

Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu pryžového dílu.

Bc. Jaroslav Pavlíček

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: **Jaroslav Pavlíček**

Osobní číslo: **T13628**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu pryžového dílu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu pryžového dílu.
3. Navrhněte konstrukční řešení vstřikovací formy pro zadaný díl.
4. Provedte analýzy vstřikovacího procesu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

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



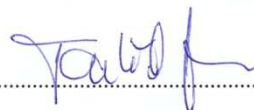

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ 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: 6.5.2015



¹⁾ 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 nevdělečně 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.

²⁾ 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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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 přihlídá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá konstrukcí 3D modelu pryžového dílu manžety hrdla nádrže, návrhem výrobní vstřikovací formy pro tento pryžový díl a analýzou vstřikovacího procesu. V teoretické části práce je shrnuta problematika vstřikování elastomerů, jejich všeobecné vlastnosti, technologie výroby a zásady návrhu vstřikovací formy. V praktické části se práce zaměřuje na konkrétní řešení konstrukce pryžového dílu a vstřikovací formy pro tento pryžový díl v programu Solid Edge ST6. Analýzy vstřikovacího procesu jsou provedeny pomocí programu Cadmould 3D-F Rubber.

Klíčová slova: pryž, vstřikovací forma, optimalizace, analýza

ABSTRACT

This thesis deals with the 3D model design of the rubber part, and deals with the design of production injection mold for the rubber part and the analysis of the injection molding process. The theoretical part summarized the issues while injection molding of elastomers, the general characteristics, their production technology and the design principles of the injection molds. In the practical part it is focuses on the specific solutions designed rubber parts and injection mold for the rubber part in SolidEdgeST6. Analyses of the part injection molding process are performed using Cadmould 3D-F Rubber.

Keywords: rubber, injection molding process, optimization, analysis

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Staňkovi Ph.D. za pomoc a pravidelné konzultace, odborné rady, vedení v průběhu vypracování diplomové práce a čas, který tomu věnoval. Dále děkuji i všem nejmenovaným, kteří také přispěli užitečnými radami k vypracování diplomové práce.

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

Ve Zlíně 6.5.2015



Jaroslav Pavlíček

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ	13
1.1 ELASTOMERNÍ MATERIÁLY.....	13
1.2 KAUKOVÉ SMĚSI.....	14
1.2.1 Historie kaučuku.....	15
1.2.2 Zpracování kaučuku.....	15
1.3 VLASTNOSTI KAUKU.....	16
1.3.1 Teplota skelného přechodu.....	16
1.3.2 Viskozita.....	17
1.3.3 Vulkanizovatelnost.....	17
1.4 SKLADBA KAUKOVITÉ SMĚSI.....	19
1.4.1 Elastomer.....	19
1.4.2 Regenerát.....	19
1.4.3 Vulkanizační činidlo.....	19
1.4.4 Urychlovače.....	20
1.4.5 Aktivátory.....	20
1.4.6 Prostředky proti stárnutí.....	20
1.4.7 Plniva.....	21
1.4.8 Změkčovadla.....	21
1.4.9 Pigmenty.....	21
1.4.10 Zvláštní přísady.....	21
2 VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ	22
2.1 VLASTNOSTI VSTŘIKOVANÝCH MATERIÁLŮ.....	22
2.2 REOLOGICKÉ – TOKOVÉ VLASTNOSTI.....	22
2.3 TEPelné VLASTNOSTI.....	22
2.4 TEPLOTNÍ VLASTNOSTI.....	23
2.5 TEPLOTNÍ ROZTAŽNOST.....	23
2.6 ZMĚNA FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ S TEPLOTOU.....	24
3 VŠEOBECNÉ VLASTNOSTI ELASTOMERŮ	25
3.1 TVRDOST PRYŽE.....	25
3.2 PEVNOST V TAHU.....	26
3.3 TAŽNOST.....	26
3.4 MODUL PRUŽNOSTI.....	27
3.5 STRUKTURNÍ PEVNOST.....	27
4 TECHNOLOGIE GUMÁRENSKÉ VÝROBY	28
4.1 LISOVÁNÍ.....	28
4.1.1 Lisovací cyklus.....	29
4.1.2 Výhody a nevýhody lisování.....	29
4.2 PŘETLAČOVÁNÍ.....	30
4.2.1 Přetlačovací cyklus.....	30
4.2.2 Výhody a nevýhody přetlačování.....	31

4.3	VSTŘIKOVÁNÍ.....	31
4.3.1	Vstřikovací cyklus.....	32
4.3.2	Výhody a nevýhody vstřikování	33
4.4	VYTLAČOVÁNÍ	34
5	VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	35
5.1	PÍSTOVÉ VSTŘIKOVACÍ STROJE	35
5.2	ŠNEKOVÉ VSTŘIKOVACÍ STROJE	36
5.3	KOMBINOVANÉ VSTŘIKOVACÍ STROJE (S PŘEDPLASTIKACÍ)	36
6	FORMY PRO VSTŘIKOVÁNÍ.....	38
6.1	POSOUZENÍ VÝROBKU Z HLEDISKA TVARU A ROZMĚRU.....	38
6.2	DUTINA FORMY A JEJÍ NÁVRH.....	39
6.3	VTOKOVÝ SYSTÉM	39
6.4	VOLBA A NÁVRH VTOKOVÝCH ROZVÁDĚCÍCH KANÁLKŮ	40
6.5	ČAS ZAPLNĚNÍ FORMY	41
6.6	VOLBA VTOKOVÉHO ÚSTÍ.....	41
6.7	UMÍSTĚNÍ VTOKOVÉHO ÚSTÍ.....	42
6.8	VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU Z FORMY	43
6.9	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	45
6.10	TEMPERACE A VYTÁPĚNÍ FOREM	46
6.11	MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FOREM	46
7	ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....	49
II	PRAKTICKÁ ČÁST	50
8	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	51
8.1	POUŽITÉ SYSTÉMY CAD A CAE.....	51
8.1.1	Solid Edge ST6	51
8.1.2	Cadmould 3D-F Rubber	51
9	VSTŘIKOVANÝ DÍL	53
9.1	POPIS ZADANÉHO PRYŽOVÉHO DÍLU	53
9.2	PARAMETRY VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	53
9.3	POŽADAVKY NA VÝROBEK	54
9.4	MATERIÁL VÝROBKU	54
10	VSTŘIKOVACÍ STROJ	55
10.1	PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE	56
11	3D MODEL VÝSTŘIKU.....	58
11.1	ZADÁNÍ PRYŽOVÉHO DÍLU	58
11.2	KONSTRUKCE PRYŽOVÉHO DÍLU.....	58
12	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	59
12.1	NÁSOBNOST FORMY	59
12.2	ROZVRŽENÍ TVAROVÝCH DUTIN	59
12.2.1	Dělicí rovina.....	60

12.3	NÁVRH VTOKOVÉHO SYSTÉMU	61
12.4	ODVZDUŠNĚNÍ TVAROVÝCH DUTIN	62
12.5	STŘEDÍCÍ ČÁSTI FORMY	64
12.6	ODFORMOVÁNÍ VÝROBKŮ	65
12.7	KONEČNÉ SESTAVENÍ FORMY	65
13	DOKUMENTACE VSTŘIKOVACÍ FORMY	69
14	ANALÝZA VSTŘIKOVACÍHO PROCESU	70
14.1	PROCESNÍ PODMÍNKY	70
14.1.1	Příprava modelu	70
14.1.2	Procesní podmínky	71
14.2	VYHODNOCENÍ ANALÝZ	71
14.2.1	Analýza plnění	71
14.2.2	Vzduchové kapsy	72
14.2.3	Studené spoje	73
14.2.4	Teplotní pole	73
14.2.5	Průběh vulkanizace	74
14.2.6	Plnicí tlak	76
14.2.7	Bezpečnost plnění	77
15	DISKUSE VÝSLEDKŮ	79
	ZÁVĚR	80
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	81
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	83
	SEZNAM OBRÁZKŮ	84
	SEZNAM TABULEK	86
	SEZNAM PŘÍLOH	87

ÚVOD

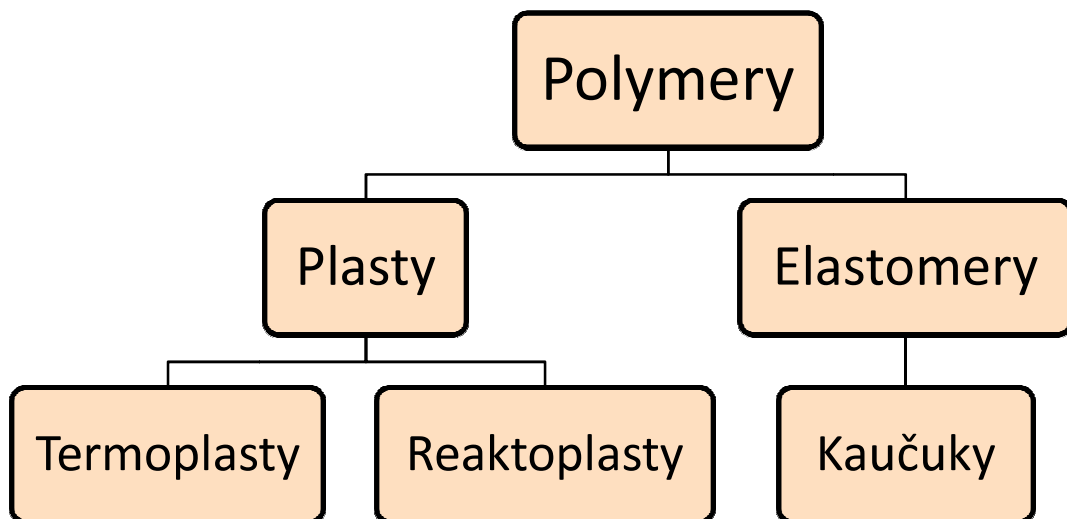
V současné době je vstřikování plastů, ale i elastomerů produktivním způsobem zpracování materiálů. Proto je cílem neustálé zvyšování kvality této technologie za účelem dosažení výrobků nových vlastností, které budou schopny nahradit dnes běžně používané materiály ve všech oblastech. Za dodržení podmínek dané ceny nejdůležitější vlastnosti materiálu a nákladů nejdůležitější vlastnosti daného procesu. Skladba kaučukových směsí umožňuje vznik materiálů širokého spektra vlastností, které jsou tímto pak jedinečné a tím i těžce nahraditelné. Jejich využití je tak možné v celé řadě průmyslových i potravinářských odvětvích.

Jelikož důležitým faktorem použití je cena a vstřikovací formy jsou nákladnou záležitostí, je stále potřebné snižovat náklady na jejich pořízení. Forma musí splňovat řadu kritérií, které mají velký vliv na kvalitu výrobků. K navržení formy za nižší náklady přispívá mimo jiné i znalost vlastností elastomerních materiálů, zvláště jejich tokové chování uvnitř formy během vstřikování a vulkanizace. Zde má také značný vliv využití různých pomocných softwarů, díky kterým dnes mohou být prováděny ještě před konečným návrhem forem analýzy a simulace procesu vstřikování. Například analýzy zpracování kaučukových směsí, průběhu plnění formy, teplotního pole a tlakového rozdělení, doba, rychlost a stupeň vulkanizace a mnoho dalších užitečných analýz.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Polymery jsou látky tvořené makromolekulami s převážným obsahem prvků uhlíku, kyslíku, vodíku, dusíku, chloru a jiných chemických prvků. Jejich použití je ve většině případů z hlediska fyziky ve stavu pevném a tuhém, pastovitém, ve zvláštních případech i ve stavu tekutém (např. součásti mazacích tekutin apod.) Technologie zpracování polymerů obvykle prochází kapalným, nebo pastovitým stavem, kdy budoucímu výrobku určuje tvar zejména technologické zařízení a to většinou za zpracovatelské teploty a tlaku, někdy i v průběhu časového intervalu. Polymery jsou děleny do dvou skupin. První je skupina plastů a druhá je skupina elastomerů. Plasty jsou dále děleny na termoplasty a reaktoplasty.



