

# Rekonstrukce vzduchové pružiny

David Hepnar

---

Bakalářská práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2017/2018

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Hepnar**  
Osobní číslo: **T15109**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Rekonstrukce vzduchové pružiny**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat literární studii na dané téma.
2. Konstrukce a výroba vzduchové pružiny.
3. Rekonstrukce vzduchové pružiny.
4. Fyzickým testováním ověření požadovaných vlastností.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího BP.**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 28. února 2018

doc. Ing. František Buňka, 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 14.5.2018



.....

<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 nevýdělečně 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.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce je vypracována na téma "Rekonstrukce vzduchové pružiny." Teoretická část se zabývá viskoelastickým chováním pryže, dále pak textilními výztužnými materiály a nejpoužívanějšími pryžotextilními výrobky. Teoretická část je zakončena popisem výroby vzduchových pružin. Cílem praktické části bylo provést rekonstrukci stávající vzduchové pružiny dle zadání zákazníka a ověření zkouškami požadované vlastnosti.

Klíčová slova: vzduchová pružina, viskoelastická, pryžotextilní kompozit

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis is formulated on a subject "Air Spring Reconstruction". The theoretical part of the thesis follows up the viscoelastic behavior of the rubber material, the textile made reinforcing materials and the most frequently used rubber-textile products. The theoretical part is concluded by the description of air springs manufactory process. The main objective of the bachelor's thesis practical part is to perform an air spring reconstruction according to particular customer's assignment and to verify and test all the required product qualities.

Keywords: air spring, viscoelasticity, rubber-textile composite

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi CSc., za odborné vedení, čas a ochotu, kterou mi věnoval při vypracovávání bakalářské práce. Mé ženě Karolíně za velkou podporu a trpělivost.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
<b>1</b>	
1.1 VISKOELASTICKÉ CHOVÁNÍ PRYŽE .....	11
1.1.1 Elastické chování .....	11
1.1.2 Viskózní chování.....	12
1.1.3 Viskoelastické chování.....	13
1.2 DYNAMICKÉ CHOVÁNÍ VISKOELASTICKÝCH MATERIÁLŮ.....	17
1.2.1 Komplexní modul pružnosti.....	18
1.2.2 Činitel vnitřního tlumení .....	19
1.3 VLASTNOSTI PRYŽE.....	120
<b>2 KOMPOZITNÍ VÝROBKY S PRYŽOVOU MATRICÍ.....</b>	<b>21</b>
2.1 POLOTOVARY PRO PRYŽOVÉ KOMPOZITNÍ VÝROBKY S TEXTILNÍ VÝZTUŽÍ .....	21
2.1.1 Fólie .....	22
2.1.2 Hadice .....	22
2.1.3 Pogumovaný textil .....	20
2.2 VLNOVCE VZDUCHOVÉHO PRUŽENÍ .....	24
2.3 HADICE.....	25
2.4 DOPRAVNÍKOVÉ PÁSY .....	27
2.5 PNEUMATIKY .....	27
2.6 KLÍNOVÉ ŘEMENY.....	29
2.7 TEXTILNÍ VÝZTUŽNÉ MATERIÁLY .....	31
2.7.1 Názvosloví .....	31
2.7.2 Vláknité tkaniny pro pogumování.....	32
2.7.3 Adhezivní systémy.....	36
<b>3 TECHNOLOGIE VÝROBY .....</b>	<b>37</b>
3.1 PŘÍPRAVA PRO KONFEKČIONOVÁNÍ.....	37
3.1.1 Příprava pryžových polotovarů.....	37
3.1.2 Příprava pogumovaného textilu .....	37
3.2 KONFEKČIONOVÁNÍ.....	38
3.3 LISOVÁNÍ.....	39
3.4 OPRACOVÁNÍ A KONTROLA .....	41
3.5 KOMPLETACE.....	41
<b>4 SHRNUÍ STUDIJNÍ ČÁSTI.....</b>	<b>43</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>44</b>
<b>5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>45</b>
<b>6 NÁVRH ŘEŠENÍ .....</b>	<b>46</b>
6.1 MATERIÁLOVÉ ŘEŠENÍ .....	46

6.2	TVAROVÉ ŘEŠENÍ .....	46
6.3	VÝPOČET NEUTRÁLNÍHO ÚHLU .....	46
6.4	NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ KONFEKCE .....	48
6.5	LISOVÁNÍ .....	49
6.6	OPRAVA KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ KONFEKCE .....	49
<b>7</b>	<b>ZKOUŠKY VÝROBKU .....</b>	<b>50</b>
7.1	DESTRUKČNÍ ZKOUŠKA .....	51
7.2	DYNAMICKÁ ZKOUŠKA .....	52
7.3	ZÁTĚŽOVÝ DIAGRAM VZDUCHOVÉ PRUŽINY .....	54
<b>8</b>	<b>VYHODNOCENÍ A DISKUZE.....</b>	<b>56</b>
	<b>ZÁVĚR</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>65</b>



## ÚVOD

Ačkoliv vulkanizovaná pryž je známa již téměř 180 let, její viskoelastické vlastnosti nebyly stále překonány. Před 80 lety se kromě přírodního kaučuku, při jeho nedostatku v Evropě, vyvinul a začal používat kaučuk syntetický a s postupem času i další kaučuky, které zlepšují požadované vlastnosti pryžových výrobků.

Jelikož má pryž velice nízký modul pružnosti v tahu, v řadě aplikací, kde je třeba přenést tahová napětí, se pryžové výrobky vyztužují vlákny, které jsou povětšinou kryty pryžovou matricí. Tato výztuž bývá do matrice vkládána skládáním jednotlivých vrstev. Takto vznikají pneumatiky, dopravníkové pásy, vzduchové pružiny, klínové řemeny, hradící jezy a další.

Toto vrstvení, konfekcionování, bývá prováděno obdobně u všech výše jmenovaných výrobků. Na desku nebo válec se klade vnitřní vrstva z nezvulkanizované pryže, vrstvy výztužných materiálů v požadovaném směru a uzavírající, vrchní vrstva z nezvulkanizované pryže.

Cílem této práce je rekonstrukce stávající vzduchové pružiny dle požadavků zákazníka a zkouškami ověřit požadované vlastnosti navržené vzduchové pružiny. I přes známost mechanických vlastností použitých materiálů se návrh/rekonstrukce řídí zejména zkušeností pracovníků, proto jsou zkoušky navržené vzduchové pružiny nezbytné pro ověření požadovaných vlastností.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRYŽ JAKO KONSTRUKČNÍ MATERIÁL

Pryž je známa již od roku 1839, kdy Američan Charles Goodyear objevil způsob vulkanizace kaučuku, který si nechal v roce 1844 patentovat. Kvůli zvyšující se spotřebě a růstu cen přírodního kaučuku dováženého výhradně z Brazílie, se vědci v Evropě od roku 1870 snažili získat kaučuk synteticky z uhlovodíků. To se podařilo až v roce 1909 německému vědci Friedrichu Hoffmanovi, který polymerací vyrobil čistý isopren. V současné době se na celém světě spotřebuje dvacet pět milionu tun kaučuku ročně, z toho je 40% kaučuku přírodního.

Pryž je elastická látka s amorfni strukturou, nízkou teplotou skelného přechodu, vyznačující se vysokou pružností. Při použití malých sil se silně deformuje (v řádech stovek procent), a po skončení deformační síly se vrací do původního stavu. Teplota použití od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $150^{\circ}\text{C}$ . Tyto vlastnosti ovlivňuje zejména kaučuk, hustota zesíťování a další příměsi v gumárenské směsi.

Díky svým specifickým vlastnostem je pryž nezastupitelným materiálem. Pryž může být použita samostatně jako například těsnění, pružné prvky, rukavice nebo v kombinaci s výztuží - kompozit, kdy pryž působí jako matrice v pneumatikách, dopravníkových pásích, hadicích, klínových řemenech, hadicích, vlnvcích vzduchového pružení a dalších.

### 1.1 Viskoelastické chování pryže

Pryž je typický příklad viskoelastického materiálu, tedy materiálu, který spojuje vlastnosti materiálů ideálně pružných (kovy v oblasti platnosti Hookova zákona) a ideálně viskózních kapalin (jednoduché kapaliny při ustáleném toku). Pro popis tohoto chování se používají reologické modely ocelové pružiny (pro hookeovskou elasticitu), pístu (pro newtonský tok) a jejich kombinace (pro látky viskoelastické).

#### 1.1.1 Elastické chování

Ideálně elastický materiál je takový, kde veškerá získaná energie naakumulovaná uvnitř materiálu v průběhu jeho zatěžování je po odlehčení využita k návratu materiálu do jeho původního stavu před zatížením. U takovýchto materiálů nedochází k disipaci vložené mechanické energie. Při ideálně elastickém chování se deformace projeví okamžitě, její veli-

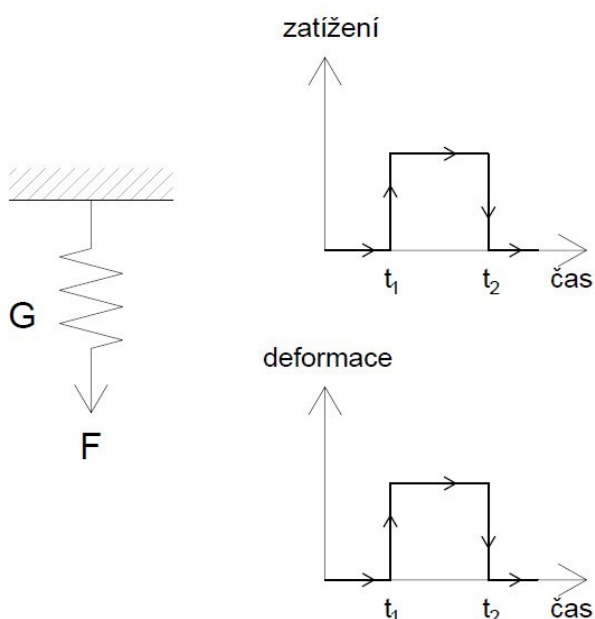
kost je přímo úměrná napětí a v čase se nemění. Platí tedy Hookův zákon.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1)$$

Tvar Hookova zákona pro namáhání smykem  $\tau$

$$\sigma = G\gamma \quad (2)$$

Pro popis ideálně elastického chování se používá reologický model pružiny o tuhosti  $G$ .



Obr. 1. Reologický model pružiny o tuhosti  $G$ , časová závislost deformace ideálně elastického tělesa

### 1.1.2 Viskózní chování

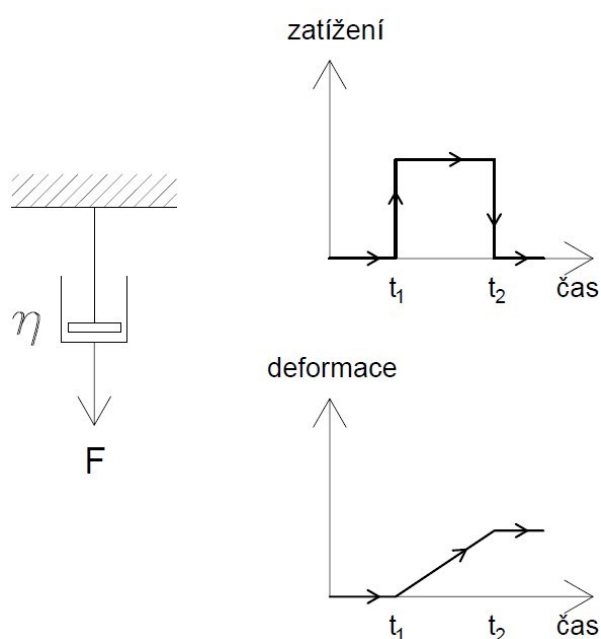
U ideálně viskózního materiálu se veškeré vnější zatížení mění na kinetickou energii pohybujících se částic, dochází k posunu jednotlivých vrstev částic (nastává tok) a nakonec dochází k disipaci v teplo. Deformace narůstá po celou dobu působení napětí, deformace se neustaví a po odlehčení zůstává deformovaný stav zachován. Při ustáleném toku je smyková rychlost

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} \quad (3)$$

úměrná smykovému napětí  $\sigma$  Newtonova zákona

$$\sigma = \eta \dot{\gamma} \quad (4)$$

Pro popis ideálně elastického chování se používá reologický model hydraulického válce s kapalinou o viskozitě  $\eta$



Obr. 2. Reologický model hydraulického válce s kapalinou o viskozitě  $\eta$ , časová závislost deformace ideálně viskózního tělesa

### 1.1.3 Viskoelastické chování

Složité vnitřní struktura elastomerů se projevuje i v jejich komplikovaném deformačním chování. Ideálně elastické a dokonale plastické chování jsou krajní extrémy a chování většiny látek se projevuje jejich kombinací. Takové látky nazýváme viskoelastické. K popisu jejich chování se používá kombinace pružného a viskózního prvku spojené paralelně, sériově a jejich kombinace. Základními modely pro modelování viskoelastického chování jsou Kelvinův (Voight) model, Maxwellův model a Tuckettův model.

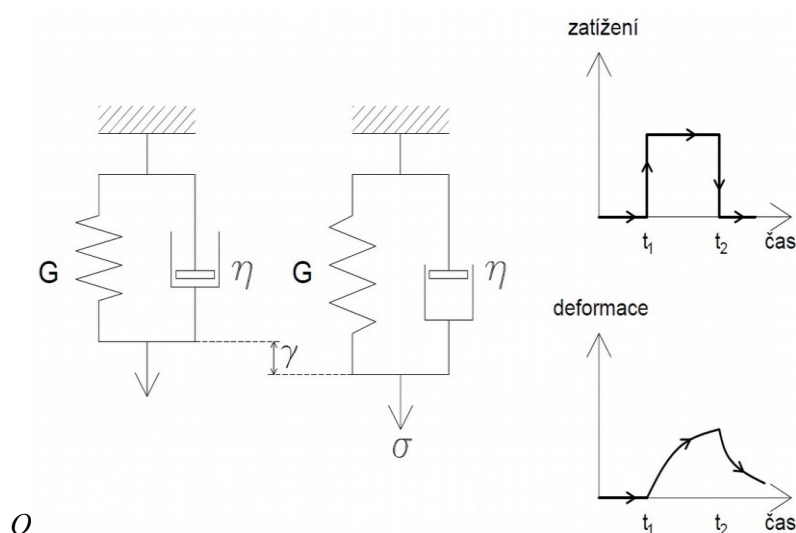
*Kelvinův model* je paralelním spojením pružiny a hydraulického válce. Deformace je vratná, po zatížení je elastický prvek brzděn prvkem viskózním. Kelvinův model představuje elasticitu brzděnou, časově závislou. Oba prvky jsou deformovány stejně a celkové napětí soustavy je rozloženo do obou prvků.

$$\gamma_{pruž} = \gamma_{pist} = \gamma \quad (5)$$

$$\sigma_{pruž} + \sigma_{pist} = \sigma \quad (6)$$

Dosazením rovnic (2, 4) do rovnice (6) získáme diferenciální rovnici Kelvinova modelu

$$\sigma = G\gamma + \eta \frac{d\gamma}{dt} \quad (7)$$



br. 3. Kelvinův model

Jak je z obrázku (3) zřejmé, deformace je při konstantním napětí závislá na čase. Takové chování se nazývá křípem. Zavedením smykového napětí  $\tau$ ,

$$\tau = \eta/G \quad (8)$$

separací proměnných, integrací a dosazením počátečních podmínek získáme rovnici křípu (9), respektive zpětného křípu (rovnice 10) po odlehčení vzorku.

$$\gamma(t) = \gamma_{\infty}(1 - \exp(-\frac{t}{\tau})) \quad (9)$$

$$\gamma(t) = \gamma_{\infty} \exp(-\frac{t}{\tau}) \quad (10)$$

*Maxwellův model* popisuje elasticitu, která odeznívá tokem nebo tok komplikovaný elasticitou. Znázorňuje jej sériové zapojení pružiny a hydraulického válce. Celková deformace je rovna součtu deformací jednotlivých prvků, kdežto napětí v celé soustavě konstantní.

$$\gamma_{pruž} + \gamma_{píst} = \gamma \quad (11)$$

$$\sigma_{pruž} = \sigma_{píst} = \sigma \quad (12)$$

Rovnici (11) lze zapsat také jako

$$\frac{d\gamma_{pruž}}{dt} + \frac{d\gamma_{píst}}{dt} = \frac{d\gamma}{dt} \quad (13)$$

a dosazením rovnic (2, 4) se získá

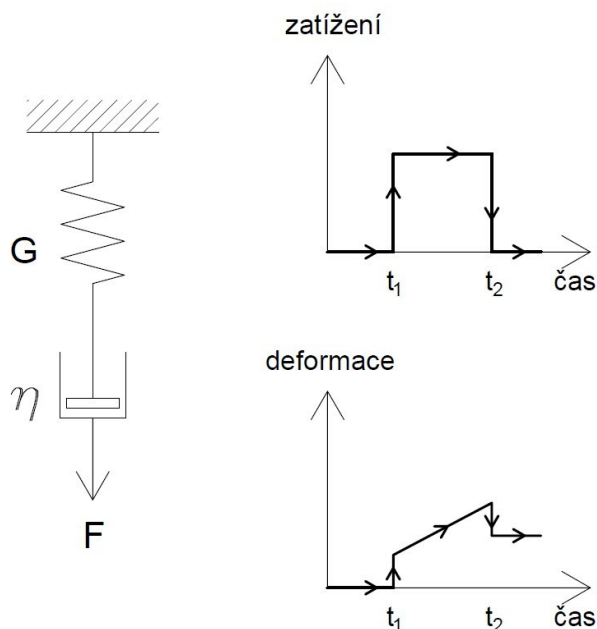
$$\frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\tau} = \frac{d\gamma}{dt} G \quad (14)$$

kde  $\tau$  se nazývá relaxační dobou

$$\tau = \frac{\eta}{G} \quad (15)$$

Při skokovém zatížení Maxwellova modelu pružina reaguje okamžitě, zatímco deformace pístu je nulová. Vzniklé počáteční napětí je tak dáno pouze tuhostí pružiny. Postupem času se však píst tahem pružiny pohybuje, deformace pružiny se zmenšuje a tím klesá i napětí v modelu, dochází k relaxaci. Relaxace je tedy závislost napětí na čase při konstantní deformaci. Zvyšováním tuhosti pružiny a snižováním viskozity kapaliny v pístu se urychlí relaxace. Relaxační doba je čas, za který v tělese poklesne napětí o 63,2%. Za čtyřnásobek

relaxační doby v tělese zbyvá již jen 1,8% počátečního napětí. U reálných materiálů se průběh relaxace napětí určuje experimentálně.



