

# KONSTRUKCE NÁSTROJŮ PRO VSTŘIKOVÁNÍ PRYŽOVÉ PRACHOVNICE

Petr Berg

---

Bakalářská práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

## **ABSTRAKT**

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval konstrukcí jednotlivých nástrojů na vstřikování pryžové prachovnice. Ta se skládá ze dvou dílů, z nádoby a z víka. Každá z částí prachovnice je z jiného materiálu (rozdílná tvrdost), a proto jsem musel vytvořit dvě vstřikovací formy, jednu pro nádobu, jednu pro víko. Základní údaje potřebné pro konstrukci forem jsou uvedeny v teoretické části. V praktické části byly nakresleny pomocí programu CATIA V5R14 vstřikované výrobky a následně konstrukce nástrojů pro jejich vstřikování. Při návrhu jednotlivých součástí forem jsem využil normativů firmy HASCO a po navržení forem jsem provedl pomocí programu COSMOS DesignSTAR 4.0 pevnostní analýzu tvarových částí.

### **Klíčová slova:**

vstřikování, forma, nástroje, pryž, prachovnice

## **ABSTRACT**

In my bachelor work I concerned with the construction of particular tools for production of rubber flask by injection moulding. The flask is consisted from two parts, first of tub and second is the cover. Every part is produced from different hardness material. Therefore I had to create 2 injection moulds, one for tub and one for cover. The basic data for mould's construction has write out in theoretic part. In practical part were drawing injection products and construction tools by the program CATIA V5R14. I used the HASCO normative for the proposal of the mould particular parts and after then I made strength analyses of formative parts by COSMOS DesignSTAR 4.0.

### **Keywords:**

injection, mould, tool, rubber, flask

**Poděkování:**

Děkuji svému vedoucímu Ing. Petrovi Halaškovi, za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a vedoucího katedry. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně. Všechny použité zdroje uvádím v příloze.

Zlín  
20. května 2006

---

podpis

## OBSAH

ÚVOD.....	7
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>8</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ.....</b>	<b>9</b>
1.1 ZPRACOVÁNÍ ELASTOMERŮ VSTŘIKOVÁNÍM .....	9
1.2 CHARAKTERISTIKA ELASTOMERŮ A JEJICH VLASTNOSTÍ .....	9
1.3 DRUHY ELASTOMERŮ .....	10
1.4 KONSTRUKCE VÝSTŘIKU .....	13
1.5 PRŮBĚH VSTŘIKOVACÍHO CYKLU .....	14
1.6 NEDOSTATKY, KTERÉ VEDOU KE VZNIKU ZMETKŮ .....	14
<b>2 VSTŘIKOVACÍ FORMY NA VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ.....</b>	<b>17</b>
2.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FOREM.....	17
2.2 TVAROVÁ DUTINA FORMY A JEJÍ NÁVRH .....	18
2.3 VTOKOVÝ SYSTÉM .....	18
2.4 VOLBA A NÁVRH VTOKOVÝCH A ROZVÁDĚCÍCH KANÁLKŮ .....	19
2.5 VOLBA VTOKOVÉHO ÚSTÍ.....	20
2.6 UMÍSTĚNÍ VTOKOVÉHO ÚSTÍ .....	21
2.7 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU Z FORMY .....	22
2.8 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	24
2.9 TEMPERACE A VYTÁPĚNÍ FOREM .....	25
2.10 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FOREM.....	26
2.11 VOLBA OCELÍ NA FORMY .....	27
2.12 MECHANICKÉ NAMÁHÁNÍ FOREM.....	28
2.13 DOVOLENÁ NAMÁHÁNÍ NA OTLAČENÍ .....	28
2.14 NAMÁHÁNÍ OPĚRNÝCH DESEK.....	29
<b>3 VSTŘIKOVACÍ STROJE .....</b>	<b>31</b>
3.1 ROZDĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ .....	31
3.2 VÝROBCI VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ A DŮLEŽITÉ PARAMETRY .....	32
<b>II. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>33</b>
<b>4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>34</b>
<b>5 POUŽITÉ SYSTÉMY .....</b>	<b>35</b>
5.1 CATIA V5R14.....	35
5.2 HASCO DIGITAL CATALOGUE R1-2006 .....	35
5.3 COSMOS DESIGN STAR 4.0 .....	35

<b>6</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK .....</b>	<b>36</b>
6.1	POŽADAVKY KLADENÉ NA PRACHOVNICI.....	36
6.2	VLASTNOSTI VSTŘIKOVANÝCH DÍLŮ:.....	36
<b>7</b>	<b>NÁVRH SMĚSI PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....</b>	<b>38</b>
7.1	SMĚS NA NÁDOBU – SMĚS 5050.....	39
7.2	SMĚS NA VÍKO – SMĚS 3808.....	40
<b>8</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>41</b>
8.1	NÁSOBNOST FOREM.....	41
8.2	KONSTRUKCE FOREM.....	41
8.3	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ.....	41
8.4	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	42
8.5	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	42
8.6	TVAROVÉ VLOŽKY.....	42
8.7	VODÍCÍ A UPÍNACÍ PRVKY.....	44
8.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	45
8.9	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	47
8.10	NOSIČ FORMY.....	48
<b>9</b>	<b>NÁVRH VHODNÉHO VSTŘIKOVACÍ STROJE.....</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>KOMPLETNÍ SESTAVENÍ FOREM.....</b>	<b>50</b>
10.1	FORMA NA NÁDOBU.....	50
10.2	FORMA NA VÍKO.....	51
<b>11</b>	<b>PEVNOSTNÍ ANALÝZA FOREM .....</b>	<b>53</b>
11.1	FORMA NA NÁDOBU.....	53
11.1.1	Tvárník.....	53
11.1.2	Tvárnice – větší díl.....	55
11.1.3	Tvárnice.....	56
11.2	FORMA NA VÍKO.....	57
11.2.1	Tvárník.....	57
11.2.2	Tvárnice.....	59
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>66</b>

## ÚVOD

V dnešní době, kdy je trend nahrazovat tradiční materiály výrobků, jako jsou například ocel, keramika, sklo, dřevo, apod., vzrůstá tlak jak na výrobu, tak i technologii zpracování materiálu nekonvenčních, mezi které patří polymery i elastomery. Výhodou těchto materiálů je daleko nižší hmotnost, elasticita, korozivzdornost a dostupnost.

Jedním z nejproduktivnějších a nejefektivnějších způsobů zpracování těchto materiálů je vstřikování. Hotový výrobek zvaný výstřik se zhotovuje ve vstřikovacích formách, díky kterým dostává přesné rozměry, tvar i povrchovou kvalitu. Při vstřikování kaučukové směsi do dutiny formy se využívá vysokého tlaku a díky tomu musí být formy navrženy tak, aby tomu byly schopny odolávat. Každá vstřikovací forma na pryž musí také obsahovat vtokovou soustavu, temperační systém a pro snadnější obsluhu systém vyhazování hotových výrobků. Proto bývá konstrukce forem náročná a složitá.

Konstrukce forem je závislá na mnoha aspektech, s kterými musí konstruktér při jejich navrhování počítat. Pro jejich konstrukci je důležitý tvar a materiál vstřikovaného výrobku, množství vyráběných kusů. Při navrhování forem využívá konstruktér normalizovaných dílů a částí forem.

Při návrhu forem se využívá nejrůznějších počítačových programů, které slouží jak pro lepší představu o budoucí formě, tak také pro zrychlení a zefektivnění práce. Díky těmto programům je konstruktér schopen vytvářet výkresovou dokumentaci potřebnou pro vlastní výrobu forem, ale také je schopen sledovat, jak se budou chovat prvky forem při vstřikování a může tímto eliminovat případné pozdější chyby a zamezit tak ekonomickým ztrátám.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí nástrojů na vstřikování pryžové prachovnice, skládající se ze dvou dílů, každý z různých materiálů. Při konstrukci bylo využito normalizovaných dílů firmy HASCO. Jednotlivé formy byly kresleny v programu CATIA a nakonec byla provedena pevnostní analýza v programu COSMOS Design STAR.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

## 1.1 Zpracování elastomerů vstřikováním

Vstřikování elastomerů je mechanicko-tepelný proces tváření, při kterém dochází vlivem tepla ke změně skupenství výchozího materiálu na kaučukovou směs. Ta se pomocí vstřikovacího stroje se zařízením umožňující přípravu a dopravu kaučukové směsi dostává pod vysokým tlakem do dutiny formy, která ji dodá konečný tvar. Po uplynutí určité doby, kdy elastomer z vulkanizuje, získáváme hotový výrobek.

Všechny tyto faktory mají vliv na konečný tvar, vlastnosti a kvalitu výrobku. [1]

## 1.2 Charakteristika elastomerů a jejich vlastností

Elastomery jsou polymery, které mají ve svém makromolekulárním řetězci volná místa jako např. dvojně vazby, umožňující chemickou síťovou reakci nazývanou *vulkanizace*. Reakcí vulkanizačního činidla za vhodných reakčních podmínek se vytváří prostorová síť, ve které jsou původně lineární makromolekulární řetězce kaučuku pospojovány chemickými vazbami, které nazýváme příčné.

Koncentrace příčných vazeb a chemická struktura při vulkanizaci určují vlastnosti pryže, kdy se tvárný kaučuk mění na pryč, jejíž základní vlastností je schopnost velké elastické deformace při zátěži v tahu. [1]

Charakteristické vlastnosti pryže:

- odrazová pružnost
- odolnost proti opotřebení a cyklickým deformacím
- chemická odolnost
- nepropustnost pro plyny a vodu
- elektroizolační vlastnosti

Dle oblasti použití lze dělit na kaučuky:

- pro všeobecné použití



- speciální použití:
  - olejovzdorné
  - teplovzdorné

### 1.3 Druhy elastomerů

Základní dělení kaučuků je:

#### 1) *Přírodní kaučuk (Natural rubber – NR)*

Výchozí surovinou je latex, což je rostlinná šťáva získána převážně z amazonské rostliny *Hevea Brasiliensis*. Latex je ředěn vodou na obsah kaučuku kolem 20%. Po promíchání s kyselinou mravenčí nebo octovou se přes noc vytvoří koagulát, který se pak následně několikrát propírá a ždímá ve výrobní lince.

*Vlastnosti:* vysoká odolnost proti oděru a odrazivost, málo se zahřívá při dynamickém namáhání, dobrá vulkanizace, malá odolnost vůči oxidaci

*Použití:* výroba pneumatik, duší, ochranných masek

#### 2) *Butadienový kaučuk (BR)*

Stereoregulární polymerace butadienu.

*Vlastnosti:* vysoká odolnost vůči oděru, nižší pevnost než NR, stabilnější při vyšších teplotách, dobrá mrazuvzdornost, krystalizace při napětí

*Použití:* ve směsích s SBR a NR na běhouny pneumatik, apod.

#### 3) *Polyisopren (IR)*

Synteticky připravený s vlastnostmi jako NR.

*Vlastnosti:* nižší modul a vyšší tažnost než u NR, nižší odolnost proti oděru

*Použití:* do směsí na výrobu pneumatik

#### **4) Chloroprénový kaučuk (CR)**

Známý spíš pod obchodním názvem *Neopren*, vzniká polymerací chloroprenu.

*Vlastnosti:* nízká prostupnost plynů, samozhášivý, odolný proti větru

*Použití:* technická pryž s vysokou odolností, dopravní pásy, hadice, těsnění

#### **5) Butadienstyrenové kaučuky (SBR)**

Nejdůležitější druh syntetických kaučuků. Představuje asi 60% celkové spotřeby. Vzniká radikálovou a aniontovou polymerací.

*Vlastnosti:* dobrá zpracovatelnost, rychlejší vulkanizace, větší odolnost vůči oděru

*Použití:* technická pryž, běhouny pneumatik, pneumatiky

#### **6) Butadienakrilonitrylové kaučuky (SBR)**

Vzniká radikálovou polymerací s 18-49% akrylonitrilu.

*Vlastnosti:* odolnost vůči povětrnosti, větší odolnost vůči oděru

*Použití:* benzinové hadice, těsnění a klínové řemeny, dopravní pásy

#### **7) Etylenpropylenové kaučuky (EPM, EPDM)**

Amorfní kopolymery s obsahem propylenu 40-50%. Vzniká roztočovou polymerací.

*Vlastnosti EPM:* složitá vulkanizace, malá odolnost vůči stárnutí na povětrnosti

*Vlastnosti EPDM:* vysoká odolnost proti povětrnosti

*Použití:* kabely, součásti v automobilech, těsnění

### **8) Chlorsulfonovaný polyetylen (CSN)**

Příprava působením chlóru za přítomnosti malého množství oxidu siřičitého.

*Vlastnosti:* dobré mechanické vlastnosti a chemická odolnost, není odolný vůči pohonným látkám

*Použití:* ochranné nátěry, dopravní pásy, teplovzdorné těsnění

### **9) Polyizobutylene (PIB)**

Příprava kationtovou polymerací izobutylenu.

*Vlastnosti:* bezbarvá látka, vlastnosti jako kaučuk

*Použití:* složka lepidel, báze pro výrobu žvýkaček

### **10) Fluorouhlíkové kaučuky (FKM)**

Vznik vulkanizací s diaminy nebo bisfenolem A.

*Vlastnosti:* trvalá tepelná odolnost do 200°C

*Použití:* hadice v leteckém a automobilovém průmyslu, membrány

### **11) Silikonové kaučuky**

Vznik vulkanizací za tepla ve formách anebo za normálních teplot, kdy vznikají buď jednosložkové nebo dvousložkové.

*Vlastnosti:* výborné elektroizolační vlastnosti, chemická odolnost

*Použití:* hadice, těsnění, manžety, kabely, ve zdravotnictví drenáže a implantáty, spárové tmely ve stavebnictví

Technologie vstřikování vyžaduje receptury směsí s dobrými reologickými vlastnostmi jako jsou dobrá bezpečnost, vysoká rychlost vulkanizace a větší viskozita. Zároveň tato

technologie klade velký důraz na kvalitu zamíchaných směsí, co nejmenší rozptyl reologických hodnot jednotlivých šarží, stejnou kvalitou, apod.