Obr.1 Rozdělení polymerů[1]

1.1 Elastomerní materiály

Elastomery patří do skupiny polymerů a jsou významným konstrukčním materiálem, se kterým je možno se setkat snad v každém výrobním oboru, stroji, přístroji či zařízení. Jejich významnost potvrzuje i ta skutečnost, že se mohou stát v součástkové základně stroje rozhodující z hlediska jeho životnosti a spolehlivosti. Stejně jako jiné konstrukční materiály, je možné vhodnou skladbou kaučukové směsi a použitím gumárenských surovin získat materiály o potřebných, nebo speciálních vlastnostech. [1]

Lidstvo poznalo a využívalo elastomerní materiály již před více jak dvanácti tisíci lety a to elastomery nabízené přírodou. První využití kaučuků se datuje od 15. století. Pro průmyslové využití byl rozhodující objev vulkanizace. Spotřeba elastomerů a kaučuků pak rostla a

roste s rozvíjející se lidskou civilizací a zejména s nastupující technikou. K elastomerům přírodním se od 19. století přidaly elastomery chemicky připravené – syntetické. Tím se otevřela pro chemiky a konstruktéry široká oblast přípravy orientovaných vlastností elastomerů a nové oblasti jejich použití. Svědčí o tom ohromný nárůst spotřeby základních kaučuků a gumárenských surovin. [1]

Ruku v ruce s rozvojem elastomerů rostla a rozvíjela se i teoretická oblast. Ta byla zaměřena na poznání chemické části elastomerů a gumárenských surovin, rozvoj technologie zpracování elastomerů a do značné hloubky i oblast metodiky návrhu konstrukce a matematických přístupů k řešení elastomerních prvků. Zejména v poslední době nastupující teorie hyperelasticity a využití metod konečných prvků při použití výpočetní techniky.

Elastomer (pryž) je výjimečný svou velkou pružnou deformací. V inženýrské praxi je smykový modul G elastomerů definován jako součin počtu řetězců elastomeru v jednotkovém objemu n , Boltzmannovy konstanty k a teploty T ve stupních Kelvina.

$$G = n \cdot k \cdot T \quad (1)$$

Mnoho elastomerních materiálů má při stejné teplotě (nad bodem skelného přechodu) podobné hodnoty smykového modulu G nebo tvrdosti. Teplota a některé další parametry mají výrazný vliv na jejich vlastnosti. Elastomerní materiály patří do hlavní skupiny polymerů, které jsou dále rozděleny do podskupiny přírodní a syntetické materiály. [1]

Složení elastomerní směsi:

Elastomerní směs se skládá z kaučuků, plniv aktivních a neaktivních, vulkanizačních činidel, urychlovačů vulkanizace, retardérů a pigmentů. Nelze připravit směs, aby vykazovala vysoké nebo stejné vlastnosti v celé škále fyzikálních a chemických vlastností. Praxe vyžaduje, aby některá vlastnost byla významná a jiná jen v hodnotě určité. Nelze dosáhnout vlastností libovolné kombinace. Úprava jedné vlastnosti mění vlastnosti jiné. Vlastnosti jsou limitovány. Je nutno volit kompromis. Existují tzv. typové receptury. [5]

1.2 Kaučukové směsi

Kaučuk je elastomer schopný vulkanizace, tj. polymer, převeditelný chemickou reakcí z lineárního do rovnoměrně zesíťovaného stavu. Síťovací reakce v kaučucích je nazývána vulkanizace. Elastomer je každý lineární polymer, který je při běžné teplotě malou silou značně deformovatelný bez porušení, tj. vykazuje tzv. kaučukovou elasticitu. Kromě všech kaučuků patří mezi elastomery např. polyizobutylen, měkčený polyvinylchlorid a měkčený

polyvinylbutyral. Vzhledem k prudkému rozvoji nových síťovacích systémů v poslední době je stále více lineárních polymerů převeditelných do zesíťovaného stavu. Proto se rozdíl mezi pojmy kaučuk a elastomer stále zmenšuje.[4]

Kaučukové směsi jsou základní gumárenské materiály připraveny z kaučuku a dalších gumárenských surovin technologií míchání. Rozmanitost požadavků kladených na výrobky vede k používání značného počtu kaučukových směsí (tzv. recepty). Tyto recepty je nutno ve výrobě často přepracovávat. Dané změny mohou být z důvodu nedostatku některé suroviny, změna požadavků na výrobek, změna výrobního postupu nebo i objevení nové suroviny.

Dříve než se přistoupí k sestavování směsí pro určitý výrobek je nutno vědět, k čemu bude používán a jakým způsobem může být vyroben. Dále je nutno uvážit jaké suroviny jsou k dispozici a jaká bude cena výrobku, tedy důvod ekonomický. [14]

1.2.1 Historie kaučuku

Do Evropy se přírodní kaučuk dostal již r. 1736. K jeho prvnímu použití došlo v r. 1791. Byla to výroba nepromokavých plachet a hlavně pytlů na přepravu pošty. Kaučuk se rozpouštěl v terpentýnové silici a roztokem se natíral textil, který byl po vyschnutí nepropustný pro vodu. Skutečný základ gumárenství však položil až v roce 1839 Charles Goodyear. Výrobu kaučukového zboží v USA zahájil se svými společníky nepříliš úspěšně v roce 1833. O pět let později se spojil s Nathanielem Haywardem a snažili se zlepšit kvalitu kaučukových výrobků jejich impregnační roztoky síry. Vypracovali postup modifikace kaučuku založený na solarizačním procesu, tj. vystavení kaučukové fólie nejdříve účinku oxidu siřičitého nebo síry a potom účinku slunečních paprsků, který Hayward v r. 1839 patentoval. Zápach vyrobeného zboží a jeho tvrdnutí v chladném počasí však patentovaný postup prakticky znehodnotily.

1.2.2 Zpracování kaučuku

Goodyear pokračoval ve své výzkumné práci a ještě téhož roku zjistil, že v roztavené síře se kaučuk nerozpouští, ale naopak tuhne a stává se odolným vůči účinkům tepla, chladu a rozpouštědel. Svůj objev přihlásil k patentování a v r. 1844 mu byl patent udělen Tím, čím byl pro americký gumárenský průmysl Charles Goodyear, byl pro průmysl Velké Británie Thomas Hancock. V r. 1842 mu jiný anglický výzkumník, William Brockendon, ukázal několik Goodyearových výrobků. Hancock zjistil, že páchnou po síře a jsou odolné vůči

chladu. Hancock tehdy neznal Goodyearův způsob jejich přípravy a nezávisle na něm objevil, že změněných vlastnosti kaučuku lze dosáhnout jeho zahříváním v roztavené síře. Stručně řečeno, Hancock, stejně jako Goodyear, objevil vulkanizaci. Tento termín však zavedl William Brockendon. Odvodil jej z řecké mytologie od jména boha Vulkána, jehož činnost je charakterizována právě působením síry a tepla. Hlavní rozvoj gumárenského průmyslu nastal až po vynálezu pneumatiky. První ji patentoval v r. 1845 Robert Thomson. Byla to vlastně hadice z pogumovaného textilu, opatřená koženým pouzdrém, přišroubovaná na obvod dřevěného kola. Thomsonův vynález však našel praktické uplatnění až po r. 1888, kdy obdobnou pneumatiku, určenou pro jízdní kola, patentoval John Dunlop.[4]

1.3 Vlastnosti kaučuku

Základní vlastnosti jsou:

- teplota skelného přechodu T_g ,
- viskozita,
- vulkanizovatelnost.

1.3.1 Teplota skelného přechodu

Všechny kaučuky mají mít schopnost, aby vulkanizáty z nich připravené byly použitelné v rozmezí běžných teplot, při nichž pracuje člověk. Proto jejich teplota skelného přechodu bývá podstatně menší než 0°C . Hodnoty T_g běžných kaučuků uvádí tabulka 1.

Tab.1 Teploty skelného přechodu běžných kaučuků.

Kaučuk	Teplota skelného přechodu T_g [$^\circ\text{C}$]
Silikonový kaučuk	- 120 $^\circ\text{C}$
Butadienový kaučuk	- 100 $^\circ\text{C}$
Butylkaučuk	- 80 $^\circ\text{C}$
Přírodní a izoprenový kaučuk	- 75 $^\circ\text{C}$
Butadien-styrenový kaučuk	
• s 23% styrenem v kopolymeru	- 60 $^\circ\text{C}$
• s 53% styrenem v kopolymeru	- 14 $^\circ\text{C}$
Polynorbornen	+ 35 $^\circ\text{C}$
Polynorbornen s 200 dsk oleje	- 60 $^\circ\text{C}$

1.3.2 Viskozita

Charakteristickou vlastností, závislou na molární hmotnosti kaučuku a její disperzitě, je jeho viskozita (často, zejména ve starší literatuře, se lze setkat s nesprávně používaným pojmem plasticita, tato veličina je totiž viskozitě nepřímo úměrná). Charakterizuje zpracovatelnost kaučuku, tj. schopnost být mechanicky hněten a dále zpracováván. K tomuto účelu se nejčastěji používá viskozita Mooney. Její hodnota se u tzv. přímo zpracovatelných kaučuků pohybuje většinou kolem 50 ML (1+4) při 100 °C. [4]

Střední molární hmotnost kaučuku a disperzita hmotností jeho makromolekul závisí na způsobu výroby kaučuku a mění se i při jeho zpracování.

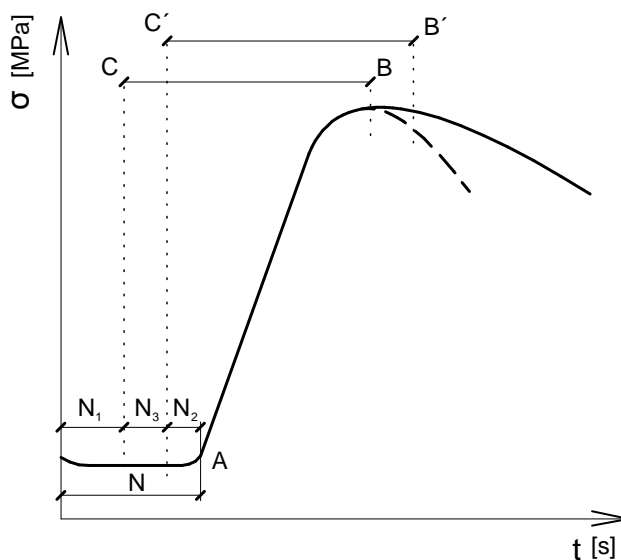
Viskozita kaučuků závisí na teplotě, se vzrůstem teploty v důsledku poklesu mezimolekulárních soudržných sil klesá. Snižováním teploty viskozita kaučuku vzrůstá, a to tím více, čím více je přiblížena k jeho teplotě zesklnění (T_g). Při pomalém ochlazování snadno krystalizujících kaučuků dochází k jejich samovolné krystalizaci a tím k tvrdnutí kaučuku nad teplotu zesklnění. Největší rychlost krystalizace má přírodní kaučuk při teplotě -25 °C. (Teplota tání krystalické fáze přírodního kaučuku však činí +30°C.) [4]

1.3.3 Vulkanizovatelnost

Po přidání všech složek vulkanizačního systému do směsi při dostatečné teplotě nastává jeho působení. Nejdříve se vytváří aktivní meziproduct, později vznikají příčné vazby. Jakmile tvorba příčných vazeb dosáhne určitého stupně, mění se zpracovatelské vlastnosti, indikované změnou plasticity. Doba potřebná k dosažení této změny se nazývá bezpečnost směsi. Nejčastěji se určuje vulkanometrem Mooney. Bezpečnost směsi z přírodního kaučuku se určuje zpravidla při teplotě 120 °C, pro směsi z butadienstyrenového kaučuku je vhodnější teplota 140 °C. V praxi se považuje hodnota 20 min. při 120 °C za spolehlivě bezpečnou. Hodnota 10 min. je limitní při dobré kontrole teploty, hodnota 8 min. již ale vede k nezpracovatelnosti směsi. Ekonomická hodnota se pohybuje mezi 15 a 20 min.

