

# Demoulding plášt'ů pneumatik z forem

Bc. Adam Úředníček

---

Diplomová práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

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

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Adam Úředníček**  
Osobní číslo: **T13513**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Demoulding pláště pneumatik z forem**

Zásady pro vypracování:

- 1. Zpracujte studijní teoretickou část řešeného problému.**
- 2. Připravte experiment.**
- 3. Provedte experimentální práci.**
- 4. Provedte vyhodnocení dané práce.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle doporučení vedoucího práce**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Eva Hnátková**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**30. ledna 2015**

Termín odevzdání diplomové práce:

**13. května 2015**

Ve Zlíně dne 30. ledna 2015



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



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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## ABSTRAKT

Tato práce se zabývá optimálním zvolením počtu segmentů u kontejnerové formy pro vulkanizaci pláště pneumatiky se složitým dezénem a řeší jeho odformování. Principem vyjmutí pláště z dutiny formy je využití kinematiky nástroje tvořené z vázaných pohybů. Při otevírání formy se jako první posune nahoru horní část kontejneru a díky tomu se segmenty, které jsou upevněny pomocí drážek v horní části kontejneru přes unášecí mechanismus, pohybují v radiálním směru od středu pláště pneumatiky. Poté následuje axiální zdvih celé horní části i se segmenty. Problém může nastat, jestliže se na začátku segmenty neposunují v radiálním směru kvůli velké přilnavosti způsobené nadměrným počtem negativních úhlů v drážkách dezénu pláště pneumatiky, ale pohybují se v axiálním směru nebo šikmo. To může mít za následek porušení dezénu na povrchu pláště. Cílem této práce je zjistit optimální zdvihovou charakteristiku, jako je úhel po kterém se segmenty mají posouvat vzhledem k horní části kontejneru, určit nejvhodnější počet segmentů a stanovit jaký vliv bude mít počet segmentů na výsledné maximální napětí na plášti pneumatiky. Konstrukce pláště pneumatiky, segmentů a kontejneru byla provedena v 3D CAD programu Catia V5R19. Pro získání maximálního napětí v drážkách dezénu byla provedena mechanická analýza pomocí metody konečných prvků, k tomu byl použit stejný program jako ke konstrukci všech dílů kontejneru a formy. Z výsledků mechanické analýzy bylo zřejmé že větší počet segmentů znamená nižší Von Missesovo napětí. Na druhou stranu s použitím více menších segmentů bude konstrukce i údržba dražší a náročnější. Musí se proto najít optimální řešení.

**Klíčová slova:** Segmentová forma, segmenty, odformování, dezén pláště pneumatiky, FEM analýza.

## **ABSTRACT**

This paper deals with an optimal number of segments in container vulcanizing mould for the tire tread with a complicated groove pattern and solves its removal from the mould. The principle of removing the tire from the mould cavity is in kinematics of tool formed by coupled movements. During demoulding, firstly, the top container plate with segments, which are fixed by means of grooves, moves up through the driving mechanism, in a radial direction from the centre of tire. After, this motion is followed by an axial stroke of the whole top part with the segments. The problem may occur, at the beginning, if the segments are not moved in the radial direction, due to the high adhesion caused by an excessive number of negative angles in the tread grooves of the tire, but they move in an axial direction or slantwise. This may result in a damage of surface pattern. The aim of this work is to carry out how the angle between segment shoe and fixing plate, as well as the amount of segments in mould, will influence the maximum generated stress. Design of the groove pattern, segments and container was designed in 3D CAD program Catia V5R19. To obtain a maximum stress in the groove patterns, the mechanical analysis by using the finite element method was performed in the same program. From the results of mechanical analysis, it was observed that the higher number of segments represents lower Von Misses stress. On the other hand using smaller number of segments will have an influence on complexity of the mould design and its price. That is why an appropriated compromise has to be found.

**Keywords:** Tire mould; segments, groove pattern, demoulding, FEM analysis.

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Evě Hnátkové za odborné vedení, trpělivost, důslednost a cenné rady k diplomové práci. Také bych chtěl poděkovat doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc. za odborné rady z oboru gumárenství, objasnění problematiky demouldingu a poskytnutí materiálů pro tvorbu diplomové práce.

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



# OBSAH

0

<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>13</b>
<b>1 PLÁŠTĚ PNEUMATIK</b> .....	<b>14</b>
1.1 DRUHY PLÁŠŤŮ .....	14
1.1.1 Radiální plášť pneumatiky .....	15
1.1.2 Diagonální plášť pneumatiky .....	15
1.2 KONSTRUKCE PLÁŠTĚ PNEUMATIKY .....	17
1.2.1 Korunní kordová vrstva (nárazník) .....	18
1.2.2 Běhoun .....	18
1.2.3 Radiální kordová vrstva ( kostra ) .....	19
1.2.4 Bočnice.....	19
1.2.5 Vnitřní gumová vrstva.....	20
1.2.6 Patka.....	20
1.2.7 Patní lanko.....	20
<b>2 PŘÍPRAVA KAUKUKOVÝCH SMĚSÍ</b> .....	<b>21</b>
2.1 SLOŽENÍ KAUKUKOVÉ SMĚSI .....	21
2.1.1 Kaučuky .....	21
2.1.2 Zpracovatelské látky .....	22
2.1.3 Vulkanizační systém .....	22
2.1.4 Ochranné látky .....	23
2.1.5 Pomocné látky .....	23
2.2 MÍCHÁNÍ KAUKUKOVÝCH SMĚSÍ.....	23
<b>3 VÝROBA POLOTOVARŮ Z KAUKUKOVÝCH SMĚSÍ</b> .....	<b>25</b>
3.1 VYTLAČOVÁNÍ PROFILŮ .....	25
3.2 VÁLCOVÁNÍ .....	26
3.3 NANÁŠENÍ .....	27
3.4 VÝROBA PATNÍCH LAN .....	29
<b>4 KONFEKCE</b> .....	<b>30</b>
4.1 KONFEKCE DIAGONÁLNÍCH PLÁŠŤŮ .....	30
4.2 KONFEKCE RADIÁLNÍCH PLÁŠŤŮ .....	31
<b>5 LISOVÁNÍ A VULKANIZACE PLÁŠŤŮ PNEUMATIK</b> .....	<b>33</b>
5.1 FORMY PRO VULKANIZACI.....	33
5.1.1 Typy forem.....	33
5.1.2 Ohřev forem .....	35
5.1.3 Odvzdušnění forem .....	36
5.2 VULKANIZAČNÍ LISY .....	37
5.3 VULKANIZACE.....	41
5.3.1 Vulkanizace a struktura pryže .....	42
5.3.2 Vulkanizace jako tepelný proces.....	42
5.3.3 Základní faktory procesu vulkanizace .....	43
5.3.4 Teplota vulkanizace .....	43
5.3.5 Doba vulkanizace .....	44

5.3.6	Vliv tlaku při vulkanizaci.....	44
5.4	ODFORMOVÁNÍ PLÁŠTŮ PNEUMATIK .....	45
<b>6</b>	<b>SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>47</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>CÍLE DIDPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>NAVRŽENÝ PLÁŠŤ PNEUMATIKY.....</b>	<b>50</b>
	DETAIL DEZÉNU - ZDE JE DETAILNĚJI ZNÁZORNĚN DEZÉN PLÁŠTĚ, TENTO DEZÉN MÁ ZÁMĚRNĚ SPOUSTU ZÁPORNÝCH ÚHLŮ, KTERÉ BY MĚLI ZPŮSOBOVAT PROBLÉMY PŘI OTEVÍRÁNÍ FORMY. JEHO ŘEZ I S ROZMĚRY JE NA OBR. 42. ....	50
<b>9</b>	<b>NAVRŽENÁ SEGMENTOVÁ FORMA .....</b>	<b>52</b>
9.1	SLOŽENÍ SEGMENTU .....	52
9.2	MATERIÁLY A ZPŮSOB VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT FORMY .....	53
<b>10</b>	<b>MECHANICKÁ ANALÝZA MAXIMÁLNÍHO NAPĚTÍ .....</b>	<b>54</b>
10.1	PŘI POUŽITÍ 7 SEGMENTŮ.....	55
10.2	PŘI POUŽITÍ 9 SEGMENTŮ.....	56
10.3	PŘI POUŽITÍ 11 SEGMENTŮ.....	58
10.4	POSTUP PRÁCE PŘI TVORBĚ FEM ANALÝZ.....	59
10.4.1	Tvorba vazeb .....	59
10.4.2	Volba pohybů součástí .....	60
10.4.3	Volba stykových ploch.....	61
10.4.4	Propojení stykových ploch.....	62
10.4.5	Spuštění výpočtu analýzy.....	63
<b>11</b>	<b>ODFORMOVÁNÍ .....</b>	<b>64</b>
11.1	UZAVŘENÁ FORMA - 1. FÁZE .....	64
11.2	VYSUNUTÍ SEGMENTŮ - 2. FÁZE .....	64
11.3	OTEVŘENÍ FORMY - 3. FÁZE.....	65
<b>12</b>	<b>KINEMATIKA .....</b>	<b>66</b>
12.1	ZDVIHOVÁ CHARAKTERISTIKA .....	66
12.1.1	Výpočet axiálního zdvihu pro .....	67
<b>13</b>	<b>STATIKA .....</b>	<b>68</b>
13.1	VÝPOČET GRAVITAČNÍ SÍLY $F_G$ .....	69
13.2	URČENÍ HMOTNOSTI $M$ .....	69
13.3	VÝPOČET SÍLY $F_O$ .....	70
13.4	URČENÍ PLOCHY $S$ .....	70
13.5	URČENÍ NAPĚTÍ $I_{XX}$ .....	72
13.6	PŘEVOD JEDNOTEK NAPĚTÍ.....	73
13.7	VÝPOČET SÍLY DEMOULDINGU $F_D$ .....	73
<b>14</b>	<b>ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>75</b>
14.1	OPTIMALIZACE DEMOULDINGU.....	75
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>79</b>

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>80</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>83</b>

## ÚVOD

Každý z nás dnes ví o co se jedná, když se řekne pneumatika, s pneumatikou, aniž bychom si to uvědomovali se všichni setkáváme den co den v našem běžném každodenním režimu. Je to neodmyslitelná součást kol motocyklů, jízdních kol, osobních automobilů, nákladních automobilů nebo třeba i letadel. Jedná se o pružnou součást kola dopravních prostředků, která je plněná vzduchem. Její konstrukce ovlivňuje jízdní vlastnosti, kvalitu, ale i bezpečnost jízdy. Hlavním úkolem pneumatiky je přenos sil mezi vozovkou a dopravním prostředkem. Tyto síly pohánějí, brzdí a vedou dané vozidlo. Výroba pneumatik patří mezi hlavní odvětví v gumárenském průmyslu.

Existuje hned několik typů pláštěů pneumatik, podle uspořádání kordových vložek je můžeme rozdělit na pláště radiální a diagonální, můžeme je také rozdělit podle použití, a to na letní, zimní, univerzální. Podle tvaru dezénu se pláště dělí také na symetrické, asymetrické a směrové. Každý plášť pneumatiky se skládá z pryže, vláken a ocelových kordů.

Než se začne vyrábět plášť pneumatiky, tak je potřeba připravit kvalitní kaučukovou směs. Hlavní složkou této směsi je kaučuk, který je buď přírodní nebo syntetický. Z této směsi se vyrábí polotovary vytlačováním, válcováním, nanášením, atd. Dále přichází na řadu konfekce, při které se všechny části pláště spojí do jednoho celku na konfekčním bubnu.

Lisování a vulkanizace pláště probíhá ve vulkanizační formě, která může být dvoudílná nebo segmentová. Jedná se o jedno z nejdůležitějších zařízení při výrobě pláštěů, lisovací forma udává výsledný tvar, rozměry a fyzikálně-mechanické vlastnosti pláště za pomoci působícího tlaku, teploty a času. Až díky vulkanizaci se získají požadované vlastnosti jako elasticita, tažnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení, odolnost proti chemickým vlivům, atd. Celá tato forma je součástí vulkanizačního lisu. Tyto lisy máme hydraulické a mechanické.

Hlavním problémem, kterým se tato práce zabývá je tzv. demoulding. Jedná se o část výroby, kdy dochází k odlepení dezénové vložky segmentu od dezénu pláště. Plášť je namáhán určitým napětím, vznikají zde deformace a při nesprávném zvolení zdvihové charakteristiky může dojít k poškození pláště. Důležitými veličinami při řešení tohoto problému jsou síly potřebné k otevření formy, hmotnost jednotlivých segmentů a úhel pod, kterým se segmenty vysouvají z horní části formy.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PLÁŠTĚ PNEUMATIK

Jedná se o pružnou součást kola dopravních prostředků, která je plněna vzduchem. Její konstrukce ovlivňuje jízdní vlastnosti, kvalitu, ale i bezpečnost jízdy. Hlavním úkolem pneumatiky je přenos sil mezi vozovkou a dopravním prostředkem. tyto síly pohánějí, brzdí a vedou dané vozidlo. Pneumatika musí být schopna absorbovat nerovnosti vozovky s různými povrchy a zároveň zajišťovat plynulou a bezpečnou jízdu na hladkém kvalitním povrchu. Pneumatika musí na mokřem typu povrchu vhodně odvádět vodu z míst kde se stýká z vozovkou, toho lze dosáhnout dostatečným počtem a šířkou drážek na běhounu. Když je však poměr plochy těchto drážek vůči celkové ploše běhounu příliš velký, je pneumatika náchylnější k opotřebení a je také mnohem hlučnější při jízdě. Můžeme si vybrat mezi dvěma typy tvrdosti směsi při výrobě jednotlivých konstrukčních částí pneumatiky, tvrdá směs zaručuje nízké opotřebení, boční stabilitu a nízký valivý odpor. Zatímco měkká směs zlepšuje adhezní vlastnosti a absorbuje nerovnosti vozovky. K dosažení optimálního vyvážení všech těchto vlastností se používají různé konstrukční prvky pneumatiky. [7]



*Obr. 1 . Plášť pneumatiky [6]*

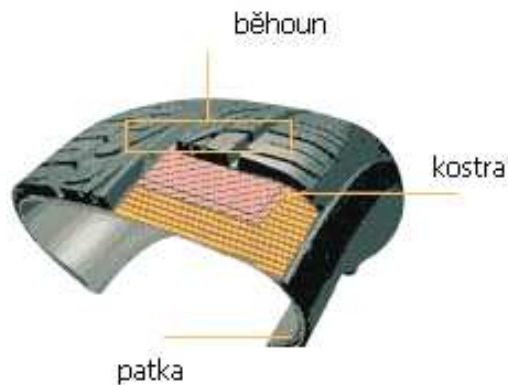
### 1.1 Druhy plášťů

Podle uspořádání kordových vložek dělíme pláště na:

- radiální
- diagonální

### 1.1.1 Radiální plášť pneumatiky

V každé pneumatice nalezneme několik kordových vrstev složených z proužků textilie. U radiální struktury pneumatiky kordová tkanina ubíhá od patky k patce kolmo na směr otáčení kola. Na koruně pneumatiky je umístěna tzv. korunní vrstva ocelových kordů, ty jsou položeny na sebe v různých úhlech. Radiální pneumatiky mají v dnešní době nejčastěji nárazník z ocelový kordů.



Obr. 2. Radiální plášť pneumatiky [8]

### 1.1.2 Diagonální plášť pneumatiky

Diagonální struktura pneumatiky znamená, že vrstvy kordové tkaniny ubíhají šikmo od patky k patce. Kordové vrstvy jsou vrstveny stejným způsobem na bocích i na koruně pneumatiky. Na rozdíl od radiální pneumatiky je bok diagonální pneumatiky tvořen několika kordovými vrstvami. v bočnicích je díky tomu smykové napětí mezi vlákny větší, a proto je větší i ztrátové teplo vzniklé třením.



Obr. 3. Diagonální plášť pneumatiky [8]

Podle použití:

- Letní
- Zimní
- Univerzální (celoroční)

Podle dezénu:

- **Symetrický dezén**

V minulosti nejčastěji používaný typ dezénu. V dnešní době je však více a více nahrazován asymetrickým typem dezénu. Hlavní výhodou jsou vyvážené vlastnosti na všech typech povrchů, na mokru i na suchu.



*Obr. 4. Symetrický dezén [17]*

- **Asymetrický dezén**

Moderní dezén, je to vlastně kombinace symetrického a směrového dezénu. Bývá většinou rozdělen na dvě části, tzv. vnitřní a vnější. Vnitřní strana se stará o odvod vody a o přenos brzdných a záběrových sil na vozovku. Vnější strana je zde pro udržení stability a vedení vozidla zejména v zatáčkách.



*Obr. 5. Asymetrický dezén [17]*



- **Směrový dezén**

Pneumatiky s tímto typem dezénu mají na bočnici šipku s vyznačeným směrem otáčení při jízdě. Velice dobře odvádí vodu, mají výbornou stabilitu a také vedení vozidla. Nejlépe se hodí do zimních podmínek, při záběru dobře vyhazují sněh z drážek. Drobnou nevýhodou je větší hlučnost.



*Obr. 6. Směrový dezén [17]*

## 1.2 Konstrukce pláště pneumatiky

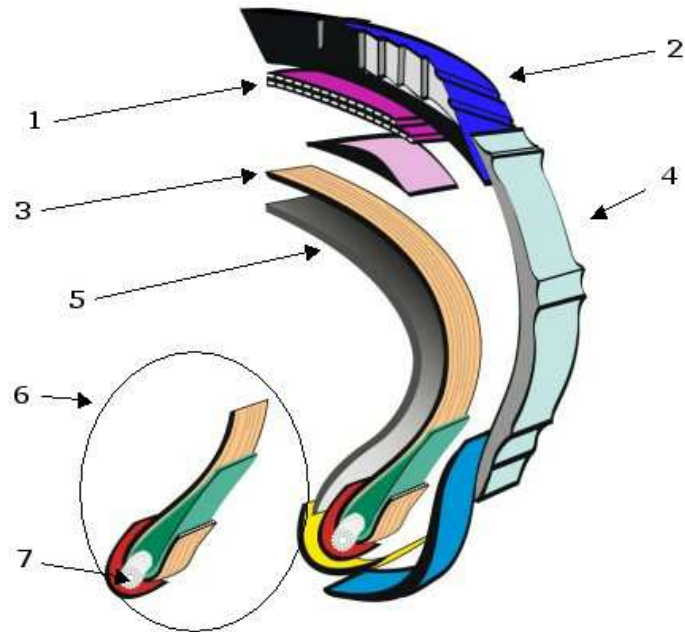
Každá pneumatika se skládá ze tří hlavních částí:

- Pryž (80 - 85%)
- Vlákna (12- 15%)
- Ocelový kord (2 - 3%)

V současnosti lze pneumatiku chápat jako vyztužený pryžový kompozit.

Základní surovinou pro výrobu pneumatik jsou:

- Kaučuk
- Přísady do kaučukových směsí
- Kordy z přírodních a chemických vláken
- Ocelové kordy
- Ocelové patní lanko



Obr. 7. Konstrukce pláště pneumatiky

1 - korunní kordová vrstva; 2 - běhoun; 3 - radiální kordová vrstva; 4 - bočnice; 5 - vnitřní gumová vrstva; 6 - patka; 7 - patní lano [5]

### 1.2.1 Korunní kordová vrstva (nárazník)

Je to přechod mezi běhounem a kostrou pláště. Stabilizuje běhoun v obvodovém směru a také zvyšuje odolnost proti průrazu.



Obr. 8. Nárazník [5]

### 1.2.2 Běhoun

Je to část pláště, na kterém je vzorek. Běhoun slouží k zajištění styku kola s vozovkou. Jeho tloušťka by měla být co nejmenší z důvodu energetických ztát a opotřebení.