Vulkanizační teplota je (180-200)°C a uzavírací síly lisů jsou (500-1000) tun. Rovněž vstřikovací tlaky jsou vysoké a pohybují se okolo (100-200) MPa. [4]

## 1.4 Konstrukce výstřiku

Jelikož na výrobním výkrese bývá tvar výrobku zpravidla takový, že není navržen z hlediska technologie výroby, musí se konstruktér při navrhování konstrukce výstřiku držet určitých zavedených pravidel pro správnou konstrukci, aby bylo možné daný výrobek dobře vyrobit a uvolnit z formy. Mezi taková základní pravidla patří:

*Zaoblení hran:* ostré hrany, kouty, zářezy a vruby mají nepříznivý vliv na životnost výrobku, protože se v ostrých hranách a zářezech zvyšuje napětí vláken a rychleji podléhají únavě a navíc v těchto místech špatně zatéká kaučuková směs

*Úkosy:* aby bylo možné výstřik vyjmout z formy, musí mít úkos, který je závislý především na druhu vstřikovaného materiálu (u pryže bývá 2°-3°)

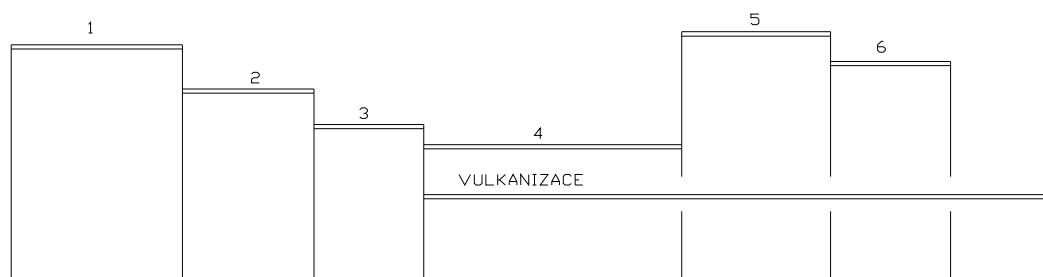
*Smrštění:* při vstříknutí kaučukové směsi do formy a následném vyjmutí dochází ke zchladnutí, které je doprovázeno změnou velikosti, která může být o několik procent menší než je dutina formy, a proto musí konstruktér navrhnout dutinu formy o toto smrštění větší

*Tloušťka stěn:* u vstřikovaných výrobků je potřeba dodržovat co nejmenší možnou tloušťku stěn, protože v místech s většími tloušťkami stěn vznikají výrobní vady, jako propadliny, borcení, apod. [1]

## 1.5 Průběh vstřikovacího cyklu

Vstřikovací cyklus se skládá z několika bodů:

1. uzavření formy
2. vstříknutí kaučukové směsi do dutiny formy pod vysokým tlakem
3. dotlak
4. vulkanizace
5. otevření formy
6. vyhození výstříku z formy



Obr. 1. Vstřikovací cyklus

## 1.6 Nedostatky, které vedou ke vzniku zmetků

### 1. Deformace výstříku

Může být způsobena navulkanizováním nebo kombinací vlivu teploty a doby.

Příčiny jsou:

- vysoká vstřikovací teplota
- vysoká teplota formy
- dlouhá vstřikovací doba
- nízká bezpečnost směsi proti navulkanizování
- vysoká viskozita směsi

Opatření:

- snížit teplotu formy o 5° - 10°C
- zvýšit průměr vstřikovací trysky a zvýšit vstřikovací tlak
- zkrátit vstřikovací dobu
- zvýšit bezpečnost směsi

## 2. Nerovný povrch

Příčiny jsou:

- navulkanizování směsi během plnění formy, kdy směs na okrajích již vulkanizuje a nová směs se snaží ze středu formy zaplnit vzdálenější místa, z pravidla u dlouhých, tenkých výrobků

Opatření:

- snížit vstřikovací teplotu
- rozšířit vtokové kanálky
- zvýšit vstřikovací tlak
- zvýšit bezpečnost směsi

## 3. Dlouhé vulkanizační cykly

Tato vada je opakem deformace.

Příčiny:

- nízká vstřikovací teplota
- nízká teplota formy
- vysoká bezpečnost formy

Opatření:

- zvýšení teploty vstřikování
- ztužení směsi, urychlení směsi

## 4. Poréznost

Bývá obvykle projevem nedokonalé vulkanizace.

Opatření:

- zvýšení vulkanizační doby
- zvýšení vstřikovací teploty

### 5. Puchýře uvnitř výstřiku

Jsou způsobeny vzduchem uzavřeným ve směsi, který se do směsi dostane při míchání a jiných operacích.

Opatření:

- snížení rychlosti šneku
- zvýšení viskozity směsi
- zvýšení teploty válce a zvýšení zpětného tlaku ve vstřikovacím válci

### 6. Zachycení vzduchu na povrchu výstřiku

Vzduchové bubliny vznikají zachycením vzduchu na povrchu formy a téměř vždy na stejném místě, a to jsou vzdálenější místa formy nebo rohy formy.

Opatření:

- snížení vstřikovacího tlaku a prodloužení vstřikovací doby
- lepší odvzdušnění formy

### 7. Zborcení výstřiku v okolí vtoku

Je to způsobeno expanzí kaučukové směsi během vulkanizace a toto zborcení se může ještě zvětšit vlivem dlouhého působení vstřikovacího a lisovacího tlaku, popřípadě i vysokou teplotou formy.

Opatření:

- snížení teploty formy nebo zvýšení vstřikovací teploty
- zvýšení bezpečnosti směsi

### 8. Reverze

Dochází-li k reverzi, pak prvním opatřením je snížení teploty formy a rychlosti vstřikování, změna vulkanizačního systému, vyšší koncentrace urychlovače a nižší koncentrace síry.

### 9. Oxidace

V místech zadržení vzduchu pryž často podléhá silné oxidaci a stává se lepkavou.

Odstranit tento nedostatek je možno tím, že se upraví forma, aby vzduch neulpíval na formě a také tím, že se volí účinný antioxidační systém. [2]

## 2 VSTŘIKOVACÍ FORMY NA VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ

### 2.1 Postup při konstrukci forem

Výkresová dokumentace spolu s konstrukčním návrhem a dalšími údaji jsou podkladem pro konstrukci forem. Postup konstrukce se pak dělí následovně:

Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru a rozměrů. Důležitá je úprava ostrých hran a rohů, které mají vliv na pnutí a plnění forem.

Určení dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na vzhled a funkci. Konstruktor musí myslet také na směr a velikost úkosů a zaformování musí být provedeno tak, aby vhodně odpovídalo umístění vtoků a vyhazování z dutiny formy.

Navržení tvarové dutiny a její uspořádání ve formě. Volba vhodného vtokového systému.

Velikosti průřezů, délek a umístění hlavního a rozváděcích kanálků.

Určení systému vyhazování z formy, teploty forem a odvětrání.

Návrh rámu formy z hlediska typizace, počtu dutin, teploty a vyhazování.

Navržení vhodného uspořádání středění a upnutí formy.

Kontrola jednotlivých parametrů, jako jsou hmotnosti výstřiku, vstřikovacích a uzavíracích tlaků.

Koncepce vstřikovací formy musí být celkově navržena tak, aby její výroba nebyla příliš drahá a složitá. [2]



## 2.2 Tvarová dutina formy a její návrh

Zhotovování tvarových dutin formy je převážně prováděno třískovým obráběním na běžných strojích. Tvarově složitější dutiny se obrábějí na speciálních strojích nebo speciálními technologiemi. Dutiny formy jsou zhotovovány buď přímo do desek formy nebo do tvarových vložek, které jsou pak vsazovány do desek. Podle počtu jednotlivých desek formy jsou dvoudílné, třídílné a vícedílné. V některých případech je nutné rozdělit tvarovou dutinu dvěma dělicími rovinami, aby bylo dosaženo snadného vyjímání výstřiku, popřípadě odvedení uzavřeného vzduchu při zaplňování dutiny vstříkovanou kaučukovou směsí.

Základní podmínkou z hlediska snadného vyjmutí výstřiku je, aby výstřiky při otevření formy zůstaly vždy v jednom dílu formy. U svírací jednotky s vertikálním uspořádáním je to ve spodním dílu a u jednotky s horizontálním uspořádáním v levém dílu, při použití dvoudílných forem. U třídílných forem to bývá zpravidla ve středním dílu formy. [1]

## 2.3 Vtokový systém

Jedním z velmi důležitých problémů při konstrukci vstříkovacích forem je řešení vtokové soustavy. Ta se skládá z hlavního vtokového kanálu, rozváděcích vtokových kanálků a ústí vtoku do tvarové dutiny formy. Složité poměry při vyplňování dutiny formy, zejména otázka změny viskozity kaučukové směsi, zúžení profilu průtoku, ohřívání a obtížně stavitelné odpory při vyplňování dutin, nedávají možnost stanovit vtokové poměry exaktně. Využívá se zejména poznatků nabytých z praxe.

Při řešení vtokové soustavy je potřeba dodržovat tyto zásady:

1. dosáhnoutí rovnoměrného plnění jednotlivých tvarových dutin formy
2. správná volba vtokového ústí tak, aby:
  - a) vyjmutí výstřiku včetně vtokové soustavy bylo co nejsnazší
  - b) nedocházelo k akumulaci a uzavírání vzduchu v dutině formy
  - c) odstranění vtoku z výstřiku bylo co nejsnazší
3. zvážení závislosti ovlivňující konstrukci vtokové soustavy, jako:
  - a) druh použité kaučukové směsi (reologické vlastnosti)

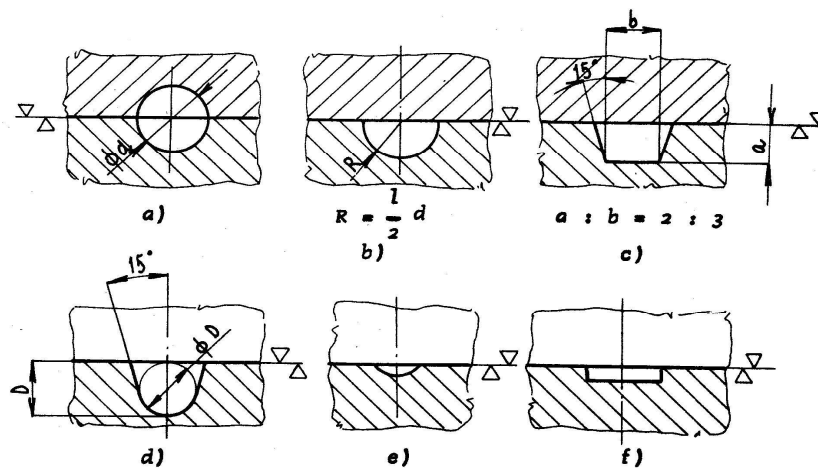
- b) vstřikovací tlak
- c) profil vtokových a rozváděcích kanálů [2]

## 2.4 Volba a návrh vtokových a rozváděcích kanálků

Tyto kanálky přivádějí kaučukovou směs k jednotlivým tvarovým dutinám formy. Vtokové zbytky tvoří tzv. nevratný odpad. Jejich podíl k vlastním výstřikům (obzvláště u váhově menších) může vyčerpat několik procent vstřikovací kapacity vstřikovacího stroje. Vtokový a rozváděcí kanálky mají být co nejkratší nejen z tohoto důvodu, ale také pro tlakové ztráty kaučukové směsi, která se zvětšuje v poměru k jejich délce. Povrch průřezu kanálků má být co nejmenší, aby se dosáhlo nejmenších odporů při toku kaučukové směsi.

Pro nižší vstřikovací tlaky je nutno volit kanálky větších průřezů, pro vyšší vstřikovací tlaky můžeme volit kanálky delší a s menším průřezem. [2]

Nejčastější tvary průřezů vtokových a rozváděcích kanálků jsou tyto:



Obr. 2. Druhy vtokových kanálků

### Legenda:

- a) kruhový
- b) půlkruhový – méně vhodný
- c) lichoběžníkový – méně vhodný
- d) kombinovaný
- e) , f) – úplně nevhodný tvar kanálků

Doba nástřiku formy je úzce spojena s rozměry kanálků a reologickými vlastnostmi kaučukové směsi. Jsou-li tyto kanálky malých průřezů, tvoří se vysoké tlakové ztráty s následujícím přehřátím kaučukové směsi a nebezpečím jejího následného navulkanizování.

Při konstrukci vtokové soustavy je nutno zvolit takové průřezy, aby odpor průchodu kaučukové směsi byl co nejmenší s tím, že průřezy kanálků budou dostatečné, aby jimi proteklo potřebné množství kaučukové směsi po dobu nástřiku. [2]

Pro kontrolu se užívá následujícího vztahu:

$$V = \frac{Q_i}{T_t} \cdot \frac{1}{A} \quad (1)$$

, z toho

$$A = \frac{Q_i}{V \cdot T_t} \quad (2)$$

V..... rychlost kaučukové směsi ve vtokové soustavě

Q<sub>i</sub>..... množství vstříkované kaučukové směsi

T<sub>t</sub>..... celková doba nástřiku

A..... průřez kanálku vtokové soustavy

## 2.5 Volba vtokového ústí

Je to část vtokové soustavy, která ústí přímo do tvarové dutiny formy. Vtokové ústí má zaručit pokud možno nejmenší ztrátu vstříkovacího tlaku.

Seškrčeným průřezem proudí kaučuková směs podle hydraulických zákonů rychleji, čímž dochází také v této části k přeměně mechanické práce k užitečnému zvýšení teploty směsi, která má vliv na zkrácení vulkanizační doby. Vadou krátkého ústí nebo vedeného úkosovitě až do tvarové dutiny je brzké rozšíření jeho profilu otěrem proudící směsi, což má za důsledek změny tlakových poměrů, a tím změny vulkanizačních časů, ale také nebezpečí zpětného toku kaučukové směsi, menší životnost formy.

Nejčastěji používané provedení vtokového ústí je tzv. obdélníkové, protože je nejsnadněji vyrobitelné a dobře se upravuje a zanechává na ploše výstřiku minimální stopy. Mezi další typy patří bodové, které zpravidla vyžaduje třetí desku, ale má výhodu v automatickém oddělování vtokových zbytků od výstřiku při rozevření formy. Tunelové ústí, s plněním tvarové dutiny mimo dělicí rovinu, má rovněž automatické oddělování zbytků. Membránové ústí, pro kruhové výstřiky menších rozměrů. Vějířové ústí, pro výstřiky malé tloušťky a pro kaučukové směsi s nízkou viskozitou. Prstencové ústí, které má tvar mezikruží a používá se u dutých rotačních výstřiků.

U některých výrobků, jejichž tvarová dutina je zhotovena jen na jedné tvářecí ploše formy, se provádí plnění dutiny tzv. sníženou dělicí rovinou. Výhodou je vtokové ústí společné pro všechny dutiny na tvářecí ploše formy přímo od vtokové trysky snížením dělicí roviny o (0,3 – 0,4) mm soustředně v kruhovém tvaru bez rozváděcích kanálků. [2]

## 2.6 Umístění vtokového ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota směsi před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, polymeru i technologii vstřikování. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Tvar ústí bývá štěrbinový pro ploché výstřiky, nebo kruhový pro rotační a jiné díly. Tloušťka, nebo celý průřez se určí podle objemu výstřiku. Při konstrukci se doporučuje volit menší vtokové ústí, které se může při zkouškách formy případně upravit.

Důležité je umístění vtokového ústí na výstřiku. Pro snížení nedostatků na výstřiku je třeba respektovat následující zásady umístění ústí vtoků:

- Při plnění výstřiku z jedné strany, by nemělo být čelo směsi přímkové. Toho lze dosáhnout volbou filmového vtoku, nebo jiným provedením bočních, případně tunelových vtoků.