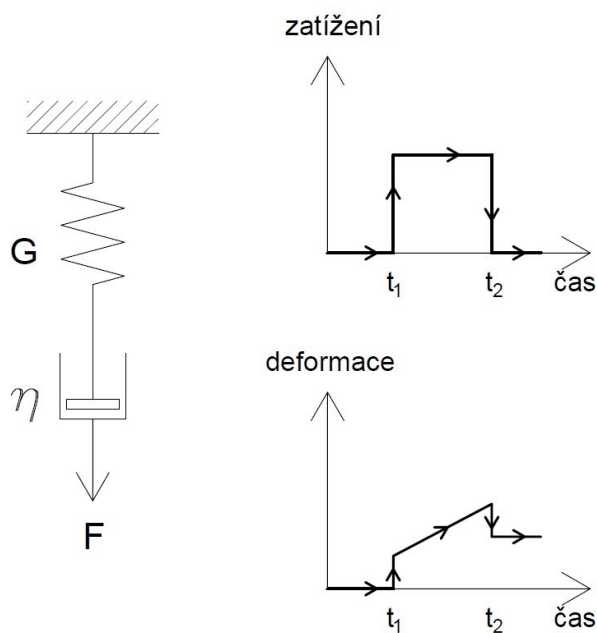
Obr. 4. Maxwellův model

*Tuckettův model* predikuje deformaci lineárně amorfního polymeru. Jde o sériové zapojení pružiny s modulem  $G_1$  znázorňující okamžitou, ideálně elastickou deformaci valenčních úhlů, vazeb a mezimolekulárních vzdáleností. Kelvinova modelu s viskozitou  $\eta_2$  a modulem  $G_2$  znázorňující zpožděnou elastickou deformaci propletenin polymerních molekulových řetězců a pístem a viskozitou  $\eta_3$  představujícím nevratný posuv propletenin polymerních molekulových řetězců tokem. Celková deformace Tuckettova je rovna součtu jednotlivých částí.

$$\gamma(t) = \sigma_0 \left[ \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} (1 - e^{-t/\tau}) + \frac{1}{\eta_3} t \right] \quad (16)$$

U zesíťovaného polymeru se bude  $\eta_3$  blížit nekonečnu.





Obr. 5. Tuckettův model

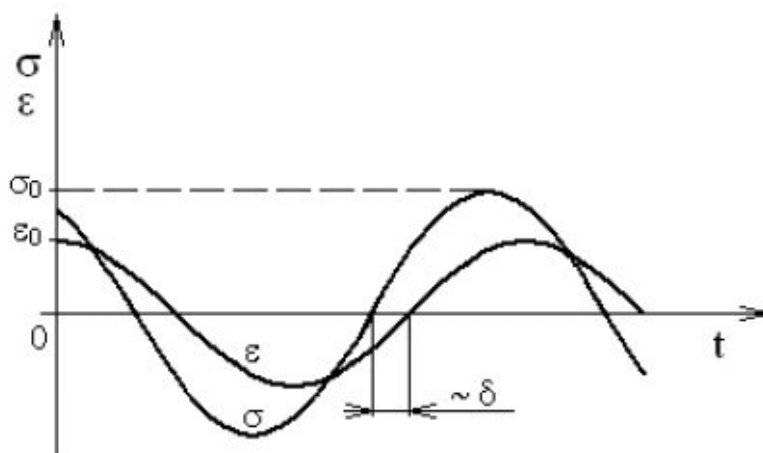
## 1.2 Dynamické chování viskoelastických materiálů

V chování viskoelastických materiálů se kombinuje chování čistě elastické a čistě viskózní. Poměrná deformace se zpožďuje za napětím. Tento fázový posun leží v intervalu  $\delta=(0;\pi/2)$  přičemž hodnoty 0 a  $\pi/2$  odpovídají mezním hodnotám pro materiály čistě elastické respektive materiály s čistě viskózním chováním. Pro napětí platí rovnice

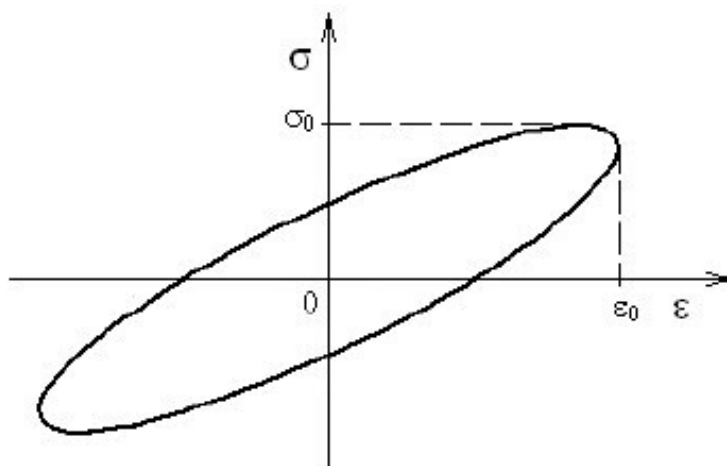
$$\sigma = \sigma_0 \cos(\omega t + \delta) \quad (17)$$

a pro poměrnou deformaci

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cos(\omega t) \quad (18)$$



Obr. 6. Časová závislost napětí a poměrné deformace při harmonickém namáhání viskoelastického materiálu [1]



Obr. 7. Časová závislost mezi napětím a poměrnou deformací při harmonickém namáhání viskoelastického materiálu [1]

Jak je zřejmé (Obr. 7), u harmonického namáhání viskoelastického materiálu není závislost mezi napětím a poměrnou deformací lineární, neplatí zde Hookův zákon. Plocha hysterezní křivky je úměrná mechanické energii disipované v energii tepelnou.

### 1.2.1 Komplexní modul pružnosti

Rovnici 17 vyjadřující časovou závislost napětí při harmonickém namáhání viskoelastických materiálů lze zapsat

$$\sigma = E' \varepsilon_0 \cos(\omega t) + E'' \varepsilon_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (19)$$

kde  $E'$  je reálná složka komplexního modulu pružnosti v tahu materiálu (elastická část komplexního modulu pružnosti), charakterizující pevnostní vlastnosti materiálu, kterou lze zapsat

$$E' = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cos\delta \quad (20)$$

a  $E''$  je imaginární složka komplexního modulu pružnosti v tahu materiálu (viskózní část komplexního modulu pružnosti), charakterizující tlumící vlastnosti materiálu, kterou lze vyjádřit

$$E'' = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \sin\delta \quad (21)$$

Komplexní modul pružnosti  $E^*$  je dán vztahem

$$E = E' + iE'' \quad (22)$$

### 1.2.2 Činitel vnitřního tlumení

Činitel vnitřního tlumení  $\eta$  slouží k popisu schopnosti materiálu tlumit mechanické vibrace. Je definován jako poměr imaginární složky komplexního modulu pružnosti k jeho reálné složce.

$$\eta = \frac{E''}{E'} = \operatorname{tg}\delta \quad (23)$$

Jak je z rovnice (23) zřejmé, činitel vnitřního tlumení závisí na velikosti fázového posunu  $\delta$ . Při hodnotách  $\delta$  blízcí se 0 převládá elastické chování. Při hodnotách  $\delta$  blízcí se  $\pi/2$  převládají tlumící vlastnosti. Hookův zákon rozšířený o činitel vnitřního tlumení

$$\sigma = E(1 + i\eta)\varepsilon \quad (24)$$

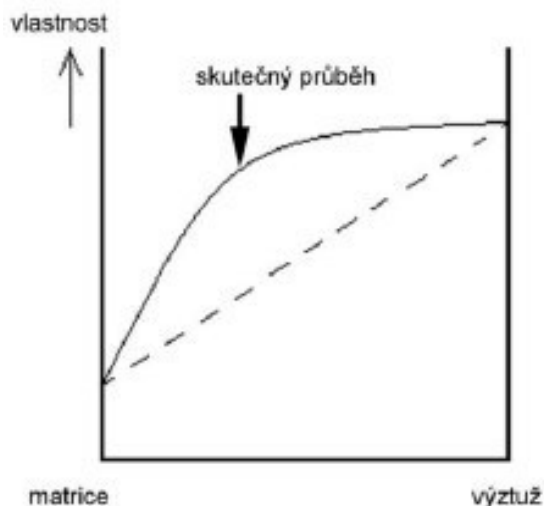
### 1.3 Vlastnosti pryže

Pryž jako konstrukční materiál má oproti jiným konstrukčním materiálům řadu výhod jakými jsou například vysoká elasticita (hyperelasticity), schopnost tlumit mechanickou energii (a tuto přeměnit v energii tepelnou), schopnost snášet vysokou deformaci a dlouhou životnost i při cyklickém namáhání, chemická stabilita v různých prostředích a další. Oproti těmto výhodám stojí nevýhody jako úzký teplotní interval jejich použití, chemické procesy probíhající i po vulkanizaci a při užívání výrobku mohou být tak ovlivňovány jeho vlastnosti. Vlastnosti výsledného vulkanizátu lze velice dobře ovlivnit již samotným složením gumárenské směsi, kdy se směs přizpůsobuje nejdůležitější požadované vlastnosti a ostatní vlastnosti jsou s tímto parametrem a vůči sobě navzájem více či méně provázané. Je tedy vždy nutné najít směs s optimálním poměrem rozložení jednotlivých vlastností a nelze směs volit jen dle hlavní vlastnosti bez ohledu na vlastnosti další.

Z mechanických vlastností jsou důležité především modul pružnosti v tahu a tlaku  $E$ , modul pružnosti ve smyku  $G$ , objemový modul pružnosti  $K$ , Poissonovo číslo  $\mu$ . Tyto hodnoty jsou měřeny a zkoušeny laboratorně za striktně daných podmínek. V technické praxi jsou však výrobky namáhány odlišně a většinou kombinací statických, dynamických a rázových sil. Je tedy nutné daný výrobek odzkoušet zvlášť, jako celek, v jeho daných podmínkách.

## 2 KOMPOZITNÍ VÝROBKY S PRYŽOVOU MATRICÍ

Kompozitní materiál se skládá ze dvou či více konstituentů, které se vzájemně liší svými fyzikálními, chemickými a mechanickými vlastnostmi. Jeden z konstituentů dodává výrobku pevnost, má funkci výztuže (vlákna, tyčinky, destičky) a druhý, spojitá fáze chrání výztuž před poškozením (matrice), roznáší vnitřní síly v kompozitu a udržuje výztuž v požadované pozici. Cíleným rozvržením orientace a množstvím výztuže lze ovlivnit vlastnosti výrobku v různých směrech požadovaným způsobem. Vlastnost výsledného kompozitního materiálu je odlišná od vlastností jednotlivých konstituentů. U kompozitního materiálu dochází k synergickému efektu, výsledné vlastnosti kompozitního materiálu jsou lepší než pouhá adice vlastností jednotlivých konstituentů. Pokud se nejedná o výrobu kompozitu vstřikováním, tak jde o náročnou výrobu jak časově, tak i z pohledu technologické kázně. Také opravy a recyklace vysloužilých kompozitních komponentů jsou velmi náročné.



Obr. 8. Sinergie kompozitního materiálu [3]

### 2.1 Polotovary pro pryžové kompozitní výrobky s textilní výztuží

Kompozitní výrobky jsou tvořeny technologicky vrstvením. Tyto vrstvy mohou být vyráběny individuálně nebo se vyrábí sdruženě.

#### 2.1.1 Fólie

Zamíchaná, odleželá a chemicky uvolněná směs je prohřáta a zhomogenizována na dvou válci. Odtud je přenesena ke čtyřválci, kde je dána mezi první a druhý válec. Mezerou mezi

válci je zajištěna její potřebná tloušťka. Následně folie prochází mezerami mezi druhým a třetím válcem a třetím a čtvrtým válcem. Tím je zaručena požadovaná tloušťka. Na válcích je zkrajována noži na požadovanou šíři a odřezávané kraje jsou vráceny zpět do návalku mezi prvním a druhým válcem. Pote dochází k odtahu, chlazení, kontrole tloušťky a nabalování do látkového zábalu nebo PE folie, která zajišťuje separaci navinuté neztvrdělé folie. Pokud je třeba zajistit plynovou neprůchodnost folie po vulkanizaci, ale před vulkanizací bude ještě namáhána, lze provést dublování folií při tažení na čtyřválnicích. Zhomogenizovaná směs z dvouválců se rozdělí na dvě poloviny. První část je vložena mezi první a druhý válec, druhá polovina mezi třetí a čtvrtý válec. Takto vzniklé folie se v prostřední mezeře mezi druhým a třetím válcem spojují. Sice každá jedna folie má horší kvalitu, než pokud by byla tažena přes tři mezery, ale jejich zdublováním je docíleno, že případná nekvalita v určitém místě jedné folie je podržena folií druhou.

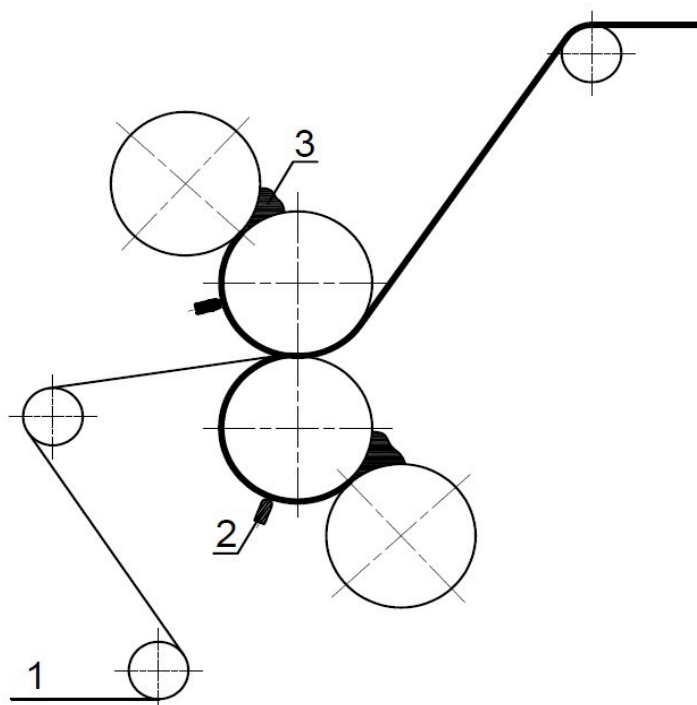
### 2.1.2 Hadice

Polotovary pro hadice či rukávce jsou vyráběny převážně na vytlačovacích linkách. Do násypky jsou přiváděny pásy z čisté (bez vratného technologického odpadu), propasírované gumárenské směsi. Za pomoci šneku dochází k jejich plastikaci, zahřívání a kompresi. Takto zpracovaná směs prochází přes lamač, který zvyšuje tlak a usměrňuje proud směsi, skrz kalibr ve vytlačovací hlavě. Lamačem je přiváděn do středu kalibru stlačený vzduch se separátorem, aby se čerstvě vytlačené hadice neslepily. Vytlačené hadice jsou odváděny dopravníkovým pásem, kde jsou ochlazeny, čímž se stabilizují jejich rozměry. Poté se řezou dle požadovaných délek. Obsluha vytlačovacího zařízení není náročná, ale protože tloušťku a průměr (plochou šíří) hadice ovlivňuje kromě průměru kalibru i velikost mezery kalibru, rychlost otáček šneku, rychlost odtahu dopravníku a jejich vzájemná kombinace, ovlivňuje rychlost seřízení stroje především zkušenosti obsluhy.

### 2.1.3 Pogumovaný textil

Pogumováním kordu se rozumí nanášení tenké vrstvy gumárenské směsi (od 0,1 mm až po jednotky mm) na tkaný či netkaný textil. Cílem pogumování je v ideálním případě, aby veškeré prameny a vlákna textilu byla obalena gumárenskou směsí, která později bude tvořit matici. Jednotlivé prameny jsou tak vůči sobě navzájem zajištěny v daných pozicích, při dalším zpracování pogumovaného textilu je zabráněno klouzáni jednotlivých vrs-

teví po sobě a také je zajištěno dobré spojení s dalšími vrstvami výsledného kompozitu. Na počátku linky na pogumování textilu se impregnovaný textil vloží do odvíjecího zařízení. Impregnace zajišťuje lepší přilnutí gumárenské směsi ke tkanině. Hydrofilní textil, jakými jsou viskóza a polyamid je nutné před samotným pogumováním sušit na víceválcové lince, kde válce jsou vyhřívány párou tak, aby vysušený textil obsahoval maximálně 2% vlhkosti. Poté je spojovacím mostem spojen s předchozím textilem, kdy je mezi zavedený a zaváděný textil vložena gumová folie a ta je při teplotě 180°C zvulkanizována. Dále prochází zásobníkem textilu, který zajišťuje kontinuální proces pogumování i při zavádění nových válců s textilem. Tažnými a středícími válci je tkanina přiváděna do prostřední mezery válcové linky, kde je na ní z obou stran nanášena a vtlačena vrstva gumárenské směsi. Tloušťka vrchní vrstvy je určena mezerou mezi prvním a druhým válcem, spodní vrstvy mezerou mezi třetím a čtvrtým válcem. Přecházející gumárenská směs po stranách textilu je ořezávána a vracena zpět do návalků na první a třetí mezeře. Následuje kontrola tloušťky pogumovaného textilu, chlazení, zásobník pogumovaného textilu zajišťující kontinuální proces i při sundávání hotového nabaleného PGT a nabalování pogumovaného textilu do zábalové tkaniny sloužící jako separační vrstva. Pogumování je možné provádět také na tříválcí, kdy se nejprve pogumuje jedna strana a na druhé gumování druhá strana. Při tomto postupu je kord více namáhán a je mnohem méně produktivní než pogumování na čtyřválcí, proto se nepoužívá.



Obr. 9. Princip pogumování tkaniny na čtyřválci. 1-pogumovávaná tkanina, 2-snímač tloušťky nánosů, 3-návalek

## 2.2 Vlnovce vzduchového pružení

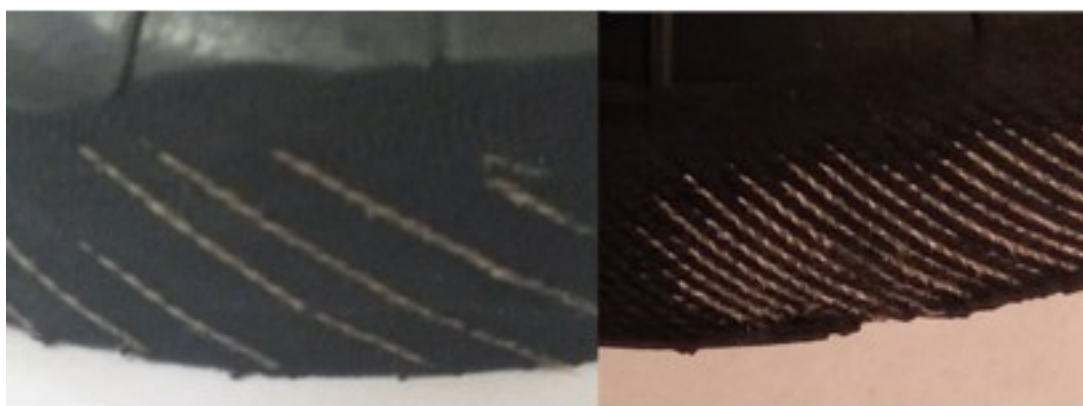
Vlnovce vzduchového pružení se používají jako pružiny v nejrozličnějších průmyslových aplikacích, kde se využívá jejich největší výhody, kterou je možnost měnit charakter pružiny změnou vnitřního tlaku. Toho lze využít u technických aplikacích jako například u zvedacích plošin, přítlačných prvků válců papírenských strojů, autozvedáků, prvků pro ovládání čelistí brzd a spojek. Využití mají také v automobilovém průmyslu, kde zajišťují konstantní světlou výšku automobilu při rozličném zatížení, nebo zvednutí celé nápravy pro snížení valivého odporu a snížení opotřebování pláště kol. Nevýhodou je nutnost ovládacího systému a větší náchylnost k poškození oproti ostatním okolním komponentům.