Změna indikovaná stoupaním viskozity se prakticky shoduje se začátkem vulkanizace. Pokračováním zahřívání se vyvíjí příčné vazby a nastává vulkanizace. Její průběh se sleduje vulkanizační křivkou. Následující graf se skládá z úseku bezpečnosti směsi a z úseku vulkanizační křivky. Bezpečnost směsi je uvedena jako celková doba N, po které dojde ke změně zpracovatelnosti směsi. Doba bezpečnosti směsi musí být nejméně tak dlouhá, aby po veškerém nutném přípravném zpracování zůstal ještě podíl N₂, nutný pro tok a vyrov-

nání tlaku ve formě, provádí-li se vulkanizace v lise. Kromě nutného tepelného zatížení N_1 a podílu N_2 je potřeba ponechat ještě rezervu N_3 , protože v praxi není možno udržovat tepelnou historii přesně na stejné hodnotě. Navíc je nutno brát v potaz rozdíl ve složení a homogenitě směsi mezi jednotlivými dávkami. Není ovšem účelné, aby hodnota N_3 byla příliš vysoká, protože se tím prodlužuje celková doba vulkanizace. Časový úsek vulkanizační křivky od začátku vulkanizace A k dosažení optima B je čistou dobou vulkanizace. Jinou hodnotou je technická doba vulkanizace (C – B), kde čistá doba je prodloužena podílem N_2 a N_3 . Technická doba vulkanizace se určuje pro každý výrobek zvlášť a pak jako technický předpis je konstantou. Spotřebuje-li se převážná část nebo celá doba rezervy N_3 , může k ukončení vulkanizace dojít až za optimem vulkanizace, v úseku prodlevy. V případě celé spotřeby pak technická doba vulkanizace odpovídá úseku C' – B'. Průběh vulkanizace lze obecně sledovat závislostí jakékoliv vlastnosti na čase, nejčastěji pevnosti viz. obr. 2.[5]



Obr.2 Vulkanizační křivka[5]

K plnému využití vulkanizačního činidla a urychlovače je nutná přítomnost aktivátorů. Jako aktivátoru se používá téměř ve všech směsích oxidu zinečnatého. U přírodního kaučuku je z důvodu kolísání množství mastných kyselin třeba přivádět některou organickou kyselinu, nejčastěji stearovou, aby byl převáděn zinek na formu rozpustnou v kaučuku. Obsah organických kyselin je třeba upravovat i u kaučuků syntetických. [1]

1.4 Skladba kaučukovité směsi

Kaučukovitá směs obsahuje zpravidla tyto složky:

- elastomer – kaučuk přírodní, syntetický, nebo jejich směs,
- regenerát,
- vulkanizační činidlo – nejčastěji síra,
- urychlovač (nebo směs urychlovačů) vulkanizace,
- aktivátory vulkanizace,
- ochranné látky proti stárnutí a únavě (antioxidanty),
- plniva – neaktivní nebo aktivní,
- změkčovadla.

Dále může obsahovat:

- pigmenty,
- zvláštní přísady. [5]

1.4.1 Elastomer

Je každý lineární polymer, který je při běžné teplotě malou silou značně deformovatelný bez porušení (tzv. kaučuková elasticita). [4]

1.4.2 Regenerát

Ve směsi regenerát často doplňuje elastomer, dává směsím další výhodné vlastnosti. Uspadňuje a zkracuje míchání – úspora energie. Příznivě ovlivňuje zpracovatelnost, snadné a dobré tváření směsí, dobré dotékání a vyplňování forem při lisování. Je-li regenerát jemný, směsi se dobře vytlačují, zachovávají lépe tvar dodaný jim při zpracování, tj. méně se srážejí a narůstají a vytlačené profily se při volné vulkanizaci nedeformují. Stárnutí je dobré. [5]

1.4.3 Vulkanizační činidlo

Je jednou ze složek vulkanizačního systému. Teprve zesíťováním se stává z kaučukové směsi použitelný materiál – pryž. Nejčastějším vulkanizačním činidlem je síra. Můžou to

však být i jiné vulkanizační přísady, např. peroxidy, kysličníky kovů, reaktivní pryskyřice apod. Vulkanizační činidlo umožňuje vulkanizaci.

1.4.4 Urychlovače

Jsou další složkou vulkanizačního systému. Upravují průběh a stupeň vulkanizace a do značné míry i mechanické vlastnosti vulkanizátu.

1.4.5 Aktivátory

Jsou nutné k plnému využití síry a urychlovače. Jako aktivátoru se používá téměř ve všech směsích kysličníku zinečnatého. Protože kaučuk obsahuje kolísavé množství mastných kyselin, je třeba přidávat některou organickou kyselinu, nejčastěji stearovou, aby byl převáděn zinek na formu rozpustnou v kaučuku. [5]

1.4.6 Prostředky proti stárnutí

Dle povahy výrobků a způsobu použití je třeba pryž chránit proti přirozenému stárnutí nebo i proti destrukci způsobované vnějšími vlivy, např. světlem, teplem, opakovaným mechanickým namáháním apod. Pryž dobře sestavená a správně vulkanizovaná má pro četná použití dostatečnou životnost a nevyžaduje další ochranu. Velké množství výrobků je však třeba chránit proti stárnutí, a to buď pro jejich dlouhodobé používání, nebo proto, že jsou vystavovány nepříznivým vlivům (např. vysoké teplotě nebo přímému světlu).

Je-li vyžadována zlepšená odolnost proti vyšší teplotě nebo ozónu u pryží, které mají jiné hlavní zaměření a které jsou připraveny z kaučuků pro všeobecné použití, bude třeba tyto vlastnosti podpořit antioxidantem. Mnohé antioxidanty jsou zároveň antiozonanty a naopak. Nejdůležitějšími antioxidanty jsou aminy a jejich deriváty. Na světle se všechny silně zbarvují a nelze je použít pro světlou pryž.

Druhou velkou skupinu antioxidantů tvoří fenoly a jejich deriváty. Liší se v tom, že se méně probarvují na světle a jejich účinek proti přirozenému stárnutí, působení tepla a prolamování je podstatně horší. Vedle přísad chránících pryž chemicky ve hmotě používá se i fyzikální ochrany povrchové. Příkladem je parafín dávkovaný v takové míře, aby vykvétáním vytvořil na povrchu ochrannou vrstvu, chránící výrobek za statických podmínek proti účinkům ozónu. [5]

1.4.7 Plniva

Jsou obsažena ve většině kaučukových směsí. Upravují vlastnosti pryže. Jsou to látky tuhé konzistence, většinou práškové. Přidávají se ke kaučuku ve velkých koncentracích. Plniva vždy významně mění téměř všechny vlastnosti pryže. Podstatně zvětšují jejich tvrdost a modul, často zvyšují pevnost. Tzv. aktivní plniva velmi významně zvětšují odolnost pryže vůči oděru.

1.4.8 Změkčovadla

Jsou to nízkomolekulární látky, většinou tekuté konzistence (oleje). Zlepšují zpracovatelnost kaučukových směsí. Snižují tvrdost vulkanizátů a jejich modul. Současně významně snižují teplotu zesklnění použitého kaučuku. Většinou zlevňují kaučukovou směs a tím i výrobek, neboť to bývají nejlevnější složky kaučukové směsi. Nejpoužívanějšími změkčovadly jsou olejovité produkty odpadající při zpracování ropy nebo dehtů jako destilační zbytky. [4]

1.4.9 Pigmenty

Použití pigmentů na vybarvení pryží je pro všechny elastomery stejné. U pryží bílých nebo světlých (pastelových tónů) se musí použít elastomerů a antioxidantů na světle nebarvících. Jasně a pastelové tóny vyžadují vždy bílý základ. Jako bílý základní pigment je vhodný litopon nebo titanová běloba, řidčeji zinková běloba, která je objemově drahá a stopy olova v neobsaženého způsobují při vulkanizaci zšednutí (vzniká sirník olovnatý). K vybarvování se používá nejčastěji vulkánových barviv. Dávkuje se podle potřeby. [5]

1.4.10 Zvláštní přísady

Přidávají se do některých kaučukových směsí pro dosažení určitých speciálních vlastností pryže nebo směsi. Patří k nim zejména nadouvadla, pigmenty, faktisy, desodoranty, prostředky pro spojování pryže s kovy a vlákny, retardéry hoření (zhášedla), antistatické prostředky, brusný materiál, trhaviny apod. [4]

2 VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ

Od počátku využití technologie vstřikování, která se vyvinula z technologie přímého lisování, se rozvíjely i teoretické přístupy a popis využívaného děje. V průběhu času se teorie rozdělila do oblasti stroje, nástroje a materiálu. Z hlediska materiálu byly studovány děje v oblasti tokových vlastností gumárenské směsi, průběh ohřevu, případně vulkanizace. Vstřikovací stroj byl teoreticky nejvíce studován v oblasti nástrojů plastikace (šneky - reologie), výkonu pohonu, pevnosti šnekové komory v souvislosti se vstřikovacím tlakem a celá oblast tepelné bilance a teplotní regulace. Výrobní nástroj – vstřikovací forma, má rozhodující podíl na jakosti výrobku - výstřiku. Její konstrukci a zkoumání je v současné době věnována největší pozornost řešitelů. Jedná se obecně o její tuhost, tepelnou bilanci, rozložení teplotních polí v čase. V této souvislosti se rozvíjí technologie jejich výroby a vývoj kvalitních nástrojových materiálů.

2.1 Vlastnosti vstřikovaných materiálů

Porovnáním vlastností plastů a materiálů z hlediska technologie vstřikování jako procesu jsou rozhodující zejména zpracovatelské vlastnosti. Ty jsou popisovány jejich reologickými a tepelnými vlastnostmi a jejich fyzikálními vlastnostmi za tepla či při změně stavu.

2.2 Reologické – tokové vlastnosti

Tok tavenin patří do teoretické oblasti chování tekutin obecně nazývanou elastickoviskózní. Jedná se o nevratnou deformační odezvu i kombinovaně vratně nevratnou odezvu působících sil na viskoelastické polymerní taveniny. Základními fenomény, se kterými změny souvisí, je smyková rychlost a gradient rychlosti. Studium tokových vlastností je dále zkoumáno mezi paralelními deskami, kuželem a deskou, v kapiláře. Podle principu toku jsou konstrukčně řešeny konstrukční typy viskozimetrů.