- U obdélníkového tvaru výstřiku se umístí do kratší hrany. Tak dosáhneme požadované pevnosti u výstřiku. Při umístění vtokového ústí do středu součásti dochází k nepravidelnému uspořádání makromolekul, případně vláknitého plniva. To způsobuje značnou deformaci výstřiku.

Vtokové ústí bývá umístěno:

- Do nejširšího místa výstřiku. Směs má téci vždy z místa většího průřezu do místa s menším průřezem. To proto, aby tuhla nejdříve na vzdálenějším místě od vtokového ústí.
- Do geometrického středu dutiny, tak aby směs zatékala do všech míst rovnoměrně. Při velkých nárocích na přesnost je třeba vzít v úvahu rozdíly v podélném a příčném smrštění.
- U výstřiku se žebry má směs proudit ve směru jejich orientace.
- Mimo místa velkého namáhání nebo opticky činných ploch výstřiku. [6]

## 2.7 Vyhazování výstřiku z formy

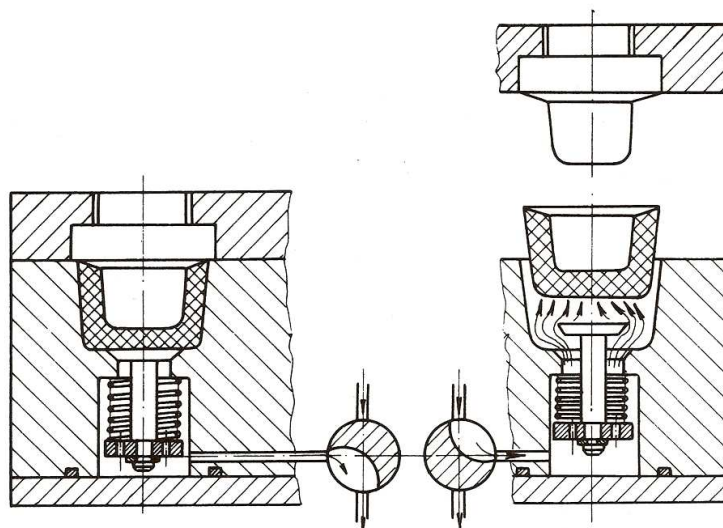
Pro snadnější a rychlejší vyjímání výstřiku z dutin formy se zhotovují ve formách vyhazovače, a to buď mechanické nebo pneumatické. Jedná se o zabudovaný sedlový ventil na jedné ze spodních částí tvarové dutiny. Při zaplňování dutiny vstřikovaným materiálem je ventil uzavřen. Po z vulkanizování kaučukového materiálu a otevření formy je ventil nadzvednut buď mechanicky nebo pneumaticky. Při mechanickém otevření ventilu musí být ventil vysunut tak vysoko, aby byl výstřik vytlačen celý z dutiny formy. Tento způsob mechanizovaného vyjímání se používá hlavně u vysokých výstřiků s větší tvrdostí °Sh nebo u výrobků pryžokovových, kdy se ventil opírá o kovový díl výrobku. Zařízení pro nadzvedávání ventilu formy je zpravidla řešeno přímo na stroji.

Pro snímání nebo vyjímání slabých nebo měkkých pryžových výstřiků se častěji používá pneumatického vyjímání výstřiků. V tomto případě se ventil nadzvedne po otevření formy jen minimálně a současně je puštěn pod ventil tlakový vzduch, který pak vytlačí nebo stáhne výstřik.

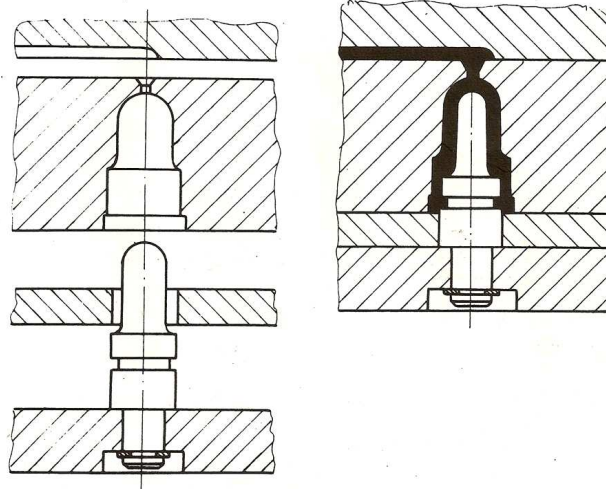
Výhodou tohoto způsobu vyjímání je, že se vyhazovač zhotovuje přímo ve formě. Použití hlavně u velkých sérií výrobků. Nevýhodou je požadavek na vysokou těsnost při zaplňování dutiny materiálem.

Další způsob vyjímání výstřiku je vyjímání mimo svírací jednotku. Využívá se převážně u forem, kdy výstřik po otevření formy zůstává ve středním dílu formy. Tento je pak vysunut pod zařízení, kde pomocí trnů jsou jednotlivé výstřiky vytlačeny z dutiny. Použití pro větší výstřiky za předpokladu, že dutina je průchozí přes střední díl formy.

Častější, jednodušší a hlavně levnější je způsob snímání (stahování) výstřiku přímo automaticky při rozevření formy. Jejich konstrukce je různá a řídí se tvarem výstřiku. [2]



Obr. 3. Pneumatické vyjímání výstřiku



Obr. 4. Stahování výstřiku stírací deskou

## 2.8 Odvzdušnění forem

Při vstřikování kaučukových směsí do uzavřené formy je potřeba vyřešit problém odvzdušnění formy. Je třeba si uvědomit nežádoucí důsledky, které nám uzavřený vzduch v dutině formy způsobuje. Při vstřikování kaučukových směsí má tendenci materiál zatékat nejprve do míst nejmenšího odporu proti toku směsi, což znamená že se nejprve zaplní místa v dutině formy s největší plochou v řezu budoucího výstřiku. Kaučuková směs tlačí před sebou vzduch, který zůstal v dutině. Pokud může stlačovaný vzduch unikat, například dělicí rovinou výstřiku, pak kaučuková směs vyplní bez potíží všechny průřezy dutiny formy. V případě, že vzduch nemůže uniknout z dutiny formy a je směsí svírán ze všech stran, nastává při vysokém vstřikovacím tlaku stlačování vzduchu, jeho následné zahřívání, a to i na několik set °C a dochází tím k povrchové degradaci směsi na výstřiku. Výsledkem mohou být jak vzhledové vady a snížení fyzikálně-mechanických vlastností hotového výstřiku.

Většina problémů z hlediska odvzdušnění forem lze odstranit vhodnou konstrukcí formy, přesto se používá ještě dvou základních způsobů odvzdušnění forem dle, a to:

- a) pootevření formy brzy po zaplnění formy buď jednou nebo vícekrát
- b) evakuace dutiny v průběhu nástřiku formy

U symetrických tvarů výstřiků umístíme přesně proti vtokovému ústí i odvodušňovací kanálek, který vyvedeme buď do odvodušňovací jímky nebo přímo mimo tvářecí plochu formy. U nesymetrických výstřiků volíme umístění odvodušňovacího kanálku podle výsledků zkušebního nástřiku formy, a to většinou tam, kde se čela proudu kaučukové směsi spojují.

Některé vstřikovací stroje jsou již vybaveny zařízením na několikeré pootevření formy již při nástřiku nebo těsně po zaplnění dutiny formy. [2]

## 2.9 Temperace a vytápění forem

Vytápění forem je realizováno většinou elektricky a dosahované teploty jsou (140-200) °C. Tyto teploty bývají regulovány pomocí termostatických přístrojů.

Uvažuje-li se o konstrukci formy z hlediska vytápění, je důležité zabezpečit především rovnoměrnost rozdělení tepla a vyvarovat se umístění topných prvků příliš blízko k tvarovým dutinám, protože by tím vznikala místa zahřívána nežádoucí měrou.

U forem určených pro stroje s vertikálními uzavíracími jednotkami je zpravidla teplo dodáváno z topných podložných desek, dodávaných se strojem a formy se k nim pouze přišroubují.

Formy pro horizontální vstřikovací stroje jsou obvykle konstruovány s tepelnými tělisky, vhodnými pro konstrukci formy. [2]

Při volbě temperačního systému je potřeba brát zřetel na:

- druh vstřikovaného materiálu
- tvar a rozměry výstřiku
- požadovaná jakost a přesnost stěn výstřiku
- druh a rozměry vtokového systému



## 2.10 Materiály používané při výrobě forem

Forma musí zajistit opakovanou, věrnou a mnohonásobnou reprodukci pryžového výrobku. Jsou na ni kladeny požadavky co do pevnosti, houževnatosti, stability, životnosti a tepelné vodivosti.

Materiály, z nichž se vyrábí formy jsou ovlivněny následujícími faktory:

- materiálem, přesností a jakostí výstřiku
- rozměry dílů vstřikovací formy
- zatěžováním formy
- povrchovou úpravou formy

Pro výrobu desek forem se používá převážně těchto materiálů:

- 11 600, 11 500, 11 700 – pro desky forem na menší počet výstřiků
- 12 050.6, 12 060.6 – pro desky forem na větší počet výstřiků

Pro části forem, jako výměnné a tvarové vložky, vodící pouzdra a čepy se používají oceli, včetně některých evropských ekvivalent: [1], [2], [8]

<b>Třída oceli (ČSN)</b>	<b>Německý ekvivalent</b>	<b>Francouzský ekvivalent</b>	<b>Italský ekvivalent</b>	<b>Ekvivalent Velké Británie</b>
<b>14 220</b>	16 MnCr 5	16 MC 5	16 MnCr 5	527 M 20
<b>15 260</b>	50 CrV 4	50 CV 4	50 CrV 4	735 A 50
<b>19 436</b>	X 210 Cr 12	Z 200 C 12	X 205 Cr 12 KU	BD 3
<b>19 437</b>	X 210 CrW 12	-	X 215 CrW 12 1 KU	-

*Tab. 1. Evropské ekvivalenty vybraných ocelí*

## 2.11 Volba ocelí na formy

Optimální určení druhu oceli na konkrétní součást závisí na její funkci. Způsob výroby a tepelné zpracování materiálu ovlivňuje celkový výsledek. Nedostatečná kvalita povrchu zhoršuje vyjímání, leštěný povrch je prostředkem k ochraně proti korozi, atd. Z těchto požadavků vyplývají i nároky na čistotu oceli.

Každý díl formy má určitou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti, s ohledem na opotřebení a životnost.

Od používaných materiálů na formy se vyžaduje především:

- dostatečná mechanická pevnost
- dobrá obrobiteľnosť

Z hlediska technologie výroby výstřiků má materiál funkčních dílů ještě zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrusitelností
- zvýšenou odolností proti otěru
- odolností proti korozi a chemickým vlivům
- vyhovující kalitelností a prokalitelností
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení
- dobrou tepelnou vodivostí
- houževnatostí a pevností v tlaku [1]

## 2.12 Mechanické namáhání forem

Při návrhu forem musíme brát ohled nejen na konstrukční stránku celé věci, ale také velmi důležitou pevnostní stránku formy, která vyžaduje dostatečnou pevnost a tuhost. Při vstřikování je forma uzavírána uzavírací silou  $F'$ , potom v dutině této formy působí vstřikovací tlak  $p_v$ .

Některé funkční součásti forem se kontrolují v místech, kde by mohly nastat větší deformace, než se předpokládá. Z hodnot získaných při kontrole je možné rozměry upřesnit.

Nebezpečná místa mohou například být:

- u slabostěnných tvárnků a tvárnic
- u opěrných funkčních desek
- při vysokých vstřikovacích tlacích na styčných plochách [1]

## 2.13 Dovolená namáhání na otláčení

Styčné plochy dílů vstřikovací formy jsou namáhány především uzavírací silou vstřikovacího stroje. Díly v dutině formy a jejich povrch zase vstřikovacím tlakem. Na silně namáhaných místech může vzniknout v materiálu napětí, které po překročení dovoleného napětí materiálu může způsobit porušení nebo trvalou deformaci materiálu.

Mezi takto namáhaná místa patří například styčné plochy tvárnků, vyhazovačů, rozpěrek a dělicí rovina. Pro zjištění hodnot napětí používáme následující vzorce: [1]

- pro díly namáhané uzavírací silou vstřikovacího stroje:

$$\sigma_o = \frac{F'}{S_o} \leq \sigma_{oD} \quad (3)$$

- pro díly namáhané vstřikovacím tlakem:

$$\sigma_o = \frac{p_v}{S_o} \leq \sigma_{oD} \quad (4)$$

$\sigma_o$ ..... vypočtené namáhání na otláčení

$\sigma_{oD}$ ..... dovolené namáhání na otláčení

$S_o$ ..... zjišťovaná styčná plocha dílu

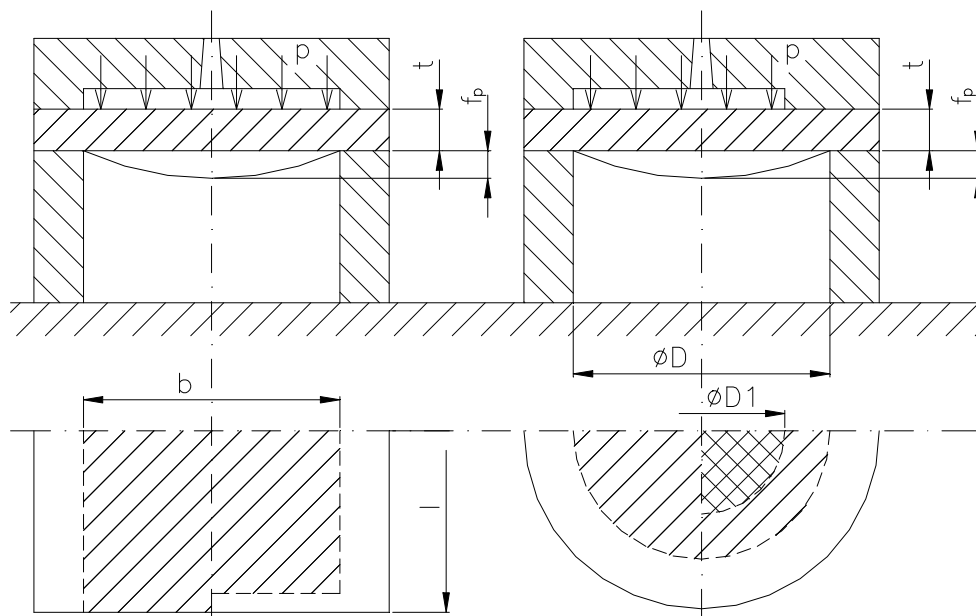
$p_v$ ..... vstřikovací tlak

$F'$ ..... uzavírací síla

## 2.14 Namáhání opěrných desek

Forma je sestavena z několika desek. Některé z těchto desek jsou podepřeny v celé ploše a jsou namáhány na otláčení, jiné jsou však opřené jen z části a působící síly v nich ještě vyvolávají ohybový moment. Velikost napětí vyvolané tímto zatížením se zjistí ze vztahů, stanovených pro výpočet tenkých desek ( $h > 0,1 \cdot D$ ). [1], [2], [6]