Obr. 10. Řez vlnovcem vzduchového pružení

Vlnovce vzduchového pružení lze používat od teplot  $-50^{\circ}\text{C}$  po  $+115^{\circ}\text{C}$ . Pro provozní teploty od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $+70^{\circ}\text{C}$  se jako matrice používá butadien-styrenové směsi (SBR), pro teploty do  $+90^{\circ}\text{C}$  chlorizobutylenizopren kaučuk (CIIR). Pro teploty do  $+115^{\circ}\text{C}$  se používají epichlorhydrinové kaučuky (ECO) společně s upravenou vnitřní strukturou výztužných kordů. Jako výztužné materiály se volí kordy z viskózy, polyesteru či polyamidu 6 a 66. Volba kordového materiálu závisí na požadované pevnosti, maximální výšce vlnovce a dalších.



Obr. 11. Hustota výztužné kordové tkaniny u stejného výrobku od různých výrobců



Obr. 12. Odpružení kol vozidel Tatra (vlevo) , brzda válce (vpravo) [4]

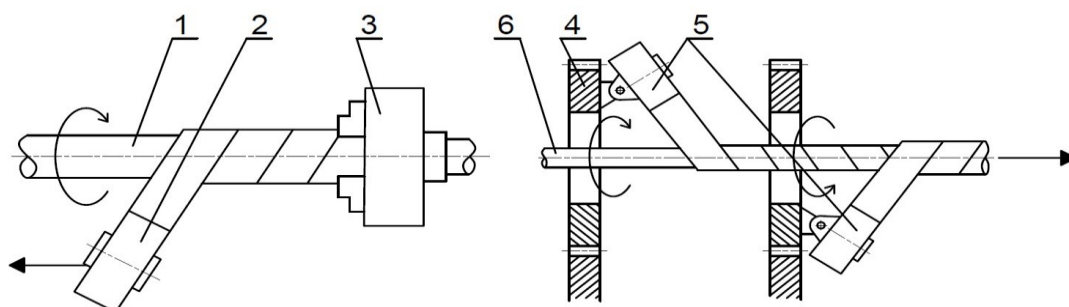
### 2.3 Hadice

Hadice s vnitřní výztužnou vrstvou se nejčastěji používají v pneumatických a hydraulických systémech či k čerpání agresivních látek. Z toho vyplývá potřeba jejich vlastností, kterými jsou tekutinová nepropustnost, mrazuvzdornost, otěruvzdornost, v případě použití v potravinářském průmyslu i zdravotní nezávadnost. Také odolnost proti hydroxidům, kyselinám, organickým i neorganickým sloučeninám, rozpouštědlům, barvám a dalším dle druhu dopravovaného media. Běžné vysokotlaké hadice se užívají při teplotách od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $+180^{\circ}\text{C}$  a pracovních tlaků do 42MPa

Technologii výroby hadic lze rozdělit na výrobu trnovou s pevnými či ohebnými trny a na výrobu beztrnovou. Tento proces může být kontinuální i diskontinuální. Dílčí operace a mezioperace mohou mít různou podobu dle typu a průměru hadic, dle velikosti výrobních sérií, dle výrobce a další. Základní prvky výroby jsou vždy obdobné

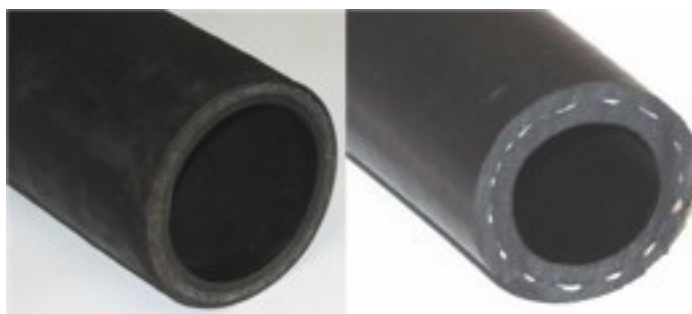
- ⑩ výroba vnitřní duše vytlačováním
- ⑩ ukládání tlakové kostry
- ⑩ ukládání obalu - nejčastěji extruzí
- ⑩ vulkanizace
- ⑩ konečné úpravy
- ⑩ kontrola, zkoušení

Ukládání tlakové kostry se provádí na ovinovacích nebo oplétacích strojích. U ovinovacího stroje se na trn navlékne duše hadice a kolem ní se pod daným úhlem ovijí bez překryvu (na tupo) textilní pásek. Pásky jsou vždy v páru a křížem. Tedy jeden z pásků tvoří levotočivou a druhý pravotočivou šroubovici. Ovinovací stroje mohou být s otočným trnem, nebo s pevným trnem a rotačním ovinovacím systémem.



Obr. 13. Ovinovací stroj s rotujícím trnem (vlevo), s pevným trnem (vpravo). 1 - rotující trn, 2 - cívka s textilem, 3 - sklíčidlo, 4 - ozubené kolo, 5 - rotující cívky, 6 - pevný trn [3]

U oplétacího stroje se kostra vytváří oplétáním jednotlivých nití popřípadě drátů. Oproti ovinování jsou tyto nitě mezi sebou provázány. Oplétací stroje se užívají v provedení jak horizontálním, tak vertikálním.



Obr. 14. Řez hadicí s kostrou vyrobenou ovinováním (vlevo) a oplétáním (vpravo) [5];[6]

## 2.4 Dopravníkové pásy

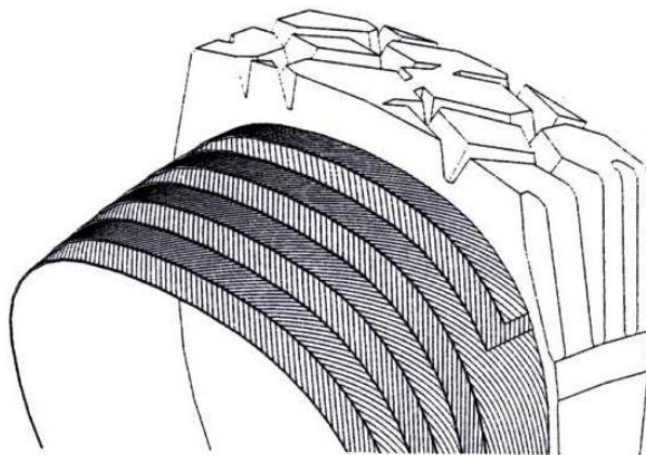
Pásové dopravníky jsou konstrukčně jednoduché celky mající dlouhou životnost s možností nepřetržitého provozu. To z nich činí nejproduktivnější a nejekologičtější dopravní prostředky sypkého i kusového materiálu ve vodorovném i šikmém směru a to na krátké i dlouhé vzdálenosti. Jejich využití je především pro přesun velkého objemu materiálů v dolech, tepelných elektrárnách, zemědělství, chemickém a potravinářském průmyslu

.Ve velkých povrchových dolech mohou být celé soustavy pásových dopravníků a tvořit tak stovky metrů dlouhé dopravní cesty. Nejnamáhanější součástí pásového dopravníku je dopravní pás. Jedná se o uzavřený prvek jež obíhá okolo hnacího a vratného bubnu a je podepírán válečkovými stolicemi.

## 2.5 *Pneumatiky*

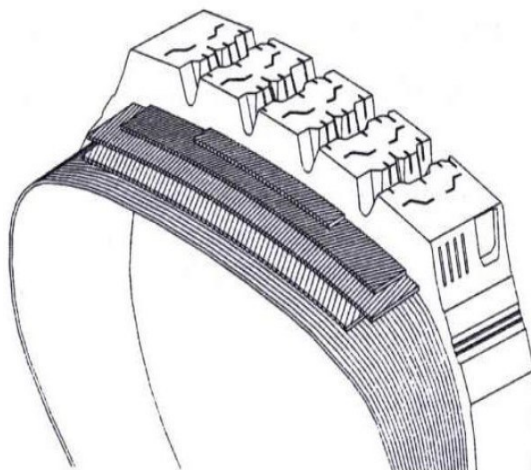
Pneumatika je plynem plněná pružná součást kol většiny dopravních prostředků mající tvar toroidu. Ve vysoce namáhaných aplikacích jako jsou letadla, závodní vozy, těžké stavební a těžební stroje může být plněna dusíkem, který díky své molekulové velikosti uniká pomaleji než vzduch a při změnách teplot má nižší objemové změny. Pneumatika má nezapustitelný význam pro přenos sil mezi dopravním prostředkem a vozovkou. Je složena z pryže 80-85%, vláken 12-15% a oceli 2-3%. Konstrukce pneumatiky ovlivňuje komfort, jízdní vlastnosti a bezpečnost jízdy. Dle způsobu konstrukce lze rozdělit pláště pneumatik na diagonální, radiální a pláště smíšené konstrukce.

Pneumatiky **diagonální konstrukce** pneumatiky se poprvé objevila okolo roku 1898. Oproti radiální konstrukci má nižší náklady na výrobu, vyšší pevnost a stabilitu, samočistící schopnost, vyšší odolnost bočnice proti průrazu, poddajnější běhounovou část a z toho vyplývající vyšší valivý odpor a tedy i vyšší opotřebení a spotřebu při jízdě na tvrdém povrchu. Je použitelná pro nižší rychlosti. Diagonální pneumatiky jsou značeny rozměry v palcích, kdy první označuje šíři pneumatiky a druhé udává průměr ráfku. Například 10-12,5. První číslice označuje Ačkoliv jsou pláště s diagonální konstrukcí na ústupu, stále se pro své vlastnosti používají v zemědělské a těžké technice. Kostru diagonální pneumatiky tvoří kordové vložky řezány pod úhlem 50° - 70° a střídavě pokládány na sebe tak, aby ke každému kordu byl do páru druhý, který je položen osnovou do kříže.



Obr. 15. Konstrukce diagonální pneumatiky [3]

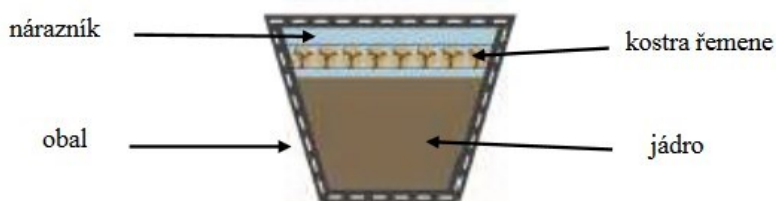
Pneumatiky **radiální konstrukce** se začínají vyrábět okolo roku 1946, jako reakce na zvyšující se požadavky na pneumatiky a cestovní komfort. Oproti pláštům s diagonální konstrukcí mají větší množství kordových vložek v nárazníku čímž je nárazník tužší, má větší styčnou plochu a tedy lepší záběr, až o 20% menší prokluz a nižší brzdovou dráhu. Jelikož v radiální konstrukci pneumatiky nedochází ke vzniku střihových sil, je možné v kostře pláště volit nižší počet kordových vložek. Díky nižšímu počtu kordových vrstev v bocích pneumatiky, jsou boky pružnější, poskytují větší jízdní komfort, ale také jsou náchylnější k průrazu. Radiální pneumatiky jsou dražší než pneumatiky diagonální konstrukce. Kostra pláště je z kordů řezaných pod úhlem  $90^\circ$ . V běhounové části je vyztužena kordovými pásy řezanými pod úhlem  $18^\circ - 20^\circ$ , které pohlcují namáhání v obvodovém směru. Pro vyztužení patky a jejího okolí se k patnímu lanu přidává výztuha z ocelového kordu. Dle druhu výztuže lze rozeznat 3 druhy radiálních plášťů. A to celotextilní, celooceľové a kombinované.



Obr. 16. Konstrukce radiální pneumatiky [3]

## 2.6 Klínové řemeny

Řemeny se používají k přenosu výkonu a změnu otáček z hnací na hnanou řemenici, což je většinou mezi motorem a převodovkou. Řemeny snižují hlučnost a tlumí rázy, čímž prodlužují životnost celé sestavy. Jsou bezúdržbové, snadno vyměnitelné. První klínové řemeny se objevily roku 1917, kdy bylo zapotřebí zvýšit spolehlivost dosud používaných plochých a kulatých řemenů v rychle se rozvíjejícím automobilovém průmyslu. Také přenáší větší síly a lze je zabudovat do menšího prostoru, mohou být v sadě. Dle způsobu výroby lze klínové řemeny rozdělit na dva základní způsoby. Obalované klínové řemeny a řezané klínové řemeny.



Obr. 17. Průřez klínovým řemene [7]

**Obalované klínové řemeny** mohou být jednoduché, násobné, s úzkým průřezem a další. Základ jejich výroby je však vždy stejný. Na vrstvu pryžové, nárazníkové folie širokou z 50 - 70cm je namotán provazec nebo položen kord, který má v řemenu funkci tahového členu. Na tuto vrstvu je položena další, slabší vrstva nárazníkové folie a jádrová vrstva s již vytvarovanými klíny. Takto připravený rukávec se dále podélně rozřeže mezi klíny jader na jednotlivé prameny. Poté jsou tyto prameny obalovány pogumovaným textilem řezaným

pod úhlem 45°. Obalování neprobíhá jako u hadic. Textil v předepsané šíři je podélně přikládán k řemenu a poté je zavalován okolo řemene. Dále probíhá lisování, při kterém jsou řemeny značeny logem výrobce a svými rozměry.



Obr. 18. Průřez obalovaným klínovým řemenem, s provazci a jedním obalem (vlevo), s kordem a dvěma obaly (vpravo) [7]

**Řezané klínové řemeny** umožňují oproti obalovaným klínovým řemenům použití vyšších výkonů a otáček s nižšími ztrátami, mají násobně vyšší životnost a lze použít řemenic s menším průměrem. Obalovaný klínový řemen celým procesem prochází "naruby" oproti své pracovní poloze. Na konfekční buben se položí kordová nebo séglová vrstva. Na ní je dána vrstva nárazníkové pryže, jsou namotány provazce nebo kord, další vrstva nárazníkové pryže a nakonec vrstva jádra, která však nemá vytvarované klíny. Takto připravený rukávec dlouhý 1,4m je vulkanizován včetně konfekčního bubnu v autoklávu. Poté je z bubnu sundán. Následuje jeho 24 hodinové odležení a stabilizace rozměru. Poté je rukávec rozřezán na jednotlivé řemeny. Mohou následovat další operace jakými jsou broušení pro zvýšení přesnosti rozměru, řezání příčných zubů pro odlehčení a pro ploché ozubené klínové řemeny nebo podélných drážek pro drážkované řemeny.



Obr. 19. Řezané klínové řemeny. Odlehčený (vlevo), drážkovaný (vpravo) [7]

## 2.7 Textilní výztužné materiály

Vláknité výztužné materiály jsou hlavním určujícím faktorem zajišťující vlastnosti jako životnost, nosnost, odolnost proti cyklickému namáhání a další, dle daného výrobku žádané specifické vlastnosti. Hlavními požadavky jsou vysoká pevnost, odolnost proti navlhání, rozměrová stabilita, dobré technologické zpracování, vysoký dynamický modul, odolnost proti zvýšeným teplotám a ekonomické hledisko. Výztužná vlákna pro gumárenský průmysl jsou především viskóza, polyamid (PA 6 a PA66), polyester a ocelová vlákna. Výztužné materiály společně s pryžotextilními kompozitními výrobky se postupně vyvíjí tak, jak se vylepšují aplikace, v kterých jsou užity. Po roce 1940 začala bavlnu velice rychle nahrazovat viskózová vlákna. V roce 1947 se poprvé objevují pneumatiky s polyamidovým kordem. Objem viskózového kordu se pozvolna snižoval do roku 1962, kdy firma Goodyear uvedla na trh pneumatiku s polyesterovým kordem. Poté se poměr objemu viskózy v pneumatikách rychle snižoval na současných 6%.

### 2.7.1 Názvosloví

Gumárenský průmysl převzal pro tkaniny, kordy a další z textilního průmyslu.

**Vlákn** - látkově stejnorodá délková textilie, jejíž tloušťka nepřekračuje 0,1 mm

**Nit** - pod pojmem nit je zahrnuta příze, hedvábí a další délkové textilie. Jde pouze označení pro vnější tvar výrobku, bez rozlišení jeho vnitřního uspořádání

**Příze** - délková textilie ze spřadatelných vláken zpevněná zákrutem. Při přetržení příze dochází i k přetržení vláken

**Hedvábí** - délková textilie složená z jednoho nebo více nekonečných vláken

**Útek** - tenká příze či hedvábí o velmi řídké dostavě (0,7 - 2 cm). Je napříč kordovými nitěmi, které drží pospolu při přípravných pracích (impregnace, sušení, vstup do pogumovacího čtyřválce). Při výrobě konfekce musí být snadno přetrhnutelná.

**Kordová nit (provazec)** - hrubá skaná nit z více přízí nebo pramenců. Má vyšší počet zákrutů

**Kordová tkanina (kord)** - tkanina tvořena v podélném směru kordovými nitěmi.

**Dostava kordové tkaniny** - udává poměr osnovních nití celé šíře tkaniny ku počtu útkových nití na délce 10 cm. Například 184/10

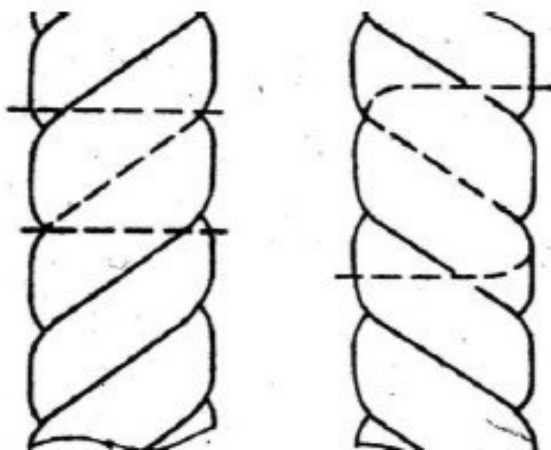
**Skání** - sružení a zkroucení několika přízí

**Titr** - délka příze o hmotnosti jednoho gramu



**Tex** - udává hmotnost jednoho kilometru příze, po přepočtu jednotek se tedy jedná o obrá-  
cenou hodnotu titru

**Zákrut** - způsob spřádání příze. Je určen svým počtem a směrem na jednotku délky. Zá-  
krut je důležitou vlastností příze. Se zvyšujícím se zákrutem klesá pevnost a modul, stoupá  
tažnost a zvyšuje se odolnost proti dynamickému namáhání



Obr. 20. Zákrut textilních vláken Z a S [3]

## 2.7.2 Vláknité tkaniny pro pogumování

**Bavlněná kordová tkanina** je posledním přírodním materiálem používaným jako výztuž-  
ný materiál v gumárenském průmyslu. Využívá se v méně náročných aplikacích. Napří-  
klad v membránách či hadicích. V pneumatikách byl nahrazen vhodnějšími materiály. Je  
levná, pevná houževnatá a má vysokou adhezi ke kaučukovým směsí. Její nevýhody jsou  
velká tažnost a tloušťka příze.

**Aramid** byl objeven roku 1961 a jeho název je odvoze od slov **aromatický polyamid**.  
Aramidy lze rozdělit na meta-aramidy a para-aramidy. Jako výztužný materiál v gumáren-  
ském průmyslu se používá převážně para-aramid. Pro para-aramid se vžil obchodní název  
firmy DuPont, která ho v roce 1965 vynalezla - kevlar. Kevlar má vysokou absorpci rázové  
energie, ale je až 4x dražší než polyamid. Proto se používá jako nárazník a kostra jen u  
drahých pneumatik a plášťů, nebo pneumatik, na které jsou kladeny vysoké nároky - letec-  
tví, formule 1. Již nízké množství kevlaru vysoce zvyšuje odolnost proti průrazu. Kevlar  
má vysokou pevnost v tahu a vysoký modul pružnosti, proto se kevlarová vlákna užívají ve  
výrobě dopravníkových pásů a klínových řemenů. Nevýhody kevlaru jsou jeho cena a níz-

ká únavová odolnost v tlaku.