2.3 Tepelné vlastnosti

Množství tepla, které musíme látce dodat, aby se ohřála, případně změnila svůj stav z látky pevné na látku plastickou (taveninu), či tekutinu, popisuje základní stavová rovnice tepla ve tvaru:[2]

$$d_q = c_p \cdot dT \quad (2)$$

Kde:

q – jednotkové množství tepla

c_p – střední měrné teplo materiálu za konstantního tlaku

T – teplota

Tepelné vlastnosti plastů jsou důležité z hlediska technologického i ekonomického. Měrná tepelná kapacita plastů, se zvětšuje s rostoucí teplotou a to ne vždy pravidelně či úměrně. Měrná kapacita taveniny je dále více nestabilní. Tepelná vodivost gumárenských směsí je násobně menší než u kovů. Při orientaci makromolekul je tepelná vodivost větší než ve směru kolmém. Některé příměsi a plniva jako jsou křemičitá moučka, skleněná vlákna, kovová plniva, grafit apod. zvyšují tepelnou vodivost. Naopak pórovitost a vodivost snižují.[2]

2.4 Teplotní vlastnosti

Rozložení teplotního pole v látce je funkcí reologického děje v tavenině. V stacionárních podmínkách látky je změna teplotního pole popisována Fourier - Kirchhoffovou rovnicí, po jejíž úpravě je daný tvar ve formě

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 \cdot T \quad (3)$$

Kde:

τ - čas

a - součinitel teplotní vodivosti

∇ - Laplace operátor (druhá parciální derivace teploty podle os x, y, z)

2.5 Teplotní roztažnost

Délková nebo objemová změna způsobená změnou teploty souvisí s teplotní roztažností látky. Výpočet této změny se stanovuje na základě známého nebo zjištěného středního součinitele délkové teplotní roztažnosti α . Tepelná roztažnost má nejmenší hodnoty za nízkých teplot. Se zvyšující se teplotou se hodnota α zvětšuje avšak nelineárně. Obecně lze říci, že plasty s vyšším modulem mají nižší teplotní roztažnost a většina plniv teplotní roztažnost mění. Při orientaci makromolekul je teplotní roztažnost větší než ve směru kolmém

na řetězce, stejně jako tomu bylo u tepelné vodivosti. Tento fenomén je možné řešit při návrhu formy i při výrobcích s kombinovaných materiálů např. kov – pryž. Velikost teplotní délkové roztažnosti popisuje vztah:

$$l_T = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (4)$$

Kde:

l_T – délka při teplotě T

l_0 - délka při teplotě 20°C

α – součinitel teplotní délkové roztažnosti (není konstantní v rozsahu teplot)

ΔT – rozdíl teplot

Obdobně je to v případě objemové teplotní roztažnosti kdy:

$$V_T = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)^3 \quad (5)$$

Kde:

V_T – objem látky při teplotě T

V_0 – objem látky při teplotě 20°C

α - součinitel teplotní délkové roztažnosti

ΔT – rozdíl teplot

Tento fenomén je nutno řešit při návrhu formy u výrobků při použití kombinovaných materiálů např. kov-pryž.[2]

2.6 Změna fyzikálních vlastností s teplotou

Jak bylo uvedeno výše na plasticitu a tahové vlastnosti elastomerní směsi má zásadní vliv teplota. Změnou teploty se mění mezimolekulární přitažlivé síly a tím se mění soudržnost hmoty. Zeslabení těchto sil za postupného zvyšování teploty vede k viskóznímu toku materiálu, který se projevuje zvyšováním plasticity. Problémem zůstává bezpečnost směsi, snižující se s teplotou a časem.[2]

3 VŠEOBECNÉ VLASTNOSTI ELASTOMERŮ

Vlastnosti, které charakterizují materiál, je možné rozdělit z hlediska jejich využití pro konstrukční prvky do dvou základních skupin. První skupinou jsou vlastnosti fyzikální (mechanická odolnost) a druhou skupinou vlastnosti chemické (chemická odolnost). Tyto vlastnosti se mohou dále měnit na základě působení zejména způsobu jejich výroby, teploty, času atd.[1]

Základní vlastnosti pryže:

- tvrdost pryže,
- pevnost v tahu,
- tažnost,
- modul pružnosti,
- strukturní pevnost.

3.1 Tvrdost pryže

Hodnota tvrdosti se velmi často předepisuje (30 – 100 ShA). Dosáhnout jí při zachování ostatních požadovaných vlastností není vždy snadné, stejně jako není snadné udržet ji vždy během provozu v požadovaných tolerancích, a to proto, že závisí do jisté míry i na podmínkách zpracování.

Tvrdost je definovaná jako odolnost proti vnikání definovaného tělesa za působení konstantní síly po definovanou dobu do měřeného vzorku. Měřeno tvrdoměrem Shore A.

Tvrdost pryže lze upravovat:

- typem plniva a plněním,
- dávkováním síry,
- urychlením,
- změkčovadly.[5]

3.2 Pevnost v tahu

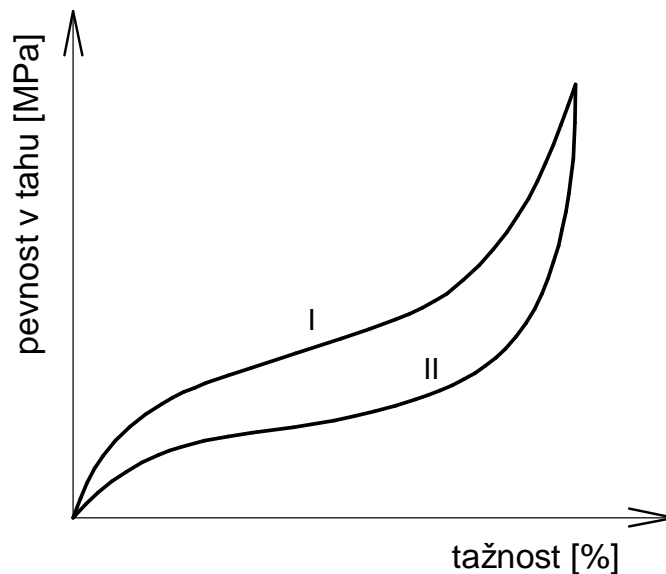
Pevnost pryže bývá velmi často předepisována (2 – 30 MPa), ne však jako hodnota využívaná při použití, ale jako hodnota kontrolní, zaručující ještě s jinými vlastnostmi určitou kvalitu výrobku. Pevnost je definována jako napětí při přetržení.

Pevnost lze měnit:

- volbou elastomeru,
- plnivem a dávkováním,
- vulkanizačním systémem.

3.3 Tažnost

Tažnost měkké pryže se pohybuje ve velmi značném rozmezí, a to od 150 do 900 %. Podobně jako pevnost je i tažnost ovlivňována základním použitým kaučukem. Kaučuky krystalizující mají, a to hlavně v neplněném nebo málo plněném stavu, tažnost podstatně větší než např. kaučuk butadienstyrenový, který při malé pevnosti nemůže mít větší tažnost, s plněním zásadně tažnost klesá. Ve směsích kaučuků nekrystalizujících s plněním tažnost nejdříve stoupá jako důsledek rychle se zvětšující pevnosti a při větším plnění tažnost opět postupně klesá. Dávkování vulkanizačního systému v běžném rozsahu má na hodnotu tažnosti jen malý vliv. [5]



Obr.3 Tahová křivka[5]

I – pryž s vysokým modulem, II – pryž s nízkým modulem

3.4 Modul pružnosti

Na rozdíl od pevnosti a tažnosti není (s výjimkou butylkaučuku) modul při nižších protaženích tak nápadně charakterizován elastomerem. $G = 2E$ (0,5-15 MPa).

Přirozeně při vyšších modulech blížících se tažnosti vystupuje vliv jednotlivých kaučuků nápadněji. Se stoupajícím dávkováním síry stoupá i modul, ale stejně jako u tvrdosti lze se zřetelem na změny ostatních vlastností tohoto vlivu využít jen v malém rozmezí dávkování pro měkkou pryž. Větší možnosti jsou ve volbě dávkování urychlovačů. Thiazoly - typicky nízko modulové urychlovače – dodávají pryži nižší modul než vysoko modulové urychlovače, jako např. sulfonamidy.

3.5 Strukturní pevnost

Vzhledem k tomu, že metody hodnocení strukturní pevnosti jsou ještě stále velmi nespolehlivé, je k dispozici málo průkazného materiálu o faktorech ovlivňujících tuto důležitou vlastnost.

Hodnoty strukturní pevnosti lze ovlivnit:

- volbou elastomeru,
- plněním,
- vulkanizačním systémem.

Některé z těchto faktorů mají menší vliv na hodnotu strukturní pevnosti než stupeň vulkanizace, který hodnotu strukturní pevnosti značně ovlivňuje.

Kaučuky, které mají schopnost při deformaci krystalovat, mají větší strukturní pevnost než kaučuky nekystalizující.[5]

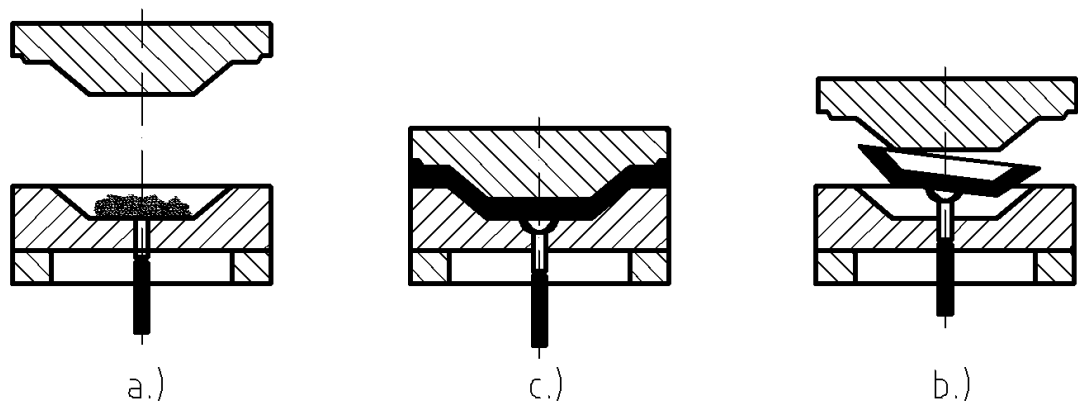
4 TECHNOLOGIE GUMÁRENSKÉ VÝROBY

Gumárenské výrobky se dají vyrábět několika základními způsoby, z nichž nejpoužívanější jsou:

- lisování,
- přetlačování,
- vstřikování,
- vytlačování s následnou vulkanizací,
- další metody (natírání, máčení, válcování, atd.).

4.1 Lisování

Patří mezi cyklické tvářecí postupy. Lisováním se zpravidla rozumí způsob tváření materiálu ve formě účinkem tlaku za vulkanizační teploty. Schematicky je tento proces znázorněn na obrázku.



Obr.4 Princip lisování[3]

a) plnění formy, b) lisování, c) vyjímání vylisku z formy

Nálož gumárenské směsi se plní do otevřené tvarové dutiny formy. Účinkem lisovacího tlaku materiál zaplní tvarovou dutinu a převezme její tvar. Lisovací tlak je síla vztažená na průmět dutiny formy včetně dosedacích ploch.[3]

Požadovaný vylisovaný tvar je dosažen pomocí vulkanizace, to je děj, při kterém vznikají chemické změny, síťování. Mohou ovšem nastat i nežádoucí chemické reakce jako degradace, proto jsou zvoleny optimální technologické podmínky pro jednotlivé materiály.

Nevýhodou lisování je nižší produktivita práce zapříčiněná zdlouhavou přípravou nálože (nutnost přípravy válcováním nebo vytlačováním) a odstraňování poměrně velkých přetoků.