Zatížení a funkce vyplývá z obrázku:



Obr. 5. Opěrné desky obdélníkové a kruhové

**a) U kruhové desky:**

- ohybové napětí: 
$$\sigma_{0\max} = \frac{3}{4} p \left( \frac{D}{t} \right)^2 \quad (5)$$

- velikost průhybu: 
$$f_p \approx 0,01 \frac{p \cdot D^4}{E \cdot t^3} \quad (6)$$

Pokud je zatížení na rozměru  $D_1$  bude velikost průhybu

$$f_p \approx 0,01 \frac{p \cdot D^4}{E \cdot t^3} \left[ \left( \frac{D}{D_1} \right)^2 + \ln \frac{D_1}{D} - 0,75 \right] \quad (7)$$

**b) U obdélníkové desky:**

Při podepření dvěma podložkami bude výpočet následující:

- ohybové napětí: 
$$\sigma_{0\max} = 0,308 p \left( \frac{b}{t} \right)^2 \quad (8)$$

- velikost průhybu: 
$$f_p \approx 0,026 \frac{p \cdot b^4}{E \cdot t^3} \quad (9)$$

Pokud je deska podepřena na čtyřech stranách bude velikost průhybu:

$$f_p \approx K \frac{p \cdot b^4}{E \cdot t^3} \quad (10)$$

$\sigma_{0\max}$ ..... ohybové napětí

$p$ ..... tlak při vstřikování

$f_p$ ..... velikost průhybu

$K$ ..... koeficient, určující poměr stran

$E$ ..... modul pružnosti v tahu

$b$ ..... délka zatížené plochy

$l$ ..... šířka zatížené plochy

$t$ ..... tloušťka zatížené plochy

$D$ ..... průměry desek

### 3 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Vstřikovací stroje pro zpracování kaučuků používáme buď jednotlivě nebo uspořádané do výrobních linek. Častým doplňkem bývají formy a přípravky, které se jinak také nazývají výrobní zařízení. Tyto stroje můžeme dělit například dle velikosti, provedení, rychlosti, stupně řízení, reprodukovatelnosti, stálosti svých parametrů, obsluhy a ceny. Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky
- uzavírací jednotky
- ovládání a řízení stroje

V dnešní době se především staví hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje, většinou stavebnicového charakteru s různým stupněm elektronického řízení. Ovládací a řídicí prvky bývají zpravidla umístěny na panelu vstřikovacího stroje, popřípadě v elektrorozvodné skříni.

#### 3.1 Rozdělení vstřikovacích strojů

Pro výstřiky, u kterých je vulkanizační doba z různých důvodů delší (> 2min.) používáme:

- a) lis s dvěma formami a jednou nástřikovou jednotkou
- b) karuselový typ vstřikolisu (plastikační a plnicí jednotka je pevná a několik lisů s formami se pohybuje)
- c) lisovací jednotky jsou pevně v řadě a nástřiková jednotka popojíždí k lisům

Dělení vstřikovacích lisů dle způsobu vstřikování:

- a) vstřikování pístem (zastaralé)
- b) vstřikování pístem a předplastikace šnekem
- c) vstřikování šnekem a axiálním posuvem (šnekopíst)

Dělení vstřikovacích lisů dle nástřiku: [6]

- a) horizontální
- b) vertikální

### 3.2 Výrobci vstřikovacích strojů a důležité parametry

V současné době jsou nejpoužívanější vstřikovací stroje na pryž od těchto firem:

- ENGEL
- REP
- DESMA
- SUB
- CSY
- MAPLAN



*Obr. 6. Desma 968.400*

#### Parametry strojů a rozsahy (dle katalogu firmy DESMA):

- vstřikovací objem: (85-14 000) cm<sup>3</sup>
- uzavírací síla: (500-11 000) kN
- vstřikovací tlak: (150-2400) MPa
- světlost mezi etážemi: (200-1000) mm
- rozměry etáží: (300x300 - 1000x1200) mm
- příkon: (18-92) kW
- hmotnost lisů: (2-38) tun

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Úkol:

- vypracovat literární studii na dané téma
- navrhnout směs pro vstřikování
- navrhnout vhodný vstřikovací stroj
- vytvořit soustavu nástrojů
- provést pevnostní analýzu dílů formy

Při tvorbě literární studie bude nejdůležitější nastínit problematiku konstrukce vstřikovacích forem. Jednotlivé části vstřikovacích forem budou podrobně popsány v jednotlivých kapitolách

Při návrhu směsi pro vstřikování vycházíme z vlastností, které má hotový výrobek mít a s ohledem na to jej volíme.

Dle velikosti forem se volí vhodný vstřikovací stroj, který je charakteristický svými hodnotami tlaků, konstrukcí a použitím.

Nejdůležitější a největší částí práce bude spočívat v tvorbě 3D sestav vstřikovacích forem. Využitím některých normalizovaných dílů firmy HASCO se zajistí rychlejší a přesnější tvorba forem.

Pro kontrolu tvarových částí jednotlivých forem se provede pevnostní analýza pomocí programu COSMOS DesignSTAR 4.0.

## **5 POUŽITÉ SYSTÉMY**

### **5.1 CATIA V5R14**

Pro konstrukci pryžových dílů bylo použito programu CATIA V5R14. Nadále byla v tom systému provedena 3D konstrukce sestav vstřikovacích forem.

### **5.2 HASCO digital catalogue R1-2006**

Pro konstrukci forem byla použita digitální 3D knihovna normálíí firmy HASCO, která obsahuje komponenty usnadňující konstrukci vstřikovacích forem. K dispozici pro konstrukci byla také tištěná verze HASCO katalogu s detailními informacemi o dílech forem.

### **5.3 COSMOS Design STAR 4.0**

Byl použit software pro analýzu a kontrolu navrhnutých dílů forem. Tímto nástrojem zjišťujeme, jak se budou součásti chovat při mechanickém a teplotním zatížení. Pomocí něj můžeme zjistit, zda-li je tvar a velikost navržených součástí nadimenzována správně, jaké jsou maximální průhyby, napětí uvnitř materiálu a další. Tento program nám rovněž umožňuje zobrazit animaci průběhu celého zatěžování.

## 6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaný výrobek je prachovnice, skládající se ze dvou dílů, z nádoby a víka. Tato slouží pro ukládání střelného prachu, sloužícího jako náplň do patronů rozbušek u automobilových airbagů.

### 6.1 Požadavky kladené na prachovnici

#### a) požadavky na nádobu:

- povrch vylisku musí být naprosto hladký
- vodivost materiálu menší než  $1 \cdot 10^6 \Omega$
- tvrdost materiálu minimálně 90 Shore

#### b) požadavky na víko:

- povrch vylisku musí být naprosto hladký
- vodivost materiálu menší než  $1 \cdot 10^6 \Omega$
- tvrdost materiálu 70 – 80 Shore

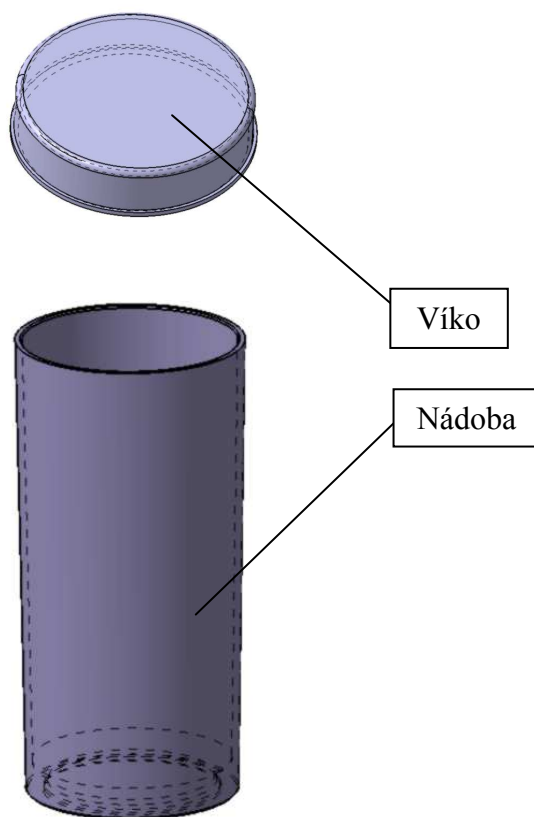
### 6.2 Vlastnosti vstříkovaných dílů:

#### a) nádoba:

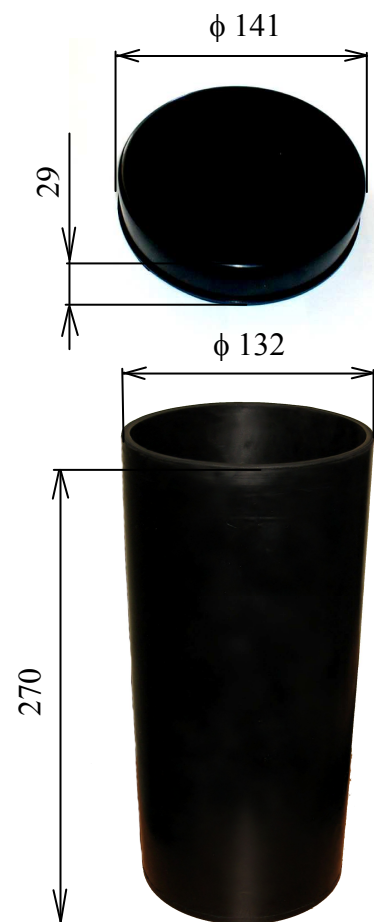
- objem součásti:  $466,3 \text{ cm}^3$
- hmotnost součásti: 624,9 g
- barva: černá

## b) víko:

- objem součásti: 76,37 cm<sup>3</sup>
- hmotnost součásti: 87,8 g
- barva: černá



Obr. 7. Modely prachovnice



Obr. 8. Skutečná prachovnice

## 7 NÁVRH SMĚSI PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Z požadavků uvedených výše vyplývá, že daná prachovnice, skládající se z nádoby a víka, musí být vyrobena ze dvou odlišných směsí kaučuků, protože požadavkem je, aby neměly stejnou tvrdost. Tvrdost jako takovou ovlivňují:

- a) **saze** – černá ztužující plniva
- b) „**bílé**“ **saze** – bílá křemičitá ztužující plniva (jsou dražší o 20%-40% než saze)
- c) **mírně ztužující plniva** – kaolín, uhličitán vápenatý (levná metoda, ale zhoršuje ostatní vlastnosti, zejména pevnost v tahu a tepelné stárnutí směsi)
- d) **pryskyřice** – tzv. „bakalit“ – fenolformaldehydová pryskyřice (problémy s vmícháním do směsi, teplota nesmí přesáhnout 100°C, jinak shoří v hnětiči)
- e) **sírou** – později zmiňovaný ebonitový systém (20-50 disk)

Dalším požadavkem pryže byla elektrostatická vodivost. V gumárenském průmyslu má na ní vliv složení dané receptury směsi. Základní faktory, které mohou vodivost ovlivnit, se dají rozdělit do 3 skupin:

### 1. Plnění směsí ztužujícími sazemi, které jsou vodivé

- a) Philblack P 1250
- b) Chezacarb EC

Tyto saze mají velký měrný povrch, jsou speciálně upravované a také cenově 2x až 3x dražší než běžné typy používaných sazí. Jejich plnění do směsi je poměrně velmi náročné, protože díky svému povrchu výrazně zhoršují zpracovatelské vlastnosti-viskozitu. Díky zvýšené viskozitě pak dochází k problémům při zpracování.

Viskozita se může snižovat přidáním pomocných zpracovatelských a homogenizačních přípravků, ty ale silně ovlivňují vodivost směsi. Takže správné nastavení směsi na požadovanou vodivost je otázkou poměrně náročného vývoje.

## 2. Plnění směsí ztužujícími „bílymi plnivý“ (bílé saze)

Většinou jsou to plniva na bázi  $\text{SiO}_2$  (křemičitá plniva). Toto plnění je také poměrně náročné, ale je nutné použít dalších podpurných homogenizátorů. Tyto plniva (Silica VP4, PERKASIL KS 408) mají lepší zpracovatelské vlastnosti, mají výrazně nižší viskozitu především díky homogenizátorům (NORSIL 50, SILANOGRAM Si-69).

Tyto homogenizátory jsou zásadní v tom, že musí řádně proběhnout tzv. *silanizace*, což je proces při míchání, který probíhá při  $135^\circ\text{C} - 145^\circ\text{C}$ . To má pak vliv na vodivost. Pokud špatně proběhne silanizace, která bývá 1-1,5 minuty, je míchání neúčinné a vodivost se může pohybovat na hranici antistatickosti až dokonce i nevodivosti

Rozdělení vodivosti:

a) $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^{-3} \Omega$	VODIVÉ
b) $1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-7} \Omega$	ANTISTATICKÉ
c) $1 \cdot 10^{-8} \Omega$ a výš	NEVODIVÉ

V ojedinělých případech se může použít kombinace vodivých sazí i křemičitého plniva.

## 3. Vliv technologického postupu – míchacího postupu na vodivost směsí

Tento parametr je pro danou vodivost nezanedbatelný. Přemíchání (tzv. rozbití směsi) má za následek posun v řádu o 3 až na hranici antistatickosti. Špatné promíchání nebo nedostatečné promíchání má vliv na homogenitu a viskozitu směsí.

Tzv. optimalizace míchacího postupu může v provozu trvat i 3 měsíce.

V našem případě byly použity tyto směsi (směs 5050, směs 3808):

### 7.1 Směs na nádobu – směs 5050

- 1) **SBR – 33%**
- 2) **Saze P 1250 – 17%** (ovlivňují vodivost, tvrdost)
- 3) **Saze N 990 – 28%**
- 4) **Zpracovatelské a homogenizační přísady – 7%** (ZnO, antioxidanty, antidegradanty)

- 5) **Olej – 6%**
- 6) **Urychlovací a vulkanizační systém – 9%**

Směs použitá na nádobu je zajímavá a odlišná díky tzv.: „ebonitovému“ vulkanizačnímu systému, který se dnes používá jen ve vyjimečných případech. Tvrdá pryž, neboli „ebonit“ se vyznačuje tím, že má množství síry v rozmezí 20-50 dsk (20-50dílů na 100 dílů kaučuku) a toto množství síry výrazně ovlivňuje tvrdost směsi.