**Viskózová kordová tkanina** se v pneumatikách používá jako nárazníkový a karkasový kord. Viskózová vlákna jsou výrobky z regenerované celulózy z buku, smrku nebo eukalyptu, kdy na 1 kg viskózy připadají 3 kg dřeva. Jejich výroba je náročná jak mechanicky, tak chemicky, z čehož vyplývá jejich vyšší cena oproti PA nebo PES a vysoká ekologická zátěž. Vlákna jsou hladká a jemná, kord rovnoměrně roznáší napětí a snižuje tak možnost separací. Viskózový kord je odolný proti teplotě a i za vyšších teplot je stálý. Proto se používá v pneumatikách s vysokým rychlostním indexem. Jeho nevýhody jsou malé protažení, pokles pevnosti, špatná adheze pryže ke kordu a navlhavost až 27%.

**Polyesterová kordová tkanina** je syntetický termoplastický materiál. Polyesterová vlákna jsou vyráběna polykondenzací dimethyltereftalátu a glykolu za vzniku polyethyltereftalátu (PET). Polyesterové vlákno lze vyrábět přímo z polyethyltereftalátu zvlákňováním, nebo ho jako granulát převézt k zákazníkovi, který si zvlákňování provede sám. Kordové a technické polyesterové hedvábí se vyrábí v různých délkových hmotnostech. Pevnost lze zvýšit zvýšenou orientací molekul. Kord má vysokou pevnost, malou tažnost, nízkou nasákovost, vysokou odolnost na otěr, vysoký modul a nízké protažení. Deformace pneumatik je tedy nižší, zvyšuje životnost běhounu a zlepšuje ovladatelnost.

**Polyamidová kordová tkanina** je syntetický termoplastický materiál. Polyamidových vláken je vyvinuto více než třicet druhů. V gumárenském průmyslu se používají především polyamid 66 (PA 66) vynalezený v roce 1928 v USA a polyamid 6 (PA 6), který se začal vyrábět v Německu kolem roku 1940. Z celkového množství polyamidových kordů v pneumatikách je PA 66 zastoupen 60% a PA 6 40%. PA 6 má lepší adhezi k pryži, ale nižší teplotu tání. Oproti viskóze mají pneumatiky z polyamidu delší životnost. Zvyšováním molekulové hmotnosti se zvyšuje pevnost polyamidových kordů. Polyamidové kordy mají vysokou pevnost a odolnost proti dynamické únavě. Oproti tomu mají špatnou odolnost proti vyšší teplotě a vyšší cenu než polyesterové kordy. Nejčastější užití polyamidových kordů v pneumatikách je pro nákladní a autobusovou dopravu a v letectví.

Tab. 1. Vlastnosti nejpoužívanějších vláken [8]

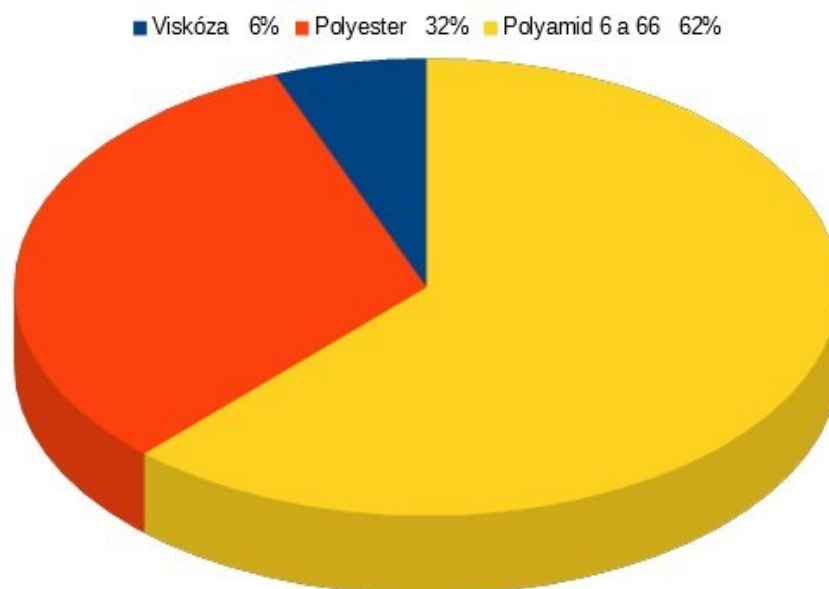
	<i>Viskózové vlákno</i>	<i>Polyesterové vlákno</i>	<i>PA 6 vlákno</i>	<i>PA 66 vlákno</i>

	<i>Viskózové vlákno</i>	<i>Polyesterové vlákno</i>	<i>PA 6 vlákno</i>	<i>PA 66 vlákno</i>
Pevnost	4,5 cN/dtex	7,5 cN/dtex	8,5 cN/dtex	8,6 cN/dtex
Relativní pevnost	65 - 75 %	100%	85 - 90%	85 - 90%
Tažnost za sucha	12 - 16%	8 - 15%	15 - 20%	15 - 20%
Bod tání	107 - 205°C hnědnou a rozkládají se	248 - 256 °C	215 - 218 °C	245°C
Stálost za horka	Při 150°C ztrácí pevnost	Dlouhodobě 150°C	Žloutne při 150°C	Žloutne při 150°C
Relativní cena (rok 2006)	100%	60%	70%	80%

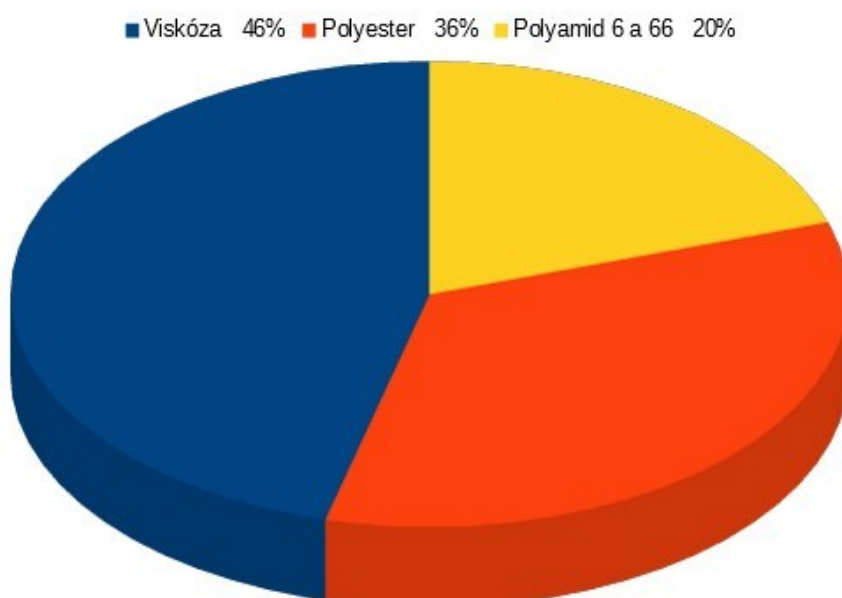
**Segl** je pevná bavlněná tkanina plátňové vazby, utkaná z hrubších skaných přízí. Vyrábí se z čisté bavlny nebo v kombinaci s viskózou, polyesterem či polyamidem. Seglové tkaniny se vyrábí s různou dostavou, úpravou či číslem přízí. Segl musí být pevný, lehký, musí mít malé protažení, měkký a tenký, aby dobře kopíroval povrch, na který je pokládán při konfekcionování. Proto se segl většinou nepogumovává jako kordy, ale frikcionuje na tříválcí. Při frikcionování se nenanáší tenká vrstva gumárenské směsi, ale do textilu se vtírá minimální množství pryže. Ségl se používá jako krycí, ochranná vrstva. Například k ochraně kordů v patce od poškození od kovového ráfku, výztuž ventilků automobilových duší nebo obal obalovaných klínových řemenů.

**Molino** je tkanina podobná jako ségl. Je z jemných jednoduchých přízí v osnově i v útku. Používá se na obalování pogumovaných lan pro zvýšení lepivosti k ostatním částem konfekce. Také se užívá jako ochrana kordů některých druhů vlnovců před zaskřípnutím při vkládání do formy při lisování.

Největší objem technických vláken v pneumatikách jsou viskóza, polyester a polyamid. V roce 2005 bylo celosvětově v pneumatikách spotřebováno přes 1 milion tun těchto vláken.



Obr. 21. Hmotnostní poměr spotřeby technických vláken v pneumatikách (rok 2005) [8]



Obr. 22. Hmotnostní poměr spotřeby technických vláken ve vlnvcích Trelleborg Bohemia a.s. (rok 2017)

### 2.7.3 Adhezivní systémy

Styk kordu, provazce či jiné tkaniny používané v gumárenských kompozitech je extrémně namáhané místo. Stýká se zde relativně pevný a málo tažný kord s pryží o nízké pevnosti, ale extrémní tažností. Je třeba zajistit pevné spojení mezi těmito dvěma materiály s velmi protichůdnými vlastnostmi. Proto jsou již v kordárně při výrobě vláken a nití tyto impregnovány aktivní adhezivní vrstvou. Tato adhezivní vrstva nesmí degradovat vlákna ani pryž. Jelikož při jejím následném zpracování bude procházet tepelným zpracováním, musí být tepelně stálá, své adhezivní vlastnosti musí mít k široké škále kaučuků, musí být odolná k cyklickému a často i stochastickému namáhání. Po impregnaci kordy prochází sušením a důkladným zabalením, aby bylo zabráněno nadbytečnému navlhání a případné kontaminaci impregnované tkaniny nečistotami.



*Obr. 23. Zabalené kordové tkaniny*

### 3 TECHNOLOGIE VÝROBY

Jak bylo uvedeno v kap. 2.1 výroba kompozitních výrobků probíhá v základních krocích: výroba polotovaru, výroba konfekčních dílů, konfekce surového výrobku, vulkanizace, opracování a kontrola výrobku.

#### 3.1 Příprava pro konfekcionování

Nejprve je potřeba připravit z polotovarů konfekční díly v požadovaných rozměrech a požadovaném směru výztužných materiálů.

##### 3.1.1 Příprava pryžových polotovarů

Do prostoru přípravy se z válcovny navozí polotovary ve formě pryžových folií různých šíří a tloušťek a směs gumárenskou směs dodanou v páskách, která je určena do vytlačovacího stroje. V průběhu navážení dochází ke vstupní kontrole, kdy se dle daného pracovního postupu kontroluje šíře a tloušťka dodaných folií. Folie z gumárenské směsi jsou dodávány v roličkách, proložené PE folií, která působí jako separační vrstva. Poté pracovníci přípravy sekají folie z určené směsi, šíře a tloušťky na požadované délky. Jádra jsou sekána na stroji, na kterém lze nastavit délku kroku automatického posunu. Pro vlnovce, jenž mají vnitřní folii bez spoje, se na vytlačovacím stroji vytlačují z pásků rukávce potřebných šíří, tloušťek a délek. Pro jasnou identifikaci jednotlivých polotovarů jsou označeny průvodkami.

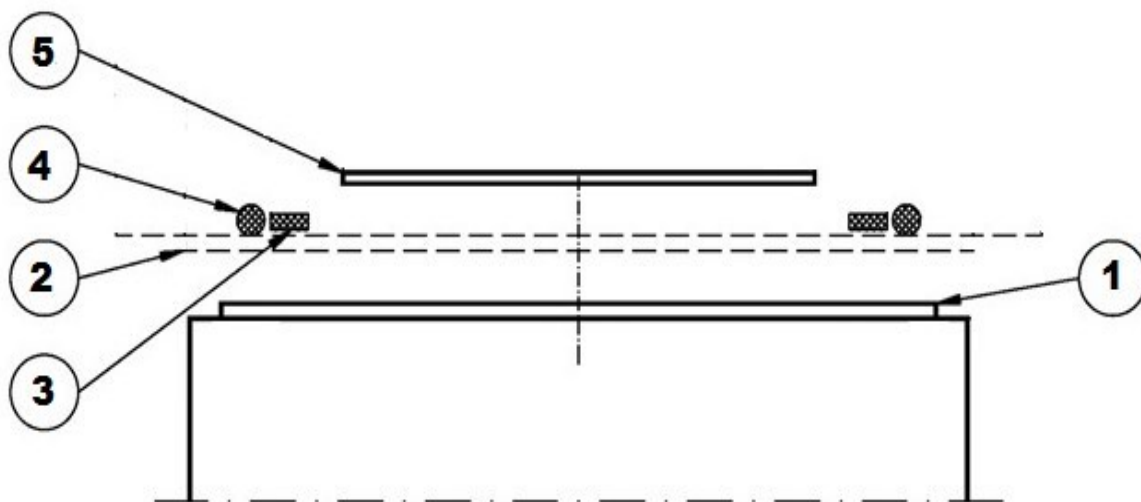
##### 3.1.2 Příprava pogumovaného textilu

Dodané pogumované kordy jsou uskladněny u kráječky kordu. Po doručení zkušebních protokolů ze zkušebny, kde je zkontrolována tloušťka, plošná hmotnost, vlhkost kordu před pogumováním popřípadě další důležité vlastnosti uvedené v dokumentačním listě daného pogumovaného kordu, jsou tyto pogumované kordy uvolněny do výroby. Pracovníci kráječky kordů dle denního plánu krájí požadovaný druh pogumovaného textilu na určené šíře v daných úhlech. Úhel krájení se pohybuje v rozmezí 55° - 70° a šíře od 70mm - 900mm. Jednotlivé řezy jsou nabalovány a spojovány do bavlněného zábalu, který slouží jako separační vrstva. Jednotlivé zábaly jsou označeny průvodkami. Protože je velké

množství kombinací druh kordu, šíře a úhel, pro usnadnění orientaci na pracovišti konfekce, se každý druh kordu označuje jinou, v pracovním postupu určenou, barvou.

### 3.2 Konfekcionování

Účelem konfekcionování je navrstvit připravenou konfekci dle konfekčního předpisu. Obvykle na konfekčním stole, konfekčním trnu, konfekčním bubnu. Montáž, konfekcionování se provádí od vnitřní vrstvy k horní, obvykle krycí vrstvě.



Obr. 24. Schéma kladení vrstev vzduchové pružiny.

- 1) Vnitřní fólie - zajišťuje ochranu proti vniknutí tlakového vzduchu do pogumovaného textilu, roztrhání útku, roztažení osnovy a jeho průchodu skrz vlnovec.
- 2) Vložky pogumovaného textilu - tvoří nosnou konstrukci vlnovce. Pro různé rozměry vzduchové pružiny se krájí v různých úhlech, vždy jsou ve vlnovci v páru, aby osnova byla křížem a nedošlo jejímu rozjetí.
- 3) Opěrné pásky - zajišťují přesné umístění patního kroužku při výrobě konfekce.
- 4) Patní kroužek - vyplňuje a zpevňuje patku vzduchové pružiny, za kterou je poté uchycen upínacím kruhem a víkem.
- 5) Vrchní fólie - chrání pogumovaný textil před poškozením vnějšími vlivy, jako například mechanickým poškozením, ozonem, oleji a jinými

Kolem konfekčního trnu se nejprve položí spodní fólie a spoj se řádně spojí válečkem. V případě použití rukávce místo folie, se tento navlékne na konfekční trn a podle nastaveného laserového paprsku se ostříhne na požadovanou šíři. Na takto položenou vrstvu se

položí křížem dva pogumované kordy na sebe. U každého kordu se provede spoj na šíři cca 3 nití. Od středu k okraji se postupně válečkem při rotaci konfekčního bubnu zaválcuje případný uzavřený vzduch a jednotlivé vrstvy k sobě přilnou. Pomocí nastavených rolen se navedou opěrné pásy. K nim jsou dosazeny podvulkanizované gumové kroužky, kolem kterých se ohrnou volné okraje pogumovaných kordů. U takto ohrnutý okrajů kolem patky se opět provede vyválcování vzduchu a spojení jednotlivých vrstev. Jako poslední vrstva se položí vrchní folie. řádně se zaválcuje spoj a opět od středu provede zaválcování všeho vzduchu a spojení poslední folie s kordy. Nakonec se vnější povrch konfekce natře konfekčním roztokem a po jeho zaschnutí se konfekce opráší v brusném prachu. Brusný prach je na jemno rozdrčená a rozemletá zvulkanizovaná guma, díky níž se povrch konfekce při vkládání do vyhřáté formy lisu na ni nepřichytí a následně po uzavření formy může dojít k odvzdušnění styčné plochy konfekce a formy.



*Obr. 25. Konfekce na konfekčním trnu. Na levé straně neotočený pogumovaný kord kolem patky, vpravo otočený a vyválcovaný pogumovaný kord kolem patky.*

### **3.3 Lisování**

Před samotným lisováním je třeba konfekci ve tvaru dutého válce vytvarovat do požadovaného tvaru. Toto se děje v bombírovacím stroji. Polotovarů vzduchové pružiny se v něm zafixuje spodní a horní hrdlo, pokud se jedná o vzduchovou pružinu se dvěma či třemi vlnami, zajistí se taktéž v každém zaškrcení vln. Takto zafixovaná konfekce se pomalu zmáčkne zhruba na jednu třetinu až jednu polovinu své původní výšky. V průběhu mačkání konfekce je do její vnitřní dutiny vháněn vzduch, aby nedošlo ke zborcení stěny dovnitř konfekce, ale k jejímu vyboulení ven.





Obr. 26. Bombírování konfekce vzduchové pružiny

Takto připravená konfekce se vloží do předem přehřáté formy. Vulkanizace probíhá při teplotě 178°C po dobu 15 až 26 minut v závislosti na velikosti a materiálu konfekce. Formy jsou vyhřívány párou přes stěnu právě vulkanizované vzduchové pružiny. Tlak páry na vnitřní stěnu vlnovce zároveň zajišťuje jeho přesné vytvarování podle tvaru formy. Po vyjmutí z formy, jeho prvotní zevrubné kontrole a po vychladnutí následuje opracování.



Obr. 27. Pohled do otevřené formy

### 3.4 Opracování a kontrola

Každý výlisek je opracován a zkontrolován. To znamená odtržení konstrukčních přetoků a

ostříhání případných přetoků v dělicí rovině. Zároveň s tímto je každý výlisek vizuálně kontrolován.

*Tab. 2. Nejčastější vady výlisku a jejich příčiny*

<i>Vada</i>	<i>Příčina</i>
separace	špatné zaválcované vzduchů nedostatečné vyschnutí benzínového roztoku
stržená patka	špatné zalisování špatné bombírování
roztržené kordové vložky	ztenčení vnitřní folie natažení (změna úhlu) kordu při konfekcionování špatně spojený spoj vnitřní folie
nedotečený materiál na povrchu vlnovce	mnoho brusného prachu málo brusného prachu

### **3.5 Kompletace**

Každý vlnovec musí být před zástavbou opatřen dvěma upínacími kruhy, horním a spodním víkem a v případě více vln středním kruhem v každém zaškrvení. Zákazníkovy jsou vzduchové pružiny dodávány dle jeho objednávky buď jako holé vlnovce, polokomplety nebo komplety.