4.1.1 Lisovací cyklus

Lisovací cyklus zahrnuje všechny opakující se operace, které se musí provést pro zhotovení vylisku. Pro gumárenské materiály to jsou:

1. plnění formy
2. uzavření formy
3. odvzdušnění
4. vulkanizace
5. otevření formy
6. vyhazování, vyjmutí vylisků z formy
7. čištění a úprava formy[3]

4.1.2 Výhody a nevýhody lisování

Výhody:

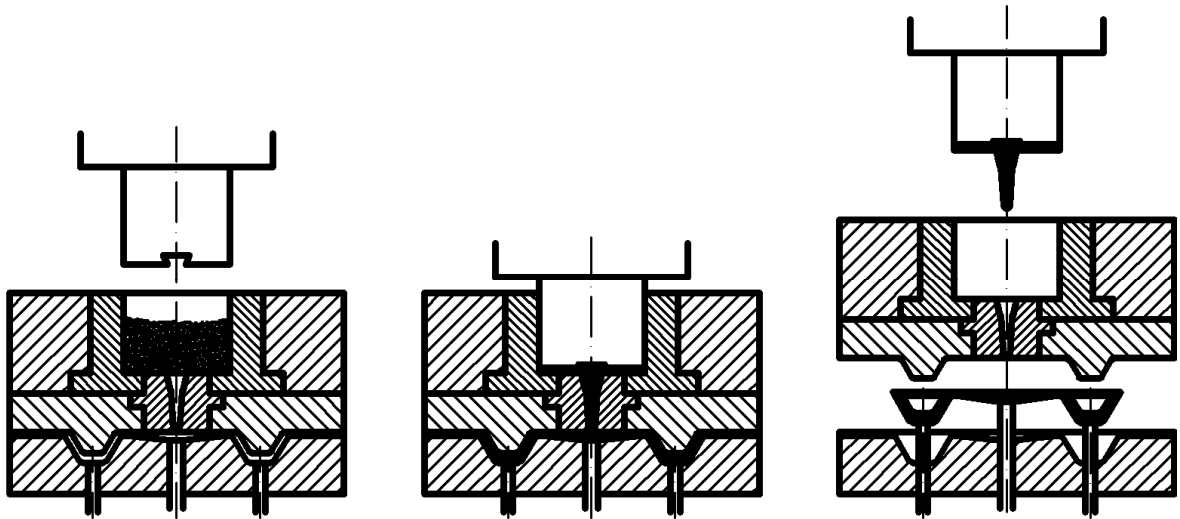
- odpadají problémy eroze vtokové soustavy,
- vnitřní pnutí je minimální, protože materiál je v dutině formy vystaven jen krátkému a mnoho směrnému toku,
- formy jsou jednodušší a tudíž levnější než pro přetlačování či vstřikování.

Nevýhody:

- zůstávají poměrně velké přetoky do dělící roviny,
- nevhodné pro silnostěnné díly a díly s jakýmkoliv dlouhým tokem,
- vznikají defekty způsobené uzavřeným vzduchem a vlhkostí,
- složitější příprava polotovarů (náloží).

4.2 Přetlačování

Je to způsob tváření polymerních materiálů, při němž se dávka zpracovávaného materiálu z pomocné přetlačovací komory přetlačí do uzavřené dutiny formy. Přetlačovací komora bývá většinou součástí formy. Před zahájením nového vstřikovacího cyklu se forma zcela vyprázdní a to včetně přetlačovací komory.



Obr.5 Princip přetlačování[3]

Materiál se přetlačuje z přetlačovací komory spojovacími kanály do uzavřené dutiny formy. Přitom se může ohřívat, popř. odvzdušňovat. To umožňuje vyrábět výrobky s větší tloušťkou stěny případně i zkrácení vstřikovacího cyklu. Omezení tloušťky stěny je dáno tepelnou stabilitou materiálu. Všechna jádra a vložky jsou ve formě pevně upnuty. Toto má vliv na přesnost rozměrů hotového výrobku. Případné obtékání velkých překážek v dutině formy může zapříčinit vzhledové i jiné závady. Nevýhodou je zejména vyšší materiálová spotřeba, protože v přetlačovací komoře a vtokových kanálech zůstává poměrně velké množství materiálu. Není tedy vhodné pro malé výrobky.[3]

4.2.1 Přetlačovací cyklus

Přetlačovací cyklus je analogický jako cyklus lisovací či vstřikovací cyklus, pouze s tím rozdílem, že při vyprazdňování se musí vyprázdnit nejen dutina formy, ale i přetlačovací komora a příslušné vtokové kanálky. Předehřev materiálu pro přetlačování se zpravidla provádí mimo formu. Konečný ohřev na vysokou teplotu nastává ve formě, jednak účinkem disipované energie při tečení a taky přestupem ze stěn formy. Intenzita se může zvýšit

zabudováním topných těles. Pro srovnatelný výrobek, bývá délka přetlačovacího cyklu obvykle kratší než u cyklu lisovacího.

4.2.2 Výhody a nevýhody přetlačování

Výhody:

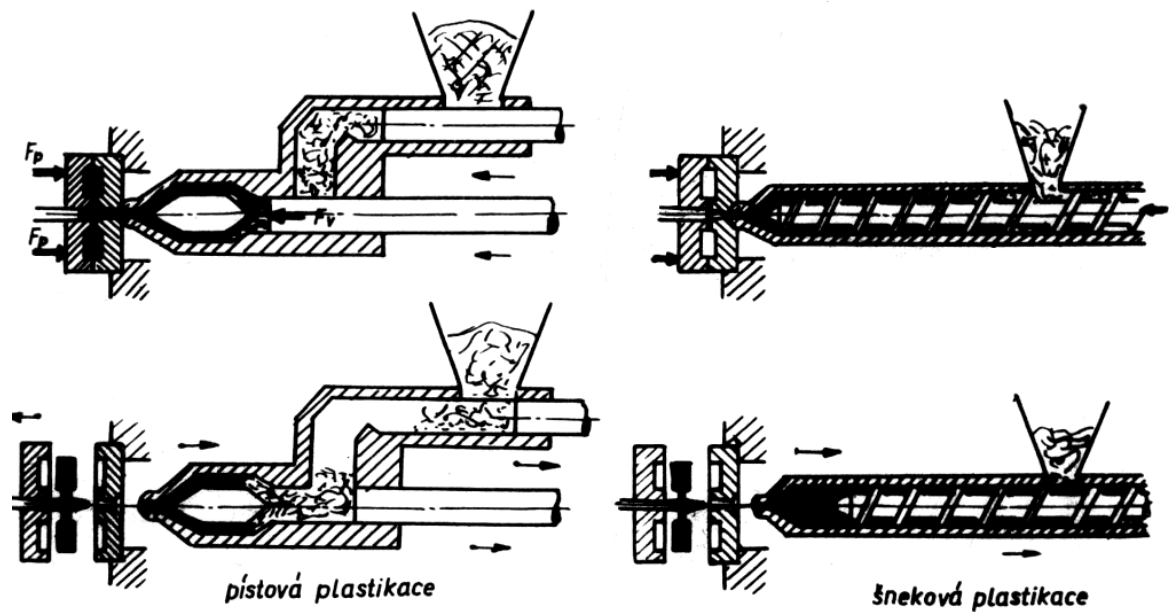
- výroba i silnostěnných součástí, ale i různě silných stěn výrobků,
- jednoduché dávkování materiálu,
- stačí jednoduché zařízení (vulkanizační lis),
- vhodné pro menší i větší série výrobků.

Nevýhody:

- složitější výroba formy, dražší forma,
- možné vznikající pnutí ve výrobku,
- nutnost vyprazdňovat i přetlačovací komoru při každém cyklu,
- větší materiálové ztráty (přebytek ve vtokových kanálcích a v přetlačovací komoře).

4.3 Vstřikování

Je to takový způsob tváření, kdy se zplastikovaný materiál plní (vstřikuje) vysokou rychlostí do dutiny formy, která je temperovaná. Materiál se plastikuje v plastikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Plastikací je rozuměno převedení materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla. Princip plastikačních jednotek s pístovou a šnekovou plastikací zobrazuje obrázek.[3]



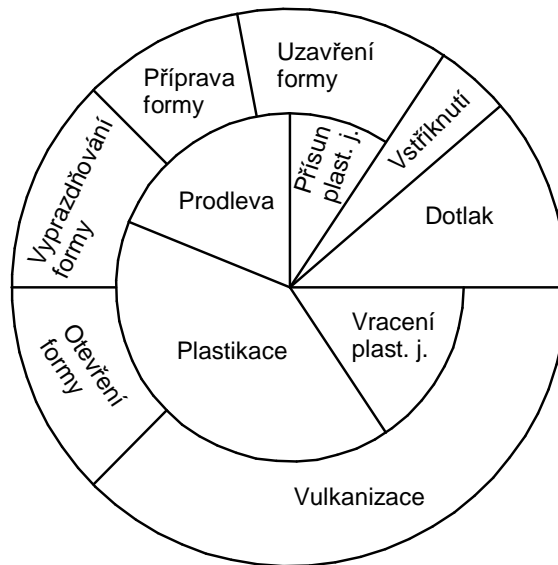
Obr.6 Princip vstřikování[1]

Tento způsob se nejdříve uplatňoval pro zpracování polymerních materiálů. Gumárenský průmysl musel změnit teplotní režimy se zřetelem na reologické vlastnosti gumárenských směsí a její vulkanizační schopnost.

Vstřikování probíhá do uzavřených forem za vysokého uzavíracího a vstřikovacího tlaku. Účinky obou tlaků jsou oddělené, přičemž uzavírací tlak působí dříve, což umožňuje dokonalé bezpřetokové vstřikování i u velkých a tlustých výrobků. Směs se před vlastním vstřikování ohřívá, což vede ke zkrácení doby vulkanizace.[3]

4.3.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti, jedna se vztahuje k plastikaci a druhá k formě. Z tohoto plyne poměrně velká produktivita této metody zpracování polymerních a gumárenských směsí. Vstřikovací cyklus nejlépe popisuje obrázek 7.



Obr.7 Vstřikovací cyklus[3]

Pro různé materiály musí být jednotlivé teploty a tlaky přizpůsobeny. Pro gumárenské směsi udává dané hodnoty orientační hodnoty tabulka 2.

Tab.2 Orientační hodnoty pro vstřikování elastomerních směsí (kaučuků)

Vstřikovací teplota materiálu	80 - 100 °C
Teplota formy	160 - 200 °C
Vstřikovací tlak	80 - 100 MPa

4.3.2 Výhody a nevýhody vstřikování

Výhody:

- poměrně velká produktivita (materiál se ve šneku připravuje již ve fázi, kdy výstřik chladne, či vulkanizuje ve formě),
- jednoduché dávkování materiálu,
- snadná automatizace tohoto procesu,
- menší materiálové ztráty než při přetlačování.

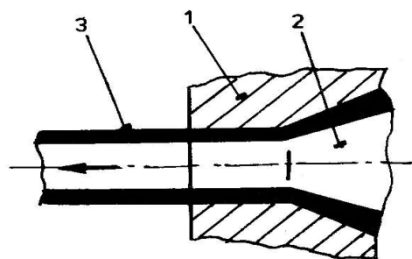
Nevýhody:

- složitější, draží zařízení – vstřikovací stroj,
- složitější, náročnější výroba formy,
- možné vnitřní pnutí ve výrobku.[3]

4.4 Vytlačování

Slouží především pro výrobu polotovarů. Je to proces, kdy je materiál tvářen průtokem přes profilový otvor (vytlačovací hlava) do volného prostoru. Potřebný pracovní tlak se může získat několika způsoby, nejčastěji pomocí šneku, ale lze použít i pístová či rotační zařízení. Touto metodou, ač je velice produktivní, se vyrábí především profily či další konfekce. [1]

Vytlačování obecně je jedna z nejproduktivnějších metod zpracování kaučukových směsí a plastických hmot. Po vytlačení následují další operace jako je fixace tvaru a rozměru, vulkanizace eventuálně chlazení, úprava okrajů atd. Koextruzní neboli sdružené vytlačování je vytlačování, při kterém jsou výrobní linky vybaveny několika vytlačovacími stroji pracujícími se společnou hlavou. Počet vytlačovacích strojů v lince je závislý na počtu vrstev z jednotlivých materiálů. Stroje jsou zásobované studenou nebo teplou směsí tlačící směs do jedné společné hlavy. Směsi se spojují ve vyhřívané předšabloně (předhubici) a finální profil je tvarován výstupní šablonou (hubicí). [2]



Obr.8 Řez vytlačovací hubicí[1]

1 – hubice, 2 – trn, 3 – vytlačovaný profil

5 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Stroje pro vstřikování mají mnoho důležitých funkcí. Od přípravy samotné směsi, zajištění její plastikace a dopravy, po vystříknutí. Vše musí probíhat za přesně daných technologických podmínek, aby se předešlo vadám a cyklus byl co nejefektivnější.