## 7.2 Směs na víko – směs 3808

- 1) **SBR – 50%**
- 2) **Saze Cezacarb EC – 10%** (ovlivňují vodivost i tvrdost)
- 3) **Saze sberling V – 18%**
- 4) **Zpracovatelské a homogenizační přísady – 8%** (ZnO, antioxidanty, antidegradanty)
- 5) **Olej – 12%**
- 6) **Urychlovací a vulkanizační systém – 2%**

**Hodnoty vstříkovaných směsí:**

<b>Hodnota směsi</b>	<b>Nádoba - směs 5050</b>	<b>Víko - směs 3808</b>
<b>Tvrdost [Sh A]</b>	90	76
<b>Pevnost [MPa]</b>	10,2	12,5
<b>Tažnost [%]</b>	50	290
<b>Hustota [g.cm<sup>-3</sup>]</b>	1,34	1,15
<b>Strukturní pevnost [kN.m<sup>-1</sup>]</b>	není měřitelná u ebonitů	40
<b>Viskozita [°ML]*</b>	75	60
<b>Bezpečnost směsi [minuty]*</b>	5,5	6,0

\* tyto vlastnosti jsou měřené při teplotě 150 °C

*Tab. 2. Hodnoty vstříkovaných směsí*

Bezpečností směsí se rozumí doba, za kterou daná směs při zpracování ještě nezačne vulkanizovat. Tato bezpečnost je určena při teplotě 150 °C.

## 8 VSTŘIKOVACÍ FORMY

### 8.1 Násobnost forem

Násobnost forem je jedním z nejdůležitějších parametrů před vlastní tvorbou forem. Máme hned několik faktorů, které ovlivňují optimální násobnost forem, a jsou to tyto:

- počet vyráběných kusů
- výrobní kapacita stroje
- ekonomická stránka věci
- složitost a přesnost vstříkovaných výrobků

Vzhledem k tomu, že daný výrobek má poměrně velikou plochu a výšku, která bude vstříkovaná, jedná se o velkorozměrový výrobek. Po zvážení všech okolností včetně počtu potřebných kusů byla zvolena po dohodě s dodavatelem jednonásobnou formu na nádobu a jednonásobnou formu i na víko.

### 8.2 Konstrukce forem

Během návrhu a konstrukce forem bylo využito většinou normálií firmy HASCO, aby bylo možno většinu součástí koupit již hotových. Na začátku konstrukce byly vybrány upínací desky na rám stroje, které byly zvoleny dle velikosti výrobků. Dále pak tvarové desky, které byly zvoleny kruhového průřezu, jelikož obě součásti jsou rotační osově symetrické, a proto jsou tyto desky menší a levnější. Od těchto desek se poté již odvozovaly rozměry ostatních součástí forem, jako jsou vodící čepy, vodící pouzdra, šrouby.

### 8.3 Zaformování výstřiků

Zaformováním výstřiků se rozumí umístění výrobku ve formě s ohledem na dělicí rovinu a konstrukční řešení výrobku. Celé je to navrženo tak, aby po otevření formy zůstal výstřik umístěný na pohyblivé straně formy a pomocí vyhazovacího systému byl z něj uvolněn a popřípadě sejmout. Dělicí rovina byla zvolena tak, aby nenarušovala předepsaný hladký povrch a nezanechávala stopu na výstřiku.

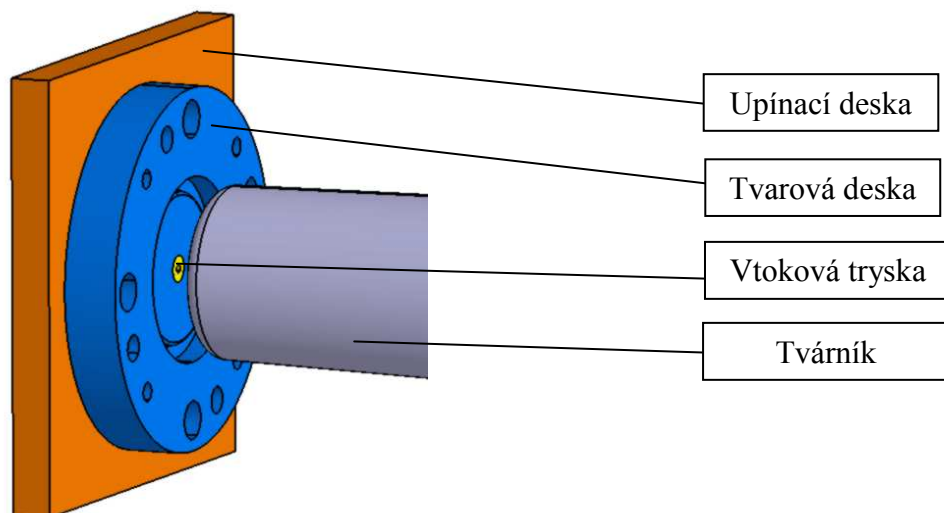


## 8.4 Odvzdušnění formy

Při zaplňování dutiny formy se stlačuje adiabaticky vzduch, který může mít vliv na vlastnosti vstřikované směsi. Pokud totiž nemá kde stlačený vzduch odcházet, dochází u pryže za vysokého tlaku k nárůstu teploty, která má za následek degradaci směsi popřípadě i shoření směsi. Tomuto faktu se snažíme zabránit. Konkrétně v našem případě může stlačený vzduch odcházet dělicí rovinou a také přetokovou drážkou, umístěnou v dělicí rovině, která má zajistit dokonalý odvod přebytečného stlačeného vzduchu a dokonalého vyplnění formy směsí kaučuku.

## 8.5 Vtokový systém

Jelikož se jedná v obou případech o jednonásobnou formu, je vtokový systém velmi jednoduchý. Jedná se o systém se studenou vtokovou soustavou s umístěním vtokové trysky přímo do osy tvarové dutiny formy.



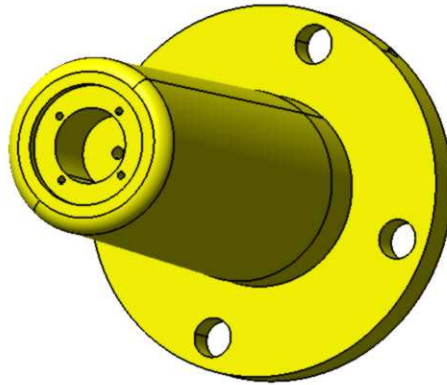
Obr. 9. Umístění vtoku

## 8.6 Tvarové vložky

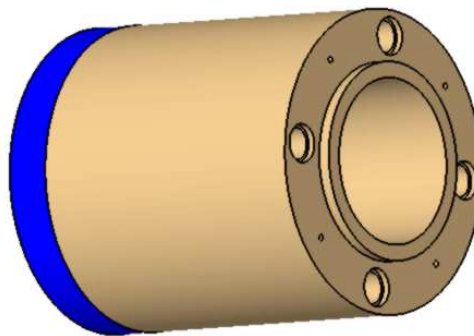
Konstrukce tvarových vložek je dána tvarem vstřikovaných součástí. Při návrhu tvarových vložek musíme počítat se smrštěním daného materiálu, přičemž smrštění u nádoby je

1,85% a u víka 1,95%. O tuto velikost musí být vložky větší. Z důvodu obtížné a nákladné výroby tvárnice u nádoby bylo rozhodnuto vytvořit ji ze dvou dílů, přičemž případně vzniklý šev dle dodavatele nevádí. Tvárník u formy na nádobu byl vytvořen z jednoho kusu. Tímto bylo docíleno lepších vlastností a chování při vstřikování.

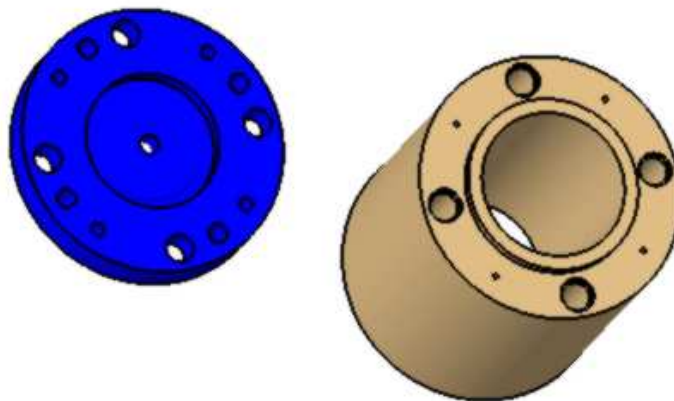
**a) Tvarové vložky nádoby:**



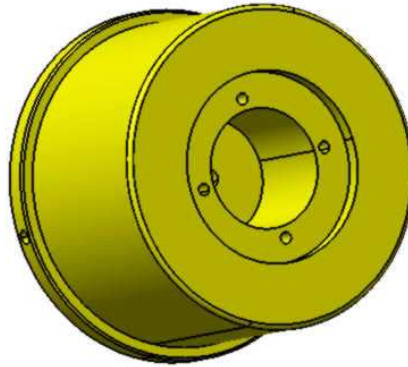
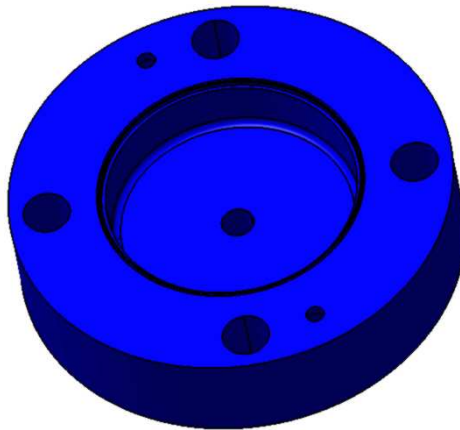
*Obr. 10. Tvárník – nádoba*



*Obr. 11. Tvárnice – nádoba*



*Obr. 12. Tvárnice – nádoba (rozložená)*

**b) Tvarové vložky víka:***Obr. 13. Tvárník – víko**Obr. 14. Tvárnice – víko***8.7 Vodící a upínací prvky**

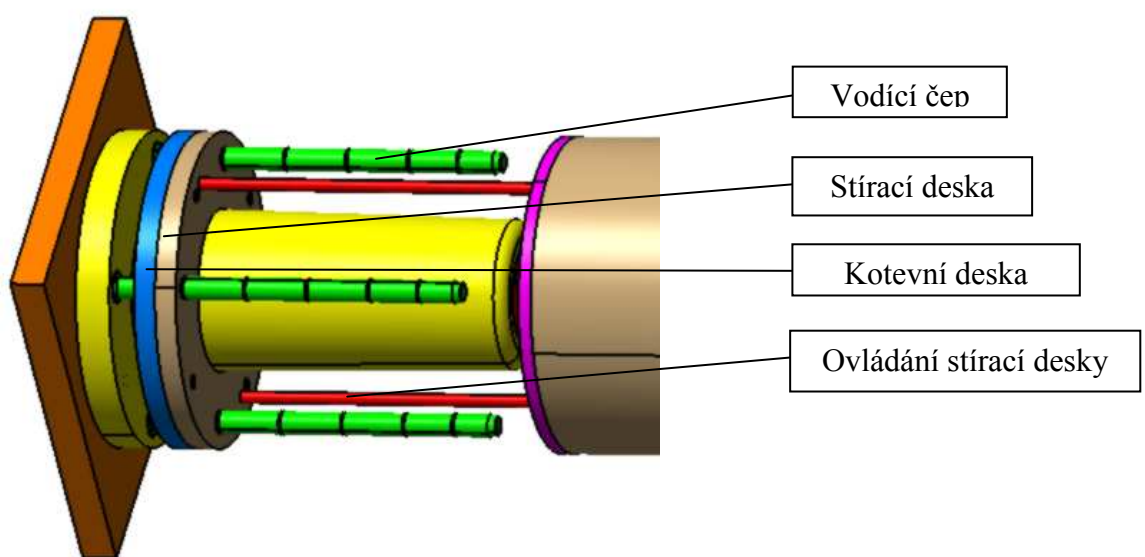
Při návrhu a konstrukci vodících a upínacích prvků bylo využito normálí firmy HASCO, které jsou dány již rozměry desek. Pro přesné spojení a ustředění pohyblivé a pevné části formy bylo použito vodících čepů se středícím nákrůžkem Z00, jejichž délka je větší, než délka tvárníku vyčnívajícího z pohyblivé části formy. Tímto jsme chtěli docílit, aby se při případném „nabourání“ formy nepoškodil tvárník. Dále bylo použito u formy na nádobu vodících čepů pro přesné spojení dvoudílné tvárnice. Bylo zde použito také vodících pouzder se středícím nákrůžkem Z10.

Pro spojení jednotlivých desek forem bylo použito normalizovaných šroubů M12 a M6 různých délek.

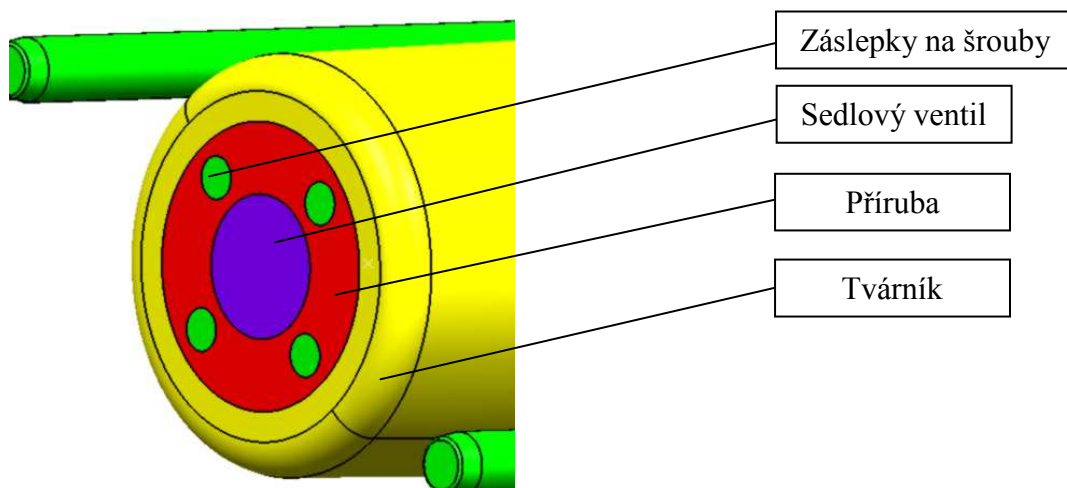
Upnutí formy na vstřikovací stroj bylo realizováno pomocí upínacích desek a upínek. Ustředění formy a vstřikovacího stroje zajistí středící kroužek, umístěný v pevné i pohyblivé části formy.