Obr. 28. Vzduchová pružina s kovovými díly ke kompletaci (vlevo), zkompletovaná vzduchová pružina (vpravo)

## 4 SHRnutí STUDIJNÍ ČÁSTI

V úvodu teoretické části bakalářské práce je definováno co je vulkanizovaná pryž a její objevení. Poté jsou vysvětleny dva extrémní případy chování materiálů, a to viskózní a elastické. Jejich rozdílné deformační chování při namáhání popsáno matematicky a pro názornou představu i reologickými modely pružiny a pístu. Na toto navazuje popis viskoelastického chování a dále dynamické chování viskoelastických materiálů, které je typické pro pryžové materiály. První část je zakončena výčtem vlastností pryže.

V druhé části se práce věnuje pryžotextilním kompozitům, definici kompozitního materiálu, výrobě nejpoužívanějších vstupních polotovarů pro jednotlivé pryžotextilní výrobky. Následuje výčet nejpoužívanějších pryžotextilních kompozitních výrobků, jejich uplatnění a výroba. Druhá část je zakončena výčtem druhů textilů a materiálů užívaných v pryžotextilních kompozitech. Jejich vlastnosti, užití a výhody či nevýhody.

V třetí části je popsána výroba vzduchové pružiny. Od přípravy vstupních polotovarů pro konfekcionování, výroby konfekce, lisování, opracování a případné kompletaci výrobků. Jelikož vzduchových pružin je velké množství, lišící se počtem vln, počtem kordových vložek, různých tvarů a průměrů, je konfekčně popsána základní konstrukce, z které lze různými modifikacemi odvodit různé varianty vzduchové pružiny.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI

Firma Trelleborg Bohemia disponuje širokou škálou vlnoveců vzduchového pružení, ze které si zákazník může vybrat. Pokud si zákazník nevybere ze sériově vyráběných a nabízených variant, je možné upravit (provést rekonstrukci či modifikaci) stávající vzduchovou pružinu, nebo vyvinout novou.

Jelikož poptávající zákazník je dlouholetý odběratel vzduchových pružin Trelleborg Bohemia, mimo jiné vzduchové pružiny s označením 170/2, a zná tak jejich chování a charakteristiky, může přesně specifikovat své požadavky. Poptává pro svého zákazníka obdobný výrobek se specifikacemi:

- ⑩ zástavbová výška kompletu 135mm
- ⑩ při výšce 135mm a vnitřním tlaku maximálně 0,6MPa nosnost 400kg
- ⑩ maximální průměr zástavbového prostoru 230 mm
- ⑩ vlnovec bude užíván pro eliminaci vibrací stroje
- ⑩ předpokládané odebírané množství 1000 kusů ročně

Cílem praktické části je navrhnout (provést rekonstrukci) vzduchové pružiny dle zadaných parametrů zákazníkem. Tyto parametry budou u navržené pružiny odzkoušeny jejím testováním.

## 6 NÁVRH ŘEŠENÍ

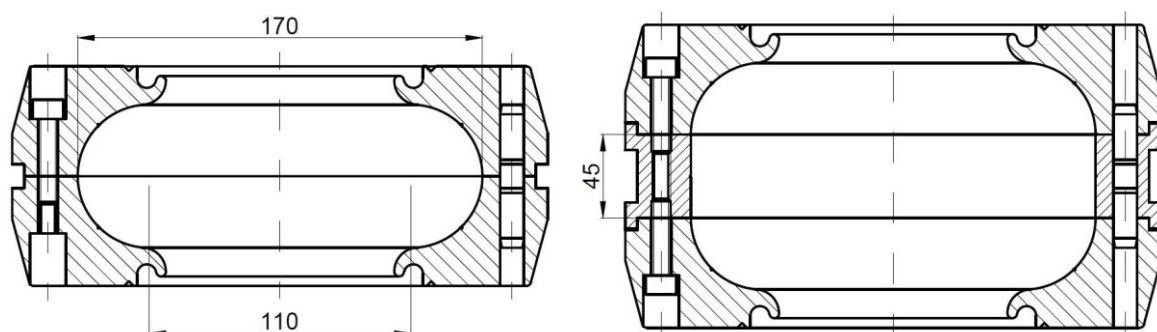
Z finančního hlediska nákladné výroby formy a k počtu odebraných kusů navrhuji provést úpravu (rekonstrukci) stávající pružiny vzduchového pružení 170/1. Základní rozměry a zátěžové charakteristiky vlnovců 170/1 a 170/2 jsou přílohami (P 1 až P 4).

### 6.1 Materiálové řešení

Z ekonomického důvodu při rekonstrukci vzduchové pružiny v prvním návrhu využiji stejné materiály jako jsou použity na výchozí vzduchovou pružinu. Vnitřní folie dublovaná ze směsi SBR č. 31471, vrchní folie jednoduchá ze směsi 31471. Výztužná kordová vlákna polyesterová.

### 6.2 Tvarové řešení

Konstrukční řešení bude vycházet z konstrukce vzduchové pružiny 170/1. Jak je zřejmé (P 1), její zástavbová výška je 90mm. Prodloužením střední části vlnovce o 45mm tak lze získat zástavbovou výšku 135mm. Do stávající rozebíratelné formy se vyrobí střední, prodlužující prstenec (Obr. 29). Pokud toto řešení bude úspěšné, nebude třeba investice do celé nové formy.

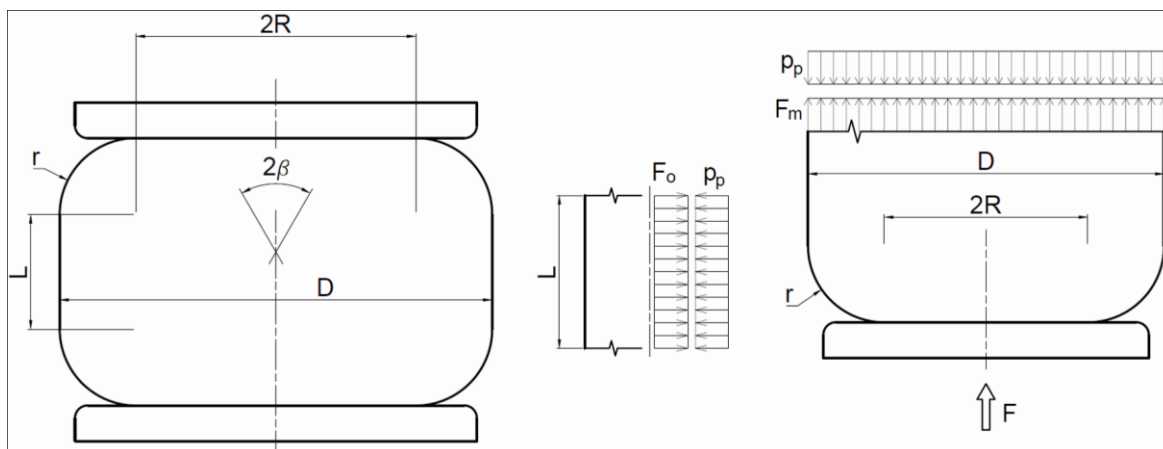


Obr. 29. Tvarové řešení, prodloužení, střední části formy

### 6.3 Výpočet neutrálního úhlu

Jelikož modul pružnosti pryže je mnohem menší než modul pružnosti výztužné pogumované tkaniny, lze pro zjednodušení předpokládat, že veškeré síly působící ve stěně vzduchové pružiny zachycují pouze tyto kordové nitě. Je třeba spočítat neutrální úhel  $\beta$  výztužného kordu, který zajistí rozměrovou stálost vlnovce při tlakovém namáhání. Jak je zřejmé

(Obr. 29), výliskem bude jednoplášťová vaková pružina.



Obr. 30. Jednoplášťová vaková pružina (vlevo), rozložení sil ve válcové části měchu (uprostřed a vpravo) [10]

$$\operatorname{tg} \beta = \pm \sqrt{\frac{F_0}{F_m}} \quad (25)$$

Střední válcovou část vlnovce uvažujme jako tenkostěnnou nádobu namáhanou vnitřním přetlakem  $p_p$ . Po dosazení do podmínek rovnováhy lze osovou sílu  $F_0$  zapsat ve tvaru

$$F_0 = \frac{p_p}{2} D \quad (26)$$

a meridiánovou sílu  $F_m$

$$F_m = \frac{p_p}{4} \left[ D - \frac{(2R)^2}{D} \right] \quad (27)$$

Dosazením (Rovnic 26 a 27) do rovnice 25 a úpravách se získá

$$\operatorname{tg} \beta = \pm \sqrt{\frac{2}{\frac{D^2 - (2R)^2}{D^2}}} \quad (28)$$

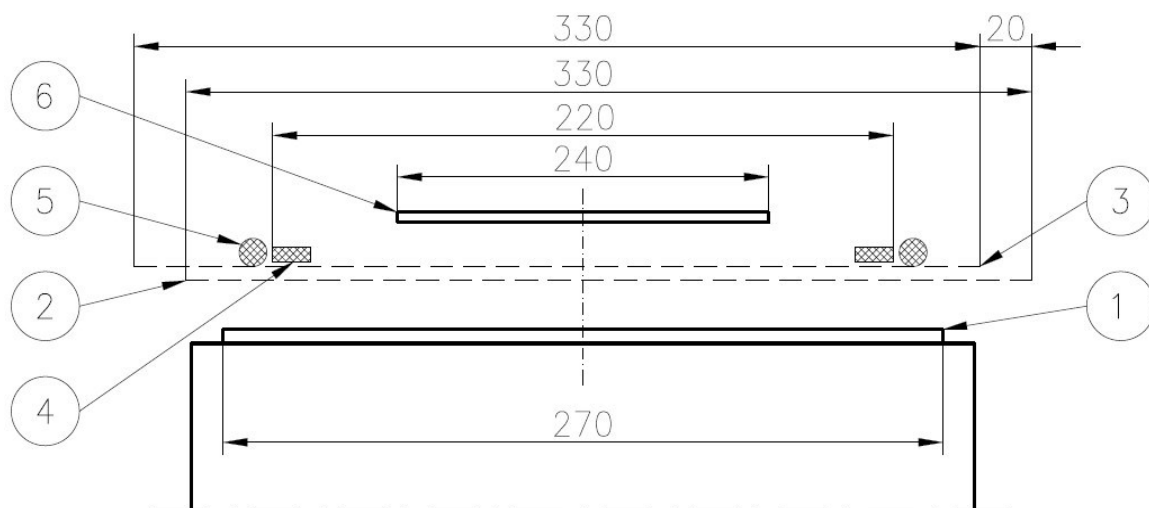
Po dosazení hodnot (Obr. 29) do rovnice 28 se získá



$$\operatorname{tg} \beta = \pm \sqrt{\frac{2}{\frac{D^2 - (2R)^2}{D^2}}} = \pm \sqrt{\frac{2}{\frac{0,17^2 - 0,11^2}{0,17^2}}} \Rightarrow \beta = 61^\circ 40' \quad (29)$$

#### 6.4 Návrh konstrukčního řešení konfekce

Pro konstrukční řešení vlnovce volím úhel polyesterového kordu  $62^\circ$ . Ačkoliv prodloužení formy je o 45mm, z důvodu smrštění pogumovaného kordu při vulkanizaci navrhuji prodloužení šíře všech materiálů a rozteče oproti vlnovci 170/1 o 50mm (Obr. 31).



Obr. 31. Konstrukční návrh vzduchové pružiny 170/1E

- 1) Vnitřní dublovaná folie ze směsi 31471
- 2) Kordová vložka PES 110/1x2-1100 krájená pod úhlem  $62^\circ$
- 3) Kordová vložka PES 110/1x2-1100 krájená pod úhlem  $62^\circ$
- 4) Opěrné jádro ze směsi 31471
- 5) Patkový kroužek
- 6) Krycí folie ze směsi 31471

### 6.5 Lisování

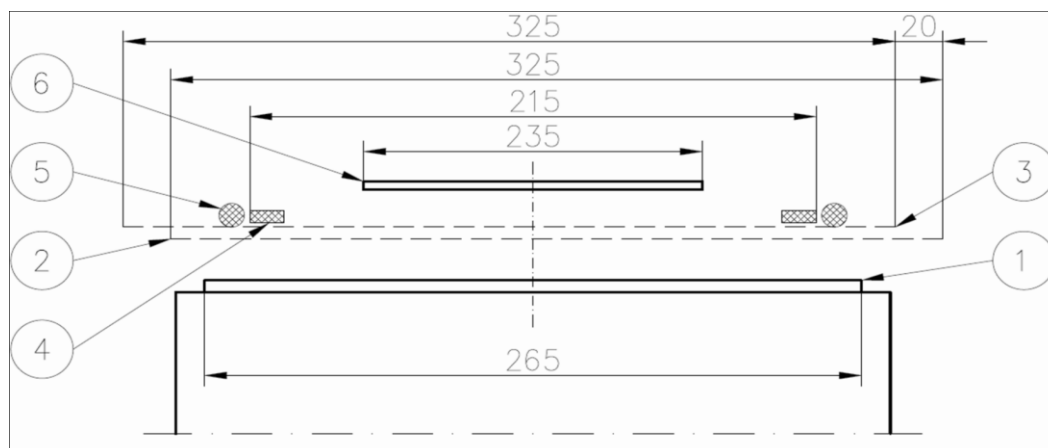
Při vylisování prvních tří zkušebních kusů konfekčních polotovarů dle 6.4 byly zjištěny závady na výliscích (Obr 32). Jedná se o shrnutí materiálu dovnitř výrobku. Toto je způsobeno větším množstvím materiálu, než které by přesně kopírovalo tvar dutiny formy.



Obr. 32. Vada výlisků - nadbytek materiálu

### 6.6 Oprava konstrukčního řešení konfekce

S přihlédnutím k bodu 6.5 je zřejmé, že smrštění kordu nebude v odhadované výši, a proto je potřeba zmenšit rozteč a šíři materiálů o délku rovnající se délce shrnutého materiálu. V tomto případě tedy o 5mm (Obr. 33). Kompletní konfekční skladba je obsažena v příloze (P 8).



Obr. 33. Návrh rekonstrukce vzduchové pružiny 170/1E

## 7 ZKOUŠKY VÝROBKU

Po opravě rozteče se připravil 1 konfekční polotovary. Po jeho vylisování se výlisek rozřízl a vizuálně zkontrolovala, zda opatření v bodě 6.6 byla účinná, popřípadě zda výlisek netrpí jinými, novými vadami. Poté se připravilo a vylisovalo dalších devět kusů, které budou podrobeny zkouškám. Pokud zkoušky budou úspěšné, zbylých 3 až 5 vzduchových pružin se odešle zákazníkovi pro odsouhlasení a případné jeho zkoušky. Pro zkoušení vzduchových pružin nejsou normy, proto společnost Trelleborg Bohemia vyvinula vlastní metodiku zkoušení vzduchových pružin.

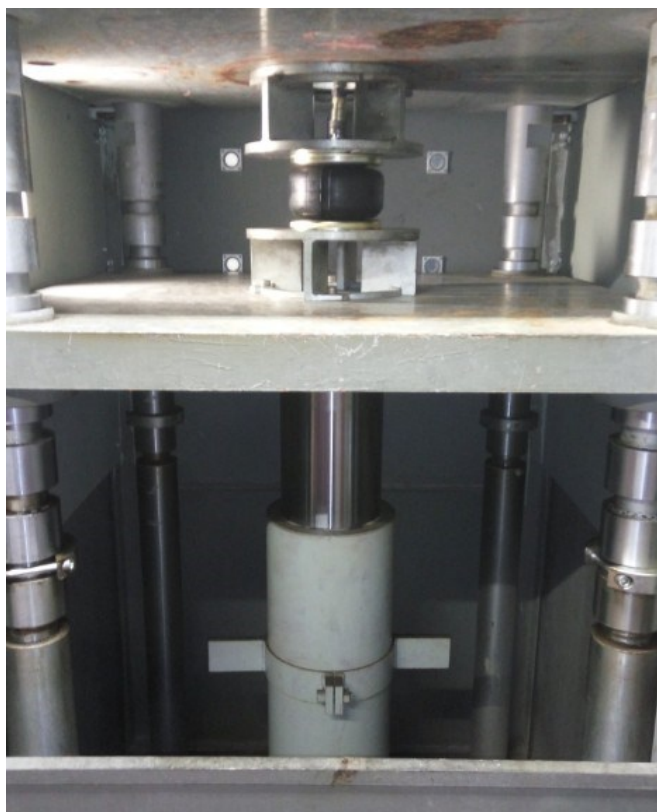
### 7.1 Destrukční zkouška

V případě rekonstrukce vzduchové pružiny ze stávající řady, se destrukční zkouška provádí na jednom kusu výrobku. Tento výrobek se zkompletuje a umístí do zkušebního boxu (Obr. 34). Zároveň se provede měření výšky vlnovce, zda odpovídá zástavbové výšce dle zadání zákazníka. Zde se napojí na čerpadlo a je napuštěn vodou na hodnotu vnitřního tlaku 1 bar. Z důvodu snížení velké hlučnosti v momentě protržení vzduchové pružiny se používá ke zkoušce voda a ne vzduch. Poté se vlnovec výškově zafixuje (Obr. 35), zkušební box se z bezpečnostních důvodů uzavře a do vzduchové pružiny je čerpadlem vháněna voda až do destrukce vlnovce. Maximální tlak v momentě exploze je zaznamenán na digitálním manometru.



Obr. 34. Zkušební (bezpečnostní) box destrukční zkoušky

Výsledky destrukční zkoušky se zapíše do protokolu o destrukční zkoušce (P 5). Dle interních zkušebních předpisů firmy Trelleborg Bohemia, pro úspěšné vyhodnocení zkoušky, musí být destrukční tlak minimálně trojnásobný požadovanému provoznímu tlaku. Navržený vlnovec 170/1E se protrhl při tlaku 2,68 MPa, proto zkouška byla prohlášena za úspěšnou.



*Obr. 35. Upnutý vlnovec 170/1E při destrukční zkoušce*



*Obr. 36. Detail roztržení kordů vzduchové pružiny*

## ***7.2 Dynamická zkouška***

Před samotnou zkouškou se musí stanovit minimální a maximální pracovní výška vlnovce. Minimální výška  $H_{min}$  se stanoví zatížením zkompletovaného vlnovce bez vnitřního přetlaku závažím o hmotnosti 10kg. Maximální pracovní výška  $H_{max}$  se stanoví jako výška nezatíženého zkompletovaného vlnovce s vnitřním přetlakem 0,1 MPa. Dva takto zkompletované vlnovce se poté instalují do zkušebního stroje. V něm jsou umístěny nad sebou a propojeny jejich dutiny.



Obr. 37. Umístění vzduchových pružin (14x3 2ply) při provozní zkoušce. Horní pružina v poloze  $H_{min}$ , spodní v poloze  $H_{max}$

Po napuštění prvního kompletu vzduchem potřebným tlakem, který je třeba na zdvih vlnovce na předepsanou výšku, se chod druhého kompletu zafixován pro svou minimální výšku a napuštěného vlnovce na maximální výšku. Poté se vzduch přepustí do druhého vlnovce a provede se opět zafixování chodu napuštěného vlnovce na maximální a vypuštěného vlnovce na minimální zdvih. U takto seřízeného zkušebního stroje poté dochází k přepouštění tlaku vzduchu z jedné vzduchové pružiny do druhé v intervalu tří až pěti vteřin. Tento interval je závislý na objemu vzduchové pružiny. V mezních polohách zkoušené vzorky setrvávají 3 vteřiny. Prvních 20000 cyklů se chod vlnovců nastaví  $H_{min}$  o 10mm větší a  $H_{max}$  o 10mm menší. Na dalších 20000 cyklů se chod vlnovců nastaví  $H_{min}$  o 5mm větší a  $H_{max}$  o 5mm menší. Od 40000 cyklů se chod nastaví od  $H_{min}$  po  $H_{max}$ . Při 60000 cyklech se vzduchové pružiny vizuálně zkontrolují. Kontroluje se mechanické poškození vzduchové pružiny od upínacích kruhů, středních kruhů a případné

prořezání okrajů kordů skrz vrchní pryžovou folii (Obr. 38).