*Obr. 9. Běhoun [5]*

### 1.2.3 Radiální kordová vrstva ( kostra )

Je to základní vrstva pláště, tvoří ji kordové vložky. Podle kladení vláken na této části pak dělíme pneumatiky na radiální a diagonální.



*Obr. 10. Kostra [5]*

### 1.2.4 Bočnice

Chrání kostru před vnějšími vlivy. Vyrábí se z přírodního kaučuku, aby byla dostatečně ohebná a pružná.



*Obr. 11. Bočnice [5]*

### 1.2.5 Vnitřní gumová vrstva

Je zde, aby zabránila úniku vzduchu z pláště, nahrazuje duši. používala se u starších typů pneumatik.



Obr. 12. Vnitřní gumová vrstva [5]

### 1.2.6 Patka

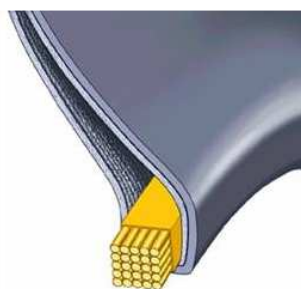
Jedná se o zesílenou část pláště, která dosedá na ocelový ráfek kola. V jádře patky je patní lanko vyrobeno z vysokopevnostního ocelového lana. Patka slouží k zakotvení kordových vložek a k zajištění bezpečného usazení pláště na ráfku.



Obr. 13. Patka [5]

### 1.2.7 Patní lanko

Slouží pro zajištění správného dosednutí pneumatiky v ráfku a také pro zajištění těsnosti spojení s ráfkem a přenos podélných sil, které vznikají třením mezi ráfkem a patkou.



Obr. 14. Patní lanko [5]

## 2 PŘÍPRAVA KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ

### 2.1 Složení kaučukové směsi

Kaučukové směsi se skládají z více druhů přísad, které zde máme pro lepší zpracování, umožnění vulkanizace a zlepšení požadovaných vlastností pryže. Jsou to:

#### 2.1.1 Kaučuky

Je hlavní složkou v kaučukové (gumárenské směsi). Je to makromolekulární látka, která díky působení vulkanizačních činidel mění své vlastnosti, přechází ze stavu plastického na elastický. Této chemicko-fyzikální reakci se říká vulkanizace.

- **Přírodní kaučuk (PK)**

Získává se z latexu kaučukodárných stromů a keřů (Obr. 16.). Získává se tzv. čepováním latexu při kterém se nařízne kůra stromu a z té vytéká latex do nádoby. V latexu je zhruba 40% kaučuku. Kaučuk se z latexu dostane vysrážením pomocí kyseliny mravenčí nebo octové. Bloky PK se properou ve vodě, suší se a konzervují (např. uzením). Největšími producenty PK jsou státy východní Asie, hlavně Čína, Thajsko, Vietnam, atd. Tyto země produkují až 80% světové produkce.



Obr. 15. Získávání latexu z kaučukovníku [18]

- **Syntetický kaučuk (SK)**

Nahrazuje se jím přírodní kaučuk, někdy má lepší fyzikálně-mechanické vlastnosti. Sk jsou vyráběny s ohledem na budoucí vlastnosti daných výrobků. Základní surovinou pro jejich výrobu je ropa. Nejznámějšími jsou:

- SBR - butadienstirenový
- BR - butadienový
- IR - izoprenový
- IIR - butylkaučuk
- CIIR - chlorbutylkaučuk

### 2.1.2 Zpracovatelské látky

- **Plastikační činidla**

Jedná se o sloučeniny, které urychlují plastikaci kaučuku (aromatické merkaptany a jejich soli, fenoly, aromatické amíny, peroxidy, ...).

Tyto činidla však musí splňovat spoustu požadavků jako jsou: zdravotní nezávadnost, nízká cena, účinnost při nízkých teplotách, dobře vmíchatelné, nesmí ovlivňovat vulkanizaci, nesmí zhoršovat vlastnosti vulkanizátu, nesmí zbarvovat vulkanizát.

- **Plniva**

Tyto látky se do směsí přidávají kvůli úpravě zpracovatelnosti a fyzikálně mechanických vlastností vulkanizátu a z ekonomických důvodů pro snížení ceny výrobků.

Běžně se dělí na: saze, světlá plniva, ostatní.

- **Změkčovadla**

Při použití většího množství plniv do směsi dojde už v nezvulkanizovaném stavu k velkému ztužení a tím se velmi zhorší zpracovatelnost, proto se zde použijí změkčovadla.

Další důvody k použití jsou zlepšení disperze plniv a přísad, snížení teploty pryže, snížení spotřeby energie při míchání, úprava tvrdosti, odrazové pružnosti, mrazuvzdornosti, atd.

### 2.1.3 Vulkanizační systém

- **Vulkanizační činidla**

Jsou to látky, které mají schopnost vytvářet chemickou reakci příčné vazby mezi molekulami kaučuku (síra, selén, telur, diamíny, ...).

- **Aktivátory a retardéry vulkanizace**

Slouží zde pro zvýšení síťovací účinnosti vulkanizačních systémů (ZnO, MgO, CaO, PbO).

- **Urychlovače vulkanizace**

Zrychlují celý proces vulkanizace a také zvyšují efektivnost vázání síry a tím se zlepšují užité vlastnosti pryže (tepluvzdornost, odolnost proti reverzi a stárnutí).

Spolu se sírou a aktivátory vulkanizace tvoří vulkanizační systém.

#### 2.1.4 Ochranné látky

- **Antioxidanty**

Nejdůležitější skupinou antidegradantů, zpomalují oxidaci (naftylaminy, substituované fenoly, tioétery, estery kyseliny fosforité).

- **Antiozonanty**

Jsou to činidla, která chrání směsi proti účinkům UV záření. (UV absorbéry, ochranné vosky, ...)

#### 2.1.5 Pomocné látky

Některé látky nejsou přímo složkami gumárenských směsí, ale při zpracování umožňují správný průběh technologických operací. Patří sem hlavně práškovadla (separační činidla). Práškovadla zabráňují slevování polotovarů při výrobě, manipulaci a při skladování. Zabráňují také přilepení směsi k formě a umožňují unikání vzduchu mezi směsí a formou při zalisování (křída, klouzek, kaolin, slída, ...).

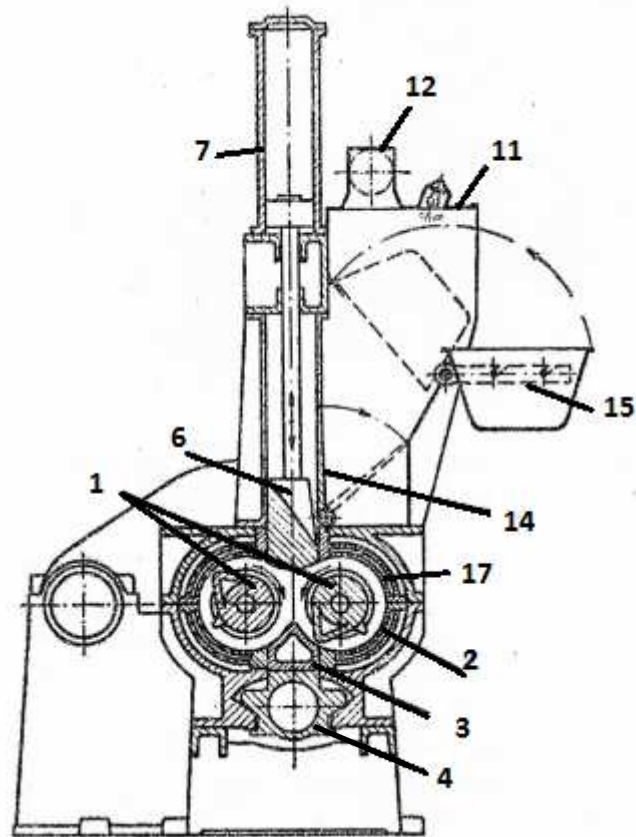
- **Anorganické pigmenty a organická barviva**

Slouží k úpravě barvy pryže.

[2]

## 2.2 Míchání kaučukových směsí

Míchání je základním procesem gumárenské výroby. Hlavním úkolem míchání je zajistit co nejlepší rozptýlení všech složek kaučukové směsi. Nedokonalost tohoto procesu může mít za vinu zhoršení mechanických vlastností. Nejčastěji se používá hnětací stroj (Obr.16.)



Obr. 16. Hnětací stroj typu Banbury (Werner-Pfleiderer)

1 - hnětadla, 2 - hnětací komora, 3 - spodní uzávěr, 4 - pneumatický válec, 6 - horní uzávěr, 7 - pneumatický válec, 11 - násypka, 12 - odsávací potrubí, 14 - klapka, 15 - výklopné zařízení, 17 - prostor pro temperovací médium [3]



### 3 VÝROBA POLOTOVARŮ Z KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ

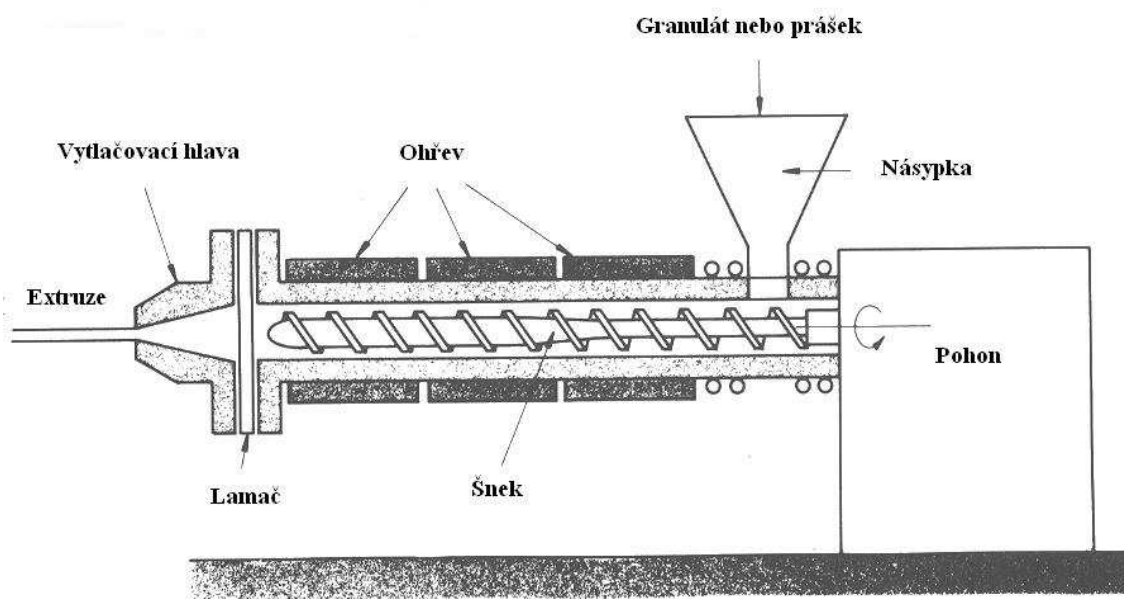
Výroba polotovarů z kaučukových směsí je velmi důležitá pro kvalitu finálního výrobku.

#### 3.1 Vytlačování profilů

Vytlačování patří mezi nejproduktivnější metody na zpracování kaučukových směsí. Směs je rozpracována mezi šnekem a stěnou vytlačovacího válce a přes šablonu se vytlačuje do volného prostoru. Existují různé druhy vytlačovacích strojů:

- Šnekové
- Pístové
- Diskové

Pro výrobu polotovarů pro konfekci se používají vytlačovací stroje šnekové, protože mají nepřetržitý cyklus a lze je aplikovat do výrobních linek.



Obr. 17. Šnekový vytlačovací stroj [19]

Vzhledem k možným odchylkám zpracovávané směsi je nutné, aby obsluha dané linky bedlivě sledovala šířkové parametry a hlavně úsekové hodnoty hmotnosti. Tyto hodnoty se pak dají ovlivnit regulací otáček šneku nebo odtahovou rychlostí dopravníku, která se upraví tak, aby úseková hmotnost odpovídala předepsaným hodnotám. Je také velice důležité dodržovat teplotní režim, aby se předešlo přehřívání směsi a tím k navulkanizování.

### Linky pro vytlačování sdužených profilů

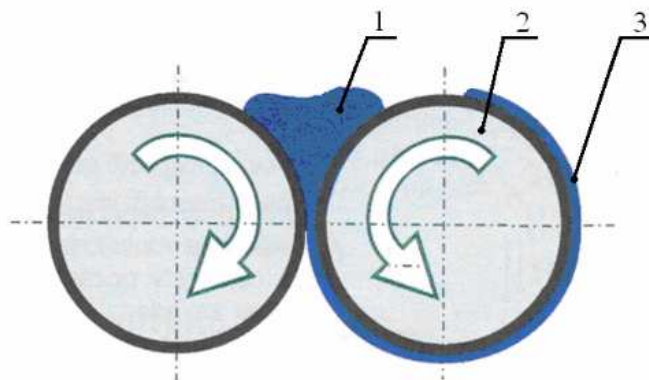
Mezi hlavní technologie pro výrobu sdužených profilů patří vytlačovací linky typu:

- TRÓESTER
- KRUPP
- BERSTORFF

Jedná se o dva, tři nebo čtyři vytlačovací stroje, které jsou uspořádány nad sebou a tlačí směs (studenou nebo teplou) do jedné vytlačovací hlavy. Směsi se spojují ve vyhřáté předšabloně a výsledný profil získá tvar až podle výstupní šablony. Je zde velice důležité dodržovat přesnou regulaci teploty ve všech zónách vytlačovacích strojů. Vyrábí se tak sdužené polotovary běhounů a bočnic.

### 3.2 Válcování

Při tomto způsobu výroby polotovarů dochází k tváření kaučukové směsi v úzké štěrbině mezi dvěma válci, které se sousledně otáčejí. (Obr. 17.) Přebytečná vrstva materiálu nad štěrbinou se nazývá návalek, souvislá vrstva, která je dopravována do skusu se nazývá opásání.



Obr. 18. Dvouválec,

1-návalek, 2-válec, 3-opásání

Válcování se také používá k výrobě profilovaných polotovarů (výplně, pásy, jádra pro patní lana). Používá se také pro výrobu vnitřní gumy, přelepovacích pásek a ochranných patních pásek.

Válcovací stroje můžeme rozdělit podle počtu válců na dvouválce a víceválce. Dvouválce se používají k ohřívání, rozpracování nebo na míchaní směsí. Víceválce jako jsou 3V, 4V

nebo i 5-ti válce se používají k výrobě fólií, pásů, profilů a k nanášení. V praxi platí pravidlo, že čím má být fólie tenčí a kvalitnější, tím více válců se použije.

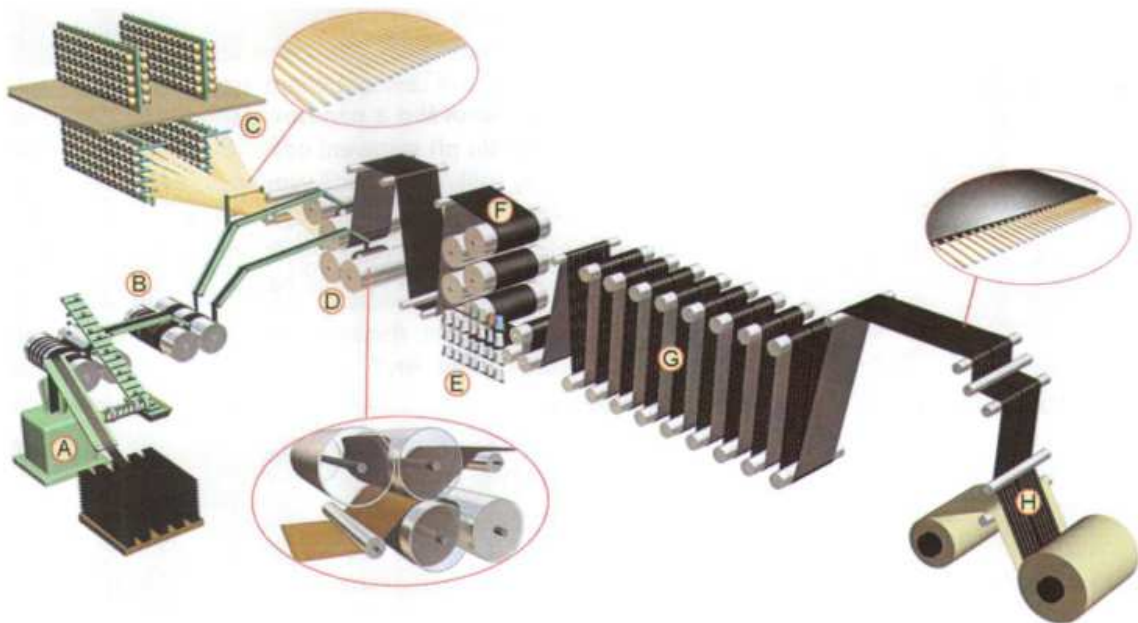
### 3.3 Nanášení

Nanášení nebo také pogumování ocelových a textilních kordů, je velice důležitá část ve výrobě pneumatik. Výztužný materiál se musí pokrýt vrstvou kaučuku z následujících důvodů:

- Izolace jednotlivých nití kordové nebo technické tkaniny
- Možnost konfekce pláště
- Elasticita kostry pláště
- Ochranná vrstva

#### **Pogumování ocelových kordů**

Kaučuková směs je po ohřátí na dvouválci dopravena mezi dvě štěrbiny čtyřválců a vyválcovaná teplá fólie se nanáší na ocelový kord z obou stran. Pracovní rychlost bývá obvykle okolo 50 m/min. Pracovní šířka pogumovaného materiálu může být až 1500 mm. Kordy jsou odvíjeny ze speciální cívečnice, která má elektromagnetické brzdy. Tyto brzdy zajišťují dokonalé napnutí kordu. Prostor kde jsou cívečnice uloženy, musí být klimatizovaný, aby na povrchu ocelových nití nevznikla žádná vlhkost, která by zapříčinila špatnou adhezi. Čtyřválec má na sobě mosazný hřeben s přítlačným drážkovacím válcem, který slouží k rovnoměrnému rozmístění ocelových nití na stanovenou dostavu. Speciální rotační nůž ořezává pogumovaný kord na požadovanou šířku. Poté se kord chladí soustavou válců a navíjí se do cívek spolu se separační fólií.