## 8.8 Vyhazovací systém

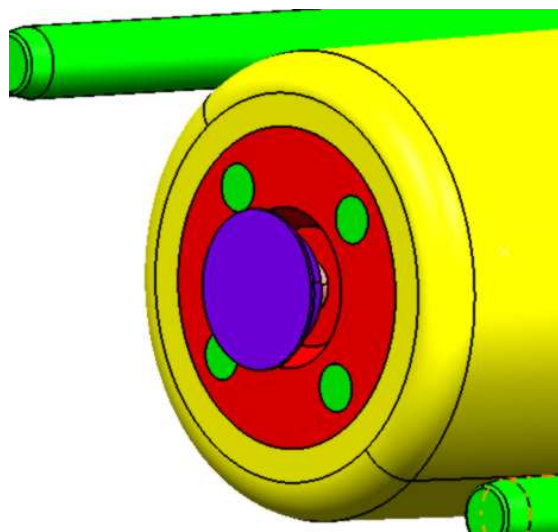
Pro snadné vyjmutí výstřiku z formy bylo použito systému na uvolnění a na vyhození výstřiku z formy. Pro úplné sejmutí výstřiku z tvárníku bylo použito vyhazovacího systému se stírací deskou. Je to soustava dvou vyhazovacích desek umístěných na pohyblivé straně stroje, sešroubovaných k sobě, v nichž jsou sevřeny dva vyhazovače. Tyto jsou na pevné straně vloženy v těle tvárnice. Díra pro tento vyhazovač je na konci osazená, aby při pohybu, kdy bude pohyblivá strana odjíždět, vyhazovač narazil o toto osazení a začal výstřik stírat z tvárníku. V případě uvolnění bylo využito pneumaticko-mechanicky ovládaného sedlového ventilu, který je uložen v přírubě, vložené a přišroubované v čele tvárníku. Pohyb uskuteční stlačený vzduch pneumatického přístroje a zpětný návrat do uzavřené polohy zajistí tlačná pružina. Těchto systémů vyhazování bylo využito u obou vstřikovacích forem.



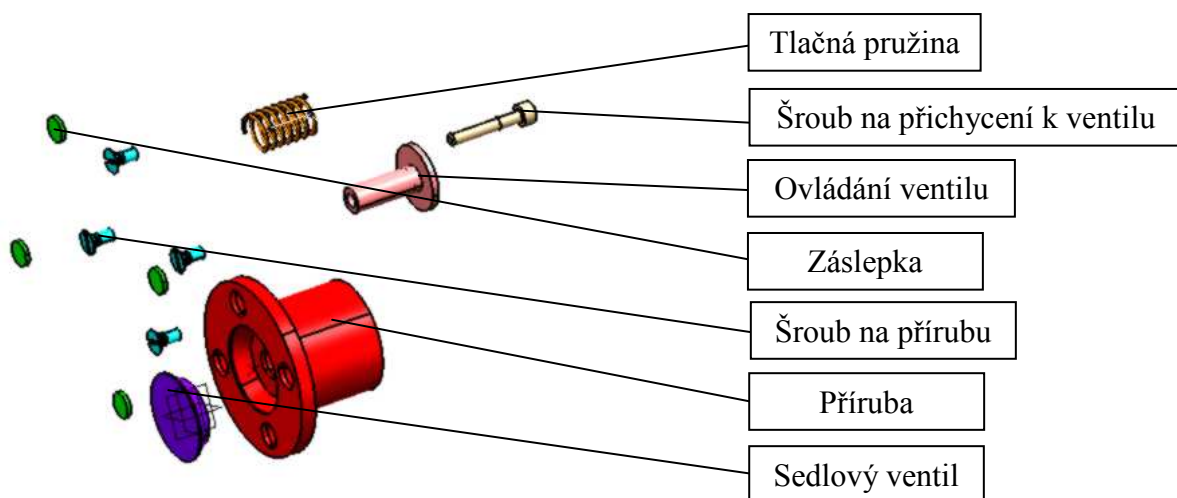
Obr. 15. Vyhazovací systém se stírací deskou



*Obr. 16. Systém na uvolnění - zavřený*



*Obr. 17. Systém na uvolnění - otevřený*



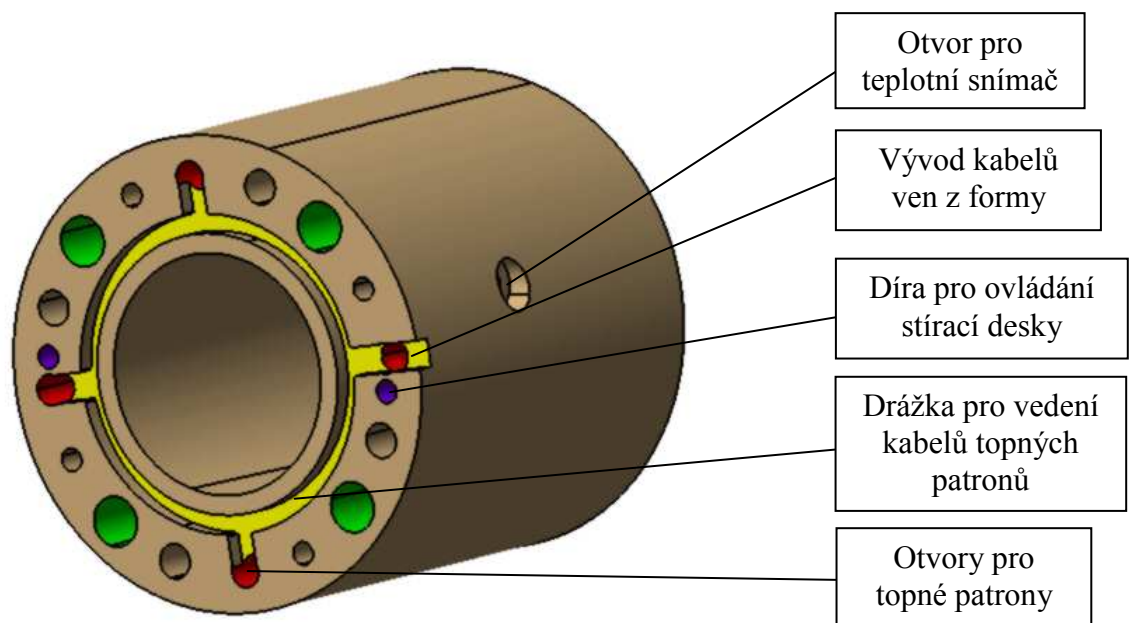
*Obr. 18. Systém na uvolnění - schema*

Důležitou hodnotou vyhazovacího systému je jeho zdvih, jehož hodnota byla zvolena 10 mm. Tato hodnota by měla bezpečně stačit k tomu, aby se daný výstřik uvolnil od tvárníku a mohl se vyjmout z formy pomocí stírací desky.

## 8.9 Temperační systém

Aby mohla daná kaučuková směs bez problému z vulkanizovat, je nutné zajistit dokonalé prohřátí všech tvarových desek na požadovanou hodnotu. Při realizaci bylo využito vytápění přes etáže lisů, na nichž jsou ukotveny upínací desky. Vzhledem k výšce formy na nádobu by docházelo k ochlazování střední části formy od okolního vzduchu, muselo se přidat do těla tvarové desky několik topných patronů.

Zvolil jsem patrony HASCO Z 110, průměr 16 mm, délka 200 mm, topný příkon 800 W. Pro udržení stálé teploty v dutině formy a také jako ochranný prvek byl použit teplotní snímač, který je umístěn taktéž v těle tvárníku a hlídá nastavenou teplotu patronů a formy. Jako teplotní snímač jsem zvolil HASCO Z 1295 / 3 s maximálním použitím do 400° C. Proti radiaci je forma na nádobu odstíněna hliníkovým plechem.



Obr. 19. Temperační systém



*Obr. 20. Topná patrona a snímač teploty*

### **8.10 Nosič formy**

Nosič formy nám slouží k bezpečnému a snadnějšímu přemístění a manipulaci s formou. Byl zvolen transportní můstek Z10; typ 3 (pro formu na nádobu) s rozsahem (295 – 435) mm a typ 1 (pro formu s víkem) s rozsahem (140 – 180) mm. Upevnění nosiče je pomocí šroubů za levou a pravou upínací desku vstříkovací formy.



*Obr. 21. Nosič formy*

## 9 NÁVRH VHODNÉHO VSTŘIKOVACÍ STROJE

Pro vstřikování pryžových výrobků byl zvolen horizontální vstřikovací stroj pro pryž od firmy ENGEL, typ 750 / 250 HL. Podrobné parametry tohoto stroje jsou níže uvedeny v tabulce.

VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA (FIFO 750)		VŠEOBECNÁ DATA	
vstřikovaný objem	(750 – 1000) cm <sup>3</sup>	jmenovitý pohonný výkon	30 kW
vstřikovací tlak	(200 – 150) MPa	tlak zařízení	25 MPa
průměr vstřikovacího čepu	(70 – 80) mm	rozměry stroje (d x š)	(6005 x 2090) mm
maximální teoretický vstřikovaný objem	120 cm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	maximální velikost formy	(650 x 750) mm
průměr šroubu	30 mm		
výška stroje	2337 mm		
váha stroje	20500 kg		
UZAVÍRACÍ JEDNOTKA (250 HL)			
uzavírací síla	2500 kN		
vzdálenost mezi topnými deskami	986 mm		
zdvih desek	850 mm		
minimální výška formy	136 mm		
maximální otevírací rychlost	(600 – 650) mm·s <sup>-1</sup>		
otevírací síla	196 kN		
výkon topných desek	(2 x 11) kW		