*Obr. 38. Příklad prořezání okrajů kordů skrz vrchní pryžovou folii*

Poté se pokračuje ve zkoušce do 150000 cyklů. Pakliže v průběhu testu dojde ke snížení tlaku vzduchu v testovaných pružinách, zjistí se příčina a test se prohlásí za neúspěšný, nebo se provede znovu, s novými vzduchovými pružinami. Pokud vzduchové pružiny vydrží 150000 cyklů, zkouška se vyhodnotí. Jako úspěšná se považuje zkouška, pokud se na vzduchové pružině neprojeví:

- Ⓣ trhliny ve vnitřní nebo vnější vrstvě pryže hluboké tak, že je v základně trhliny viditelná kordová vložka
- Ⓣ trhliny ve vnitřní nebo vnější vrstvě pryže delší než 15 mm
- Ⓣ ztenčení vnější folie na polovinu a méně původní tloušťky
- Ⓣ zvětšení průměru vlny o více než 10% oproti hodnotám před zkouškou

Navržené vzduchové pružiny 170/1E měly po 153000 cyklech znatelné otláčení v místě styku s upínacími kruhy, které však nebylo hodnoceno jako závažné (Obr. 39). Průměr vlny po provedené zkoušce byl v požadované toleranci. Zkouška byla vyhodnocena jako úspěšná (P 6).



Obr. 39. Otláčení pod upínacími kruhy. Pohled (vlevo), řez (vpravo)

### 7.3 Zátěžový diagram vzduchové pružiny

Zjistit výšku vzduchové pružiny při stanoveném vnitřním přetlaku a daném vnějším zatížení lze pro zákazníka zjistit z jednorázové zkoušky. Firma Trelleborg Bohemia se rozhodla nový vlnovec zařadit do katalogu, proto se provedly i zkoušky na zkušebním stroji UTS TESTSYSTEME. Do zkušebního stroje se upne zkompletovaná vzduchová pružina. Poté je vzduchová pružina mechanicky (bez vnitřního přetlaku) šroubovým mechanismem natažena na výšku  $H_{max}$ . Obsluha zkušebního stroje vynuluje zaznamenávanou výšku a tlak zkušebního stroje na komplet vzduchové pružiny. Poté napustí vlnovec na stanovený vnitřní přetlak. V případě vlnovce 170/1E se provedlo sedm sérií měření při tlacích 1 až 7bar při rozestupech tlaku 1 bar. Poté obsluha spustí test. Zkušební stroj pomocí šroubového mechanismu začne snižovat svou výšku, čímž začne vyvíjet tlak na vzduchovou pružinu. Tento tlak se společně s posuvem a časem od počátku měření automaticky zaznamenáván v elektronické podobě. Celá zkouška probíhá za konstantního přetlaku uvnitř vzduchové pružiny. Posun je prováděn až do výšky vzduchové pružiny  $H_{min}-10\text{mm}$ . Rychlost zkoušky je stanovena z  $H_{max}$  do  $H_{min}-10\text{mm}$  na  $125\pm 5$  vteřin. V průběhu této doby se zaznamená okolo 105 měření. Tyto hodnoty se dále zpracují a výsledkem je graf závislosti výšky vzduchové pružiny za daného vnitřního přetlaku při měnícím se zatížení (P 7)





*Obr. 40. Zkušební stroj UTS TESTSYSTEME*

## 8 VYHODNOCENÍ A DISKUZE

Jako první bylo navrženo vycházet z vlnovce 170/1 jehož charakteristiky zdvihu (P 2) jsou dostatečné. Vzhledem k množství předpokládaného ročního odběru kusů byly navrženy úpravy stávající formy prodloužením o středový prsteneček. Při relativně malém ročním množství výlisků tak není třeba investice do celé nové formy. Bylo možné vycházet i z vlnovce o průměru vlny 130, jehož zdvihové charakteristiky by také postačovaly, ale formy jsou po většinu roku plně vytiženy. Případné potřebné snížení výšky výlisku, je možné provést pouhým snížením výšky vloženého prstence.

První konfekční řešení bylo oproti požadovanému zvýšení výlisku navrženo prodloužené o 5mm. Toto navýšení mělo kompenzovat předpokládané smrštění kordové tkaniny při vulkanizaci. Smrštění však nebylo tak velké, jak bylo předpokládáno (Obr. 32) a proto byla v dalším návrhu zkrácena rozteč a šíře materiálů o 5mm. Po vylisování těchto opravených konfekcí již výlisky netrpěly konstrukčními vadami. První návrh mohl být ponechán bez myšleného prodloužení, pokud by však došlo k výraznějšímu smrštění, byla by vnitřní pryžová folie prořezaná kordovou tkaninou a poté by musela být rozteč a šíře materiálů navýšena. Nevýhodu tohoto druhého postupu spatřuji v tom, že z takto prořezaných vzduchových pružin se špatně odhaduje potřebné prodloužení. Výhodou druhého postupu by bylo, pokud by navržené rozměry některého z polotovarů byly totožné s polotovarem pro jiný vlnovec. Pokud by tato konfekční příprava byla po vylisování funkční, velmi málo, ale dlouhodobě, by usnadnila přípravu polotovarů pro konfekcionování v sériové výrobě.

Po vylisování vzhledově dobrých výlisků byla nejprve provedena destrukční zkouška. Tato zkouška je nejrychlejší. Poté byly 2 vzduchové pružiny instalovány do zkušebního stroje dynamické zkoušky. Tato zkouška trvá v řádu týdnů a v jejím průběhu byly provedeny a zpracovány zkoušky na zkušebním stroji UTS TESTSYSTEME v Hradci Králové, jejímž výsledkem je zátěžový diagram pro různé vnitřní přetlaky.

Jak z provedených měření a zkoušek vyplývá (P 5, P 6, P 7, P 9), navržená rekonstrukce vzduchové pružiny 170/1E odpovídá požadavkům a zákaznickovy bylo zasláno Zástavbové schéma (P 9), Výkres výlisku (P 10), Kontrolní zpráva o prvním vzorku (P 11) a 4 vzorky vzduchové pružiny k odsouhlasení.

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navržení rekonstrukce stávající vzduchové pružiny dle požadavků zákazníka a zkouškami ověřit požadované vlastnosti navržené vzduchové pružiny. Samotný návrh rekonstrukce vzduchové pružiny byl s ohledem na zkušenosti rychlý. I když první konfekční návrh nebyl správný, vada a její náprava byla zřejmá a druhý návrh byl již po vylisování dobrý. Následným měřením a testováním se podařilo ověřit, že vzduchová pružina má požadované vlastnosti.

Výsledkem práce byla dokumentace s kontrolní zprávou a se zkušebními vzorky, které byly odeslány zákazníkovi. Ten tuto zprávu schválil a v průběhu února 2018 odebral prvních 200 sériově vyrobených kusů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Viskoelasticita materiálů, 2009. Ústav fyziky a materiálového inženýrství [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: [http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_06.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_06.pdf). . . , .
- [2] Reologie, *Fyzikální sekce Matematicko-fyzikální fakulty UK* [online]. Praha [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: [http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz\\_fyziky\\_pro\\_DS/display.php/kontinuum/2](http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/kontinuum/2)
- [3] DVOŘÁK, Zdeněk a Eva HNÁTKOVÁ, 2016. *Zpracovatelské procesy gumárenské pro konstrukční směry*. Zlín.
- [4] Vlnovce vzduchového pružení, 2016. *RUBENA a. s.* [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.rubena.eu/cz/produkty/vzduchove-pruzeni-silove-prvky/vlnovce-vzduchoveho-pruzeni/>
- [5] Hadice, In: *Půjčovna strojů a nářadí* [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.hydapress.cz/userfiles/image/707-abra%20beton%20125.JPG>
- [6] Hadice, In: *Půjčovna strojů a nářadí* [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.hydapress.cz/userfiles/image/303-Kompresor 10LL.JPG>
- [7] Klínové řemeny, 2016. *RUBENA a. s.* [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.rubena.eu/cz/produkty/klinove-remeny/>
- [8] *Světová spotřeba technických vláken pro výrobu pneumatik*, 2006. Brno. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- [9] MEDUNA, Jaroslav, 2015. *Hadice a profily*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín. ISBN 978-80-02-02629-7.
- [10] KREJČÍŘ, Oldřich, 1986. *Pneumatická vibroizolace*. Liberec. Doktorská disertační práce. Vysoká škola strojní a textilní v Liberci.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

170/1	Vzduchová pružina o průměru 170mm, jednovlna
170/E	Vzduchová pružina o průměru 170mm, jednovlna prodloužená
170/2	Vzduchová pružina o průměru 170mm, dvouvlna
2R	Poloměr kružnice zaoblení vzduchové pružiny [mm]
CIIR	Chlorizobutylenizoprenová gumárenská směs
D	Průměr vzduchové pružiny [mm]
E	Modul pružnosti v tahu (Youngův modul) [Pa]
E'	Reálná složka komplexního modulu pružnosti v tahu [Pa]
E''	Imaginární složka komplexního modulu pružnosti v tahu [Pa]
E*	Komplexní modul pružnosti [Pa]
EKO	Epichlorhydrinová gumárenská směs
F	Síla působící na vzduchovou pružinu [N]
F <sub>m</sub>	Meridiánová síla [N]
F <sub>o</sub>	Osová síla [N]
G	Modul pružnosti ve smyku [Pa]
H <sub>max</sub>	Maximální zdvih vzduchové pružiny [mm]
H <sub>min</sub>	Minimální zdvih vzduchové pružiny [mm]

Hstat	Zástavbová výška vzduchové pružiny [mm]
i	Komplexní číslo
K	Objemový modul pružnosti [Pa]
L	Výška středového prstence vzduchové pružiny [mm]
PA6	Polyamid 6
PA66	Polyamid 66
PES	Polyester
$p_p$	Vnitřní tlak vzduchové pružiny [MPa]
SBR	Butadien-styrenová gumárenská směs
VS	Viskóza
$\beta$	Neutrální úhel výztužného kordu [°]
$\gamma$	Smyková deformace [°]
$\dot{\gamma}$	Časový gradient smykové deformace [ $s^{-1}$ ]
$\gamma_{píst}$	Deformace pístu [mm]
$\gamma_{pruž}$	Deformace pružiny [mm]
$\delta$	Fázový posun [mm]
$\varepsilon$	Poměrné prodloužení [-]
$\eta$	Viskozita [Pa.s]

$\mu$	Poissonovo číslo [-]
$\sigma$	Napětí [Pa]
$\sigma_{\text{píst}}$	Napětí pístu [Pa]
$\sigma_{\text{pruž}}$	Napětí pružiny [Pa]
$\tau$	Smykové napětí [Pa], relaxační doba [s]
$\omega$	Úhlová frekvence [ $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Reologický model pružiny o tuhosti $G$ , časová závislost deformace ideálně elastického tělesa .....	12
Obr. 2. Reologický model hydraulického válce s kapalinou o viskozitě $\eta$ , časová závislost deformace ideálně viskózního tělesa .....	13
Obr. 3. Kelvinův model.....	14
Obr. 4. Maxwellův model .....	16
Obr. 5. Tuckettův model .....	17
Obr. 6. Časová závislost napětí a poměrné deformace při harmonickém namáhání viskoelastického materiálu [1].....	18
Obr. 7. Časová závislost mezi napětím a poměrnou deformací při harmonickém namáhání viskoelastického materiálu [1].....	18
Obr. 8. Sinergie kompozitního materiálu [3] .....	21
Obr. 9. Princip pogumování tkaniny na čtyřválcí. 1-pogumovávaná tkanina, 2-snímač tloušťky nánocu, 3-návalek gumárenské směsi [3] .....	23
Obr. 10. Řez vlnovcem vzduchového pružení .....	24
Obr. 11. Hustota výztužné kordové tkaniny u stejného výrobku od různých výrobců .....	25
Obr. 12. Odpružení kol vozidel Tatra (vlevo) , brzda válce (vpravo) [4] .....	25
Obr. 13. Ovinovací stroj s rotujícím trnem (vlevo), s pevným trnem (vpravo). 1 - rotující trn, 2 - cívka s textilem, 3 - sklíčidlo, 4 - ozubené kolo, 5 - rotující cívky, 6 - pevný trn [3].....	26
Obr. 14. Řez hadicí s kostrou vyrobenou ovinováním (vlevo) a oplétáním (vpravo) [5];[6] .....	27
Obr. 15. Konstrukce diagonální pneumatiky [3].....	28
Obr. 16. Konstrukce radiální pneumatiky [3] .....	29
Obr. 17. Průřez klínovým řemenem [7] .....	29
Obr. 18. Průřez obalovaným klínovým řemenem, s provazci a jedním obalem (vlevo), s kordem a dvěma obaly (vpravo) [7] .....	30
Obr. 19. Řezané klínové řemeny. Odlehčený (vlevo), drážkovaný (vpravo) [7] .....	30
Obr. 20. Zákrut textilních vláken Z a S [3] .....	32
Obr. 21. Hmotnostní poměr spotřeby technických vláken v pneumatikách (rok 2005) [8] .....	35
Obr. 22. Hmotnostní poměr spotřeby technických vláken ve vlnovcích Trelleborg Bohemia a.s. (rok 2017).....	35
Obr. 23. Zabalené kordové tkaniny .....	36



Obr. 24. Schéma kladení vrstev vzduchové pružiny.....	38
Obr. 25. Konfekce na konfekčním trnu. Na levé straně neotočený pogumovaný kord kolem patky, vpravo otočený a vyválcovaný pogumovaný kord kolem patky.....	39
Obr. 26. Bombírování konfekce vzduchové pružiny .....	40
Obr. 27. Pohled do otevřené formy .....	40
Obr. 28. Vzduchová pružina s kovovými díly ke kompletaci (vlevo), zkompletovaná vzduchová pružina (vpravo).....	42
Obr. 29. Tvarové řešení, prodloužení, střední části formy.....	46
Obr. 30. Jednoplášťová vaková pružina (vlevo), rozložení sil ve válcové části měchu (uprostřed a vpravo) [10].....	47
Obr. 31. Konstrukční návrh vzduchové pružiny 170/1E .....	48
Obr. 32. Vada výlisků - nadbytek materiálu.....	49
Obr. 33. Návrh rekonstrukce vzduchové pružiny 170/1E.....	49
Obr. 34. Zkušební (bezpečnostní) box destrukční zkoušky .....	50
Obr. 35. Upnutý vlnovec 170/1E při destrukční zkoušce .....	51
Obr. 36. Detail roztržení kordů vzduchové pružiny.....	51
Obr. 37. Umístění vzduchových pružin (14x3 2ply) při provozní zkoušce. Horní pružina v poloze $H_{min}$ , spodní v poloze $H_{max}$ .....	52
Obr. 38. Příklad prořezání okrajů kordů skrz vrchní pryžovou folii.....	53
Obr. 39. Otláčení pod upínacími kruhy. Pohled (vlevo), řez (vpravo) .....	54
Obr. 40. Zkušební stroj UTS TESTSYSTEME .....	55

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Vlastnosti nejpoužívanějších vláken [8] .....	34
Tab. 2. Nejčastější vady vylisku a jejich příčiny .....	41

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P 1: zástavbové schéma 170/1

