poskytuje přehled o tom, s jakou úspěšností lze tuto vadu odstranit (opravit).

Je tedy zřejmé, že se sledovaná vada vyskytuje v rozmezí 0,2 – 0,3% na vyrobené množství plášťů pneumatik, přičemž se nakonec vyřadí pouze kolem 0,03% plášťů. To znamená, že většinu vadných plášťů lze opravit, protože se nejedná o konstrukční závadu, ale jde převážně jen o vadu vzhledovou (kosmetickou).



Graf 2. Sledovaná vada 02B za dané období vyjádřená v %

Při velkovýrobách se i s tak nízkým procentním číslem dostaneme do nezanedbatelných ztrát. Vzhledem k tomu, že tyto vyřazené pláště způsobují nejenom ekonomické ztráty, ale i určitou ekologickou zátěž, je proto nezbytné zabývat se i těmito drobnými vadami, jejichž eliminace pomáhá snižovat vícenáklady spojené s výrobou.

## ZÁVĚR

Každý výrobní proces končí kontrolou kvality finálního výrobku. Hlavním úkolem této kontroly je zabránit šíření vadných kusů k zákazníkovi. Díky evidenci těchto vadných kusů, nám také kontrola kvality poskytuje cenné informace o nákladech spojených jak s výrobou, tak i případnou opravou, či likvidací vadných kusů. Eliminace výrobních vad je tedy bezesporu jedním z účinných nástrojů jak zefektivnit celý výrobní proces.

Za tímto účelem byl po dobu 15 měsíců sledován výskyt vady při výrobě pláštů pneumatik s názvem zalisovaná negumová nečistota. Výsledky ukázaly, že se zmíněná vada vyskytuje v necelých 0,3% z celkové výroby pláštů. Tato hodnota představuje v případě velkoobjemové produkce nezanedbatelnou ekonomickou i ekologickou zátěž.

Pro odhalení zdroje těchto nečistot bylo během jednoho měsíce nasbíráno 16 reprezentativních vzorků vadných pláštů. Z každého pláště byl odebrán vzorek nečistoty, který byl analyzován pomocí diferenciální skenovací kalorimetrie. Na základě výsledků byla určena přítomnost bavlny, polypropylenu, polyetyleny a polyethylentereftalátu. Zdroje těchto kontaminujících materiálů se podařilo ve výrobním procesu nalézt a právě za pomoci DSC analýzy přesně identifikovat srovnáním jejich termálních charakteristik se vzorky, které byly odebrány z vadných pláštů.

K omezení, či úplnému zabránění kontaminace materiálu textilními nitěmi (vlákny), které se pravděpodobně dostaly do materiálu přidáním kontaminovaného reworku do finálové směsi se v procesu výroby využije čištění (pasírování) těchto reworků bočnicových směsí.

Pro eliminaci nečistoty polymerního charakteru zeleného zbarvení bude zavedeno přísnější vizuální sledování povrchu bočnic při jejich kladení na prvním konfekčním stupni.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MECHL, Viktor a Martin MUŠINSKÝ. *Gumárenská technologie v Barum Continental, spol. s.r.o.: učebnice pro žáky zpracovatelského oboru SPŠ polytechnické - COP Zlín*. 1. vyd. Zlín: Střední průmyslová škola polytechnická - COP Zlín, 2011, 94 s. ISBN 978-80-905002-2-8.
- [2] CIESIELSKI, Andrew. *An introduction to rubber technology*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, U.K.: Rapra Technology Ltd., 1999, viii, 174 p. ISBN 1859571506.
- [3] DUCHÁČEK, Vratislav. *Vulkanizační činidla*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2003, 127 s. ISBN 80-02-01525-8.
- [4] 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.
- [5] DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLIČKA. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. vyd. 4., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009, 199 s. ISBN 978-80-7080-713-2.
- [6] POPA, Gabriel A. *Rubber: types, properties, and uses*. New York: Nova Science Publishers, c2011, xvii, 689 s. ISBN 978-1-61761-464-4.
- [7] LIMPER, Andreas. *Mixing of rubber compounds*. Munich: Hanser Publishers, c2012, xi, 239 s. ISBN 978-3-446-41743-4.
- [8] DUCHÁČEK, Vratislav. *Urychlovače vulkanizace*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2013, 156 s. ISBN 978-80-02-02429-3.
- [9] DUCHÁČEK, Vratislav. *Gumárenské zpracovatelské přísady*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2008, 145 s. ISBN 978-80-02-01993-0.
- [10] CHEMICALLEND21 [online]. 2015 [2015-03-17]. Dostupné z WWW: <<http://chemicalland21.com/specialtychem/finechem/6PPD.htm>>.
- [11] PREKOP, Štefan. *Gumárska technológia II*. vyd. 1. Trenčín: GC TECH Ing. Peter Gerši, 2003, 370 s. ISBN 808891485x.