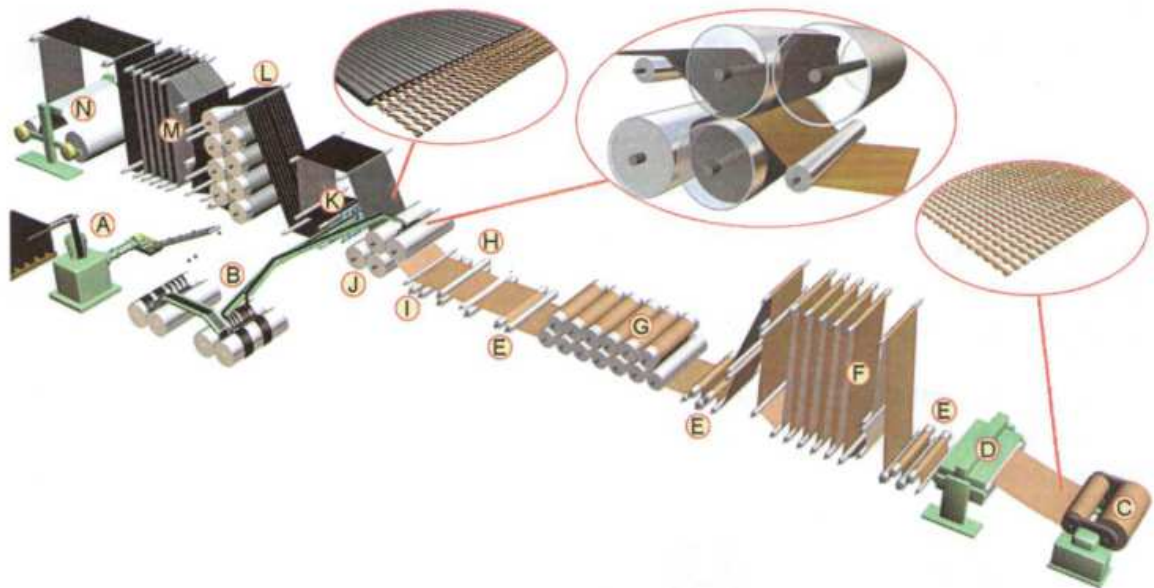


Obr. 19. Linka pro oboustarnné nánosování ocelového kordu [11]

*A - ohřívací extruder, B - ohřívací a zásobovací dvouválec, C - cívečnice, D - čtyřválec, E - pokládání nití, F - chladnička, G - zásobník pogumovaného kordu, H - navíjecí stanice*

### **Pogumování textilních kordů**

Textilní kordy se dají pogumovat rychlostí až 90 m/min, jejich šířka může být až 2100 mm. V odvíjecí stanici jsou umístěny 2 balíky textilie. Odtud jsou tažnými válci odvíjeny přes spojovací lis do zásobníku. Zásobník se skládá z několika válců, které slouží k napnutí kordu. Poté jde kord do sušičky, která se skládá z několika válců o teplotě 125 °C. Poté pokračuje kord mezi 2. a 3. válec čtyřválce. Mezi 1. a 2. stejně jako mezi 3. a 4. válcem se vytlačuje směs na pogumování. Pogumovaný kord je ještě opatřen odvodušňovacími nitěmi. Potom kord putuje do chladničky kde je teplota 25 °C až 30 °C. Z tohoto místa jde kord do napínacího zařízení, které slouží kromě napnutí i jako zásobník při výměně cívky.



Obr. 20. Linka pro oboustranné nánosování textilního kordu [11]

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

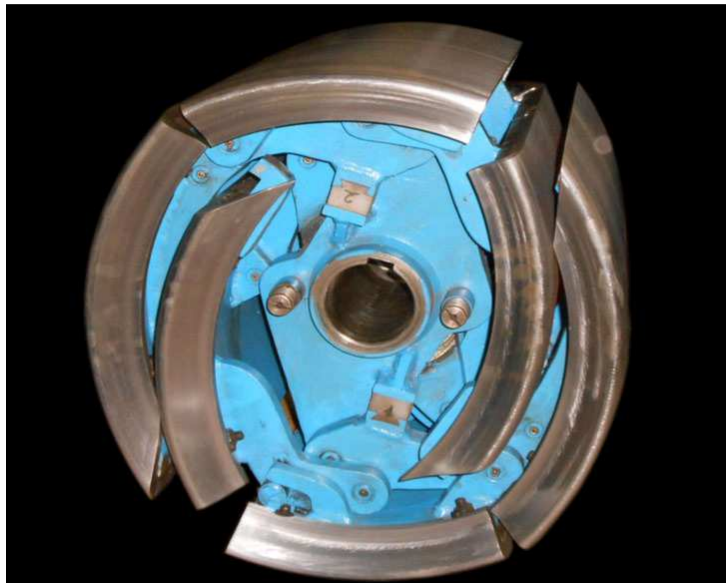
### 3.4 Výroba patních lan

Důležitou součástí pláště pneumatiky jsou patní lana, která zajišťují usazení pláště v ráfku. V patce je lano ukotveno přehnutými okraji kordových vložek a také dalšími výztužnými materiály, které zajišťují tuhost, pevnost a bezpečnost patky. Jako základ se používají vysokopevnostní ocelové dráty.

Povrch ocelového drátu je pomosazen nebo pobronzován. Cívky s dráty jsou v cívečnici. Dráty jsou odvíjeny a prochází hlavou vytlačovacího stroje, kde dojde k jeho pogumování. Po ochlazení se pogumovaný drát navíjí na konfekční kolo do předepsaných vrstev. Kolo je nastaveno na určitý obvod podle průměru patky konstrukce pláště. Navinuté vrstvy drátu se odseknou a hotové lano se zajistí tlakem nebo páskem tkaniny.

## 4 KONFEKCE

Je to vlastně montáž více částí pneumatiky do jednoho celku na konfekčním bubnu, výsledkem je surový plášť pneumatiky. Plášť je surový protože ještě není z vulkanizovaný. Tato fáze výroby je jedna z nejnáročnějších a nejdůležitějších v celém procesu výroby. Zde se nejvíce ovlivní konečná kvalita pneumatiky.



Obr. 21. Sklápěcí konfekční buben [12]

Podle konstrukce pláště můžeme konfekci rozdělit na dva druhy:

- Diagonální
- Radiální

### 4.1 Konfekce diagonálních plášťů

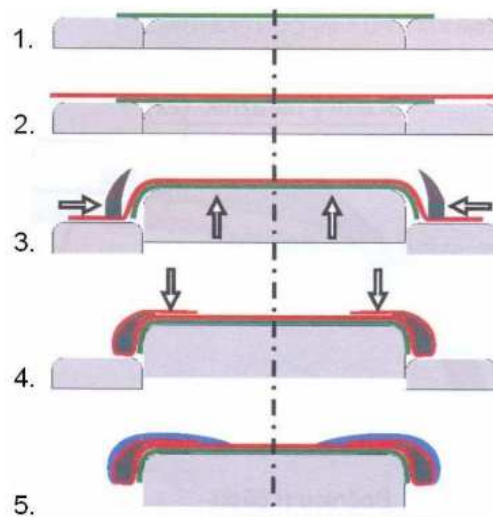
Plášť je poskládán na jednom konfekčním stroji, který je doplněn zásobníkem s kordovými vložkami, nárazníky, případně patními lany a běhounem. Kostrové vložky se poskládají na konfekční buben tak, aby každá další vrstva měla s tou předchozí opačný sklon kordových nití. Poté jsou připevněna patní lana, přes které jsou přehnuty kostrové vložky. Pro kvalitní slepení těchto částí je důležité zavalení vložek. Potom je nanesen nárazník a běhounový pás a opět se zavalí. Na konci je získán surový diagonální plášť válcového tvaru, který se může lisovat.

## 4.2 Konfekce radiálních pláštů

Tato metoda konfekce je rozšířena u většiny pláštů osobních automobilů, motocyklů a nákladních vozidel. Je zde lepší využití konstrukčních materiálů, lepší jízdní vlastnosti pláště a větší bezpečnost. Kordové vložky jsou uloženy radiálně od patky k patce pod úhlem 90°.

konfekci radiálních pláštů můžeme rozdělit podle způsobu výroby na:

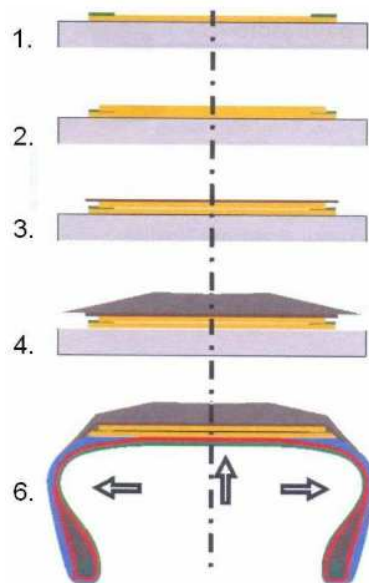
- **Jednostupňová konfekce** - Surový plášť je zhotoven na jednom zařízení, konfekce trvá delší dobu.



Obr. 22. Konfekce I. stupeň

0- uložení lan do narážeců, 1 - navinutí vnitřní gumy, 2 - navinutí nosných textilních kordů, 3 - narážení lan, 4 - přehnutí okrajů kordů přes lana, 5 - uložení bočnic, 6 - celkové zavalení polotovarů, 7 - sejmutí kostry, 8 - kontrola

- **Dvoustupňová konfekce** - Surový plášť je zhotoven na dvou strojích. První stupeň je konfekce kostry, která se provádí na plochem konfekčním bubnu. Druhý stupeň je tvorba obalu pláště (nárazníky, běhoun), vytvarování pláště a spojení kostry s obalem.



Obr. 23. Konfekce II. stupeň

0- usazení kostry do disků konfekčního stroje, 1 - položení nárazníku na pomocný konfekční buben, 2 - položení nárazníku, 3 - navinutí PAD nárazníku, 4 - položení běhounu na nárazníkový prstenec, 5 - přenesení prstence na předtvarovanou kostru, 6 - dotvarování kostry a celkové zavalení, 7 - sejmutí pláště, 8 - kontrola

- **Vícestupňová konfekce** - Skládá se z více pracovišť, které jsou ale navzájem propojeny. Úkolem této konfekce je zjednodušit skladbu pláště a snížit dobu výroby.



## 5 LISOVÁNÍ A VULKANIZACE PLÁŠŤŮ PNEUMATIK

### 5.1 Formy pro vulkanizaci

Jedná se o jedno z nejdůležitějších zařízení při lisování pláštěů pneumatik, membrán, duší atd. Lisovací forma udává výsledné vlastnosti pláště, jeho přesnost a určuje jeho vzhled. Působením teploty, tlaku a času dostává surový plášť výsledný tvar, rozměry a fyzikálně - mechanické vlastnosti. Tento proces se nazývá vulkanizace. Teprve vulkanizací vzniká elastická pryž s potřebnými fyzikálními vlastnostmi důležitými pro užitnou hodnotu výrobku. Mezi tyto vlastnosti patří elasticita, tažnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení, povětrnostním a chemickým vlivům.

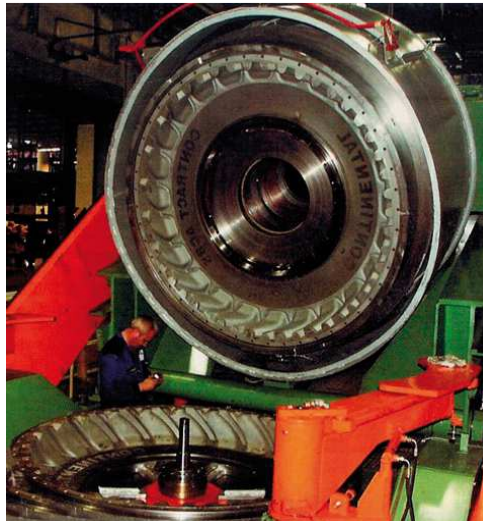
Pro tento proces je nutno použít zařízení, které vyvine vysoké teploty a tlaky. Tímto zařízením jsou vulkanizační lisy. Dle toho jakým způsobem dosahujeme uzavírací a lisovací síly, rozdělujeme lisy na mechanické a hydraulické. Topným médiem je pára a horká voda. Ohřev surového pláště se děje přes kovovou formu buď přímo, hovoříme o komorovém vytápění, nebo nepřímo přes topnou desku, která zahřívá formu. Vzhledem ke tvaru pláště, který představuje duté těleso, musí být plášť při vulkanizaci přitlačován zevnitř proti kovové formě elastickou membránou, která současně zajišťuje vnitřní ohřev pláště.[1]

#### 5.1.1 Typy forem

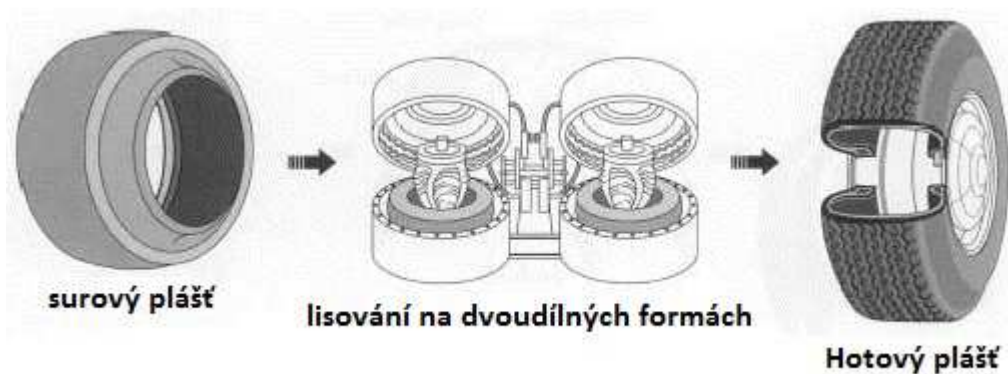
- **Dvoudílné** - Používají se při výrobě diagonálních pláštěů
- **Segmentové** - Používají se při výrobě radiálních pláštěů

#### **Dvoudílné formy**

Tento druh forem mívá obvykle jednu horizontální dělicí rovinu a skládá se z horní a dolní poloviny. V obou polovinách se nacházejí dezénové vložky, patní kroužky a kroužky tvořící bočnice. Jednou ze základních částí formy je také elastická membrána. Tyto formy se používají při výrobě jednodušších diagonálních pláštěů. Nevýhodou dvoudílných forem je, že se nedají použít pro radiální pláště. Při vertikálním otevírání formy dochází k poškození a deformaci pláště na jeho dezénu. Jejich výhodou je jednoduchá konstrukce, údržba a také jejich cena.



Obr. 24. Dvoudílná forma [14]



Obr. 25. Princip dvoudílné formy [15]

### Segmentové formy

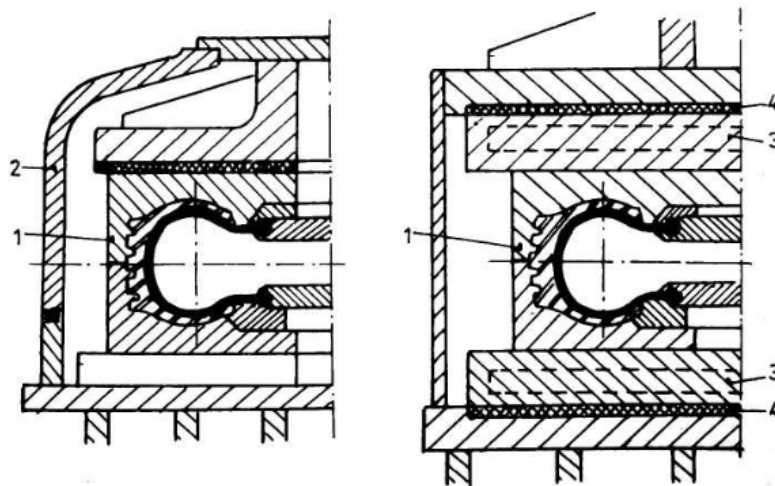
Tento typ forem je určen hlavně pro výrobu radiálních plášťů. Skládají se z dolní části formy, horní části formy, ze segmentů, které tvoří dezénovou část formy, dolním a horním bočnicovým kruhem, patním kruhem a lisovací membránou. Jejich hlavní výhodou je, že díky radiálnímu pohybu jednotlivých segmentů se ve fázi při otevírání a zavírání formy chovají podstatně šetrněji než dvoudílné formy. Nedochozí tu k přesunu materiálu a nadměrným deformacím v koruně pláště. Tyto vlastnosti jsou velice důležité pro dosažení vysoké kvality a přesnosti výroby moderních výkonných autoplášťů. Segmentové formy jsou mnohem dražší než dvoudílné a jsou také náročnější z hlediska konstrukce, údržby a manipulace.



Obr. 26. Segmentová forma [13]

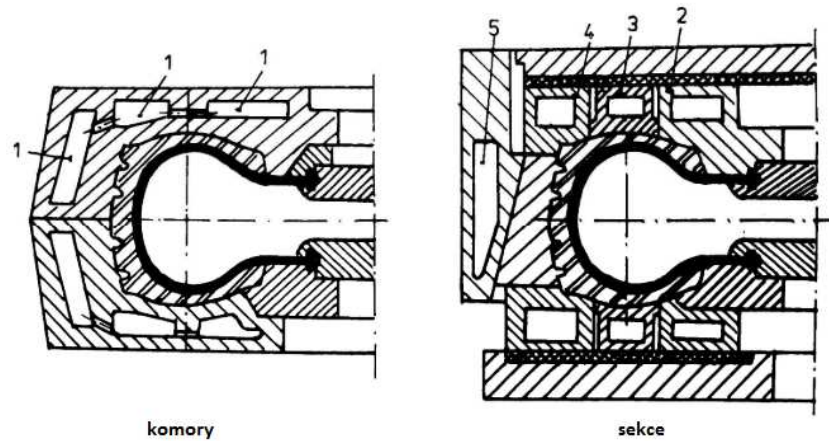
### 5.1.2 Ohřev forem

Formy můžeme ohřívat buď tlakovou vodou nebo sytou párou. Jediná výjimka je u protektorovacích lisů, kde se dá použít horký vzduch. Sytá pára mívá většinou tlak do 2 MPa, zatímco horká voda může mít tlak až do 3 MPa. Plášť bývá ohříván ze všech stran. U směsí z přírodního kaučuku bývá teplota vulkanizace zhruba 140 °C - 150 °C, u směsí z kaučuku syntetického probíhá vulkanizace od 100 °C do 220 °C. Formy lze ohřívat v parní komoře mezi topnými deskami, když jsou malé rozměry pláště a nebo komorově či sekčně. V parní komoře máme tlak 0,6 - 0,8 MPa.



Obr. 27. Ohřev topnými deskami [1]

1- forma, 2 - komora, 3 - topná deska, 4 - izolace



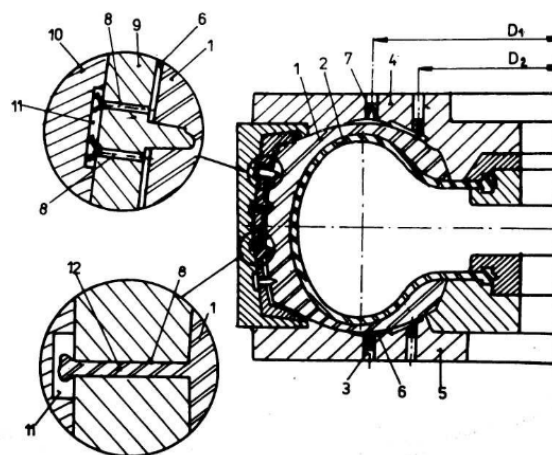
Obr. 28. Ohřev komorově a sekčně [1]

1-komora, 2, 3, 4, 5-sekce

U sekčního principu ohřevu formy jsou jednotlivé sekce od sebe odděleny izolací a každá má svůj topný okruh. Teplotní režim je nastaven tak, aby ohřev a tím i vulkanizace probíhala ve všech místech pláště stejně. [1]

### 5.1.3 Odvzdušnění forem

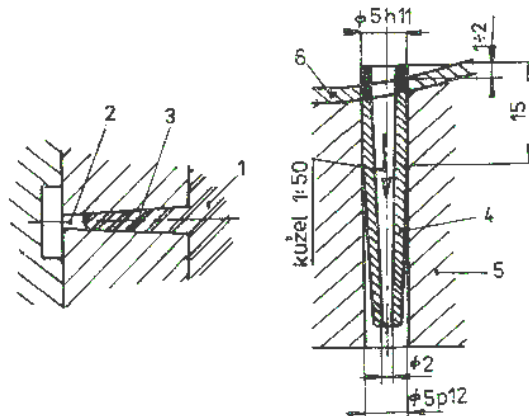
Uzavřená lisovací forma musí mít odpovídající odvědušnění. Vzduch, který by zůstal mezi pláštěm a formou by zhoršil kvalitu pláště. Forma je opatřena odvědušňovacími otvory, které bývají na běhounovém desénu. Počet těchto otvorů je závislý na druhu desénu. Uzavřený vzduch uniká kanálky do sběrných kanálů, které ústí do dělících rovin mezi segmenty. Kanálky bývají válcové o průměru 1,5 až 2,5 mm. Směs do nich zatéká a může vytvořit hlavici, která potom brání vyjmutí přetoku.