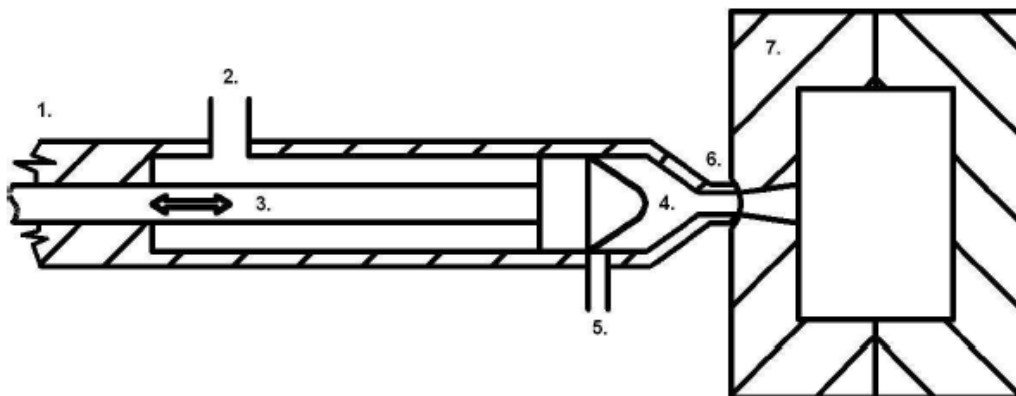
Vstřikovacích strojů existuje několik druhů, které se liší svou funkcí. Především přípravou směsi s ohledem na ohřev a dopravu materiálu a z toho plynoucí schopnost navodit homogenitu směsi. K dalším rozdílům patří vstřikovací tlak, velikost dávky a v neposlední řadě cena.

Podle konstrukce vstřikovacího stroje jsou rozděleny:

- pístové vstřikovací stroje,
- šnekové vstřikovací stroje,
- kombinované vstřikovací stroje (s předplastikací).

5.1 Pístové vstřikovací stroje

Jednodušší pístový stroj je levnější, než šnekový a protože píst lze vyrobít tak, aby seděl velice přesně ve válci, je dosahováno vysokých vstřikovacích tlaků. Avšak směs získává teplotu pouze přechodem přes pracovní válec, proto je těžší udržet vstřikovací teplotu a teplotní homogenitu, a proto tyto stroje nemají širší uplatnění. [4]

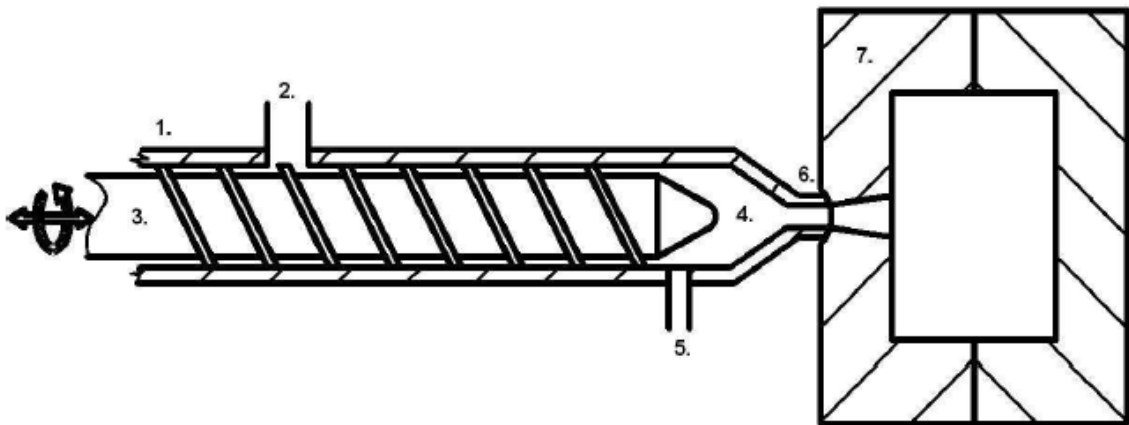


Obr.9 Pístový vstřikovací stroj[4]

1- válec, 2- plnění materiálem, 3- píst, 4- vstřikovací komora, 5- evakuace těkavých látek,
6- tryska, 7- forma

5.2 Šnekové vstřikovací stroje

Šnek ve šnekovém vstřikovacím stroji má funkci jak vytlačovací, tak vstřikovací jako píst. V tomto typu vstřikovacího stroje se směs ohřívá a plastikuje po celé délce šneku. Je nutné, aby se vstřikované množství materiálu nahromadilo před čelem šneku a pak vstříklo dopředným pohybem šneku. S tímto systémem, bývá dosaženo mnohem lepší kontroly množství plnění materiálu, společně s mnohem lepším ohříváním dávky vycházejícího za mechanického tření při rotačním pohybu šneku, vyšší stupeň teplotní homogenity a teplotu o 20-30 °C vyšší než je teplota obalu. Avšak, během vstřikovací fáze, když šnek funguje jako píst, dochází nevyhnutelně k úniku materiálu zpět a to limituje velikost použitého vstřikovacího tlaku.

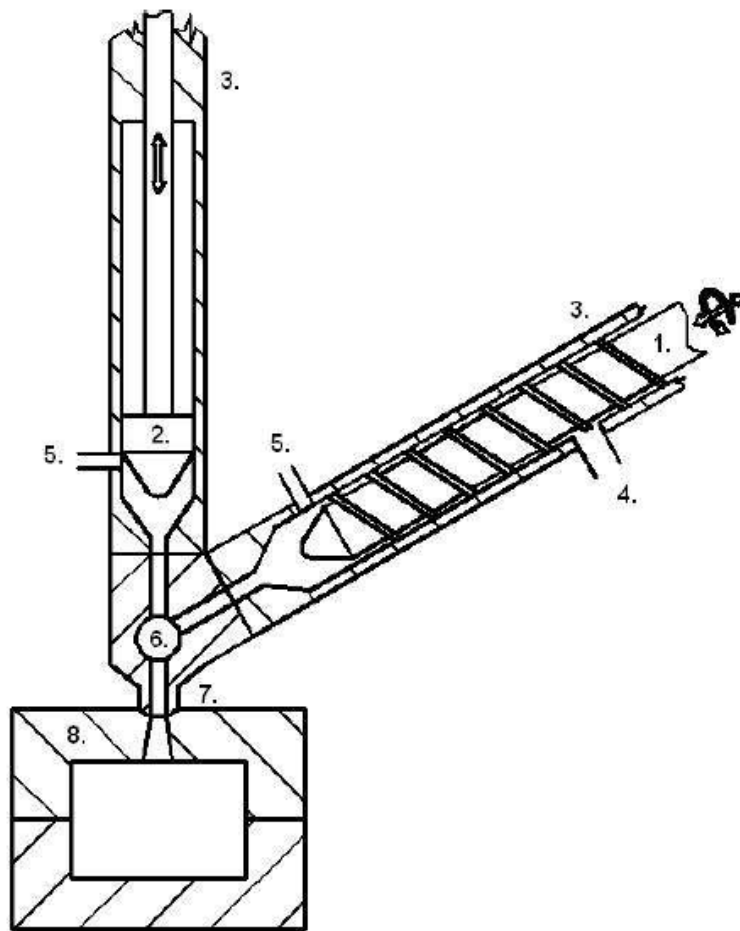


Obr.10 Šnekový vstřikovací stroj[4]

1- válec, 2- plnění materiálem, 3- šnek, 4- vstřikovací komora, 5- evakuace těkavých látek,
6- tryska, 7- forma

5.3 Kombinované vstřikovací stroje (s předplastikací)

Nelineární, nepohyblivý šnekový stroj má oddělenou šnekovou a vstřikovací dutinu a kombinuje výhody obou dvou typů. Šnek plastikuje směs a dopravuje ji přes jednosměrný ventil, do oddělené vstřikovací komory. Stroje tohoto typu, mohou generovat vstřikovací tlak až 200 MPa a mohou efektivně zpracovat vysoce viskózní materiály a efektivně plnit vysoko objemové dutiny. [4]



Obr.11 Vstřikovací stroj s předplastikací[4]

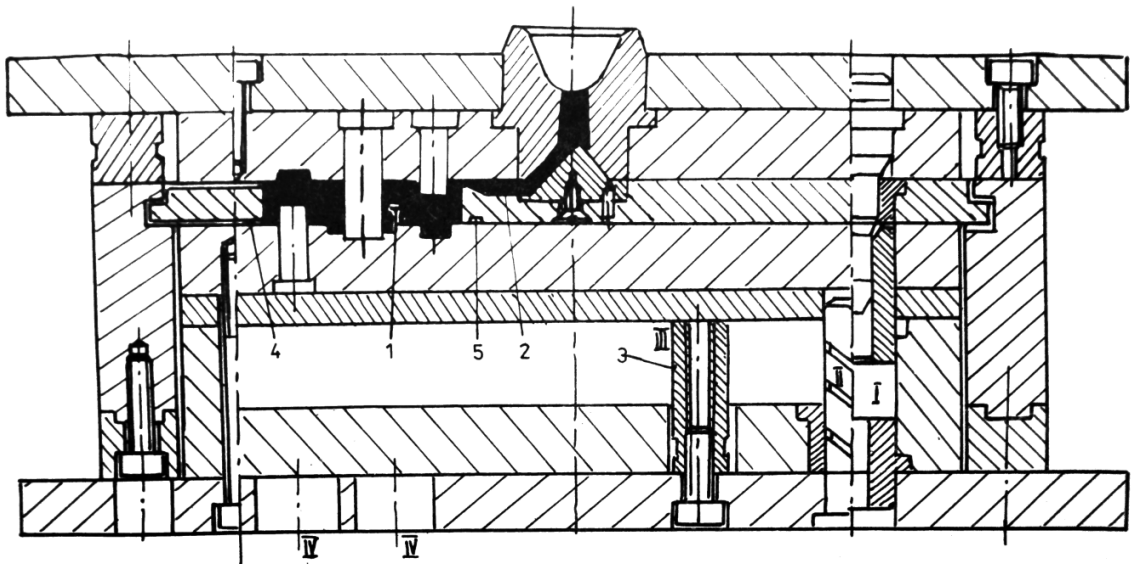
1- šnek, 2- píst, 3- válec, 4- plnění materiálem, 5- evakuace
těkavých látek, 6- ventil, 7- tryska, 8- forma

6 FORMY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Nejvýkonnější používanou výrobní technologií je výroba produktů vstřikováním. Pro nalezení nejvýhodnějšího řešení je důležité správně navrhnout následující etapy návržení budoucí vstřikovací formy.