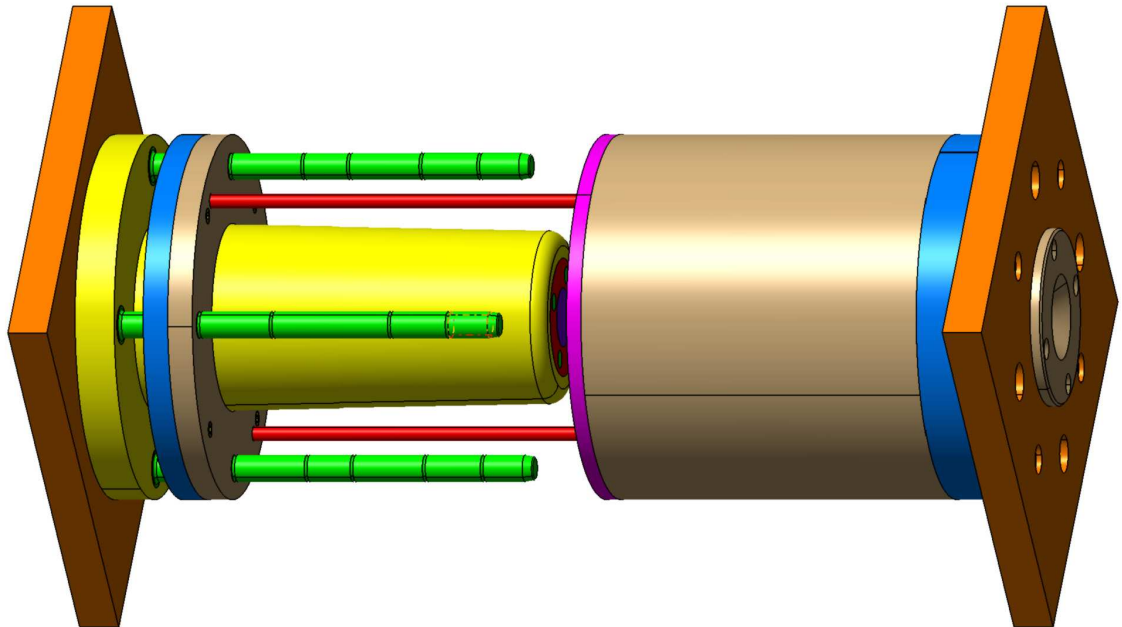
Obr. 22. Vstřikovací stroj ENGEL 250 HL

Tab. 3. Parametry lisu ENGEL HL 250 / 750

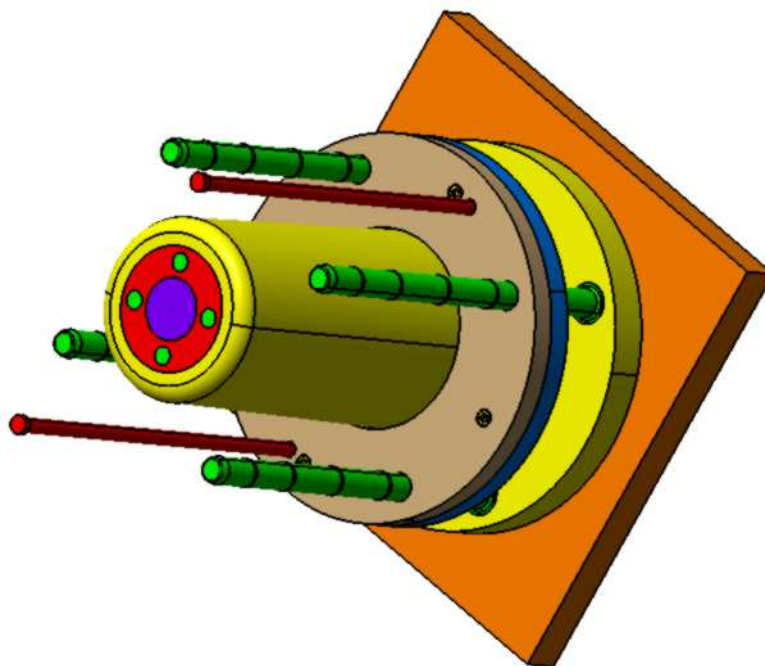


## 10 KOMPLETNÍ SESTAVENÍ FOREM

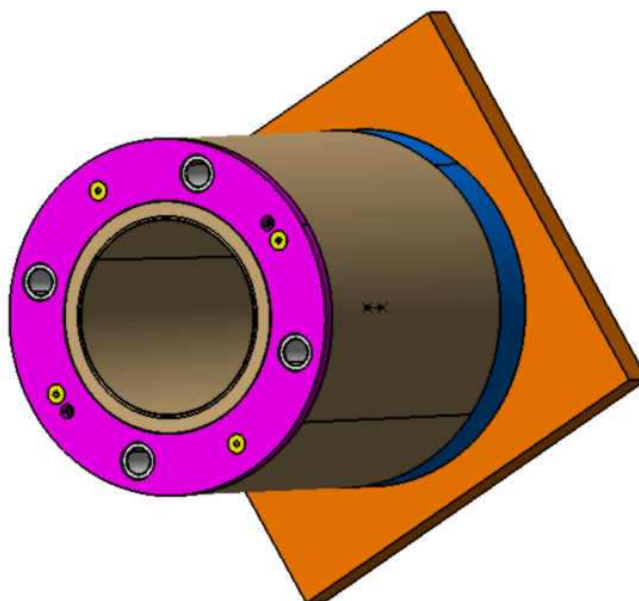
### 10.1 Forma na nádobu



Obr. 23. Forma nádoby – otevřená

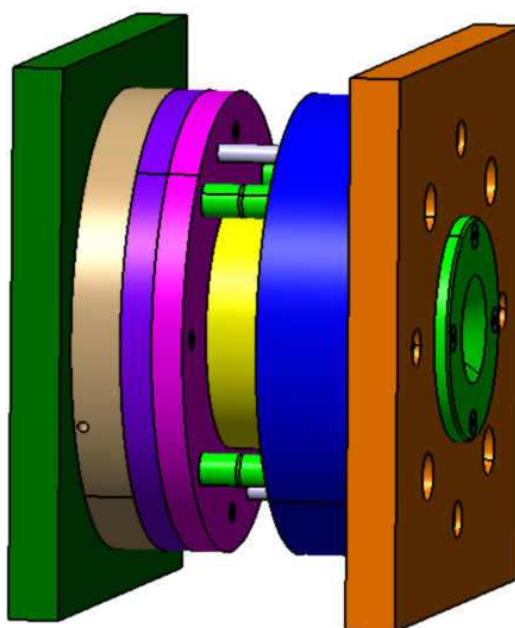


Obr. 24. Forma nádoby – pohyblivá strana

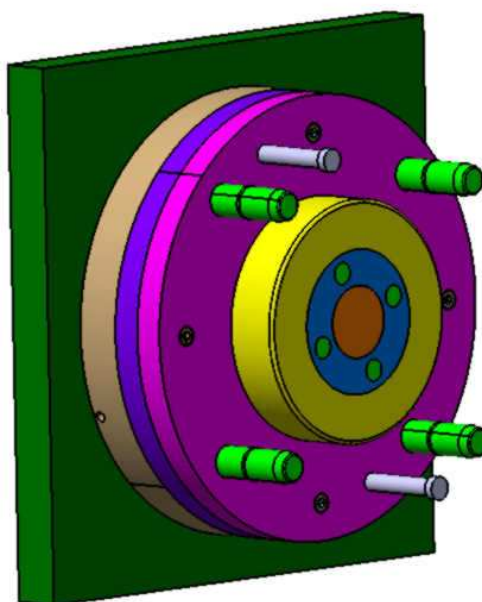


*Obr. 25. Forma nádoby – pevná strana*

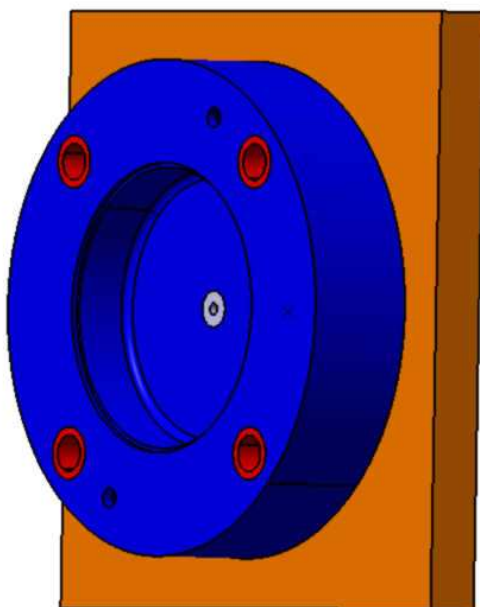
## 10.2 Forma na víko



*Obr. 26. Forma víka – pootevřená*



*Obr. 27. Forma víka – pohyblivá strana*



*Obr. 28. Forma víka – pevná strana*

## 11 PEVNOSTNÍ ANALÝZA FOREM

V této kapitole byla provedena pevnostní analýza tvarových částí jednotlivých forem. Na analýzu bylo použito programu COSMOS Design STAR 4.0. Předpokládáme, že kaučuková směs zatéká do mezery větší jak **0,02 mm**. Proto nesmí deformace přesahovat 0,02 mm, aby nám nevznikaly přetoky a nedodržení tvaru výstřiku. Jednotlivé desky a tvarové části byly jednak zatěžovány uzavírací silou, a také silou od vstřikování taveniny. Formy byly vytápěny od etáží vstřikovacího stroje, a tím pádem je u nich i teplotní gradient, který má také vliv na deformaci částí. Způsoby a umístění ukotvení včetně druhu a místa namáhání jsou uvedeny u jednotlivých částí forem. Pro tyto byl zvolen materiál **1.2343** (ekvivalent dle ČSN 19552; ekvivalent dle DIN X38CrMoV51). Tvrdost materiálu bývá **52+2 HRC**, pevnost v zakaleném stavu **1800 MPa**. Dovolené napětí v tahu/tlaku pro míjivém zatížení bylo zvoleno  **$\sigma_{Dt}=350$  MPa**.

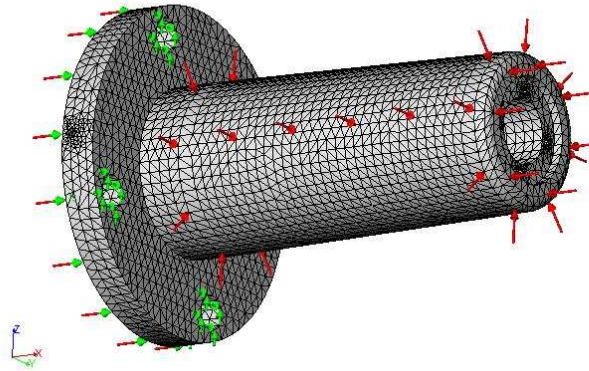
### 11.1 Forma na nádobu

Tato forma je třídílná, skládá se z tvárníku a dvoudílné tvárnice. Protože je tvárnice dost vysoká a mohlo by docházet k ochlazování od okolí, bylo do ní přidáno několik topných patronů pro efektivnější temperaci. Tato místa mohou mít vliv na výslednou pevnost, protože jsou zeslabením celého prvku. Určité zeslabení představují také díry pro šrouby a pro vedení čepů. U tvárníku to může být vybrání pro umístění sedlového ventilu pro pneumatické vyhazování výstřiku.

#### 11.1.1 Tvárník

Velikost elementů v rastru sítě, vytvořená na tvárníku, má velikost 8,3 mm. Tato hodnota je omezena programem, který menší element neumožňuje vytvořit. Částečným řešením může být lokální zhuštění sítě. Pro naše podmínky velikost elementů bude dostačující.

Tvárník je zatížen z čelní a boční strany od vstřikovací síly, ze spodní strany uzavírací silou vstřikovacího stroje. Tvárník je ze spodní strany opřen o upínací desku formy. Celý díl má zamezení pootočení, tzn. že byla nastavena nulová hodnota na ose **y** a **z**. Ze spodní strany dílu je nulové posunutí v ose **x**, které je dáno opřením o upínací desku.



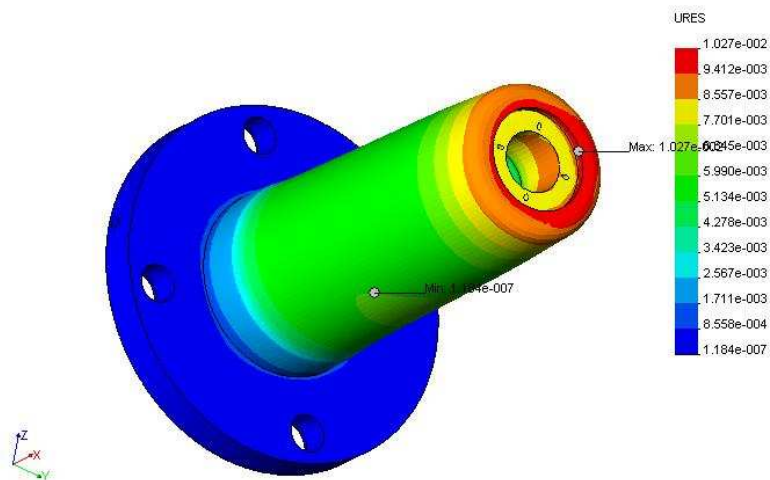
Obr. 29. Síť a zatížení na tvárníku – nádoba

Zadané parametry:	
Velikost uzavírací síly	1600 kN
Vstříkovací tlak	25 MPa
Teplota	200 °C

Vypočítané parametry:	
Minimální napětí	0,098 MPa
Maximální napětí	156,84 MPa
Maximální posunutí	0,0103 mm

Tab. 4. Zadané a vypočítané parametry – tvárník – nádoba

Tvárník-Deformace :: Static Displacement  
Units : mm Deformation Scale 1 : 500

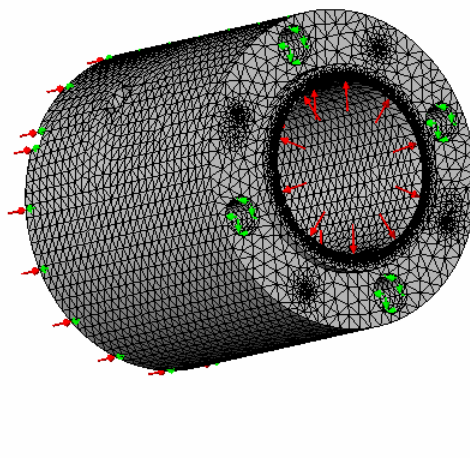


Obr. 30. Napětí na tvárníku - nádoba

Daný prvek vstřikovací formy VYHOVUJE pevnostní podmínce  $\sigma_{Dd} > \sigma_d$ .

### 11.1.2 Tvárnice – větší díl

Tvárnice se skládá ze dvou dílů, které jsou k sobě připevněny šrouby a jsou vystředěny středícími čepy. Tvárnice je zatížena jednak uvnitř od tlaku vstřikované směsi a na spodní straně od uzavírací síly stroje. Velikost elementů v rastru sítě, vytvořená na tvárnici, má velikost 9,9 mm. Větší díl tvárnice má na horní straně vybrání na upnutí příruby, zajišťující sevření vodících pouzder, a tato plocha dosedá na pohyblivou stranu vstřikovací formy. Celý díl je ukotvený ve vodících čepch, tzn. byla nastavena nulová hodnota na ose  $y$  a  $z$ . Ze spodní strany dílu je nulové posunutí v ose  $x$ , které je dáno opřením o upínací desku.

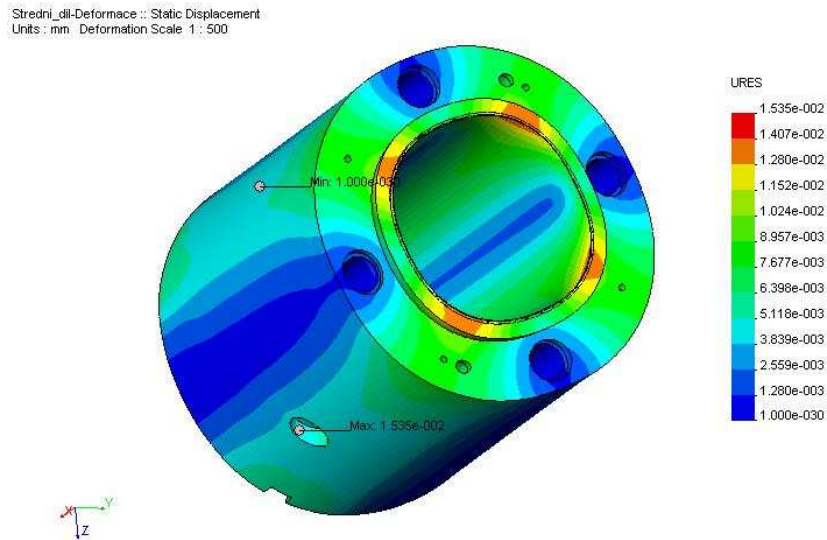


Obr. 31. Síť a zatížení na tvárnici (větší díl) - nádoba

Zadané parametry:	
Velikost uzavírací síly	1600 kN
Vstřikovací tlak	25 MPa
Teplota	200 °C

Vypočítané parametry:	
Minimální napětí	0,12 MPa
Maximální napětí	175,90 MPa
Maximální posunutí	0,0153 mm

Tab. 5. Zadané a vypočítané parametry – tvárnice (větší díl) - nádoba

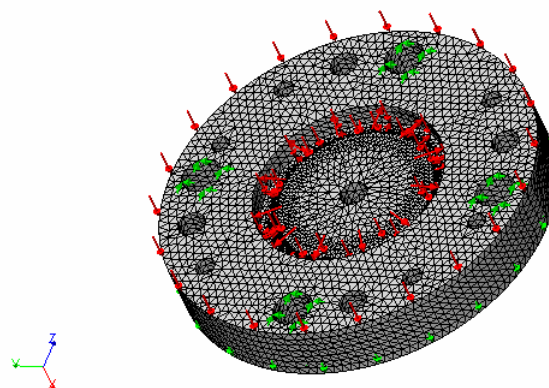


Obr. 32. Napětí na tvárnici (větší díl) – nádoba

Tento prvek také VYHOVUJE.

### 11.1.3 Tvárnice

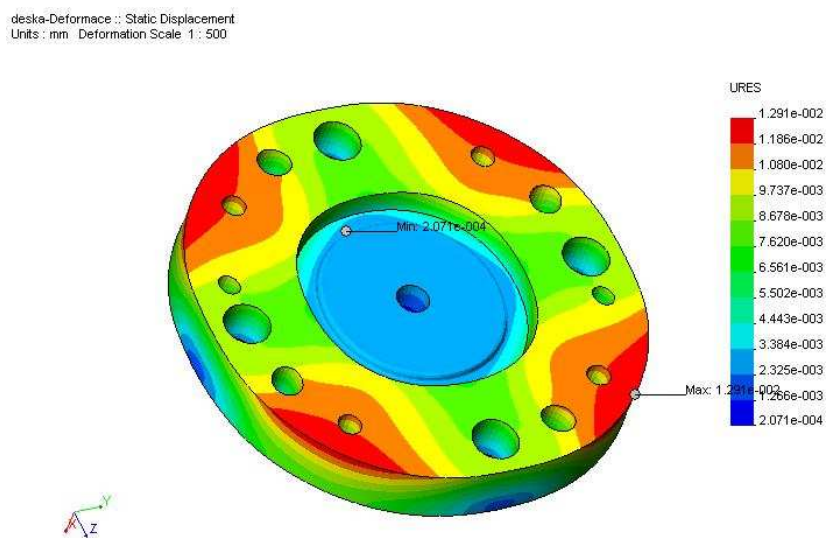
Tvárnice je zatížena jednak uvnitř od tlaku vstříkované směsi a na spodní straně od uzavírací síly stroje. Velikost elementů v rastru sítě, vytvořená na tvárnici, má velikost 5,67 mm. Celý díl je ukotvený ve vodících čepech, tzn. že byla nastavena nulová hodnota u otvorů pro čepy na ose  $y$  a  $z$ . Ze spodní strany dílu je nulové posunutí v ose  $x$ , které je dáno opřením o upínací desku.



Obr. 33. Síť a zatížení na tvárnici - nádoba

Zadané parametry:		Vypočítané parametry:	
Velikost uzavírací síly	1600 kN	Minimální napětí	2,94 MPa
Vstřikovací tlak	25 MPa	Maximální napětí	95,24 MPa
Teplota	200 °C	Maximální posunutí	0,0129 mm

Tab. 6. Zadané a vypočítané parametry – tvárnice - nádoba



Obr. 34. Napětí na tvárnici – nádoba

Tvárnice VYHOVUJE ve všech zkoumaných oblastech.