Příloha P 2: graf nosnosti 170/1

Příloha P 3: zástavbové schéma 170/2

Příloha P 4: graf nosnosti 170/2

Příloha P 5: protokol destrukční zkoušky 170/1E

Příloha P 6: protokol dynamické zkoušky 170/1E

Příloha P 7: graf nosnosti 170/1E

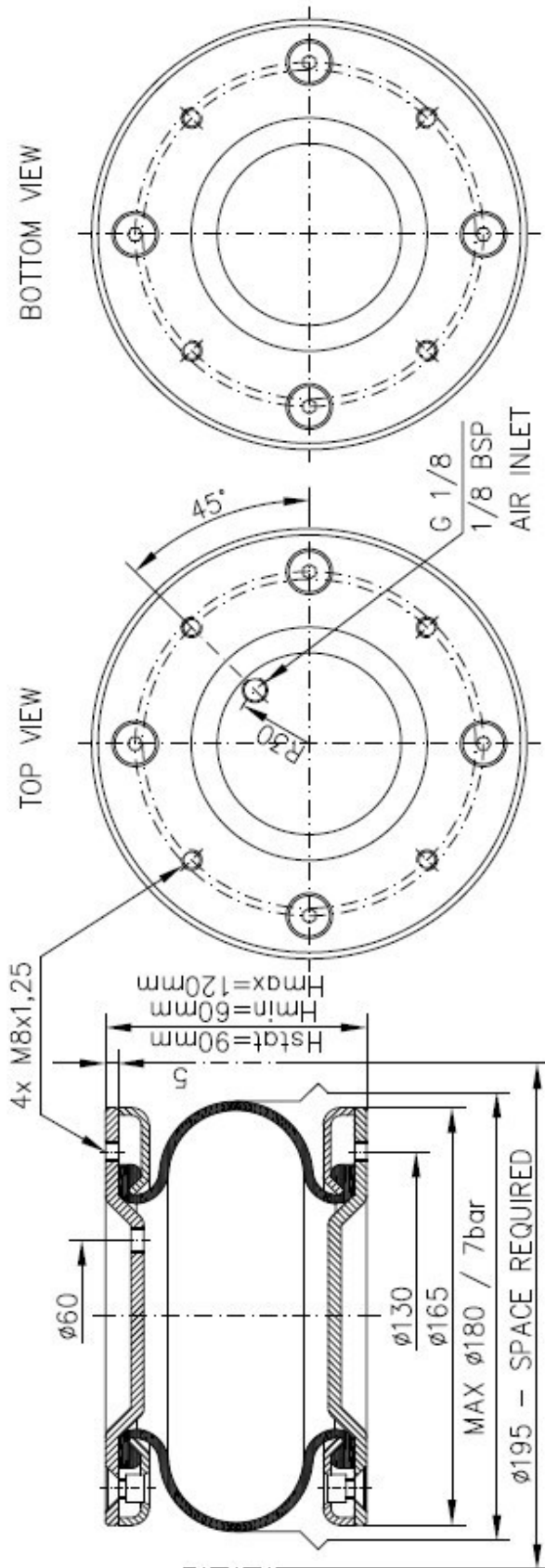
Příloha P 8: konfekční schéma 170/1E

Příloha P 9: zástavbové schéma 170/1E

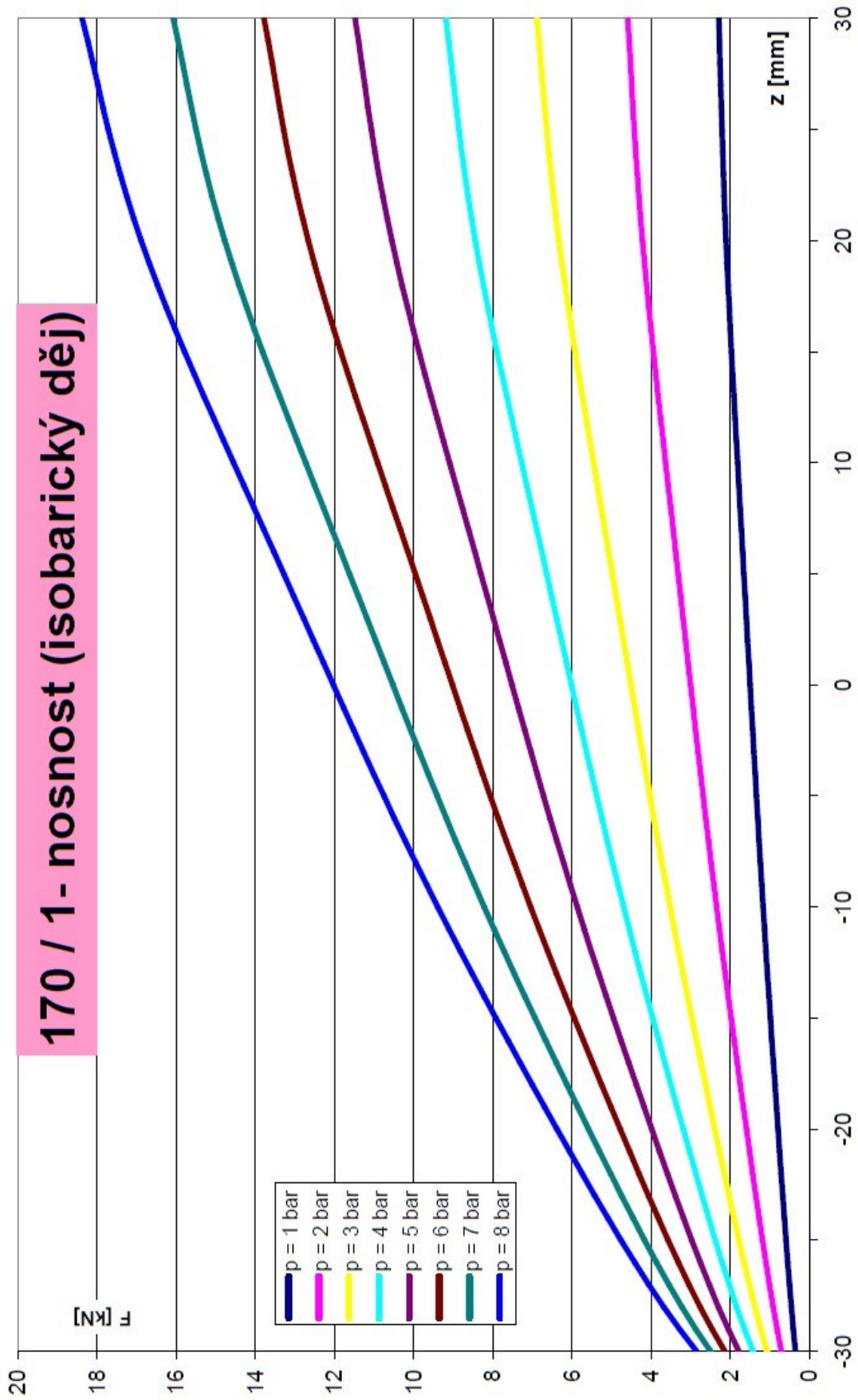
Příloha P 10: výkres výlisku 170/1E

Příloha P 11: kontrolní zpráva o prvním vzorku 170/1E

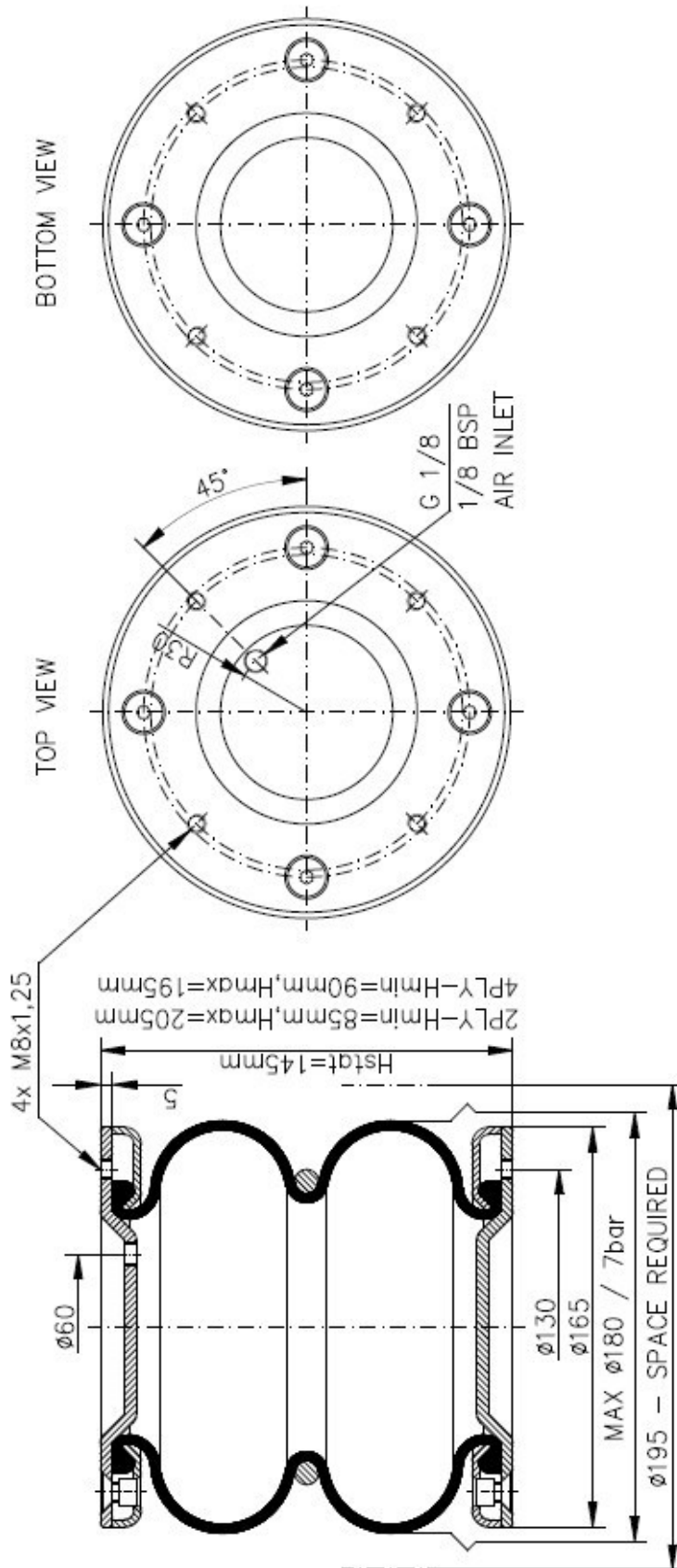
PŘÍLOHA P 1: ZÁSTAVBOVÉ SCHÉMA 170/1



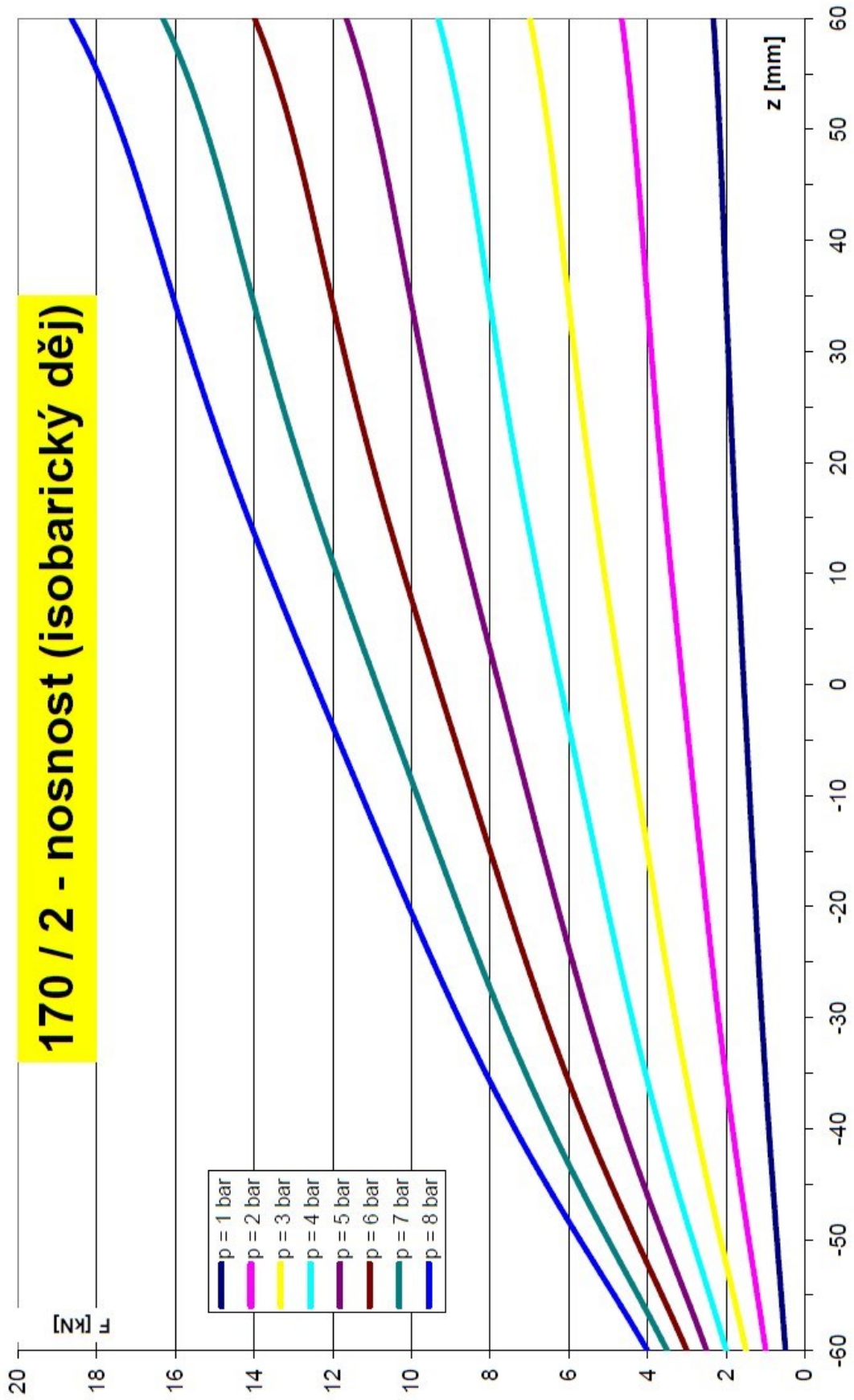
**PŘÍLOHA P 2: GRAF NOSNOSTI 170/1**




PŘÍLOHA P 3: ZÁSTAVBOVÉ SCHÉMA 170/2



**PŘÍLOHA P 4: GRAF NOSNOSTI 170/2**




## PŘÍLOHA P 5: PROTOKOL DESTRUKČNÍ ZKOUŠKY 170/1E

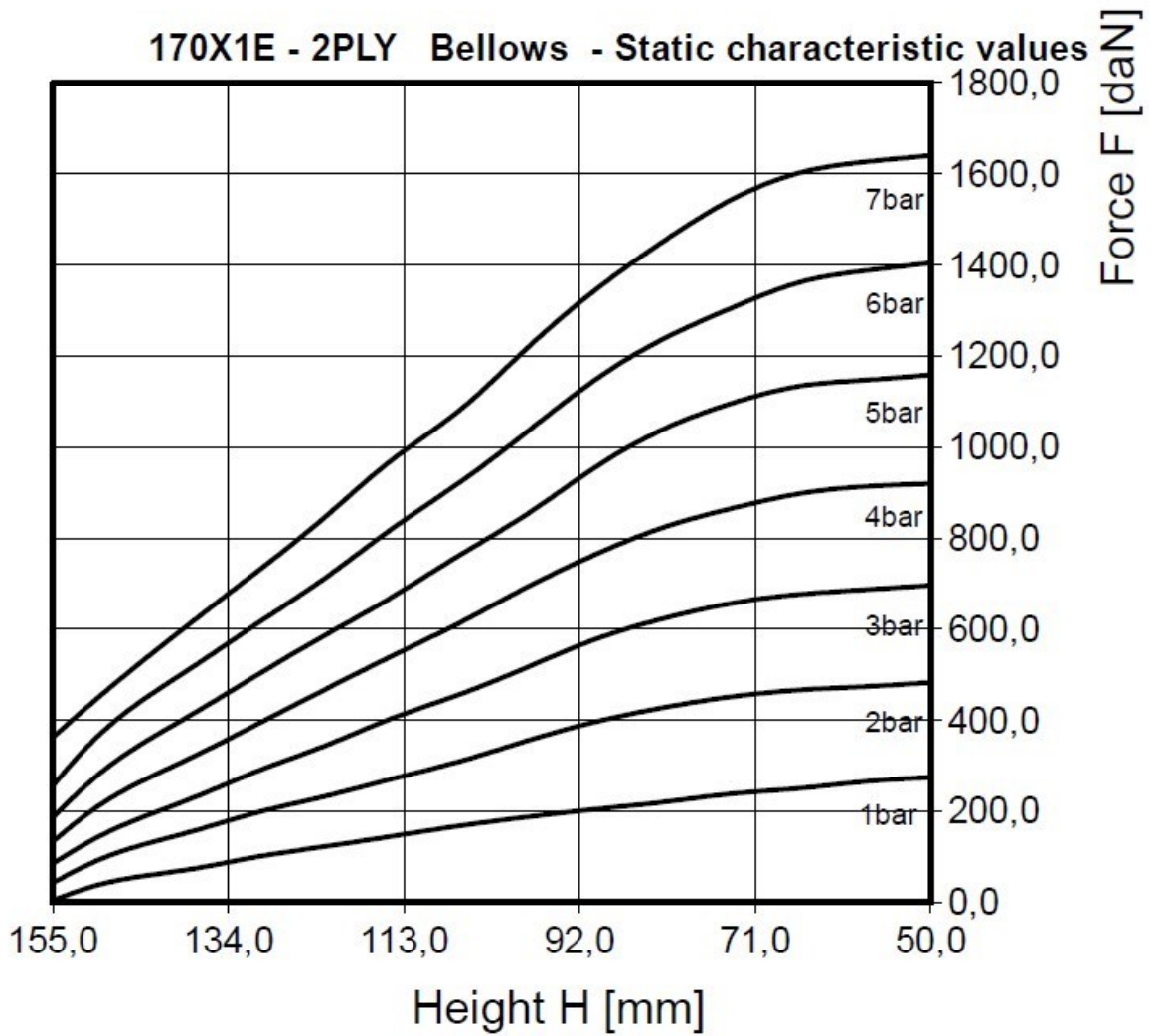
		<b>DESTRUKČNÍ ZKOUŠKA VLNOVCŮ</b> (BELLOWS BURST TEST)		<b>Číslo protokolu</b> (Report No.) : <b>28/2017</b>	
<b>Dimenze</b> (Dimension)	<b>Počet kordových vložek</b> (Number of cord plies)	<b>Specifikace kordu tvořícího kostru vlnovce</b> (Cord of carcass specifications)			
170 x 1 E	2 PLY	PES 110/1x2-1100			
<b>Material vlnovce</b> (Bellow rubber)	<b>Material patkové výztuhy</b> (Bead ring material)	<b>Konfektionář/ka</b> (Carcass builder)	<b>Čas vulkanizace</b> (Curing time)		
31471	3149	Línek	18 minut		
<b>Minimální destrukční tlak</b> (Burst pressure minimum)	<b>Testovací výška</b> (Test height)	<b>Počet test. Vlnovců</b> (Number of tested bellows)	<b>Označení test. Vlnovců</b> (Bellows date codes)		
2,1 MPa	135 mm	1 ks	174820		
<b>Specifikace vlnovců</b> (Specification of the bellows) : 170x1E, zkouška prodloužené verze 170x1					
<b>Důvod zkoušky a požadavky na zkoušku</b> (Reason of the test and test requirements) : Nový výrobek					
<b>Zadal</b> (Applied by) : <b>Hepnar</b>			<b>Dne</b> (Date) : <b>05.12.2017</b>		
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) : 174820	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Atteined burst pressure) : 2,68 MPa	<b>Poznámka:</b> (Note): destrukce			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Atteined burst pressure) :	<b>Poznámka:</b> (Note):			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Atteined burst pressure) :	<b>Poznámka:</b> (Note):			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Atteined burst pressure) :	<b>Poznámka:</b> (Note):			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Atteined burst pressure) :	<b>Poznámka:</b> (Note):			
<b>Zkoušel</b> (Tested by) : <b>Hubka</b>			<b>Dne</b> (Date) : <b>05.12.2017</b>		
<b>Vyhodnocení zadavatele</b> (Applicant's evaluating) : Při tlaku 2,68 MPa došlo k roztržení kordů ve směru kordových nití. Vlnovec splňuje předepsané podmínky tlakové odolnosti s rezervou					
<b>Schválil</b> (Approved by) : <b>Kriegler</b>			<b>Dne</b> (Date) : <b>07.12.2017</b>		



## PŘÍLOHA P 6: PROTOKOL DYNAMICKÉ ZKOUŠKY 170/1E


		<b>DYNAMICKÁ ZKOUŠKA VLNOVCŮ</b> (BELLOWS BURST TEST)		<b>Číslo protokolu</b> (Report No.) : <b>2/2018</b>	
<b>Dimenze</b> (Dimension)	<b>Počet kordových vložek</b> (Number of cord plies)	<b>Specifikace kordu tvořícího kostru vlnovce</b> (Cord of carcass specifications)			
170 x 1 E	2 PLY	PES 110/1x2-1100			
<b>Material vlnovce</b> (Bellow rubber)	<b>Material patkové výztuhy</b> (Bead ring material)	<b>Konfektionář/ka</b> (Carcass builder)	<b>Čas vulkanizace</b> (Curing time)		
31471	3149	Línek	18 minut		
<b>Minimální destrukční tlak</b> (Burst pressure minimum)	<b>Testovací výška</b> (Test height)	<b>Počet test. Vlnovců</b> (Number of tested bellows)	<b>Označení test. Vlnovců</b> (Bellows date codes)		
2,1 MPa	60-155 mm	2 ks	174820,174810		
<b>Specifikace vlnovců</b> (Specification of the bellows) : 170x1E, zkouška prodloužené verze 170x1					
<b>Důvod zkoušky a požadavky na zkoušku</b> (Reason of the test and test requirements) : Nový výrobek					
<b>Zadal</b> (Applied by) : <b>Hepnar</b>		<b>Dne</b> (Date) : <b>05.12.2017</b>			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Attained burst pressure) :	<b>Poznámka</b> : (Note):			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Attained burst pressure) :	<b>Poznámka</b> : (Note):			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Attained burst pressure) :	<b>Poznámka</b> : (Note):			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Attained burst pressure) :	<b>Poznámka</b> : (Note):			
<b>Označení test. vlnovce</b> : (Tested bellow date code) :	<b>Dosažený destr.tlak</b> : (Attained burst pressure) :	<b>Poznámka</b> : (Note):			
<b>Zkoušel</b> (Tested by) : <b>Hubka</b>		<b>Dne</b> (Date) : <b>12/2017</b> <b>01/2018</b>			
<b>Vyhodnocení zadavatele</b> (Applicant's evaluating) : Oba vlnovce 153000 cyklů. Znatelné, avšak nikoliv závažné otláčení vlnovce od upínacích kruhů. Vlnovce bez separací či trhlin.					
<b>Schválil</b> (Approved by) : <b>Kriegler</b>		<b>Dne</b> (Date) : <b>10.01.2018</b>			