- [12] NAKAJIMA, Nobuyuki. *The science and practice of rubber mixing*. 1st ed. Shrewsbury: Rapra Technology, 2000, 408 s. ISBN 1-85957-207-3.
- [13] FUNT, John M. *Mixing of rubber*. Shrewsbury: Smithers Rapra Technology, Ltd., 2009, iv, 186 p.
- [14] PREKOP, Štefan. *Gumárska technológia I*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 1998, 282 s. ISBN 8071004839.
- [15] PLASTICS [online]. 2015 [2015-04-9]. Dostupné z WWW: <http://www.plastics.com/extrusion-what-is-pg2.html/>.
- [16] ŠTĚPÁN, Miroslav. *Gumárenská technologie*. vyd. 1. Praha: SNTL, 1956, 410 s., [2] s.
- [17] TOMIS, František. *Gumárenská a plastikářská technologie: zpracovatelské procesy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1987, 289 s.
- [18] DOHNALÍK, Zdeněk a Anežka LENGÁLOVÁ. *Technológia pre 2. a 3. ročník stredných odborných učilíšť učebný odbor gumár - plastikár*. 1. slov. vyd. Bratislava: Alfa, 1988, 246 s.
- [19] ROADHOST [online]. 2015 [2015-04-8]. Dostupné z WWW: <http://www.roadhostire.com/channel/TBR-Steel-Cord-Creel-System-12.html/>.
- [20] BRIDGESTONE [online]. 2015 [2015-04-9]. Dostupné z WWW: <http://www.ecopiatrucktires.com/technology>.
- [21] ŠPAČEK, Josef. *Technologie gumárenská a plastikářská*. Brno: VUT, 1987, 200 s.
- [22] SOGOS [online]. 2015 [2015-03-26]. Dostupné z WWW: <http://www.sogos.cz/>.
- [23] MUJWEB [online]. 2015 [2015-03-26]. Dostupné z WWW: <http://www.mujweb.cz/miamizlin/ofirme-e.htm>.
- [24] CESKEPNEU [online]. 2015 [2015-03-26]. Dostupné z WWW: <http://www.ceskepneu.cz/index.php?page=technicke-informace>.
- [25] HÖHNE, Günther, Wolfgang HEMMINGER a H. J. FLAMMERSHEIM. *Differential scanning calorimetry: an introduction for practitioners*. New York: Springer-Verlag, c1996, xii, 222 p. ISBN 3540590129.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DSC     Diferenční Skenovací Kalorimetrie.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Schéma výrobního procesu pláště pneumatik [1] .....	11
Obr. 2. Strukturální vzorec cis-1,4-polyisoprenu .....	12
Obr. 3. Znárodnění mechanických vlastností, při kombinaci dvou materiálů [1] .....	15
Obr. 4. Příklady skladby ocelových kordů [1] .....	15
Obr. 5. Míchací linka finálních směsí [1] .....	18
Obr. 6. Šnekový vytlačovací stroj [15] .....	19
Obr. 7. Vytlačovací stroj se třemi šneky [1] .....	20
Obr. 8. Linka oboustranného nánosování kaučukové směsi na textilii [1] .....	21
Obr. 9. Cívečnice ocelového kordu [19] .....	22
Obr. 10. Průřez patního lana v patce pláště [20] .....	23
Obr. 11. Dvoustupňový konfekční stroj [22] .....	25
Obr. 12. Vulkanizační lis [1, 23] .....	26
Obr. 13. Průřez pláštěm pneumatiky [24] .....	27
Obr. 14. Zalisovaná nečistota negumová .....	31
Obr. 15. Plastová nečistota zeleného zbarvení .....	31
Obr. 16. Odebrané vzorky nití .....	32
Obr. 17. Odebrané vzorky možných kontaminantů .....	32
Obr. 18. Záznam měření z DSC analýzy .....	34



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. <i>Složkový podíl přísad do kaučukových směsí [1]</i> .....	16
--	----

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. <i>Rozdělení četnosti nečistot</i> .....	30
Graf 2. <i>Sledovaná vada 02B za dané období vyjádřená v %</i> .....	35