## 11.2 Forma na víko

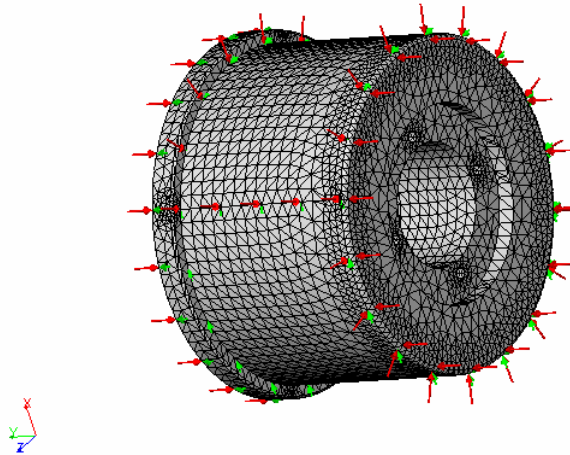
Forma na víko se skládá ze dvou dílů. U tvárnice představují jediné zeslabení otvory pro vedení vodících čepů. U tvárníku je to pak vybrání pro umístění sedlového ventilu pro pneumatické vyhazování výstřiku.

### 11.2.1 Tvárník

Velikost elementů v rastru sítě, vytvořená na tvárníku, má velikost 5,32 mm. Pro naše podmínky velikost elementů bude dostačující. Tvárník je zatížen z čelní a boční strany od



vstřikovací síly, ze spodní strany uzavírací silou vstřikovacího stroje. Tvárník je vložen ve tvarové desce a ze spodní strany je opřen o upínací desku formy. Celý díl má zamezení pootočení, tzn. že byla nastavena nulová hodnota na ose  $y$  a  $z$ . Ze spodní strany dílu je nulové posunutí v ose  $x$ , které je dáno opřením o upínací desku.



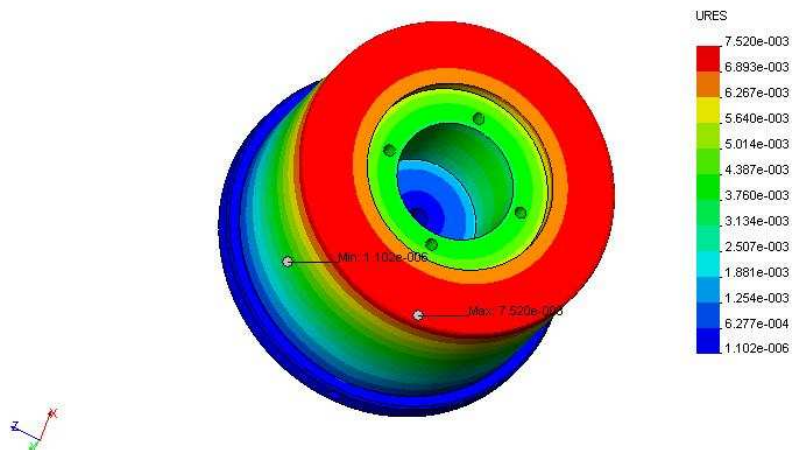
Obr. 35. Síť a zatížení na tvárníku – víko

Zadané parametry:	
Velikost uzavírací síly	1600 kN
Vstřikovací tlak	25 MPa
Teplota	200 °C

Vypočítané parametry:	
Minimální napětí	0,09 MPa
Maximální napětí	37,47 MPa
Maximální posunutí	0,0075 mm

Tab. 7. Zadané a vypočítané parametry – tvárník – víko

Tvárník-víko-Deformace :: Static Displacement  
Units : mm Deformation Scale 1 : 250

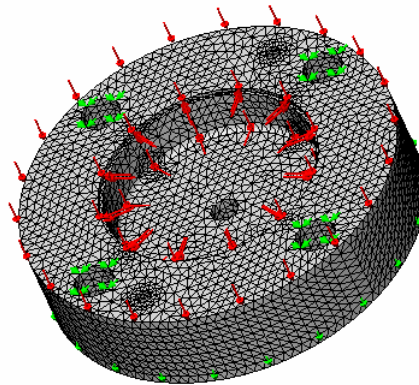


Obr. 36. Napětí na tvárníku - víko

Výsledky výpočtů nám ukazují, že tvárník VYHOVUJE.

### 11.2.2 Tvárnice

Tvárnice se v tomto případě skládá pouze z jednoho dílu, který je šrouby připevněn k upínací desce. Tvárnice je zatížena jednak uvnitř od tlaku vstříkované směsi a také na spodní straně od uzavírací síly stroje. Velikost elementů v rastru sítě, vytvořená na tvárnici, má velikost 6,32 mm. Celý díl je ukotvený ve vodících čepech, tzn. že byla nastavena nulová hodnota u všech otvorů pro čepy na ose *y* a *z*. Ze spodní strany dílu je nulové posunutí v ose *x*, které je dáno opřením o upínací desku.

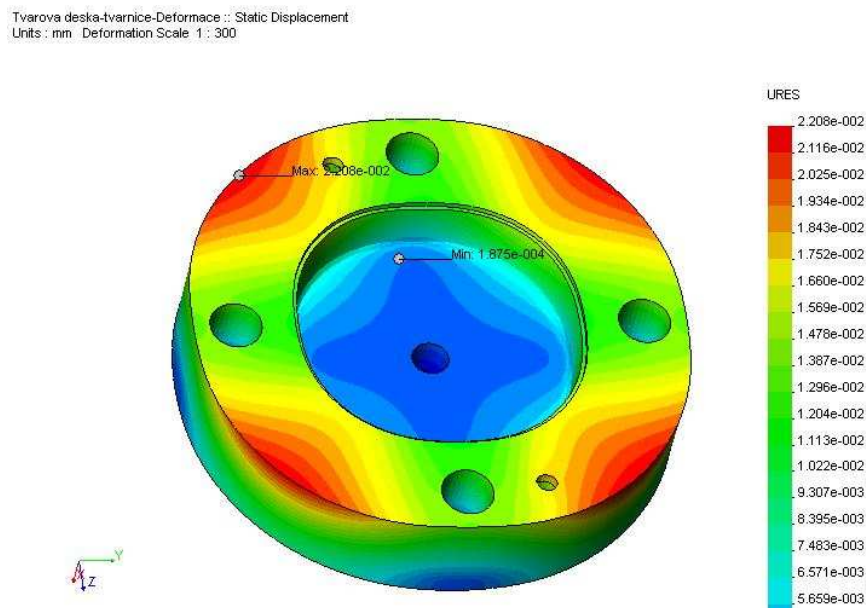


Obr. 37. Síť a zatížení na tvárnici - víko

Zadané parametry:	
Velikost uzavírací síly	1600 kN
Vstříkovací tlak	25 MPa
Teplota	200 °C

Vypočítané parametry:	
Minimální napětí	4,00 MPa
Maximální napětí	108,14 MPa
Maximální posunutí	0,0208 mm

Tab. 8. Zadané a vypočítané parametry – tvárník – víko



Obr. 38. Napětí na tvárnici - víko

Maximální posunutí je sice těsně nad možnou hranicí, ale tato hodnota je pouze v okrajích součásti a nezasahuje nám vůbec do tvarové části. Tvárnice VYHOVUJE.

### CELKOVÉ ZHODNOCENÍ

	Forma nádoby			Forma víka	
	Tvárník	Tvárnice větší	Tvárnice	Tvárník	Tvárnice
Vypočtené hodnoty	156,84 MPa	175,09 MPa	95,24 MPa	37,47 MPa	108,14 MPa
Dovolené namáhání	<b>350 MPa</b>				
Vyhodnocení	<b>Vyhovuje</b>	<b>Vyhovuje</b>	<b>Vyhovuje</b>	<b>Vyhovuje</b>	<b>Vyhovuje</b>

Tab. 9. Porovnání výsledků

## ZÁVĚR

Při návrhu a konstrukci nástrojů na vstřikování pryžové prachovnice byly vytvořeny dvě vstřikovací formy. Prachovnice se skládá ze dvou dílů, které jsou jednak diametrálně objemově odlišné, ale také složení směsí, ze kterých se budou vstřikovat je jiné. Každá z částí prachovnice, nádoba a víko, má jinou tvrdost. Pro konstrukci bylo využito digitálního katalogu firmy HASCO, který nám díky svým normativům ulehčil práci.

Sestavy jednotlivých forem byly realizovány pomocí programu CATIA V5R14. U formy na nádobu byla tvárnice navržena ze dvou dílů, protože jejich výroba je jednodušší. U obou forem byla provedena mechanická analýza tvarových částí, pomocí které se zjišťovalo maximální napětí a deformace při vstřikování směsi. Tyto analýzy byly provedeny v programu COSMOS DesignSTAR 4.0. Porovnáním zadaných a výsledných hodnot bylo zjištěno, že všechny tvarové části forem vyhovují a jsou tedy správně navrženy.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef, KAŇOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*. Brno: Vysoké učení technické, 1984.
- [2] RŮŽIČKA, Karel, POSPÍŠIL, Ladislav, BOBOVSKÝ, Jaroslav. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*. Zlín: VÚGPT, 1979.
- [3] SMĚLÝ, Zdeněk, ČERNÝ, Jindřich, BÁBEK, Miroslav. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem II*. Zlín: VÚGPT, 1980.
- [4] DUCHÁČEK, Vratislav. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. Praha: VŠCHT, 1990. ISBN 80-7080-077-1.
- [5] OSTRAVSKÁ, Libuše. *Přehled vyráběných typů přírodních kaučuků a jejich výrobců*. Zlín: SPUR a.s., 2005.
- [6] TOMIS, František. *Gumárenská a plastikářská technologie – zpracovatelské procesy*. Brno: Vysoké učení technické, 1987.
- [7] Engel AUSTRIA GmbH [online] c2006, [cit. 2006-05-17]. Dostupné z: <http://www.engelglobal.com>
- [8] NORMSERVIS. *Značky ocelí – 1.část, Žďár nad Sázavou* 1991.
- [9] TechSoft Engineering, spol. s.r.o. [online] c2006, [cit. 2006-04-23]. Dostupné z: <http://www.techsoft-eng.cz/cosmosdesignstar>.
- [10] LEINVEBER, Jan, ŘASA, Jaroslav, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, spol. s.r.o., 1999. ISBN 80-7183-164-6.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Význam
$V$	$m.s^{-1}$	Rychlost kaučukové směsi ve vtokové soustavě
$Q_i$	$m^3$	Množství vstříkované kaučukové směsi
$T_t$	s	Celková doba nástřiku
$A$	$m^2$	Průřez kanálku vtokové soustavy
$F'$	N	Uzavírací síla
$p_v$	MPa	Vstříkovací tlak
$\sigma_o$	MPa	Vypočtené namáhání na otláčení
$\sigma_{oD}$	MPa	Dovolené namáhání na otláčení
$S_o$	$m^2$	Zjišťovaná styčná plocha dílu
$\sigma_{omax}$	MPa	Ohybové napětí
$f_p$	m	Velikost průhybu
$p$	MPa	Tlak při vstříkování
$E$	MPa	Modul pružnosti v tahu
$D, D_1$	m	Průměry desek
$b$	m	Délka zatížené plochy
$l$	m	Šířka zatížené plochy
$t$	m	Tloušťka zatížené plochy
3D		Trojrozměrný prostor
NR		Natural rubber (přírodní kaučuk)
ZnO		Oxid zinečnatý
$\sigma_{Dd}$	MPa	Dovolené namáhání na tlak

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Vstřikovací cyklus</i> .....	14
<i>Obr. 2. Druhy vtokových kanálků</i> .....	19
<i>Obr. 3. Pneumatické vyjímání výstřiku</i> .....	23
<i>Obr. 4. Stahování výstřiku stírací deskou</i> .....	24
<i>Obr. 5. Opěrné desky obdélníkové a kruhové</i> .....	29
<i>Obr. 6. Desma 968.400</i> .....	32
<i>Obr. 7. Modely prachovnice</i> .....	37
<i>Obr. 8. Skutečná prachovnice</i> .....	37
<i>Obr. 9. Umístění vtoku</i> .....	42
<i>Obr. 10. Tvárník – nádoba</i> .....	43
<i>Obr. 11. Tvárnice – nádoba</i> .....	43
<i>Obr. 12. Tvárnice – nádoba (rozložená)</i> .....	43
<i>Obr. 13. Tvárník – víko</i> .....	44
<i>Obr. 14. Tvárnice – víko</i> .....	44
<i>Obr. 15. Vyhazovací systém se stírací deskou</i> .....	45
<i>Obr. 16. Systém na uvolnění - zavřený</i> .....	46
<i>Obr. 17. Systém na uvolnění - otevřený</i> .....	46
<i>Obr. 18. Systém na uvolnění - schema</i> .....	46
<i>Obr. 19. Temperační systém</i> .....	47
<i>Obr. 20. Topná patrona a snímač teploty</i> .....	48
<i>Obr. 21. Nosič formy</i> .....	48
<i>Obr. 23. Forma nádoby – otevřená</i> .....	50
<i>Obr. 24. Forma nádoby – pohyblivá strana</i> .....	50
<i>Obr. 25. Forma nádoby – pevná strana</i> .....	51
<i>Obr. 26. Forma víka – pootevřená</i> .....	51
<i>Obr. 27. Forma víka – pohyblivá strana</i> .....	52
<i>Obr. 28. Forma víka – pevná strana</i> .....	52
<i>Obr. 29. Síť a zatížení na tvárníku – nádoba</i> .....	54
<i>Obr. 30. Napětí na tvárníku - nádoba</i> .....	54
<i>Obr. 31. Síť a zatížení na tvárnici (větší díl) - nádoba</i> .....	55
<i>Obr. 32. Napětí na tvárnici (větší díl) – nádoba</i> .....	56
<i>Obr. 33. Síť a zatížení na tvárnici - nádoba</i> .....	56
<i>Obr. 34. Napětí na tvárnici – nádoba</i> .....	57
<i>Obr. 35. Síť a zatížení na tvárníku – víko</i> .....	58
<i>Obr. 36. Napětí na tvárníku - víko</i> .....	58
<i>Obr. 37. Síť a zatížení na tvárnici - víko</i> .....	59
<i>Obr. 38. Napětí na tvárnici - víko</i> .....	60

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Evropské ekvivalenty vybraných ocelí.....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 2. Hodnoty vstříkovaných směsí .....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 3. Parametry lisu ENGEL HL 250 / 750 .....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 4. Zadané a vypočítané parametry – tvárník – nádoba.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 5. Zadané a vypočítané parametry – tvárnice (větší díl) - nádoba.....</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 6. Zadané a vypočítané parametry – tvárnice - nádoba.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 7. Zadané a vypočítané parametry – tvárník – víko .....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 8. Zadané a vypočítané parametry – tvárník – víko .....</i>	<i>59</i>
<i>Tab. 9. Porovnání výsledků.....</i>	<i>60</i>



## SEZNAM PŘÍLOH

P I CD-ROM obsahující:

- modely jednotlivých forem kreslené v programu CATIA V5R14
- textovou část bakalářské práce
- animace analýz tvarových částí forem
- obrázky použité v celé bakalářské práci