Obr. 29. Odvědušnění formy na pláště [1]

1-plášť, 2-membrána, 3-vložkový otvor, 4-horní díl formy, 5-dolní díl formy, 6-vzduchový polštář, 7-odvzdušňovací kolík, 8-odvzdušňovací kanálek, 9-desénovací vložka, 10-segment, 11-sběrný kanál, 12-přetok

Existují také kuželové kanálky, ty jsou vhodnější pro případ, když se přetok odtrhne a ucpe odvzdušňovací otvor. Jejich kuželovitost je 1:50. Kuželové otvory se realizují velice špatně, a tak se používají kuželové kolíky, které se zalisují do předvrtaných válcových otvorů.



Obr. 30. Kuželové odvzdušňovací otvory

1-plášť, 2-odvzdušňovací kanál, 3-přetok, 4- odvzdušňovací kolík, 5-forma,  
6-vrstva pro opracování [1]

## 5.2 Vulkanizační lisy

Vulkanizační lis s nainstalovanou formou je poslední zařízení výrobního řetězce pneumatik. Ze surového pláště, který je zhotoven na konfekci, zde vzniká finální výrobek. V dnešní době jsou vulkanizační lisy konstruovány tak, aby na nich bylo možné lisovat a vulkanizovat pláště s diagonální i radiální konstrukcí. Do všech lze nainstalovat dvoudílné i segmentové typy forem.

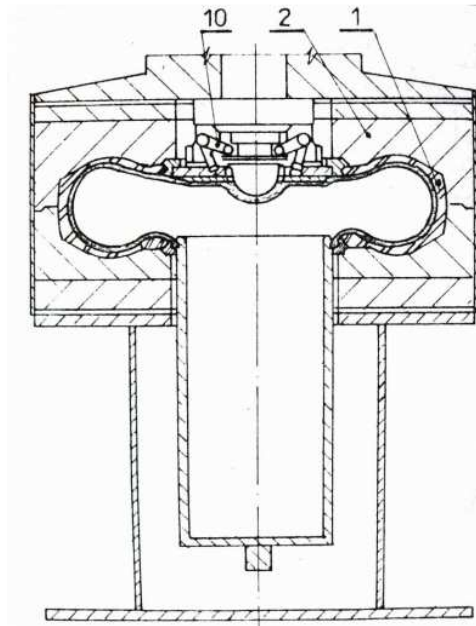
### Rozdělení lisů:

#### Podle technologie

- **Autoform**

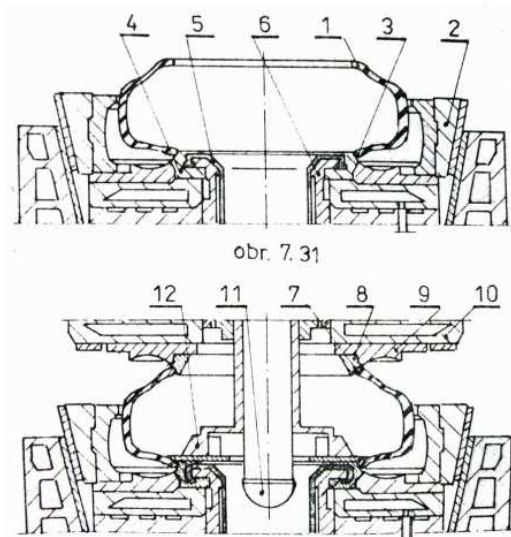
U toho typu lisu se membrána po konci vulkanizace zasunuje pod spodní desku komory na rozdíl od lisů typu „BOM,, . Zvulkanizovaný a stabilizovaný plášť je

dopraven systémem pásových dopravníků k dokončovacím operacím, tj. k ořezání přetoků, ke zjištění vyváženosti a ke kontrole kvality. [4]



Obr. 31. Vulkanizační lis Autoform s pùlenou formou [3]

1- zvulkanizovaný plášť, 2- dvoudílná forma, 10 - upínací hlava



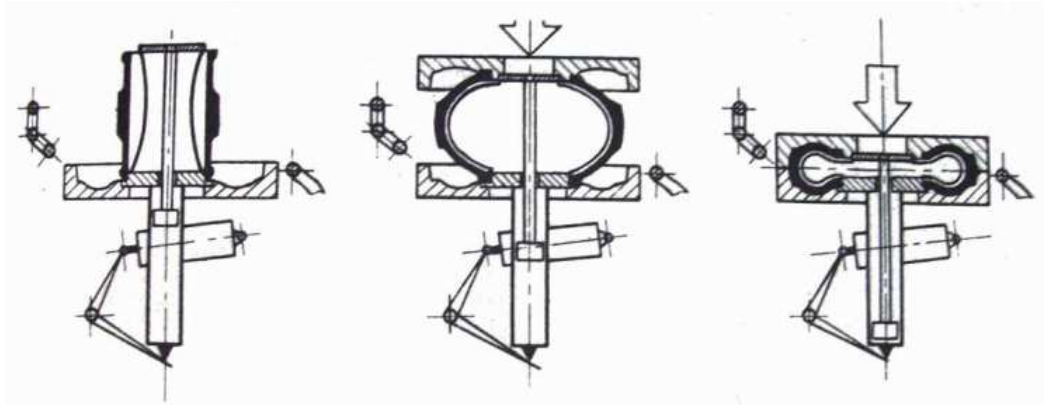
Obr. 32. Vulkanizační lis Autoform se segmentovou formou [3]

1 - surový plášť, 2 - segmentová forma, 3 - spodní patka, 4 - spodní patkový kroužek, 5 - lisovací membrána, 6 - studna, 7 - horní patka, 8 - horní patkový kroužek, 9 - horní pohyblivá část, 10 - hor. pohyblivá část lisu, 11 - plunžr, 12 - vyhazovací zařízení

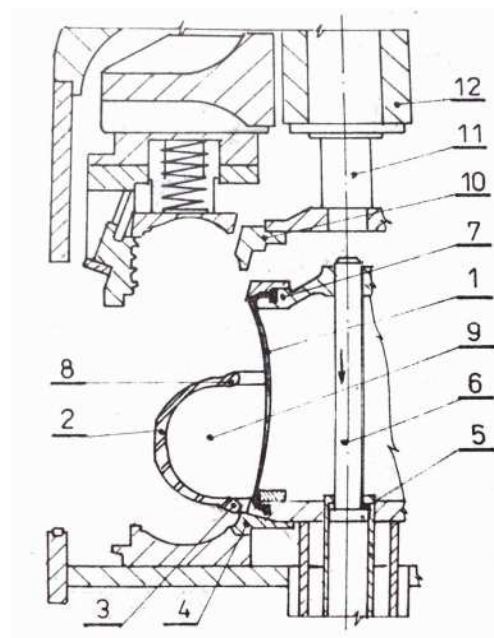


- **BOM ( Bag - o - matic )**

Jedná se o druh lisu, který je vybaven řídicím pultem nebo skříní, které bývají umístěny u lisu a musí být lehce dostupné. Celý proces vulkanizace můžeme řídit také ručně, když přepneme hlavní přepínač na tuto možnost. Tato varianta se však používá pouze během poruchového stavu, při riziku havárie, která by měla vliv na zdraví pracovníka či na provozní stav stroje a nebo se dá použít při ohřevu lisu po zastávce. Většinou lisy pracují automaticky. [4]



Obr. 33. Vulkanizační lis Bag-o-matic s pùlenou formou [3]



Obr. 34. Vulkanizační lis Bag-o-matic se segmentovou formou [3]

1 - lisovací membrána, 2 - surový plášť, 5 - prostor, 6 - pístnice, 7 - horní membránový kroužek, 8 - horní patka, 9 - prostor, 10 - horní patkový kroužek, 11 - silový válec, 12 - horní pohyblivá část lisu,

- **Kombinace autoform a BOM = Chodomatic**

**Podle způsobu zvedání horní pohyblivé části**

- **Mechanické** - (klikový mechanismus, pastorek - hřeben, šroub - matice)



Obr. 35. Dvoukomorový mechanický lis [15]

- **Hydraulické**



Obr. 36. Dvoukomorový hydraulický lis [16]



**Podle počtu vulkanizačních míst**

- Jednokomorové (jednomístné)
- Dvoukomorové (dvoumístné)

**Podle průměru vulkanizovaného pláště**

- 40" / 45" - Osobní pláště s vnitřním průměrem patek od 12" do 16"
- 55" - Střední nákladní pláště, průměr patek 16" až 20"
- 63,5" - Nákladní pláště, průměr patek 20" až 24"
- 75" - Těžké nákladní a traktorové pláště, průměr patek 24" až 29"
- 85" - Největší traktorové pláště, průměr patek 29" až 36"
- 100" - Obří pláště ( obří stavební a silniční vozidla ), průměr patek 36" až 49"

**Podle způsobu ohřevu lisovací formy**

- Komorové ( parní domy )
- S topnými deskami

**5.3 Vulkanizace**

Síťováním kaučuku nebo také vulkanizací dostáváme pryž.

Může zde vzniknout i několik druhů defektů, které vznikají díky nepředvídatelnému síťování jako jsou např.:

- Koncové řetězce
- Elasticky neefektivní řetězce
- Řetězce nepřispívající k přenosu napětí
- Smyčky uzavřené intramolekulární vazbou

Reálný vulkanizát obsahuje také další příměsi nevázané v síti jako jsou nezreagované složky vulkanizačního systému, nízkomolekulární reakční produkty vulkanizace a přísady sloužící k úpravě vlastností směsí (změkčovadla, plniva, ...).

Jako první elastomer se začal používat přírodní kaučuk a proto se také nejvíc vyvíjel a zkoumal právě tento typ kaučuku.

Do výroby vstupují stále nové technologie vulkanizace, ale stále se jedná jen o zdokonalování původních metod zahřívání kaučuku se sírou, které vymyslel Goodyear v roce 1839. Od té doby se stále nepodařilo najít jiné vulkanizační činidlo, které by dávalo lepší vyrov-

nanost fyzikálních vlastností a chemických vlastností, než je právě síra. Hlavně proto, že je síra pořád snadně dostupnou a levnou přísadou.

Dienové kaučuky se mohou vulkanizovat i spoustou jiných vulkanizačních činidel, nejdůležitějším a hlavním, ale stále zůstává síra. [2]

Vulkanizační systém se skládá z vulkanizačního činidla, urychlovače a aktivátoru vulkanizace. Hlavním rysem vzniku trojrozměrné sítě vulkanizátu je její hustota.

### 5.3.1 Vulkanizace a struktura pryže

Struktura vulkanizátu závisí na daných podmínkách vulkanizace, jako jsou vulkanizační doba a teplota, povaha urychlovače, váhový poměr urychlovače se sírou a na aktivátorech.

Většina vulkanizačních systémů obsahuje buď elementární síru v kombinaci s urychlovačem, kterým bývá tiol, disulfid nebo sulfenamid. Jako aktivátor se používá kyslíčník zinečnatý a vyšší karbonové kyseliny nebo se často také přidávají zásadité sloučeniny dusíku. Když zvýšíme koncentraci urychlovače a zároveň snížíme koncentraci síry, tak bude vulkanizát stálejší proti vlivům zvýšených teplot a proti vlivům korozního prostředí.

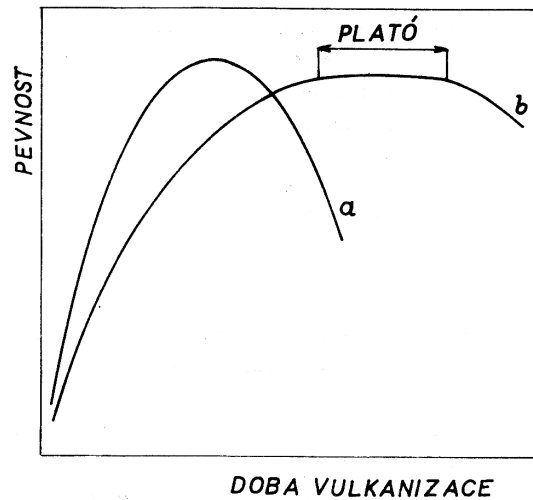
Když budeme zvyšovat koncentraci vulkanizačního činidla, účinnost vulkanizačního systému a doby po kterou vulkanizujeme, tak bude vzrůstat síťová hustota. Tím se změní např.: pevnost v tahu. [2]

### 5.3.2 Vulkanizace jako tepelný proces

Jedná se o velmi složitý tepelný proces:

- Kaučukové směsi jsou špatnými vodiči tepla, takže se vnitřní vrstvy pomalu ohřívají.
- Rychlost vulkanizace závisí na teplotě, přičemž aktivační energie v širším rozsahu teplot není konstantní.
- Než začne síťování, projevuje se indukční perioda, která závisí na složení a na tepelné historii směsi.
- Reakce je mírně tepelně zabarvená, výrazněji se projevuje exotermní průběh při vulkanizaci tvrdé pryže.
- Některé výrobky jsou složeny z různých materiálů z rozlišnými tepelnými charakteristikami. ( např. pneumatiky, dopravní pásy, systémy pryž - kov ).

- Uvnitř objemových výrobků vulkanizace ještě dost dlouho pokračuje, i když se stále zmenšuje její rychlost, při jejich chlazení po skončení vulkanizačního cyklu.



Obr. 37. Tvary vulkanizačních křivek,

a) strmá vulkanizační křivka, b) plochá vulkanizační křivka [2]

Při vulkanizaci tlustostěnných výrobků jsou teploty proměnlivé, rozdílné pro různé části a díky tomu se dostává různý stupeň vulkanizace. Je třeba zvážit každou teplotu podle její účinnosti na rychlosti vulkanizace a integrovat podle času.

Ohřívání (nebo chlazení) se řídí zákony sdílení tepla:

- Vedení
- Proudění
- Sálání

### 5.3.3 Základní faktory procesu vulkanizace

- Teplota vulkanizace
- Doba vulkanizace
- Tlak na povrch vulkanizovaného výrobku
- Podmínky ohřevu

### 5.3.4 Teplota vulkanizace

Většinou se kaučukové směsi vulkanizují za teplot (130 až 160°C), může však probíhat i při mnohem menších teplotách (s urychlovači i pod 100°C) nebo naopak při vyšších teplotách, zvláště u malých výrobků z kaučuků odolávajícím reverzi.

vysoké teploty se nedoporučují:

- Při vulkanizaci směsí z NR nebo IR, protože tyto elastomery snadno podléhají oxidační degradaci mohou se snadno převulkanizovat.
- Při vulkanizaci výrobků velkých rozměrů, u kterých je těžké zajistit rovnoměrný prohřev a zabránit převulkanizaci povrchových vrstev.
- U kombinovaných výrobků pryž - textil, kdy některé vlákna (z celulózy) podléhají zvýšené oxidaci a snížila by se jejich pevnost.

### 5.3.5 Doba vulkanizace

Bývá od desítek sekund po hodiny. Na dobu vulkanizace má velký vliv složení směsi, ale také teplota vulkanizace, rozměry výrobku, způsob ohřevu a typ vulkanizačního prostředí.

### 5.3.6 Vliv tlaku při vulkanizaci

Při působení tlaku a teploty směsi při lisování tečou, díky tomu vyplňují dutinu formy a kopírují její tvar. Tlak je nutné použít také proto, aby výlisek byl monolitní, hlavně u vrstvených výrobků připravovaných konfekcí. Když je tlak příliš nízký, uvolňují se zahříváním těkavé složky a plyny, tím se utvoří nežádoucí porézní výrobky. Tlak je proto nutné udržovat na potřebné hodnotě v indukční periodě vulkanizace, když se výrobek tvaruje, v průběhu vulkanizace až do okamžiku, kdy je docíleno takové síťové hustoty pryže, při které je již pevnost pryže a pevnost spojení jednotlivých částí dostatečná. Tím zabráníme porušení pryže účinkem vnitřního tlaku plynů, které se uvolňují po odstranění vnějšího tlaku.

Tok kaučukových směsí a jejich pronikání do jednotlivých vrstev je možné do té doby dokud se nezačne tvořit příliš mnoho příčných vazeb mezi molekulami kaučuku. Při zvýšení teploty dojde ke snížení viskozity, urychlí se tok a vzájemná difúze, zároveň však zkracuje indukční periodu a dobu efektivnosti působení tlaku. Proto musíme parametry volit ideálně, tak aby došlo k vyplnění formy bez defektů.

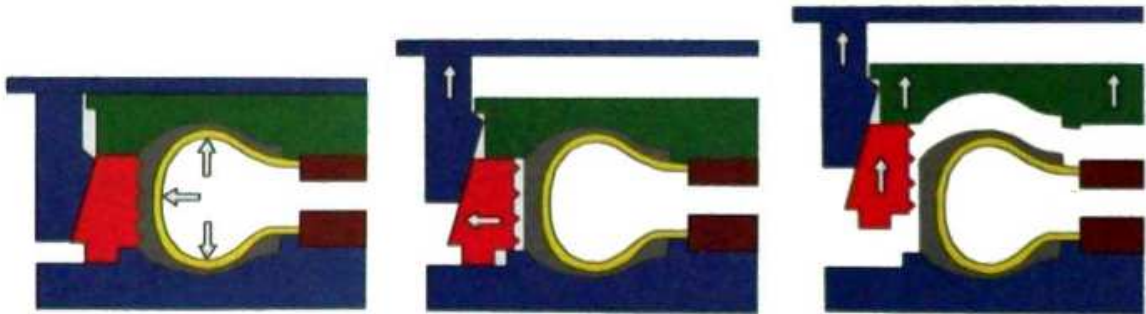
Při použití velmi vysokého tlaku, se může změnit následné smrštění. Po odstranění tlaku je zvětšení objemu stlačené pryže větší než jeho zmenšení. Po vyjmutí z formy se tak výlisek zvětší.

Tlakem se také zvyšuje hustota, tvrdost, skutečná plocha spoje, modul vulkanizátu a snižuje se bobtnání. Zvýšením tlaku také urychlíme proces vulkanizace.

## 5.4 Odformování pláště pneumatik

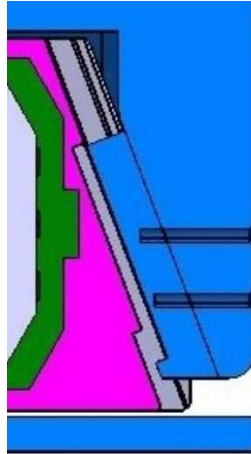
Je to část výrobního procesu lisování pláště pneumatiky, kdy dochází k odlepení dezénové vložky segmentu od samotného dezénu pláště. Vznikají zde určitá napětí a deformace které mohou ovlivnit kvalitu finálního výrobku. Tyto vady se dají regulovat zvolením vhodné formy (půlená, segmentová) nebo úpravou počtu segmentů. Záleží o jaký typ dezénu se jedná.

Kontrola vhodnosti formy pro výroby se může provést pomocí FEM analýzy (metoda konečných prvků). Také se však musí vzít v úvahu statika a kinematika celého procesu lisování.



Obr. 38. Princip uzavření segmentové formy [16]

U kontejnerů jde o zařízení, do kterých jsou upnuty segmentové formy. Jejich hlavním významem je pomocí síly lisu ovládat radiální pohyb segmentových forem. Jejich použití nelze aplikovat u dvoudílných forem. Téměř všechny konstrukce kontejnerů fungují na principu kdy na sebe dosedají dvě kuželové plochy, kontejnery jsou opatřeny vodítky a na hřbetech segmentů jsou drážky stejného tvaru jako má dané vodítko, to můžeme vidět na Obr. 39.



*Obr. 39. Ukázka vodítka a drážky*

**Radiální zdvih** - Maximální radiální vysunutí segmentů. Zdvih musí být dostatečně velký pro bezpečné odformování pláště. Při malém radiálním posunutí by mohlo dojít k vytrhnutí dezénu nebo k jiné deformaci, která je nežádoucí.