6.1 Posouzení výrobku z hlediska tvaru a rozměru

Důležitá je úprava ostrých hran a rohů, které mají vliv na pnutí a plnění forem. Určení dělící roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na vzhled a funkci. Konstruktor musí myslet také na směr a velikost úkosu a zaformování musí být provedeno tak, aby vhodně odpovídalo umístění vtoku a vyhazování z dutiny formy. Důležité je správné navržení tvarové dutiny a její uspořádání ve formě, volba vhodného vtokového systému a také velikosti jeho průřezu, délek, umístění hlavního a rozváděcích kanálků. Určení systému vyhazování z formy, temperace forem a odvzdušnění. Návrh rámu formy z hlediska typizace, počtu dutin, temperace a vyhazování. Navržení vhodného uspořádání středění a upnutí formy. Kontrola jednotlivých parametrů, jako jsou hmotnosti výstřiku, vstřikovacích a uzavíracích tlaků. [2]



Obr.12 Příklad formy pro vstřikování kaučuku[2]

1- dutina formy, 2- rozváděcí kanál, 3- podpěra, 4- odvzdušňovací drážka, 5- přetoková drážka

Uzavírací síla souvisí jak s násobností formy, tak i se vstřikovacím tlakem. Běžně leží vstřikovací tlak mezi 35 až 50 MPa. Může však dosáhnout až 180 MPa. Životnost forem bývá 10^4 až 10^6 cyklů, pokud zpracovávané směsi neobsahují abrazivní plniva.

6.2 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 nebo 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 vstřikovanou 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.

6.3 Vtokový systém

Jedním z velmi důležitých problémů při konstrukci vstřikovacích 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 poznatku nabytých z praxe.[2]

Při řešení vtokové soustavy je potřeba dodržovat tyto zásady:

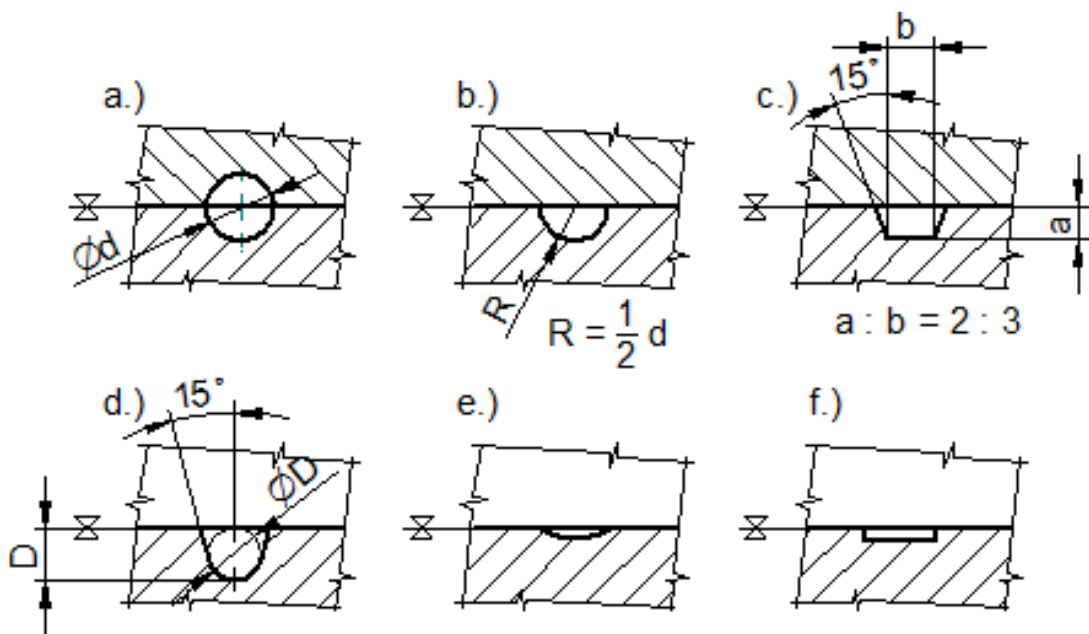
- dosáhnutí rovnoměrného plnění jednotlivých tvarových dutin formy,
- správná volba vtokového ústí tak, aby:
 - a.) vyjmutí výstřiku včetně vtokové soustavy bylo co nejsnazší,
 - b.) nedocházelo k akumulaci a uzavírání vzduchu v dutině formy,
 - c.) odstranění vtoku z výstřiku bylo co nejsnazší.
- zvážení závislostí ovlivňující konstrukci vtokové soustavy, jako je:

- a.) druh použité kaučukové směsi (reologické vlastnosti),
- b.) vstřikovací tlak.

6.4 Volba a návrh vtokových rozváděcích kanálků

Kanálky přivádí 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. Vtokové 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.

Nejčastější tvary průřezu vtokových a rozváděcích kanálků jsou uvedeny na obrázku 13.



Obr.13 Druhy vtokových kanálků[2]

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

6.5 Čas zaplnění formy

Je úzce spojen s rozměry kanálku a reologickými vlastnostmi kaučukové směsi. Jsou-li tyto kanálky malých průřezů, tvoří se vysoké tlakové ztráty s následujícím přehřátím kaučukové směsi a nebezpečím jeho 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 protéklo potřebné množství kaučukové směsi po dobu nástřiku.[2]

6.6 Volba vtokového ústí

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

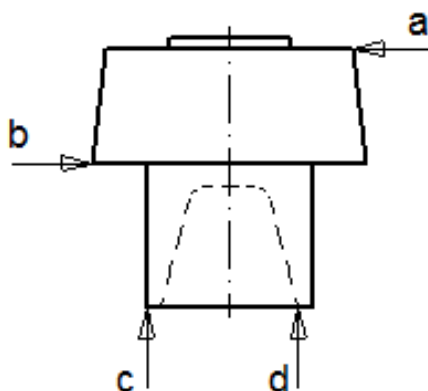
Membránové ústí, pro kruhové výstřiky menších rozměrů, vějířové ústí, pro výstřiky malé tloušťky a pro kaučukové směsi s nízkou viskozitou. Prstencové ústí, které má tvar mezikruží, se používá u dutých rotačních výstřiků.

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 c (0,3-0,4) mm soustředné v kruhovém tvaru, bez rozváděcích kanálků.[2]

6.7 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 případně 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 vtoku:

- při plnění výstřiku z jedné strany, by nemělo být přímkové. Toto lze dosáhnout volbou filmového vtoku, nebo jiným provedením bočních, případně tunelových vtoků.
- u obdélníkového tvaru výstřiku se umístí do kratší hrany. Takto je dosaženo požadované pevnosti výstřiku. Při umístění ústí do středu součásti dochází k nepravidelnému uspořádání makromolekul, vláknitého plniva. To způsobuje značnou deformaci výstřiku.



Obr.14 Příklad umístění ústí vtoku[2]

Vtokové ústí bývá obvykle umístěno:

- do nejširšího místa výstřiku. Směs má téci vždy z míst 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:

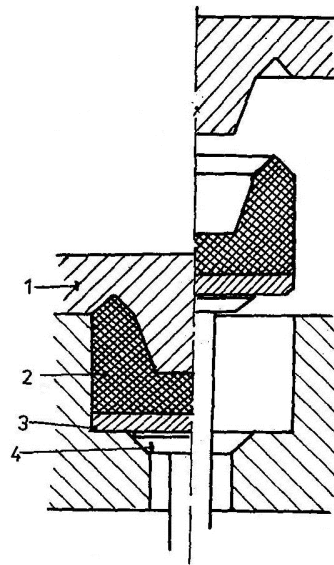
- u výstřiků se žebry má směs proudit ve směru jejich orientace,
- mimo místa velkého namáhání nebo opticky činných ploch výstřiku.[2]

6.8 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 vstříkovaným materiálem je ventil uzavřen. Po zvlukanizování kaučukového materiálu a otevření formy je ventil nadzvednut buď mechanicky, nebo pneumaticky. Při mechanickém otevírání ventilu musí být ventil vysunut vysoko, aby byl výstřik vytlačen celý z dutiny formy. Tento způsob mechanizovaného vyjímání se používá hlavně u výstřiků s větší tvrdostí °Sh nebo u výrobků pryžkových, kdy se ventil opírá o kovový díl výrobku. Zařízení pro nadzvedávání ventilu je zpravidla řešeno přímo na stroji.

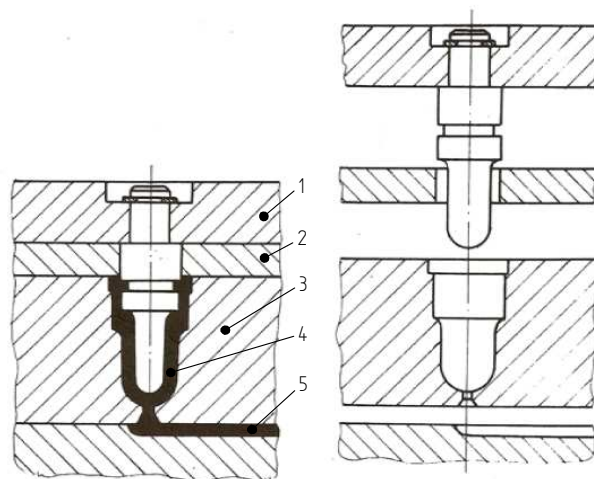
Pro snímání nebo vyjímání tenkostěnných nebo měkkých pryžových výstřiků se častěji používá pneumatického vyjímání výstřiku. V tomto případě se ventil nadzvedne po otevření formy jen minimálně a současně je puštěn pod ventil tlakový vzduch, který pak vytlačí nebo stáhne výstřik. Výhodou tohoto způsobu 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 vysunutý pod zařízení, kde pomocí trnu 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.15 Mechanické vyhazování[2]

1- tvárník, 2- tvárnice, 3- kovová
vločka, 4- vyhazovač (talířový)



Obr.16 Vyhazování pomocí stírací desky [2]

1 - kotevní deska, 2 - stírací deska, 3 – tvárnice ,4 - výstřík,
5 - rozváděcí kanál

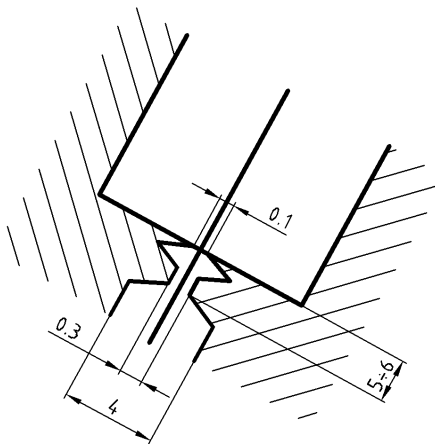
6.9 Odvzdušnění forem

Při vstřikování kaučukových směsí do uzavřené formy je třeba 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 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 desítek stupňů a dochází tím k povrchové degradaci směsi na výstřiku. Výsledkem mohou být vzhledové vady a změny fyzikálních vlastností hotového výstřiku.[2]

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

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

U symetrických tvarů výstřiků je umístěn přesně proti vtokovému ústí i odvzdušňovací kanálek, který je vyveden buď do odvzdušňovací jímky, nebo přímo mimo tvářecí plochu formy. U nesymetrických výstřiků je zvoleno umístění odvzdušňovacího kanálku podle výsledku 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.



Obr.17 Odvzdušnění dutiny formy[2]

6.10 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 tělísky, vhodnými pro konstrukci.[2]

Při volbě temperace formy je potřeba brát zřetel na:

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

6.11 Materiály používané při výrobě forem

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 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.

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiku se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného materiálu,

- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami prostřikování,
- vstřikovacím nástrojem.

Pro výrobu forem se tedy používají materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. Takové druhy představují:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny (Cu, Al...),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé ...).

Oceli jsou nejvýznamnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to všechno má vliv na kvalitu forem. Optimální určení druhu oceli na konkrétní součást záleží na její funkci. Úspěšným předpokladem dostatečné životnosti a funkční vhodnosti je také účelná konstrukce, dostatečné rozměry, správné zacházení a údržba. I způsob výroby a tepelného zpracování materiálu může celý výsledek ovlivnit. Nedostatečná kvalita povrchu zhoršuje vyjímání, vyleštěný povrch je rovněž prostředkem k ochraně proti korozi atd.

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

- dobrou leštitelností a obrobiteľností,
- zvýšenou odolností proti oděru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměrů a minimální deformacemi při kalení,
- dobrou tepelnou vodivostí,
- houževnatostí,
- pevností v tlaku.