**PŘÍLOHA P 7:GRAF NOSNOSTI 170/1E**



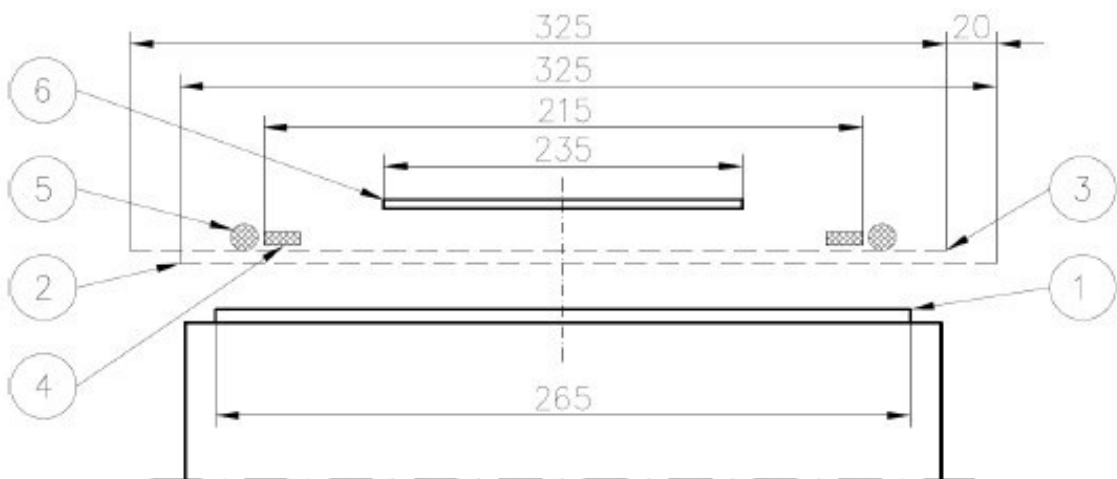
**PŘÍLOHA P 8: KONFEKČNÍ SCHÉMA 170/1E**

DOKUMENTAČNÍ LIST - PŘÍLOHA

		<b>Vlnovec 170x1E</b>				Strana
		SBR, 2 PLY				
<b>DL pro středisko:</b> 62 210	<b>Logo na výlisku</b> Rubena	<b>Číslo formy</b> 138.99 č.2	<b>Interní číslo výlisku</b> 6-33561705-000	<b>Interní číslo kompletu nebo polokompletu</b> -----	6-66561705-000	
<b>Číslo DL:</b> 30 940	-----	-----	-----	-----		
<b>Nahrazuje:</b> -----	-----	-----	-----	-----		
<b>Účinnost od:</b> 01/2018	-----	-----	-----	-----		
<b>Ø konf. trnu</b> 100 mm	-----	-----	-----	-----		
<b>Rozteč konf.</b> 215 mm	-----	-----	-----	-----		
-----	-----	-----	-----	-----		

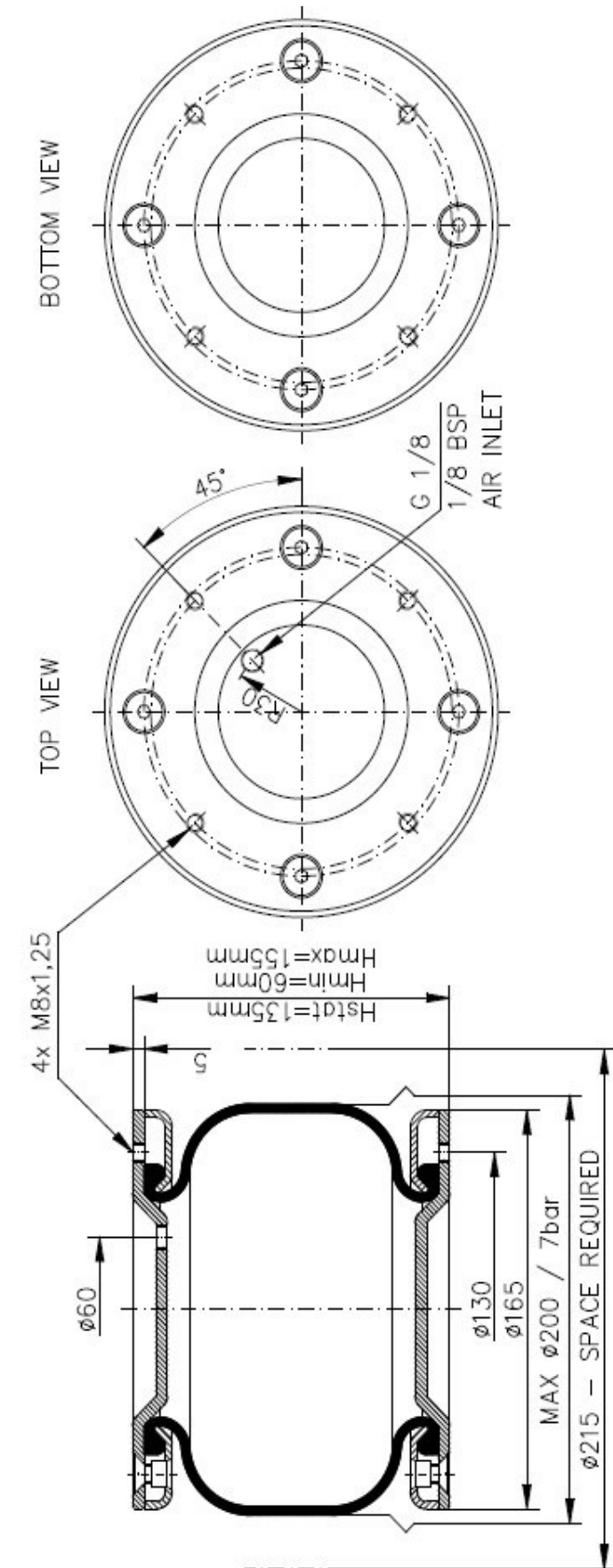
**Technologické schéma**

č.ř.	KOD SAP	Název	Materiál	ks	Rozměry [mm]		
					šířka	tl.	délka
1.	7-31471646-000	- vnitřní folie, folie, dubl	31471	1	265	2	350
2.	7-11021100-000	- 1. vložka, 62° kord, PES 110/1x2-1100	textil	1	323	0,94	350
3.	7-11021100-000	- 2. vložka, 62° kord, PES 110/1x2-1100	textil	1	323	0,94	350
4.	7-31471748-000	- opěrný pásek, folie, jednoduchá	31471	2	5	4,5	350
5.	8-20173149-000	- patní výztuha, kroužek, č. f. 7428	3149	2			
6.	7-31471723-000	- vnější folie, folie, jednoduchá	31471	1	235	1,4	360
7.							
8.							
9.							
10.							

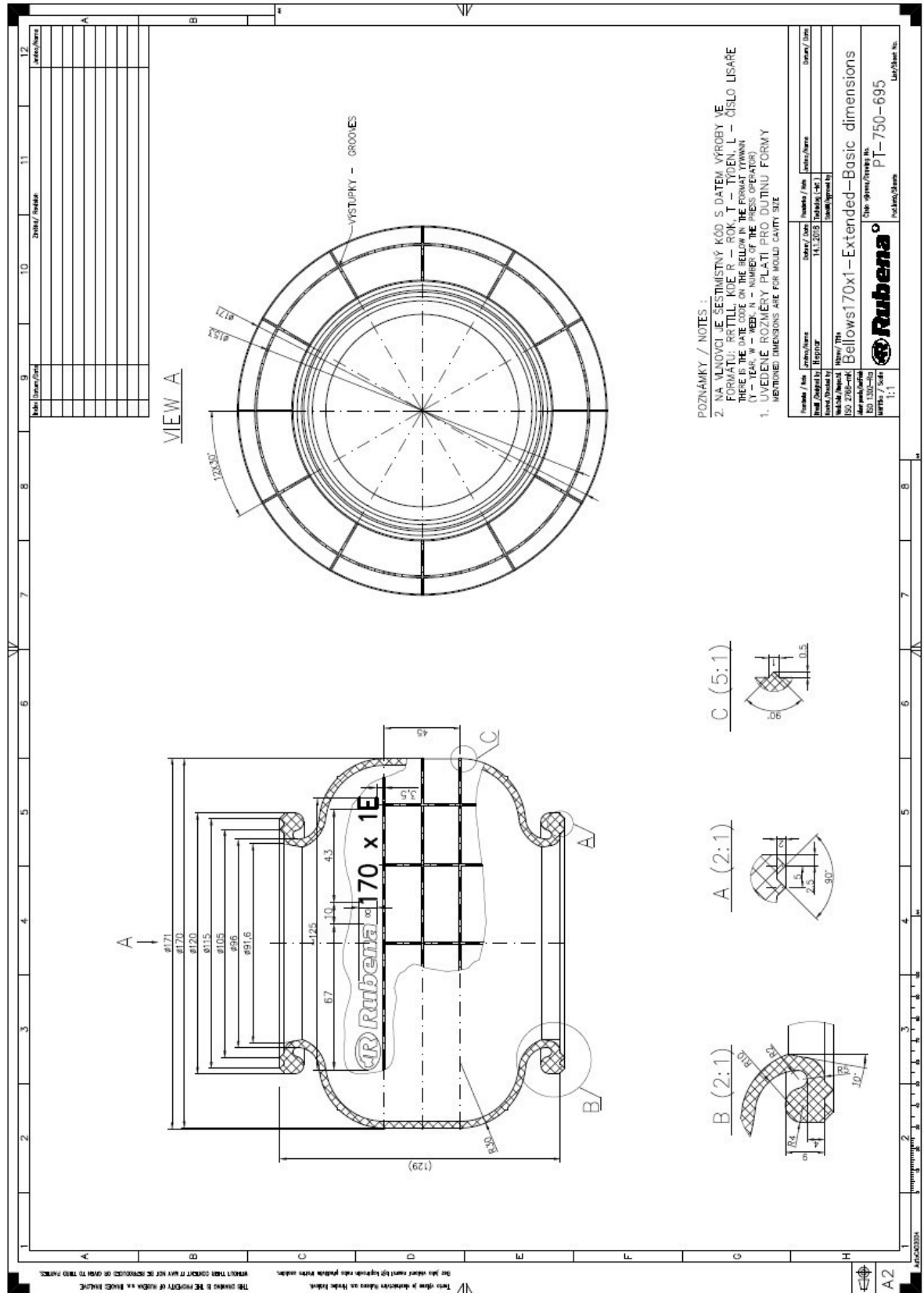


Pozn.:


PŘÍLOHA P 9: ZÁSTAVBOVÉ SCHÉMA 170/1E





PŘÍLOHA P 10: VÝKRES VÝLISKU 170/1E



## PŘÍLOHA P 11:KONTROLNÍ ZPRÁVA O PRVNÍM VZORKU 170/1E

 <b>TRELLEBORG</b>		Datum vystavení Date of issue		15.01.2018																										
		<b>(1) KONTROLNÍ ZPRÁVA O PRVNÍM VZORKU</b> <b>Initial Sample Inspection Report</b> Výsledek zprávy / Results																												
<b>(2) Adresa dodavatele / Supplier</b>  TRELLEBORG BOHEMIA, A.S. 547 36 NÁCHOD  CZECH REPUBLIC		<input checked="" type="checkbox"/> <b>(3) Zpráva o měření</b> Dimensional Report	<input checked="" type="checkbox"/> <b>(4) Zpráva o materiálu</b> Material Report	<input checked="" type="checkbox"/> <b>(5) Zpráva o funkci</b> Funktional Report																										
<b>DODAVATEL</b> Supplier		<b>(6) Zpráva číslo</b> Report No. 1		<b>(7) Značka</b> Reference																										
<b>ODBĚRATEL</b> Customer		<b>(8) Zpráva číslo</b> Report No.		<b>(9) Značka</b> Reference																										
<b>Číslo dodavatele</b> Supplier No.		List of 2 sheets		1 of 2 sheets																										
<b>DODAVATEL (Supplier)</b>			<b>ODBĚRATEL (Receiver / Customer)</b>																											
<b>(10) Výrobek číslo / výkres číslo</b> Part No. / Drawing No. 170x1E-2Ply		<b>(11) Stav změny / datum</b> Modification Status / Date		<b>(13) Výrobek číslo / výkres číslo</b> Drawing No.																										
<b>(12) Označení</b> Part Description 170x1E-2PLY		<b>(14) Stav změny / datum</b> Modification Status / Date		<b>(15) Označení</b> Part Description																										
<b>(16) Číslo kupní smlouvy / odvolání</b> Order / Call-off No.		<b>(17) Číslo kupní smlouvy / odvolání</b> Order / Call-off No.		<b>(18) Místo vykládky</b>																										
<b>(19) Dodací list číslo</b> Supplier advice note		<b>(20) Dodací list datum</b> Advice note Date		<b>(21) Počet vzorků</b> No of Samples <b>4 pcs nude bellows 1)</b>																										
<b>D-díl (povinná dokumentace)</b> D-item (Certification item)		Specifikace sjednané mezi odběratelem a dodavatelem jsou obsaženy v následujících podkladech																												
<input type="checkbox"/> <b>(22) ANO / YES</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>(23) NE / NO</b> Důvod kontroly prvního vzorku / Reason for the initial sample delivery		Specification for initial sample inspection which have been agreed between purchaser and supplier are contained in the following documents.																												
<input type="checkbox"/> <b>(24) nový dodavatel / new supplier</b>																														
<input checked="" type="checkbox"/> <b>(25) nový díl / new part</b>																														
<input type="checkbox"/> <b>(26) změněná specifikace / specification change</b>																														
<input type="checkbox"/> <b>(27) změněné podmínky výroby / manufacturing change</b>																														
<input type="checkbox"/> <b>(28) nové místo výroby / new production location</b>																														
<input type="checkbox"/> <b>(29) delší přerušení výroby / longer stoppage of production</b>																														
<b>Výsledky zkoušek viz následující listy.</b> Povinné dokumentace jsou označeny "D". Skutečné hodnoty jsou uvedeny v pořadí číslování vzorků. Nedodržené specifikace jsou označeny podtržením.		Inspection results see following pages. Certification items are designed by "D". The inspection results are given in order of sample No. Those out of the specification identified.																												
<b>Poznámky / Comments of Supplier</b>  FORMA / MOULD: 138.99 POŘ.Č. / NO.: 2 OTISKŮ: 1 MATERIÁL / COMPOUND: 31 471		<b>Poznámky / Comments of Receiver</b>																												
<b>Potvrzení / Confirmation</b>		<b>Rozhodnutí / Decision</b>																												
<b>Potvrzujeme / We confirm that</b>		<table border="1"> <tr> <td rowspan="4">           Rozměry Dimensions         </td> <td rowspan="4">           Schváleno Approved         </td> <td>(30)</td> <td rowspan="4">           Schváleno s podmínkou Approved with Conditions         </td> <td>(34)</td> <td rowspan="4">           Neschváleno, nutné nové vzorky Rejected, new samples required         </td> <td>(38)</td> </tr> <tr> <td>(31)</td> <td>(35)</td> </tr> <tr> <td>(32)</td> <td>(36)</td> </tr> <tr> <td>(33)</td> <td>(37)</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>Rozhodnutí</b> Decision         </td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>Podmínky</b> Directions         </td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>				Rozměry Dimensions	Schváleno Approved	(30)	Schváleno s podmínkou Approved with Conditions	(34)	Neschváleno, nutné nové vzorky Rejected, new samples required	(38)	(31)	(35)	(32)	(36)	(33)	(37)	<b>Rozhodnutí</b> Decision						<b>Podmínky</b> Directions					
Rozměry Dimensions	Schváleno Approved	(30)	Schváleno s podmínkou Approved with Conditions	(34)	Neschváleno, nutné nové vzorky Rejected, new samples required			(38)																						
		(31)		(35)																										
		(32)		(36)																										
		(33)		(37)																										
<b>Rozhodnutí</b> Decision																														
<b>Podmínky</b> Directions																														
1. že předložené první vzorky jsou vyráběné úplně sériovými výrobními prostředky a v sériových podmínkách. 2. správné provedení kontroly prvního vzorku a záznamů v této zprávě (odchylky jsou zvlášť uvedeny) 3. že schválení nezprostřuje dodavatele dodávat podle platných výkresů, resp. šablony a předepsaných pravidel																														
1. the initial production samples were manufactured completely with production tooling and under production conditions. 2. the correct method for testing initial samples has been used and the results are correctly presented in this report (deviations from this are clearly indicated). 3. a realise does not exempt supplier from the responsibility to according to the valid drawing gauge and functional specification																														
<b>Jméno a telefon odpovědného pracovníka</b> Name / Telephone (Queries)																														
Kriegler																														
Datum Da 15.1.2018		Odpovědný podpis Authorized signature		Datum Date																										
Rozdělovník For distribution		Odpovědný podpis Authorized signature		Datum Date																										

 <b>TRELLEBORG</b>		Datum vystavení Date of Issue <b>15.01.2018</b>					
<b>KONTROLNÍ ZPRÁVA O PRVNÍM VZORKU</b> Výsledek kontroly (Zpráva o výsledku viz list č. 1)		x	(3) Zpráva o měření Dimensional Report	x	(4) Zpráva o materiálu Material Report	x	(5) Zpráva o funkci Functional Report
<b>INITIAL SAMPLE INSPECTION REPORT</b> Inspection Result (Summary see sheet 1)		<b>DODAVATEL</b> <b>SUPPLIER</b>		(6) Zpráva číslo Report No. <b>1</b>		(7) Značka Reference	
<b>Dodavatel / Supplier</b>  TRELLEBORG BOHEMIA,		<b>ODBĚRATEL</b> <b>CUSTOMER</b>		(8) Zpráva číslo Report No.		(9) Značka Reference	
		List Sheet		2	listu of Sheets		2
<b>DODAVATEL (Supplier)</b> (10/12) Vyrobek číslo / Oznaceni Drawing No. / Part Description  170X1E-2PLY		<b>ODBĚRATEL / Receiver (Customer)</b> (13/15) Vyrobek číslo / Oznaceni Drawing No. / Part Description					
(42) Cis. / Pos.	(43) Znaky / Předepsané hodnoty Specifikation / Dimension	(44) Skutečné hodnoty (dodavatel) / Inspection Results (Supplier)		(45) Skutečné hodnoty (odběratel) / Inspection Results (Receiver)			
1.	ØA = 120 mm	118 mm					
2.	ØB = 96 mm	96 mm					
3.	ØC = 78 mm	80 mm					
4.	ØD = 170 mm	170 mm					
5.	E = ~ 125 mm	127 mm					
6.	F = 45 mm	45 mm					
7.	H <sub>min</sub> (without pressure) = unspecified	60 mm (10Kg)					
8.	H <sub>max</sub> /1bar = unspecified	154 mm					
9.	Basic dimensions of bellow by the mould 138.99 č.2						
10.	Burst pressure=unspecified	26,8 bar/H=137mm					
11.	Logo Rubena	OK					
1) Production number of samples: 174810 ; 174820 ; 174820 ; 174820							
Podpis (dodavatel) / Signature (Supplier)							
Podpis (odběratel) / Signature (Receiver)							
15.01.2018 Datum / Date		Kriegler  Podpis / Authorized signature		Datum / Date		Podpis / Authorized signature	