**Axiální zdvih** - Maximální vertikální vysunutí segmentů, záleží na velikosti kontejneru.

## 6 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části je shrnuto vše o výrobě pláště pneumatiky, je zde uvedeno z jakých komponent se pneumatika skládá, z čeho dané části jsou a jak se spojují v jeden celek. Také tu nalezneme rozdělení pneumatik, složení gumárenské směsi pro jejich výrobu a jak a z čeho se získává hlavní přísada jménem kaučuk,.

Je zde uvedeno na jakých strojích se pneumatiky vyrábí, jaké jsou druhy forem pro lisování, jejich princip a využití. Ke konci se teoretická část zaměřuje na proces vulkanizace, k čemu při ní dochází, co se ve struktuře materiálu mění a co je potřeba k provedení této operace. V úplném závěru je uvedena hlavní problematika celé diplomové práce a to odformování pláště, jsou zde uvedeny všechny závislosti a podmínky nutné k správnému otevření lisu po vulkanizaci a následnému vyhození finálního pláště pneumatiky.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 7 CÍLE DIDPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této práce je zjistit optimální zdvihovou charakteristiku, to je úhel po kterém se segmenty posunují vzhledem k horní části kontejneru, zjistit nejvhodnější počet segmentů a jaký vliv to bude mít na výsledné maximální napětí na plášti pneumatiky. Konstrukce pláště pneumatiky, segmentů a kontejneru byla provedena v 3D CAD programu Catia V5R19. Pro získání maximálního napětí v drážkách dezénu byla provedena FEM analýza (metoda konečných prvků), k tomu byl použit stejný program jako ke konstrukci všech dílů kontejneru a formy. Všechna měření a analýzy se provedli pro konkrétní typ pneumatiky, který byl navrhnout speciálně pro tuto práci.

Postup praktické části:

- Návrh dezénu pláště pneumatiky
- Konstrukce segmentové kontejnerové formy
- FEM analýza maximálního zatížení
- Odformování
- Kinematika
- Statika
- Zhodnocení

## 8 NAVRŽENÝ PLÁŠŤ PNEUMATIKY

V této práci je řešeno odformování tohoto typu pláště pneumatiky. Jedná se o mnou navržený typ dezénu pro osobní automobil. Nejedná se o skutečný, v praxi používaný typ pláště, ale jedná se o plášť zkonstruovaný pro čistě akademické účely.



*Obr. 40. Plášť pneumatiky*

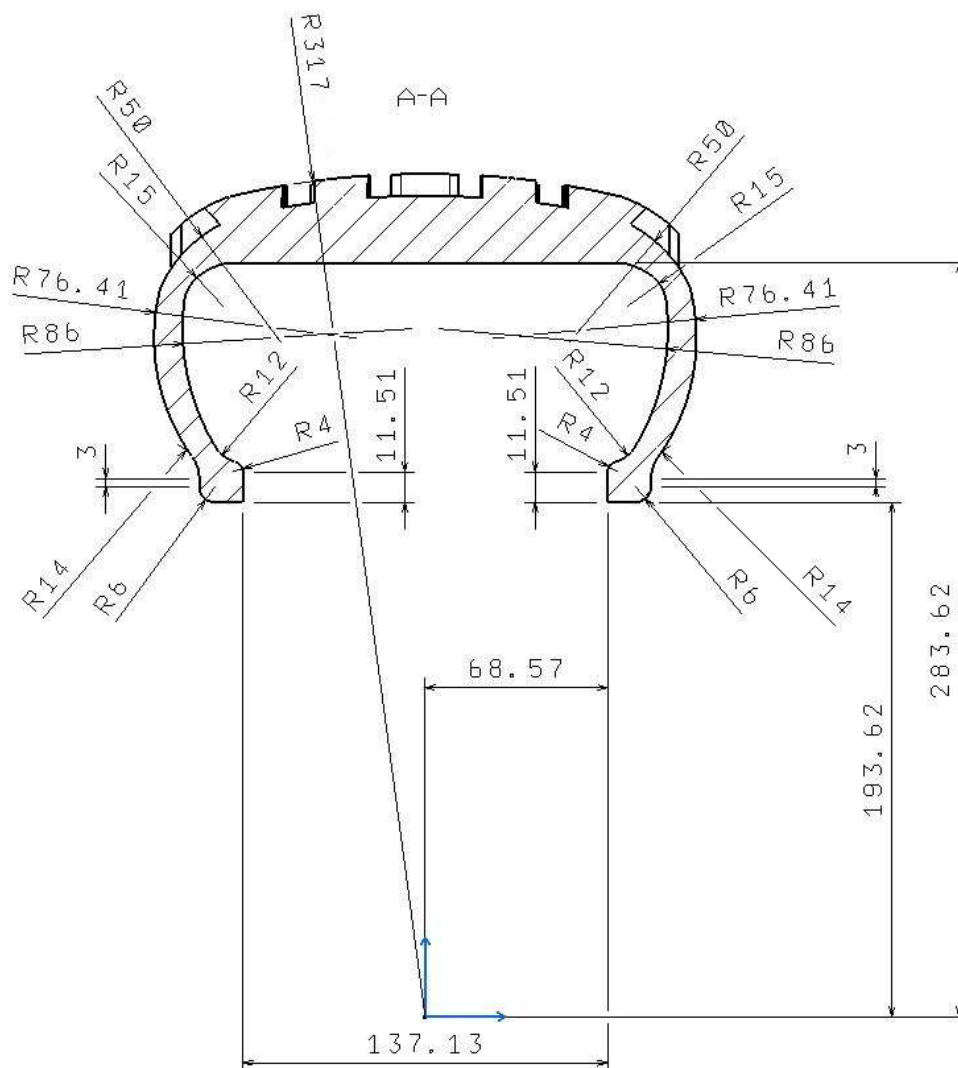
### **Detail dezénu**

Zde je detailněji znázorněn dezén pláště, tento dezén má záměrně spoustu záporných úhlů, které by měli způsobovat problémy při otevírání formy. Jeho řez i s rozměry je na Obr. 42.



*Obr. 41. Detail dezénu*

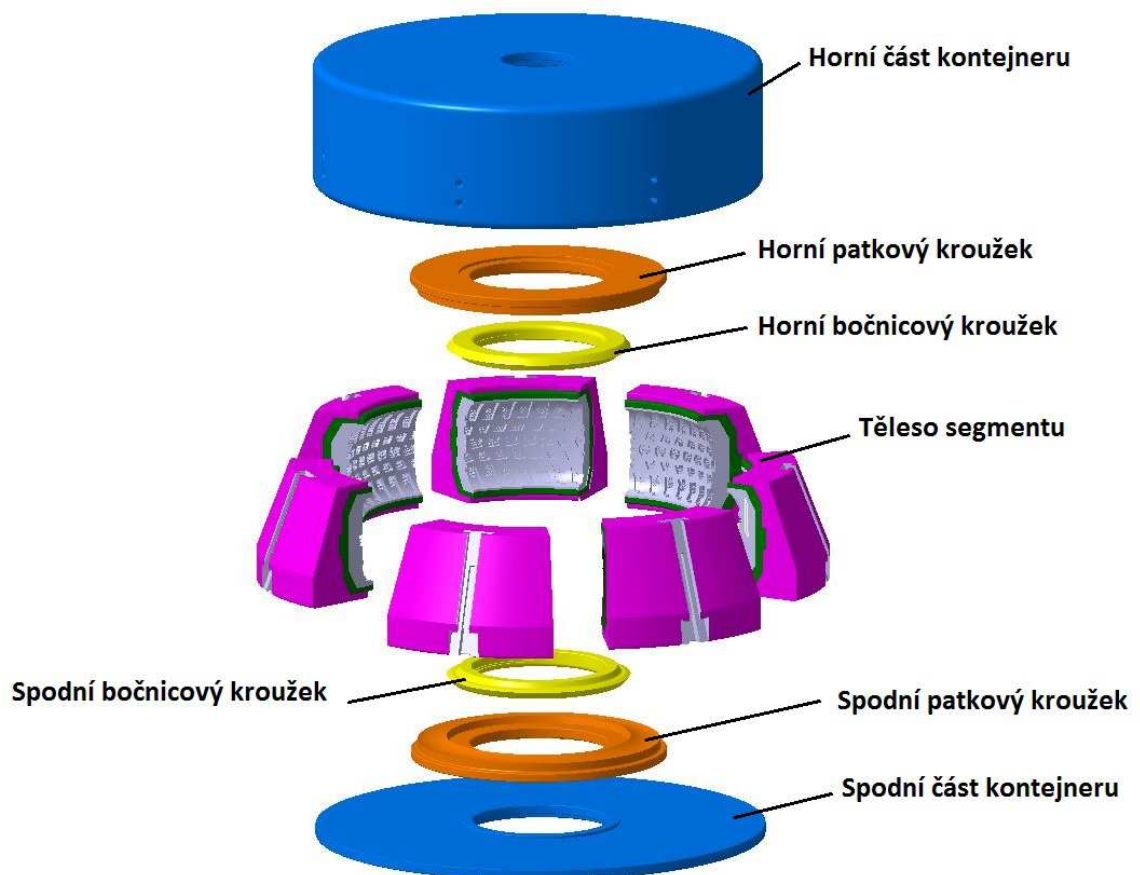
Zde je znázorněn řez pláštěm pneumatiky i s rozměry.



Obr. 42. Řez pláště pneumatiky

## 9 NAVRŽENÁ SEGMENTOVÁ FORMA

Jedná se o zjednodušený model konstrukce segmentové kontejnerové formy na lisování pláštíů pneumatik. Tento model zde slouží k lepšímu představení dané problematiky a k popsání jednotlivých částí formy.



Obr. 43. Segmentová forma

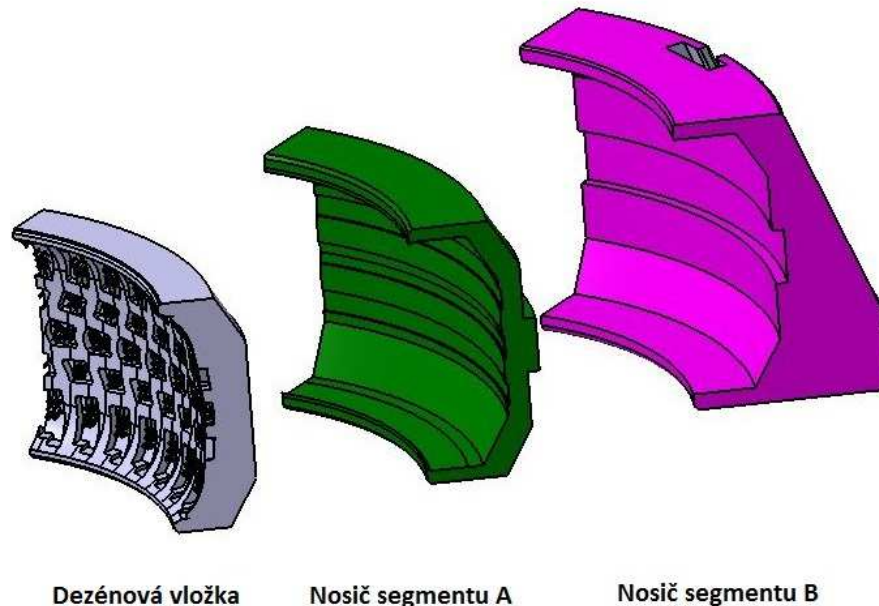
### 9.1 Složení segmentu

Každý segment se skládá ze tří částí, počet segmentů se může měnit. Většinou se používá lichý počet segmentů.

**Dezénová vložka** - Je to hlavní část segmentu, která udává požadovaný tvar daného dezénu. Tato část je v přímém kontaktu s pláštěm pneumatiky, je nejvíce namáhána a musí se pravidelně čistit a udržovat.

**Nosič segmentu A** - Na tuto část je připevněna dezénová vložka

**Nosič segmentu B** - Drží předešlé dvě části pohromadě a je opatřen T- drážkou, v které jezdí T - vodítko, to je součástí horní části kontejneru. Díky tomuto mechanismu je umožněno bezpečné otevření a vyjmutí pláště pneumatiky z formy.



*Obr. 44. Složení segmentu*

## 9.2 Materiály a způsob výroby jednotlivých komponent formy

**Dezénové vložky** jsou vyrobeny ze slitiny hliníku ČSN 42 4384 metodou tlakového lití.

**Nosič segmentu A i B** jsou vyrobeny z oceli EN 1.0553 frézováním a broušením.

**Horní i spodní část kontejneru** jsou vyrobeny z oceli EN 1.0060 soustružením a broušením.

**Bočnicové a patkové kroužky** jsou vyrobeny z oceli EN 1.0060 soustružením a broušením.

## 10 MECHANICKÁ ANALÝZA MAXIMÁLNÍHO NAPĚTÍ

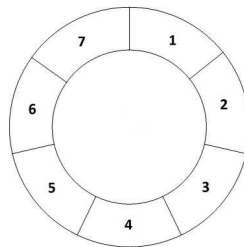
Je to numerická metoda určena pro řešení technických problémů. Používá se pro zkoumání napětí, matematických a fyzikálních výpočtů pro strojírenství až po dynamiku proudění.

Princip je v rozložení geometrického objektu na velký počet malých částí, dále se určí vlastnosti daného materiálu.

Zde záleží především na deformacích, které vzniknou na plášti pneumatiky, je to jeden z to hlavních problémů této práce.

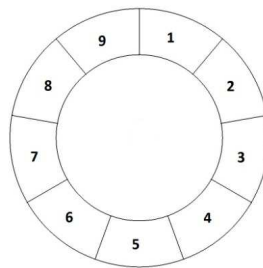
### Použité typy formy:

- 7 Segmentů



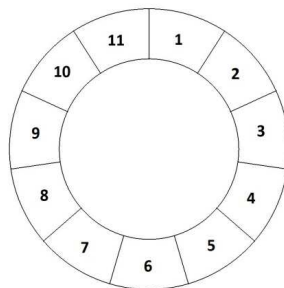
Obr. 45. Schéma rozložení segmentů

- 9 Segmentů



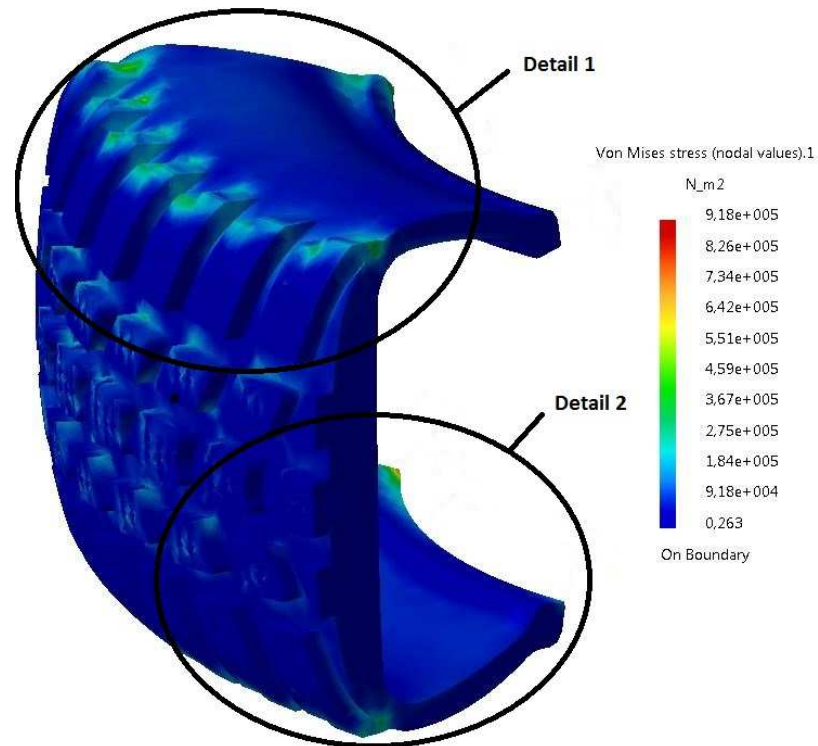
Obr. 46. Schéma rozložení segmentů

- 11 Segmentů



Obr. 47. Schéma rozložení segmentů

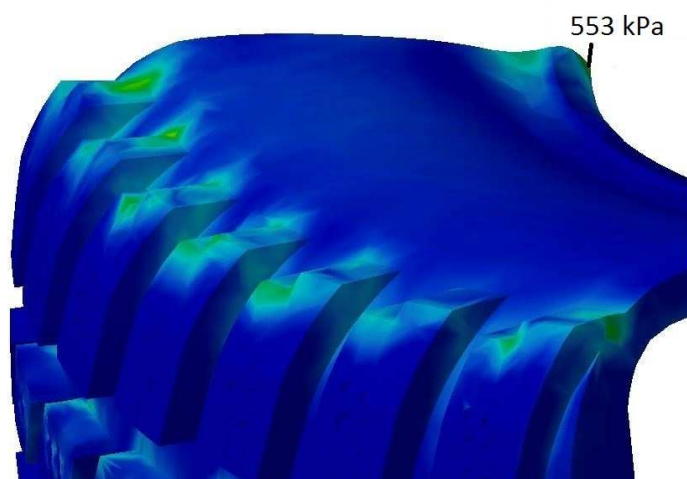
## 10.1 Při použití 7 segmentů



Obr. 48. Napětí na plášti pneumatiky při demouldingu

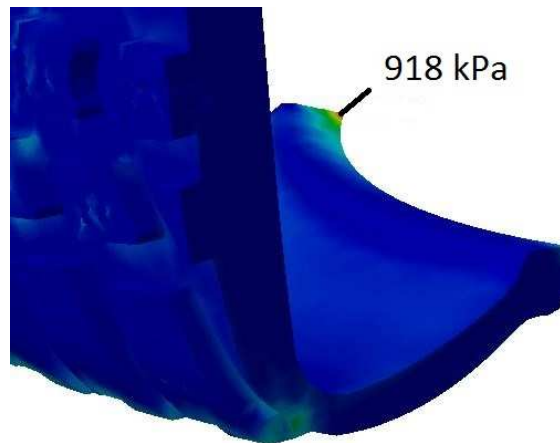
Maximální napětí na plášti pneumatiky při oddělení od formy je  $\sigma_{max} = 918$  kPa. Na detailech jsou zvětšena dvě hlavní kritická místa.

### Detail 1:



Obr. 49. Detail „1“ napětí na dezénu

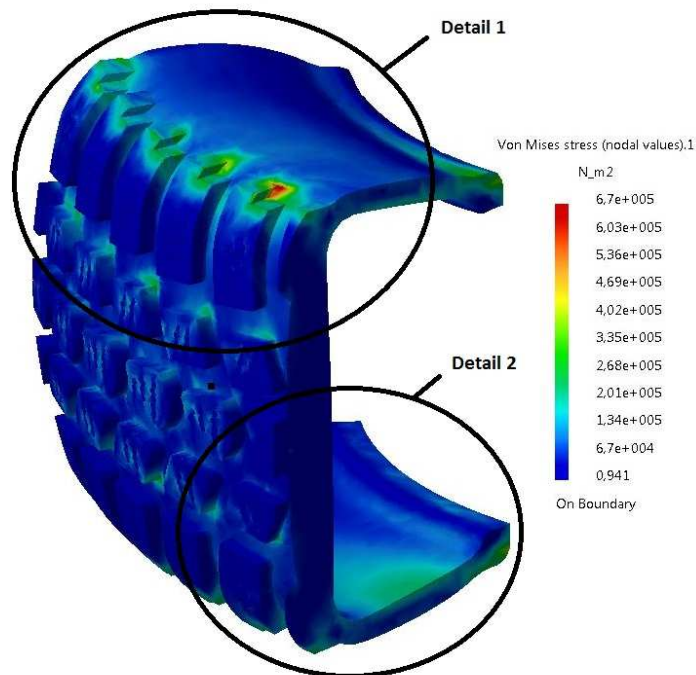
Zde vidíme, že jedno z největších napětí vzniklo v rohu patky pláště.  $\sigma_{max} = 553$  kPa. I na druhém detailu vzniklo největší napětí v této části.

**Detail 2:**

*Obr. 50. Detail „2“ napětí na dezénu*

Na tomto detailu jde vidět na kterém místě vzniklo největší napětí  $\sigma_{max} = 918$  kPa. Vidíme, že se nachází v rohu patky pláště. Jedná se tady o jedno z kritických míst kde je pravděpodobný vznik větších napětí nebo dokonce výskyt vad. Forma se 7 segmenty není pro tento typ pláště zcela vhodná. Je zde velká pravděpodobnost vzniku vady.

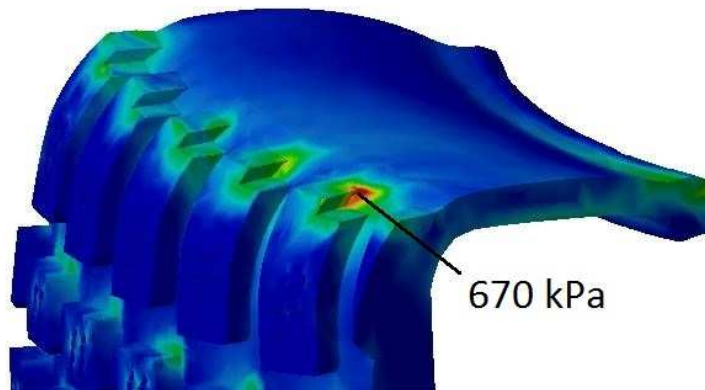
## 10.2 Při použití 9 segmentů



*Obr. 51. Napětí na plášti pneumatiky při demouldingu*

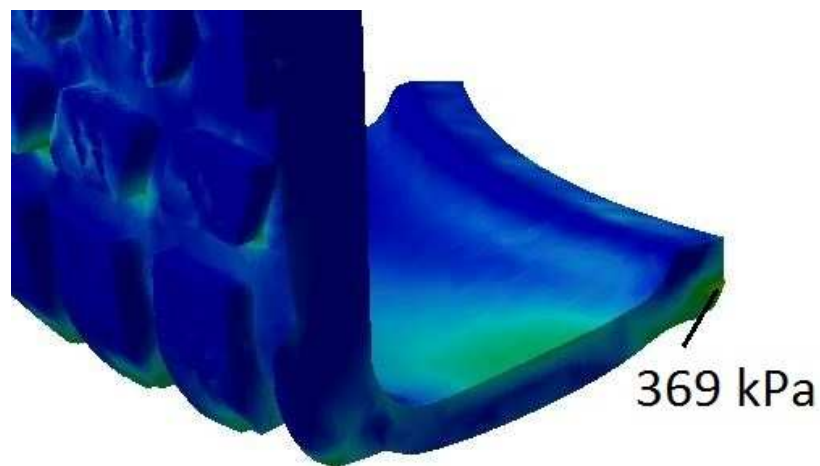
Maximální napětí na plášti pneumatiky při oddělení od formy je  $\sigma_{max} = 670$  kPa.



**Detail 1:**

*Obr. 52. Detail „1“ napětí na dezénu*

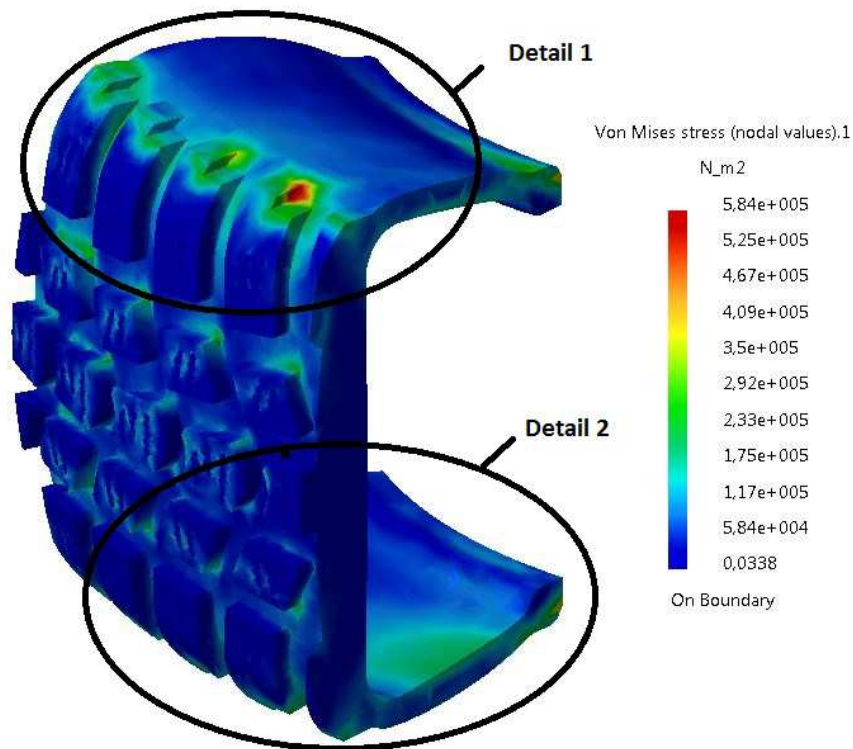
Na tomto detailu vidíme, že největší napětí  $\sigma_{max} = 670$  kPa vzniklo na okraji dezénu, je zde způsobeno negativními úhly na formě. Pryž pneumatiky se jakoby zakousne do dutiny formy a tím vzniká tento typ napětí. Může se stát, že se vlivem tohoto problému objeví i vada a plášť se poruší.

**Detail 2:**

*Obr. 53. Detail „2“ napětí na dezénu*

Na patce pláště zde vzniklo určité napětí, je však v porovnání s ostatními variantami poměrně malé.  $\sigma_{max} = 369$  kPa.

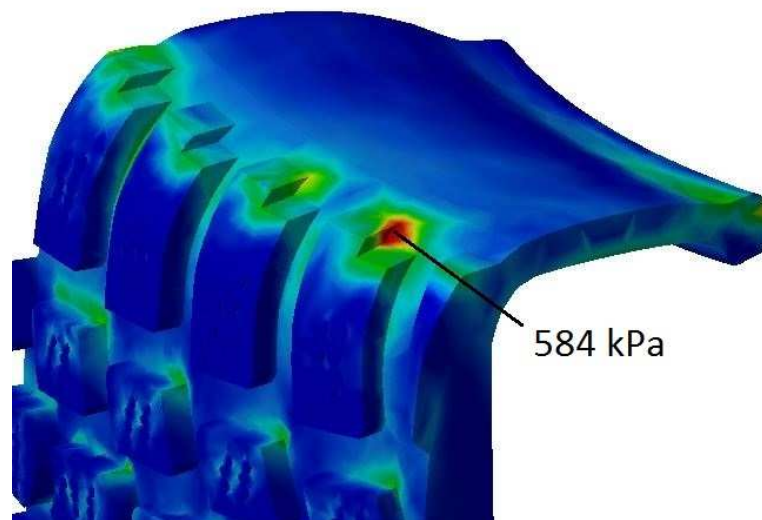
### 10.3 Při použití 11 segmentů



Obr. 54. Napětí na plášti pneumatiky při demouldingu

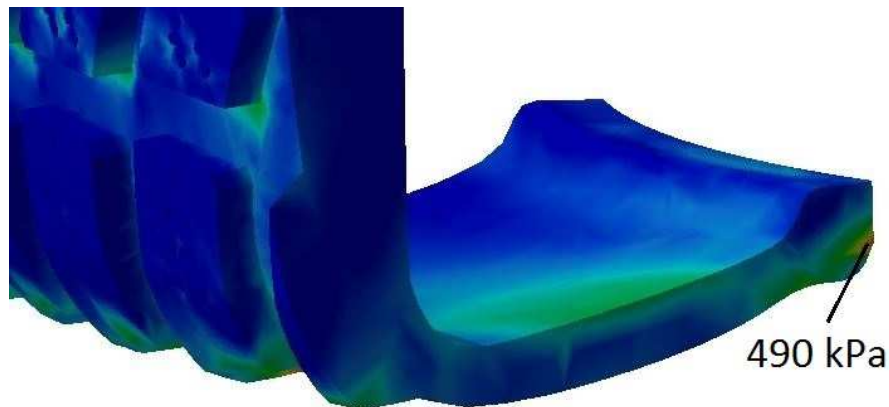
Maximální napětí na plášti pneumatiky při oddělení od formy je  $\sigma_{max} = 584$  kPa.

#### Detail 1:



Obr. 55. Detail „1“ napětí na dezénu

Zde nastal stejný problém jako u varianty s 9 segmenty. Výhodou však je, že napětí v tomto místě je podstatně nižší.  $\sigma_{max} = 584$  kPa.

**Detail 2:**

Obr. 56. Detail „2“ napětí na dezénu

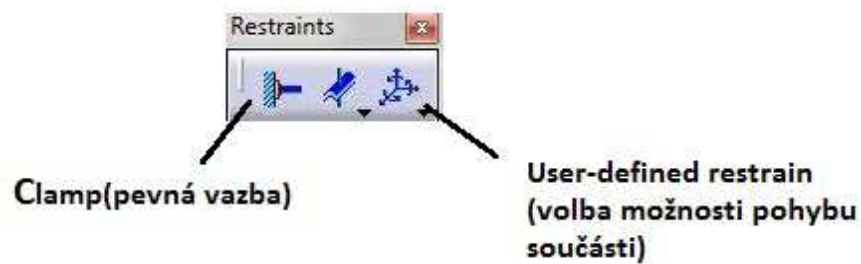
I u této varianty vzniklo kritické napětí na patce pláště, dokonce zde můžeme vidět, že u této varianty se napětí  $\sigma_{max} = 490$  kPa na tomto místě zvýšilo oproti variantě s 9 segmenty.

## 10.4 Postup práce při tvorbě FEM analýz

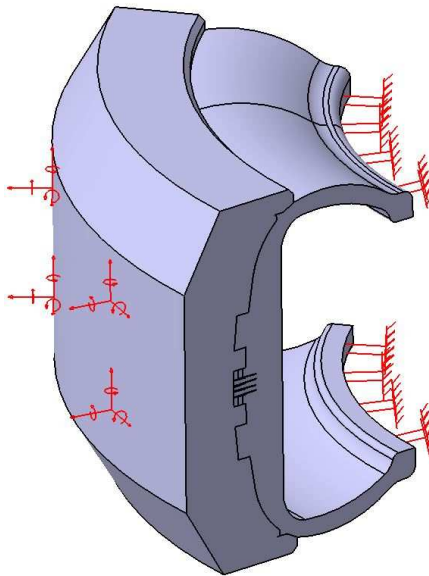
Zde je popsán přesný postup při tvorbě mechanické analýzy.

### 10.4.1 Tvorba vazeb

Jako první operaci při tvorbě analýzy, zvolíme vazby na naší sestavě.



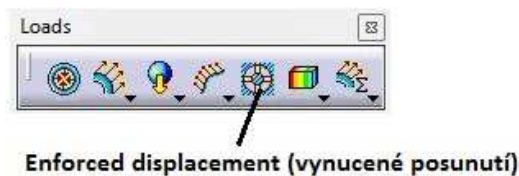
Obr. 57. Volba vazeb



Obr. 58. Sestava po volbě vazeb

#### 10.4.2 Volba pohybů součástí

Plášť pneumatiky je pevně ukotven a nekoná žádný posuvný ani rotační pohyb. Jediný posuvný pohyb koná dezénová vložka segmentu.



Obr. 59. Volba pohybů

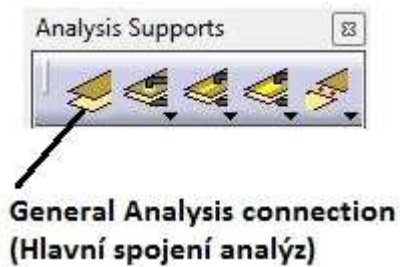
Tudíž si zvolíme posun jen v jednom směru. Zde byl zvolen posun 30 mm. Tato hodnota je dostačující pro tvorbu této analýzy.



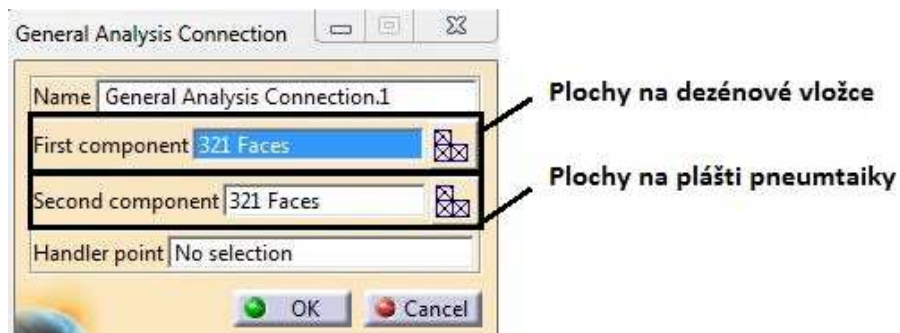
Obr. 60. Tabulka možností posunutí

### 10.4.3 Volba stykových ploch

V tomto kroku je důležité určit stykové plochy, které mají vliv na výslednou analýzu. Tyto plochy se určí na plášti pneumatiky i na dezénové vložce segmentu.

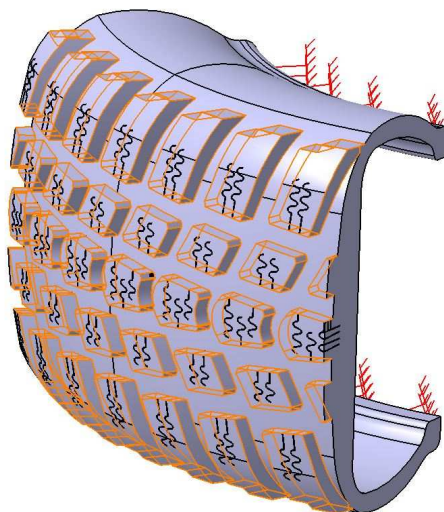


Obr. 61. Volba stykových ploch



Obr. 62. Tabulka možností výběru komponent

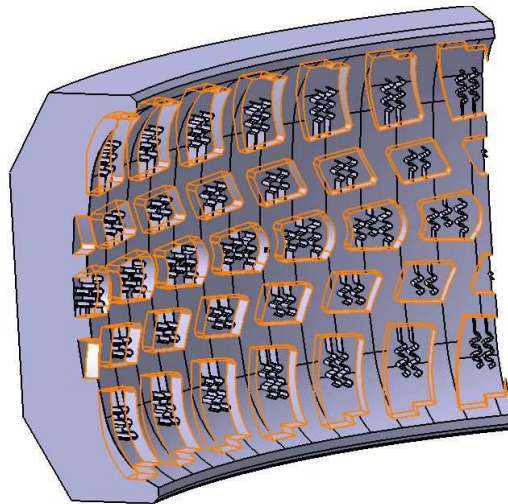
Na Obr. 61. lze vidět zvýrazněné oranžovou barvou vybrané stykové plochy na plášti.



Obr. 63. Zvolené plochy na plášti pneumatiky

Na Obr. 62. lze vidět zvýrazněné vybrané stykové plochy na dezénové vložce.





Obr. 64. Zvolené plochy na dezénové vložce

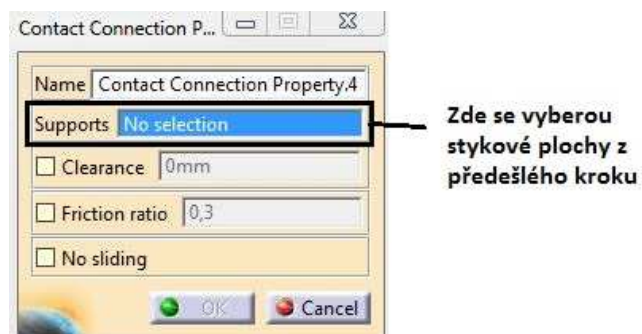
#### 10.4.4 Propojení stykových ploch

Vybrané stykové plochy musí být spojeny do kontaktu.



**Contact Connection Property  
(Kontaktní připojení vybraných ploch)**

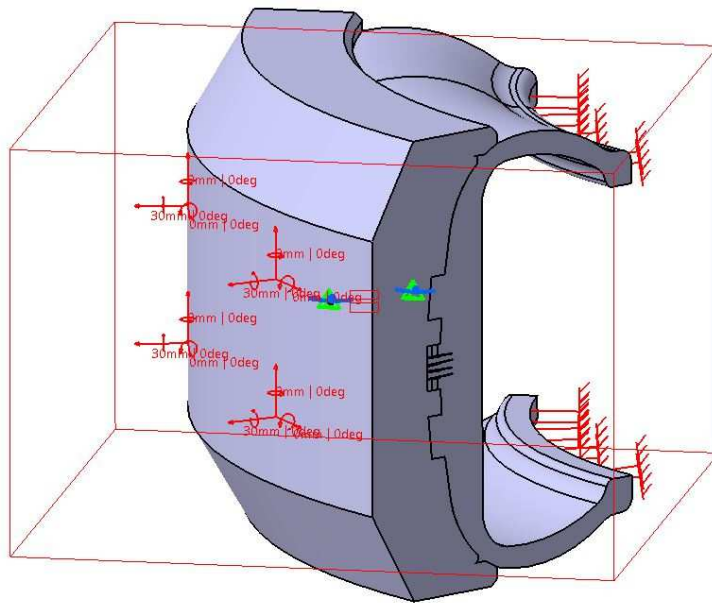
Obr. 65. Volba spojení stykových ploch



Zde se vyberou  
stykové plochy z  
předešlého kroku

Obr. 66. Výběr stykových ploch

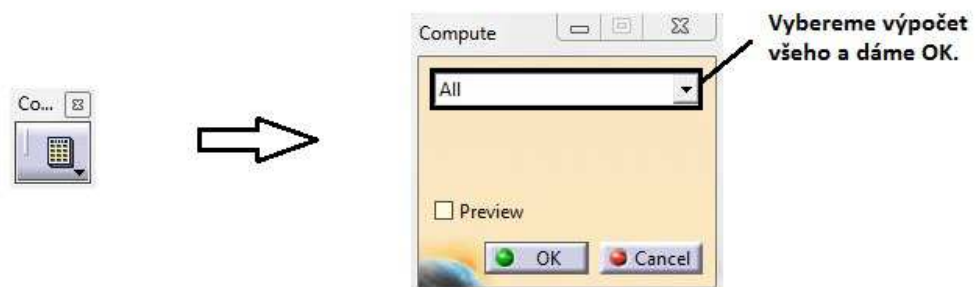
Na Obr. 65. je znázorněn model sestavy, který je připraven na výpočet FEM analýzy.



Obr. 67. Model připravený k výpočtu analýzy

#### 10.4.5 Spuštění výpočtu analýzy

V posledním kroku už jen dáme vypočítat analýzu.

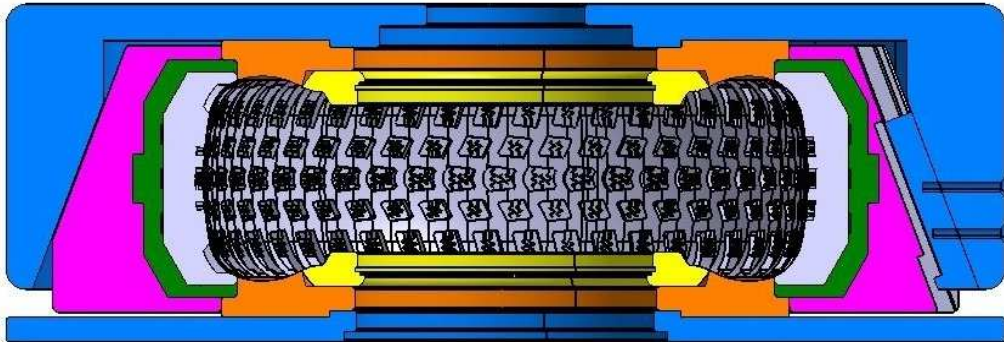


Obr. 68. Compute (výpočet analýzy)

## 11 ODFORMOVÁNÍ

### 11.1 Uzavřená forma - 1. fáze

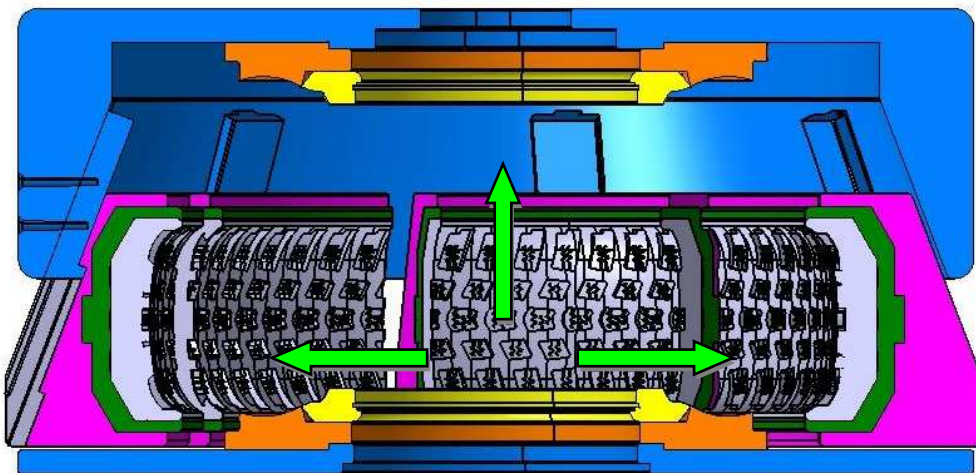
V této fázi je forma uzavřena a lisovaná pneumatika kopíruje vnitřní tvar formy, který společně tvoří všechny segmenty, patkové a bočnicové kroužky. V tomto stavu forma zůstává po dobu vulkanizace pláště pneumatiky až do následného ochlazení.



Obr. 69. Řez uzavřenou formou

### 11.2 Vysunutí segmentů - 2. fáze

Zde dochází k vysunutí horní části kontejneru. Díky tomu že je tato část kontejneru opatřena tzv. „T- vodítky" a segmenty jsou opatřeny odpovídajícími drážkami, do kterých tyto vodítka zapadají, tak zde dochází ve stejnou chvíli k rovnoměrnému odsunu segmentových částí formy od středu ven. Tím je umožněno vyjmutí pláště. V této fázi mohou vznikat určité deformace a v některých případech i vady na plášti pneumatiky.

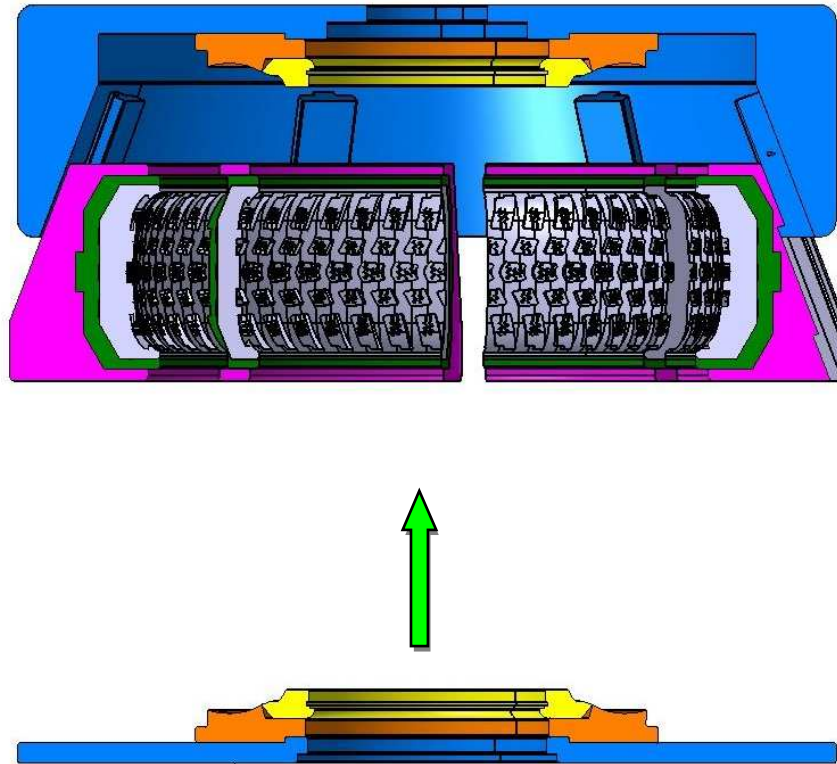


Obr. 70. Řez formou s odjetými segmenty



### 11.3 Otevření formy - 3. fáze

V této fázi vyjíždí horní část kontejneru do své maximální možné vertikální polohy, spolu s ní vyjíždí i segmenty, které se zasekly o dorazy. Po odjetí této části je možno z formy vyjmout plášť pneumatiky.



Obr. 71. Řez otevřenou formou

## 12 KINEMATIKA

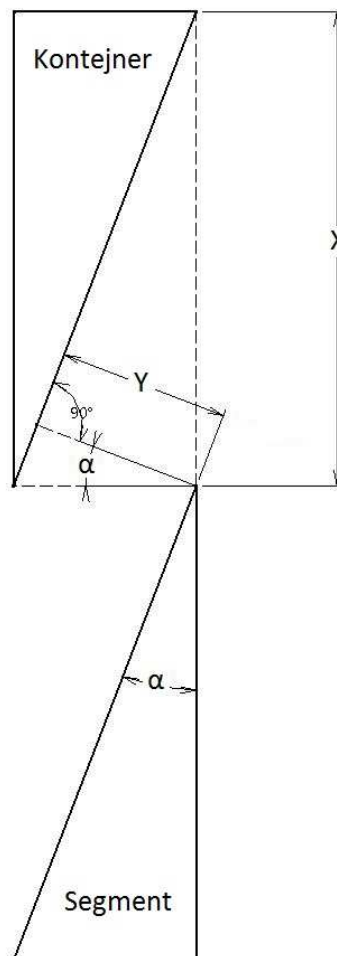
Je to obor, který klasifikuje a popisuje pohyb těles, ale nezkoumá jeho příčiny.

Hmotný bod - Je to myšlený bodový objekt, který má určitou hmotnost, ale jeho rozměry můžeme zanedbat. Nahrazuje se s ním těleso, umístí se do těžiště tělesa a má jeho hmotnost. Používá se pro zjednodušení.

V této práci byla řešena kinematika pohyblivých částí formy, vzájemné vztahy a závislosti pohybů segmentů a kontejneru. Závisí zde hlavně na úhlu hřbetu segmentu, pod kterým se po sobě pohybují

### 12.1 Zdvihová charakteristika

Optimalizací zdvihové charakteristiky, dosáhneme kvalitního a efektivního demouldingu. Ze zdvihové charakteristiky se dozvíme jak velké posuny musí všechny části formy konat.



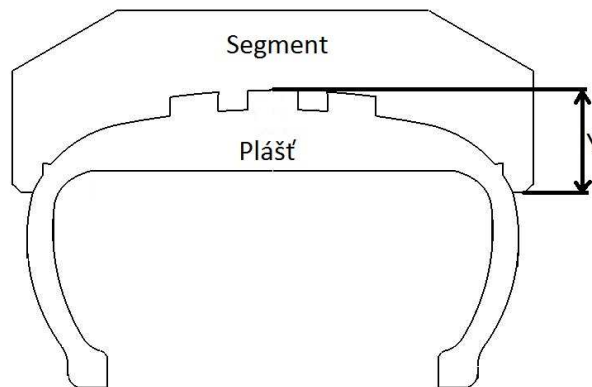
Obr. 72. Zdvihová charakteristika

$X$  (mm) - axiální zdvih kontejneru

$Y$  (mm) - radiální posun segmentu

$\alpha$  (°) - úhel hřbetu segmentu

Radiální posun Obr. 73. je zde velmi důležitý, jeho hodnotu získáme změřením vzdálenosti od hloubky dezénu v dezénové vložce segmentu až po okraj segmentu. Tímto měřením získáme vzdálenost, kterou musí segment v radiálním směru překonat, aby byl demoulding bezpečný a plášť pneumatiky nebyl poškozen vytrhnutím kusu dezénu nebo zavaděním kraje segmentu o dezén pláště.



Obr. 73. Výška radiálního posunu

### 12.1.1 Výpočet axiálního zdvihu pro

$$X = \frac{Y}{\cos \alpha} \quad (1)$$

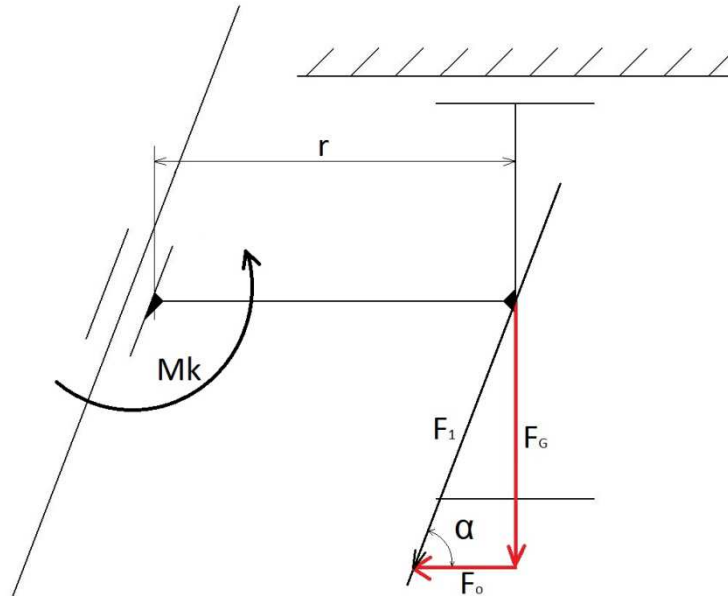
Tab. 1. Výpočet axiálního zdvihu  $X$

Úhel hřbetu $\alpha$ (°)	Axiální zdvih $X$ (mm)
18°	145,6
21°	125,6
23°	115,2

Zde záleží hlavně na úhlu hřbetu segmentu  $\alpha$ . Z Tab. 1. zjistíme jaký je potřebný zdvih kontejneru, aby byla splněna podmínka toho, že radiální posun  $Y$  musí překonat vzdálenost min. 45 mm.

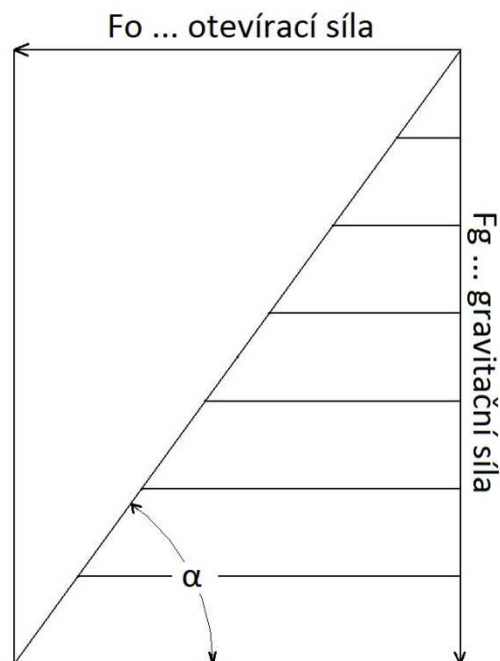
### 13 STATIKA

Je to obor, který spadá do mechaniky. Řeší vnější sílové působení, vyšetřuje za jakých podmínek je těleso nebo soustava těles v klidu nebo pohybu. Neřeší deformace.



Obr. 74. Rozložení sil na kontejneru a segmentu

Uvolněním a určením pohybů všech částí soustavy se získalo jednoduché schéma Obr. 74., které slouží pro výpočet otevírací síly  $F_o$ .



Obr. 75. Schéma sil působících při demouldingu

### 13.1 Výpočet gravitační síly $F_G$

Je to síla, kterou je segment díky gravitaci přitahován k zemi. Tato síla je nejvíce ovlivněna hmotností segmentů. Čím více budeme mít segmentů ve formě, tím menší tyto segmenty budou, tudíž budou mít logicky menší hmotnost. Mohlo by se zdát, že půjde o výhodu, záleží však na vyráběném dezénu pláště pneumatiky a na úhlu hřbetu segmentů. Někdy je příliš lehký segment spíše na škodu, kontejner by mohl takto lehké segmenty okamžitě zvednout v axiálním směru a mohlo by dojít k porušení pláště.

$$F_G = m \cdot g \quad (2)$$

$m$  (kg) - hmotnost segmentu

$g = 9,81$  (m.s<sup>-1</sup>) - gravitační zrychlení

Tab. 2. Výpočet gravitační síly  $F_G$

Varianty	$F_G$ (N)
7 segmentů	755,9
9 segmentů	579,6
11 segmentů	467,3

### 13.2 Určení hmotnosti $m$

Jednotlivé hmotnosti byly určeny pomocí 3D CAD programu Catia V5R19.

#### 7 segmentů

Product	Graphic	Mechanical	Drafting
Characteristics		Inertia center	
Volume:	0,011m <sup>3</sup>	x:	159,361mm
Mass:	77,058kg	y:	20,791mm
Surface:	0,906m <sup>2</sup>	z:	330,912mm

#### 9 segmentů

Product	Graphic	Mechanical	Drafting
Characteristics		Inertia center	
Volume:	0,009m <sup>3</sup>	x:	124,72mm
Mass:	59,081kg	y:	21,135mm
Surface:	0,729m <sup>2</sup>	z:	350,52mm

#### 11 segmentů

Product	Graphic	Mechanical	Drafting
Characteristics		Inertia center	
Volume:	0,007m <sup>3</sup>	x:	148,851mm
Mass:	47,639kg	y:	21,491mm
Surface:	0,617m <sup>2</sup>	z:	343,144mm

Obr. 76. Hmotnosti

### 13.3 Výpočet síly $F_O$

Jedná se o sílu, kterou se vysunuje segment z dezénu pláště pneumatiky a která musí překonat sílu demouldingu  $F_D$ . Tato síla je závislá na gravitační síle  $F_G$  a na úhlu hřbetu segmentu. Takže zde také závisí na hmotnosti segmentů a na jejich počtu. Tření mezi kontejnerem a segmentem bylo zanedbáno, tato hodnota by byla natolik malá, že by výsledné síly neovlivnila natolik, aby měly vliv na správnou funkci demouldingu.

$$\tan \alpha = \frac{F_G}{F_O} \gg F_O = \frac{F_G}{\tan \alpha} \quad (3)$$

Tab. 3. Výpočet otevírací síly  $F_O$

Varianty	otevírací síly [N]	Úhel hřbetu segmentu $\alpha$		
		18°	21°	23°
7 segmentů	$F_{O7}$	245,62	290,18	320,87
9 segmentů	$F_{O9}$	188,32	222,49	246,03
11 segmentů	$F_{O11}$	151,83	179,38	198,36

**Musí platit:**

$$F_O > F_D \quad (4)$$

$F_D$  (N) - síla demouldingu

### 13.4 Určení plochy $S$

$$S = C \cdot B \quad (5)$$

$B$  (mm) - délka, do které se promítá síla v segmentu pláště pneumatiky

$C$  (mm) - mezní rozměr pláště pneumatiky, který se nachází v dezénové vložce segmentu

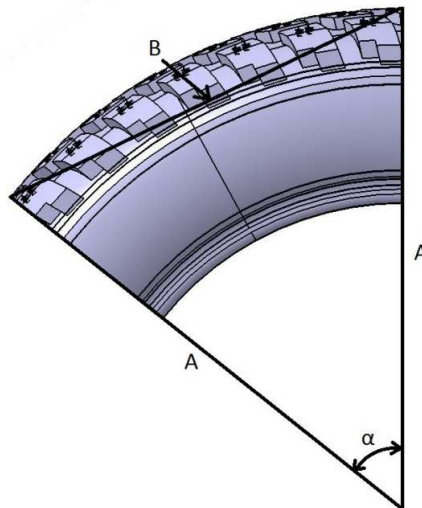
Tab. 4. Výpočet plochy  $S$

Varianty	$S$ (m <sup>2</sup> )
7 segmentů	0,055
9 segmentů	0,043
11 segmentů	0,036

Z (tab.4.) vidíme, že čím nižší počet segmentů ve formě je použit, tím je plocha  $S$  větší. Je to dáno tím, že tuto plochu určujeme na jednotlivých segmentech, které se při vyšším počtu zmenšují. Plochu  $S$ , ale nevolíme na segmentech formy, nýbrž na imaginárních segmentech pláště. Ve skutečnosti segmenty pláště neuvidíme, protože lisujeme plášť jako jeden celek.

### 1. krok

Pro určení obsahu průmětné plochy segmentu pláště  $S$  je nutné si zvolit kudy tato plocha povede. Na Obr. 76. lze vidět segment pláště pneumatiky do kterého je zakreslen postup při získání této plochy.



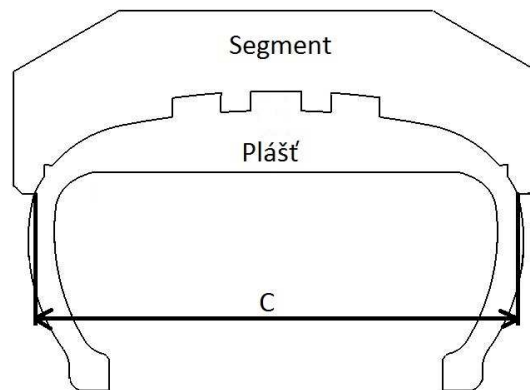
Obr. 77. Určení plochy  $S$

$A$  (mm) - vzdálenost od středu pneumatiky až po vrchol dezénu pláště pneumatiky.

$B$  (mm) - délka, do které se promítá síla v segmentu pláště pneumatiky, tato hodnota se mění v závislosti na úhlu  $360^\circ/7$ ,  $360^\circ/9$ ,  $360^\circ/11$ . Záleží na počtu segmentů.

### 2. krok

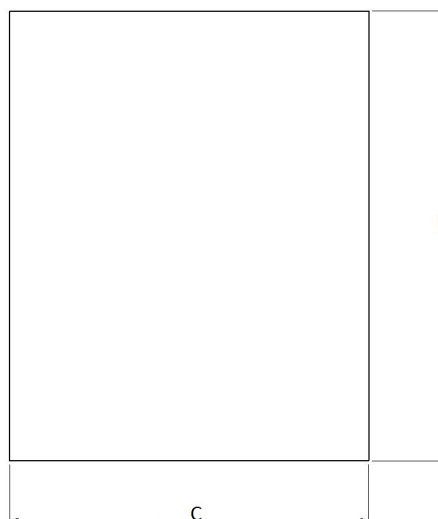
Tato plocha bude mít ve finále obdelníkový tvar. Díky této ploše je možné vypočítat sílu demouldingu  $F_D$ . Protože víme, že síla se rovná napětí na plochu a napětí kolmé na tuto plochu  $I_{xx}$  lze zjistit z 3D CAD programu CATIA V5R19. Tento způsob výpočtu byl zvolen, aby jsme předešli zbytečným rozkladům sil, které by byly nutné v případě, když by síly působily po obvodu celého pláště.



Obr. 78. Hranice plochy  $S$

$C$  (mm) - mezní rozměr pláště pneumatiky, který se nachází v dezénové vložce segmentu

Určením těchto dvou rozměrů získáme plochu  $S$  Obr. 78. potřebnou pro výpočet síly demouldingu  $F_D$ .



Obr. 79. Plocha  $S$

Rozměr  $C$  bude pro všechny případy stejný protože tento rozměr dezénové vložky se nemění. (199,044mm)

Rozměr  $B$  se bude měnit v závislosti na změně počtu segmentů, protože se bude měnit úhel, který svírají okraje segmentu.

### 13.5 Určení napětí $I_{XX}$

Jednotlivá napětí byla určena pomocí 3D CAD programu Catia V5R19. Zvolilo se napětí  $I_{XX}$ , které působí kolmo na zvolenou plochu  $S$ .



## 7 segmentů

Inertia matrix		
I <sub>xx</sub> : 0,729kgxm <sup>2</sup>	I <sub>xy</sub> : -0,031kgxm <sup>2</sup>	I <sub>xz</sub> : 0,251kgxm <sup>2</sup>
I <sub>yx</sub> : -0,031kgxm <sup>2</sup>	I <sub>yy</sub> : 0,899kgxm <sup>2</sup>	I <sub>yz</sub> : -0,064kgxm <sup>2</sup>
I <sub>zx</sub> : 0,251kgxm <sup>2</sup>	I <sub>zy</sub> : -0,064kgxm <sup>2</sup>	I <sub>zz</sub> : 1,129kgxm <sup>2</sup>

## 9 segmentů

Inertia matrix		
I <sub>xx</sub> : 0,501kgxm <sup>2</sup>	I <sub>xy</sub> : -0,022kgxm <sup>2</sup>	I <sub>xz</sub> : 0,09kgxm <sup>2</sup>
I <sub>yx</sub> : -0,022kgxm <sup>2</sup>	I <sub>yy</sub> : 0,458kgxm <sup>2</sup>	I <sub>yz</sub> : -0,05kgxm <sup>2</sup>
I <sub>zx</sub> : 0,09kgxm <sup>2</sup>	I <sub>zy</sub> : -0,05kgxm <sup>2</sup>	I <sub>zz</sub> : 0,693kgxm <sup>2</sup>

## 11 segmentů

Inertia matrix		
I <sub>xx</sub> : 0,397kgxm <sup>2</sup>	I <sub>xy</sub> : -0,019kgxm <sup>2</sup>	I <sub>xz</sub> : 0,047kgxm <sup>2</sup>
I <sub>yx</sub> : -0,019kgxm <sup>2</sup>	I <sub>yy</sub> : 0,28kgxm <sup>2</sup>	I <sub>yz</sub> : -0,04kgxm <sup>2</sup>
I <sub>zx</sub> : 0,047kgxm <sup>2</sup>	I <sub>zy</sub> : -0,04kgxm <sup>2</sup>	I <sub>zz</sub> : 0,477kgxm <sup>2</sup>

Obr. 80. Napětí

## 13.6 Převod jednotek napětí

Předtím než se začalo počítat s napětím  $I_{xx}$ , tak bylo nutno tuto hodnotu převést na jinou jednotku. Program Catia uvádí hodnotu v (kg/m<sup>2</sup>), my však pro výpočet potřebujeme hodnotu převést na (Pa).

$$1 \frac{kg}{m^2} = 9,80665 Pa \quad (6)$$

Tab. 5. Převody jednotek napětí

Napětí $I_{XX}$ (kg/m <sup>2</sup> )	Napětí $I_{XX}$ (Pa)
0,729	7,149
0,501	4,913
0,397	3,893

13.7 Výpočet síly demouldingu  $F_D$ 

Jedná se o sílu, kterou je nutné překonat, aby se demoulding vůbec uskutečnil. Tato síla vzniká díky negativním úhlům na plášti pneumatiky a přilnavostí pryže na formu. Závisí se zde také na velikosti stykové plochy. Ta se s rostoucím počtem segmentů snižuje.

$$F_D = \frac{\sigma}{S} \quad (7)$$

$\sigma$  - napětí kolmé k ploše  $S$  (Pa)

$S$  - obsah průmětné plochy segmentu pláště (m<sup>2</sup>)

Tab. 6. Výpočet síly demouldingu  $F_D$ 

Varianty	$F_D$ (N)
7 segmentů	130,0
9 segmentů	114,3
11 segmentů	108,1

Z výsledků z Tab. 6. vidíme, že nejmenší síla demouldingu  $F_D$  nastává, když máme větší počet segmentů. Je zde totiž nejmenší styková plocha a nejmenší počet negativních úhlů mezi formou a pláštěm, tím pádem jsou zde potřeba k odtržení těchto dvou částí menší síly než u předcházejících variant.

## 14 ZHODNOCENÍ

Tyto tabulky ukazují souhrn výsledků z daného experimentu. Můžeme si zde přehledně porovnat parametry všech variant.

Tab. 7. Vyhodnocení výsledků 1

Varianta	Maximální napětí na plášti $\sigma_{max}$ (kPa)	Gravitační síla $F_G$ (N)	Síla demouldingu $F_D$ (N)
7 segmentů	918	755,9	130
9 segmentů	670	579,6	114,3
11 segmentů	584	467,3	108,1

Tab. 8. Vyhodnocení výsledků 2

Úhel hřbetu $\alpha$ (°)	18°	21°	23°
Otevírací síla $F_{07}$ (N)	245,62	290,18	320,87
Otevírací síla $F_{09}$ (N)	188,32	222,49	246,03
Otevírací síla $F_{011}$ (N)	151,83	179,38	198,36
axiální zdvih $X$ (mm)	145,6	125,6	115,2

### 14.1 Optimalizace Demouldingu

Optimální úhel hřbetu  $\alpha = 23^\circ$ , při této hodnotě je nejmenší axiální zdvih  $X = 115,2$  mm. Optimální počet segmentů byl zvolen 11. Z měření a výpočtů bylo zjištěno, že čím je větší počet segmentů, tím menší bude maximální napětí  $\sigma_{max}$ . Při volbě formy s 11 segmenty bude  $\sigma_{max} = 584$  kPa. Síla demouldingu bude také nejmenší a to  $F_D = 108,1$  N.

Tab. 9. Optimalizace demouldingu

Optimální úhel hřbetu $\alpha$	23°
Optimální počet segmentů	11 segmentů

## ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo zjistit jaká napětí, síly a posuny vznikají při otevírání formy na plášť pneumatik a jaký je optimální počet segmentů formy.

Byl navrhnut plášť pneumatiky s množstvím negativních úhlů, které by měly způsobovat problémy při demouldingu. K tomuto plášti byla zkonstruována zjednodušená kontejnerová segmentová forma. Ta zde sloužila k výpočtu mechanických analýz v 3D CAD programu CATIA V5R19 a k lepší představě o demouldingu. Počítalo se s třemi variantami počtu segmentů: 7, 9, 11 a poté se počítalo se třemi variantami různých úhlů hřbetů segmentů: 18°, 21°, 23°. Pomocí 3D CAD programu CATIA V5R19 jsme zjistili jakou hmotnost mají segmenty při různých variantách, zjistili jsme jaké napětí působí na plášť při demouldingu a jak velká síla drží pneumatiku se segmentem. Výpočtem otevírací síly  $F_O$  jsme zjistili jestli námi zvolené varianty odpovídají pravidlu  $F_O > F_D$ . Tzn., že pokud se má vůbec forma otevřít, musí být otevírací síla větší než síla demouldingu. Toto pravidlo bylo splněno ve všech případech. Jedenáct segmentů ve formě je optimální pro výrobu tohoto typu pláště protože čím více je použito segmentů, tím menší napětí na pneumatice vznikají, v tomto případě vznikalo na plášti maximální napětí  $\sigma_{max} = 584$  kPa a síla demouldingu byla  $F_D = 108,1$  N. Nejvhodnějším úhlem hřbetu pro tento plášť je  $\alpha = 23^\circ$ , díky tomuto úhlu je axiální zdvih kontejneru jen  $X = 115,2$  mm. Tzn., že kontejner nemusí konat zbytečnou práci, která vzniká při zbytečně velkém zdvihu.

Z ekonomického hlediska by však optimální volba počtu segmentů formy mohla být zcela jiná. Výroba takovéto formy stojí určité peníze a čas, čím více je forma složitější a skládá se z více částí, tím dražší a náročnější bude její výroba, údržba a také její obsluha. Při volbě optimálního typu formy by se musela zvážit také náročnost dezénu daného pláště a velikost série, ve které se bude plášť vyrábět. Teprve po zvážení těchto kritérií by jsme mohli s určitostí říci, zdali se vyplatí vyrábět daný typ formy. V našem případě bych volil typ formy s 9 segmenty. Napětí na pneumatice nejsou příliš vysoká, protože počet negativních úhlů na dezénu pláště je přiměřený, není nutná ani příliš vysoká otevírací síla a její návrh, výroba a údržba bude o mnoho snadnější než u typu s 11 segmenty.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TOMIS F., HELŠTÝN J.: Formy a přípravky, STNL Praha 198
- [2] ŠPAČEK J.: Technologie gumárenská a plastikářská II., Brno : Rektorát vysokého učení technického v Brně, 1980
- [3] MAŇAS M., HELŠTÝN J.: Výrobní stroje a zařízení - Gumárenské a plastikářské stroje II., VUT Brno
- [4] MARCÍN J., Pneumatiky-výroba, použití, údržba. 1. vydání Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1972. 272 s. 04-617-76.
- [5] AUTOLEXICON [online]. [cit. 2015-12-01] Dostupný z WWW:  
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/konstrukce-pneumatiky/>
- [6] IDNES [online]. [cit. 2015-01-01] Dostupný z WWW:  
[http://i.idnes.cz/12/052/cl6/FDV432f06\\_guma.jpg.jpg](http://i.idnes.cz/12/052/cl6/FDV432f06_guma.jpg.jpg)
- [7] PNEU-ASISTENT [online]. [cit. 2015-05-01] Dostupný z WWW:  
<http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce-funkce-a-vyroba-pneumatiky.html>
- [8] AUTOLEXICON [online]. [cit. 2015-06-01] Dostupný z WWW:  
[http://cs.autolexicon.net/obr\\_clanky/cs\\_konstrukce\\_pneumatiky\\_002.jpg](http://cs.autolexicon.net/obr_clanky/cs_konstrukce_pneumatiky_002.jpg)
- [9] Učební texty: Gumárenská technologie. Barum Continental spol. s.r.o., 2008
- [10] MECHL, MUŠINSKÝ a kol.: Gumárenská technologie v Barum Continental spol. s.r.o., COP Zlín, Zlín 2011. 97s. ISBN 978-80-905002-2-8
- [11] OLŠOVSKÝ, VAJDOVÁ, STRAPKO. Gumárenské výrobky a výroby. Púchov: Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka, 2004, 120s. ISBN 80-8075-028-9.
- [12] ANIL ENGINEERING WORKS [online]. [cit. 2015-20-01] Dostupný z WWW:  
<http://anilengineeringworks.com/products.html>
- [13] CANTONFAIR TRADING [online]. [cit. 2015-20-01] Dostupný z WWW:  
[http://www.cantonfairtrading.com/product/segmented-truck-bus-tire-mold-003\\_146376\\_BGZSN.html](http://www.cantonfairtrading.com/product/segmented-truck-bus-tire-mold-003_146376_BGZSN.html)
- [14] ROTAS-STROJÍRNY [online]. [cit. 2015-15-01] Dostupný z WWW:  
<http://www.rotas-strojirny.cz/index050b.html?nid=10783&lid=cs&oid=2505114>

- [15] ROTAS-STROJÍRNY [online]. [cit. 2015-15-01] Dostupný z WWW:  
<http://www.rotas-strojirny.cz/index3401.html?nid=10783&lid=cs&oid=2505110>
- [16] TIRE CURING PRESS [online]. [cit. 2015-12-01] Dostupný z WWW:  
<http://www.tirecuringpress.com/sale-2711802-heat-resistant-hydraulic-tyre-vulcanizing-machine-plc-with-dual-mode.html>
- [17] M PNEU [online]. [cit. 2015-10-01] Dostupný z WWW:  
<http://www.mpneu.cz/typypneumatik/>
- [18] QUOTE [online]. [cit. 2015-11-01] Dostupný z WWW:  
[http://www.quote.cz/media/images\\_users/Komodity/komodity\\_kaucuk\\_3.jpg](http://www.quote.cz/media/images_users/Komodity/komodity_kaucuk_3.jpg)
- [19] KSP.TUL [online]. [cit. 2015-22-01] Dostupný z WWW:  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/06-vytlacovani/07-snekove%20vytlacovaci%20stroje.JPG](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06-vytlacovani/07-snekove%20vytlacovaci%20stroje.JPG)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\sigma_{max}$	Maximální napětí na plášti pneumatiky (Pa)
$\alpha$	Úhel hřbetu segmentu ( $^{\circ}$ )
$X$	Axiální zdvih kontejneru (mm)
$Y$	Radiální posun segmentu (mm)
$m$	Hmotnost segmentu (kg)
$g$	Gravitační zrychlení ( $m \cdot s^{-1}$ )
$F_D$	Síla demouldingu (N)
$F_G$	Gravitační síla (N)
$S$	Obsah průmětné plochy segmentu pláště ( $m^2$ )
$B$	Průmět v segmentu pláště (mm)
$C$	Mezní rozměr pláště pneumatiky (mm)
$A$	Vzdálenost od středu pneumatiky až po vrchol dezénu pláště pneumatiky (mm)
$3D$	3 Dimensions
$CAD$	Computer Aided Design
$I_{xx}$	Napětí v ose x (Pa)
$\sigma$	Napětí kolmé k ploše S (Pa)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 . Plášť pneumatiky [6]</i> .....	14
<i>Obr. 2. Radiální plášť pneumatiky [8]</i> .....	15
<i>Obr. 3. Diagonální plášť pneumatiky [8]</i> .....	15
<i>Obr. 4. Symetrický dezén [17]</i> .....	16
<i>Obr. 5. Asymetrický dezén [17]</i> .....	16
<i>Obr. 6. Směrový dezén [17]</i> .....	17
<i>Obr. 7. Konstrukce pláště pneumatiky</i> .....	18
<i>Obr. 8. Nárazník [5]</i> .....	18
<i>Obr. 9. Běhoun [5]</i> .....	19
<i>Obr. 10. Kostra [5]</i> .....	19
<i>Obr. 11. Bočnice [5]</i> .....	19
<i>Obr. 12. Vnitřní gumová vrstva [5]</i> .....	20
<i>Obr. 13. Patka [5]</i> .....	20
<i>Obr. 14. Patní lanko [5]</i> .....	20
<i>Obr. 15. Získávání latexu z kaučukovníku [18]</i> .....	21
<i>Obr. 16. Hnětací stroj typu Banbury (Werner-Pfleiderer)</i> .....	24
<i>Obr. 17. Šnekový vytlačovací stroj [19]</i> .....	25
<i>Obr. 18. Dvouválec,</i> .....	26
<i>Obr. 19. Linka pro oboustanné nánosování ocelového kordu [11]</i> .....	28
<i>Obr. 20. Linka pro oboustranné nánosování textilního kordu [11]</i> .....	29
<i>Obr. 21. Sklápěcí konfekční buben [12]</i> .....	30
<i>Obr. 22. Konfekce I. stupeň</i> .....	31
<i>Obr. 23. Konfekce II. stupeň</i> .....	32
<i>Obr. 24. Dvoudílná forma [14]</i> .....	34
<i>Obr. 25.Princip dvoudílné formy [15]</i> .....	34
<i>Obr. 26. Segmentová forma [13]</i> .....	35
<i>Obr. 27. Ohřev topnými deskami [1]</i> .....	35
<i>Obr. 28. Ohřev komorově a sekčně [1]</i> .....	36
<i>Obr. 29. Odvzdušnění formy na plášť [1]</i> .....	36
<i>Obr. 30. Kuželové odvzdušňovací otvory</i> .....	37
<i>Obr. 31. Vulkanizační lis Autoform s půlenou formou [3]</i> .....	38
<i>Obr. 32. Vulkanizační lis Autoform se segmentovou formou [3]</i> .....	38



<i>Obr. 33. Vulkanizační lis Bag-o-matic s půlenou formou [3].....</i>	39
<i>Obr. 34. Vulkanizační lis Bag-o-matic se segmentovou formou [3].....</i>	39
<i>Obr. 35. Dvoukomorový mechanický lis [15] .....</i>	40
<i>Obr. 36. Dvoukomorový hydraulický lis [16] .....</i>	40
<i>Obr. 37. Tvary vulkanizačních křivek, .....</i>	43
<i>Obr. 38. Princip uzavření segmentové formy [16].....</i>	45
<i>Obr. 39. Ukázka vodítka a drážky.....</i>	46
<i>Obr. 40. Plášť pneumatiky .....</i>	50
<i>Obr. 41. Detail dezénu .....</i>	50
<i>Obr. 42. Řez pláště pneumatiky .....</i>	51
<i>Obr. 43. Segmentová forma .....</i>	52
<i>Obr. 44. Složení segmentu .....</i>	53
<i>Obr. 45. Schéma rozložení segmentů.....</i>	54
<i>Obr. 46. Schéma rozložení segmentů.....</i>	54
<i>Obr. 47. Schéma rozložení segmentů.....</i>	54
<i>Obr. 48. Napětí na plášti pneumatiky při demouldingu .....</i>	55
<i>Obr. 49. Detail „1" napětí na dezénu .....</i>	55
<i>Obr. 50. Detail „2" napětí na dezénu .....</i>	56
<i>Obr. 51. Napětí na plášti pneumatiky při demouldingu .....</i>	56
<i>Obr. 52. Detail „1" napětí na dezénu .....</i>	57
<i>Obr. 53. Detail „2" napětí na dezénu .....</i>	57
<i>Obr. 54. Napětí na plášti pneumatiky při demouldingu .....</i>	58
<i>Obr. 55. Detail „1" napětí na dezénu .....</i>	58
<i>Obr. 56. Detail „2" napětí na dezénu .....</i>	59
<i>Obr. 57. Volba vazeb .....</i>	59
<i>Obr. 58. Sestava po volbě vazeb .....</i>	60
<i>Obr. 59. Volba pohybů.....</i>	60
<i>Obr. 60. Tabulka možností posunutí.....</i>	60
<i>Obr. 61. Volba stykových ploch .....</i>	61
<i>Obr. 62. Tabulka možností výběru komponent .....</i>	61
<i>Obr. 63. Zvolené plochy na plášti pneumatiky .....</i>	61
<i>Obr. 64. Zvolené plochy na dezénové vložce .....</i>	62
<i>Obr. 65. Volba spojení stykových ploch .....</i>	62

---

<i>Obr. 66. Výběr stykových ploch .....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 67. Model připravený k výpočtu analýzy .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 68. Compute (výpočet analýzy) .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 69. Řez uzavřenou formou .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 70. Řez formou s odjetými segmenty .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 71. Řez otevřenou formou .....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 72. Zdvihová charakteristika .....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 73. Výška radiálního posunu .....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 74. Rozložení sil na kontejneru a segmentu .....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 75. Schéma sil působících při demouldingu .....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 80. Hmotnosti .....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 76. Určení plochy S .....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 77. Hranice plochy S .....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 78. Plocha S .....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 79. Napětí .....</i>	<i>73</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Výpočet axiálního zdvihu <math>X</math> .....</i>	67
<i>Tab. 2. Výpočet gravitační síly <math>F_G</math> .....</i>	69
<i>Tab. 3. Výpočet otevírací síly <math>F_O</math> .....</i>	70
<i>Tab. 4. Výpočet plochy <math>S</math> .....</i>	70
<i>Tab. 5. Převody jednotek napětí .....</i>	73
<i>Tab. 6. Výpočet síly demouldingu <math>F_D</math> .....</i>	74
<i>Tab. 7. Vyhodnocení výsledků 1 .....</i>	75
<i>Tab. 8. Vyhodnocení výsledků 2 .....</i>	75
<i>Tab. 9. Optimalizace demouldingu .....</i>	75