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:

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

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 viz. tabulka 3.

Tab.3 Evropské ekvivalenty vybraných ocelí

Třída oceli (ČSN)	Německý ekvivalent	Francouzský ekvivalent	Italský ekvivalent	Ekvivalent Velké Británie
14220	16 MnCr 5	16 MC 5	16 MnCr 5	527 M 20
15260	50 CrV 4	50 CV 4	50 CrV 4	735 A 50
19436	X 210 Cr 12	Z 200 C 12	X 205 Cr 12 KU	BD 3
19437	X 210 CrW 12	-	X 215 CrW 12 1 KU	-

7 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části bylo v úvodní kapitole popsáno rozdělení polymerních materiálů. Další dvě kapitoly popisují vlastnosti elastomerních materiálů při vstřikování a jejich základní vlastnosti. Následuje popis základní technologie gumárenské výroby a vstřikovacích strojů. Poslední kapitola se zabývá oblastí konstrukce forem pro pryžové výrobky.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro diplomovou práci byly stanoveny tyto následující cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu pryžového dílu,
- navrhnout konstrukční řešení vstřikovací formy pro zadaný díl,
- provést analýzy vstřikovacího procesu.

V teoretické části práce byly popsány elastomerní materiály pro vstřikování, proces vstřikování, vlastnosti elastomerních materiálů, technologie gumárenské výroby, vstřikovací stroje a postup samotného návrhu vstřikovacích forem.

V praktické části je popsána samotná konstrukce 3D modelu zadaného pryžového dílu v programu Solid Edge ST6 dle výkresu výrobku a daných požadavků na výrobek. Byl proveden návrh konstrukce čtyř násobné výrobní formy, včetně výkresové dokumentace. Tato forma je navržena na zvolený vstřikovací stroj Desma 966.215. V závěrečné části je využito jednotlivých analýz vstřikovacího procesu elastomerního dílu v programu Cadmould 3D-F Rubber.

8.1 Použité systémy CAD a CAE

8.1.1 Solid Edge ST6

Návrh 3D modelu vstřikovaného dílu a následná konstrukce kompletní vstřikovací formy pro vstřikovací stroj Desma 966.215 byl vytvořen v CAD programu Solid Edge ST6. Tento CAD systém je dostatečně vybaven pro splnění daného úkolu ve 3D prostředí. Pomocí tohoto programu byl vygenerován STL soubor, který byl použit pro následné analýzy a simulace vstřikovacího procesu. Součástí programu je tvorba výkresové dokumentace formy.

8.1.2 Cadmould 3D-F Rubber

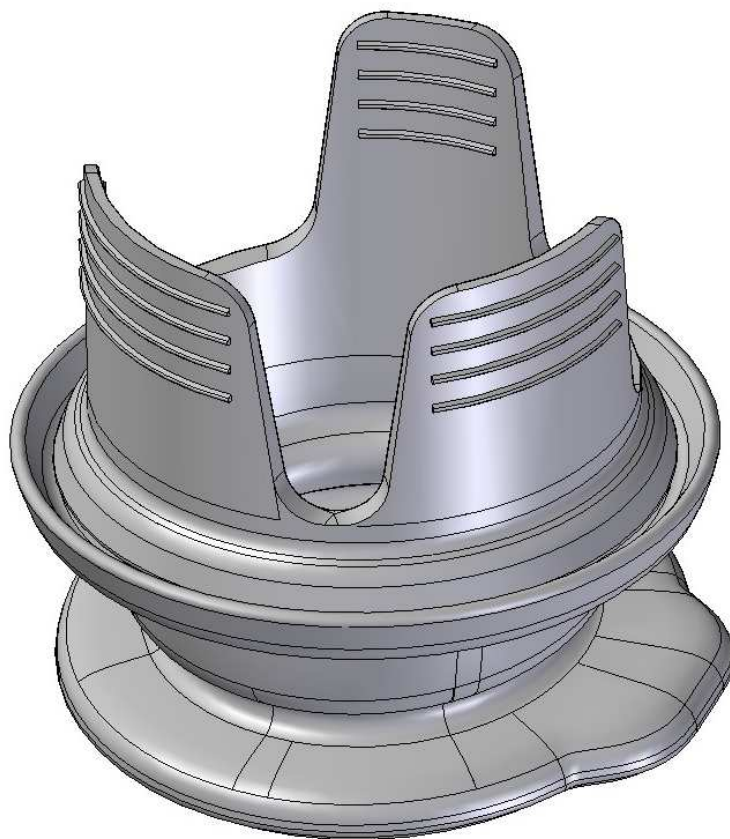
V tomto CAE softwaru byly vytvořeny analýzy vstřikovacího procesu. Výpočet je prováděn v závislosti na použitém materiálu a technologických parametrech doby plnění, rychlosti a doby vulkanizace ve formě a následnou dobou dovulkanizování. K nejdůležitějším výstupům patří vedle zobrazení průběhu plnění (studené spoje, místa s nebezpečím uzavření vzduchu), zobrazení tlakových a napětových poměrů v dílci a stanovení optimální technologie. A právě technologické parametry při zpracování kaučukových směsí mají pod-

statný vliv na výslednou kvalitu výrobku, zároveň lze na základě výpočtů navrhnout vhodnou dobu plnění výrobního cyklu, což může v řadě případů vést k nemalým finančním úsporám. [13]

9 VSTŘIKOVANÝ DÍL

9.1 Popis zadaného pryžového dílu

Pryžový díl slouží jako hrdlo palivové nádrže. Tyto nádrže jsou určeny pro skladování paliva. Manžeta slouží jako těsnící a ochranný prvek ve vstupní části do nádrže. Zabezpečuje ochranu montážních plechů hrdla nádrže a těsní jejich spoj, aby nedošlo k průniku paliva mezi vnějším panelem a vnitřní částí. Proto je zde kladen důraz na volbu materiálu a jeho odpovídající vlastnosti danému prostředí a funkčnosti výrobku.



Obr.18 Vstřikovaný díl

9.2 Parametry vstřikovaného výrobku

- vnější rozměry výrobku: 64 x 70 x 71 mm,
- objem výrobku: $V = 31,53 \text{ cm}^3$,
- hustota materiálu výrobku: $\rho = 1,32 \text{ g.cm}^{-3}$,
- hmotnost výrobku: $m = 42,5 \text{ g}$.

9.3 Požadavky na výrobek

- rozměry, tvar a vzhled dle požadavků zákazníka dané výkresem výrobku,
- tvrdost 65 ± 5 ShA,
- barva černá, barevná stálost,
- odolnost proti povětrnostním podmínkám,
- benzínovzdornost, odolnost agresivním látkám
- bez zápachu.

9.4 Materiál výrobku

Na základě výše uvedených požadavků byl zvolen materiál elastomer NBR/PVC, gumárenská směs 1447/1, výrobce Gumárny Zubří a.s. Tvrdost 65 ± 5 ShA, barva černá, smršnění 2,8%. Základní vlastnosti materiálu jsou uvedeny v tabulce 4 a materiálovém listu výrobce v příloze PII.

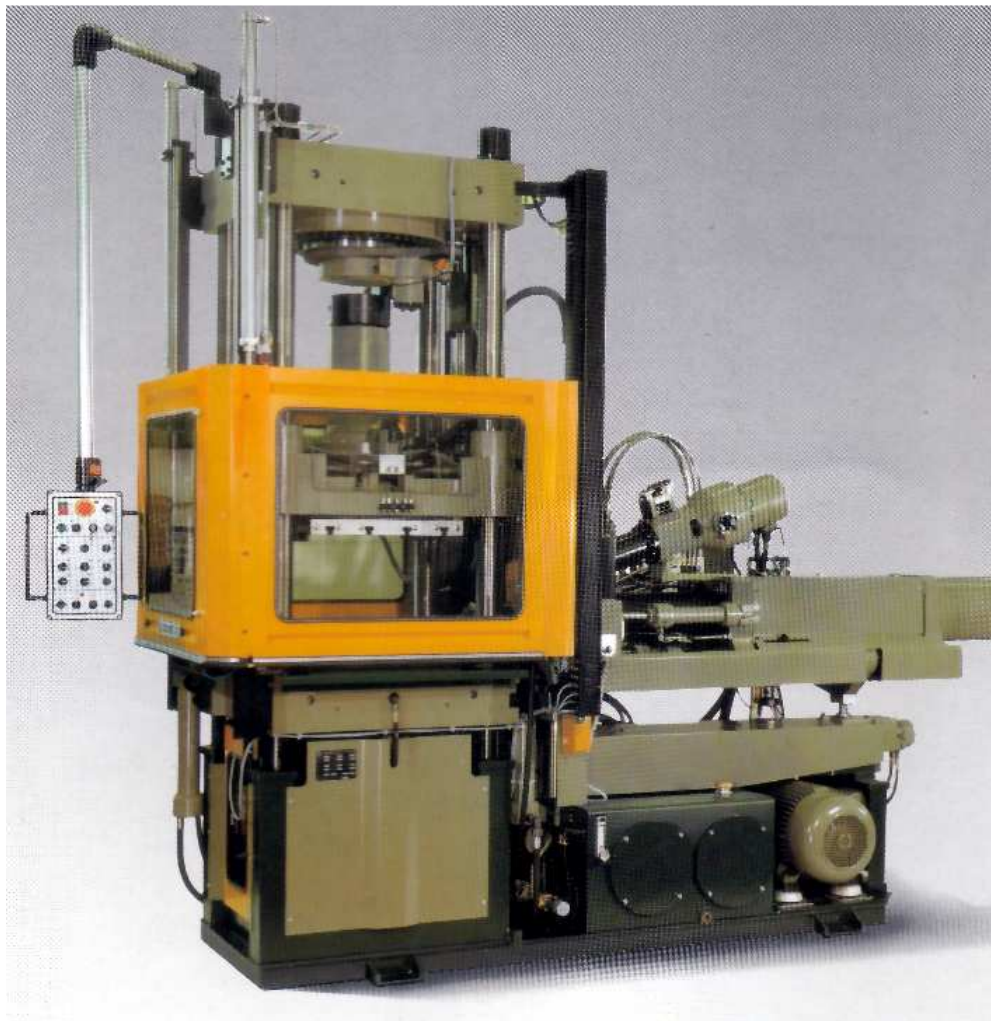
Tab.4 Vlastnosti směsi 1447/1

vlastnosti směsi 1447/1		
základní vlastnosti	dosažené	dle normy
tvrdost (ShA)	67	65 ± 5
pevnost (MPa)	12	min. 10
tažnost (%)	420	min. 250
trvalá deformace (%)	34,6	max. 50
tepelné vlastnosti		
(72hod./100°C)		
změna tvrdosti (ShA)		± 15
změna pevnosti (%)		± 30
změna tažnosti (%)		-50

10 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj pro výrobu dílu je navržen na základě rozměrů a funkčních požadavků vstřikovací formy. Rozměry vstřikovací formy byly odvozeny z velikosti, objemu a ze zvoleného počtu otisků ve formě. Vstřikovací dávka stroje by měla mít minimálně o 20% vyšší objem, než je požadováno pro plné naplnění formy. Samozřejmostí musí být dostatečná tuhost rámu stroje a jeho uzavírací síla, což zajistí těsnost dělicí roviny a následně výrobu výstřiků požadované kvality a jakosti. Při realizaci návrhu a výběru vstřikovacího stroje v neposlední řadě je nutno přihlídnout k možnostem daného výrobce. A to jak k jeho strojnímu vybavení, tak k vytíženosti strojního parku.

Na základě těchto vstupních informací byl vybrán po konzultaci s technologií výrobce vstřikovací stroj Desma 966.215, který slouží ke zpracování elastomerních směsí.



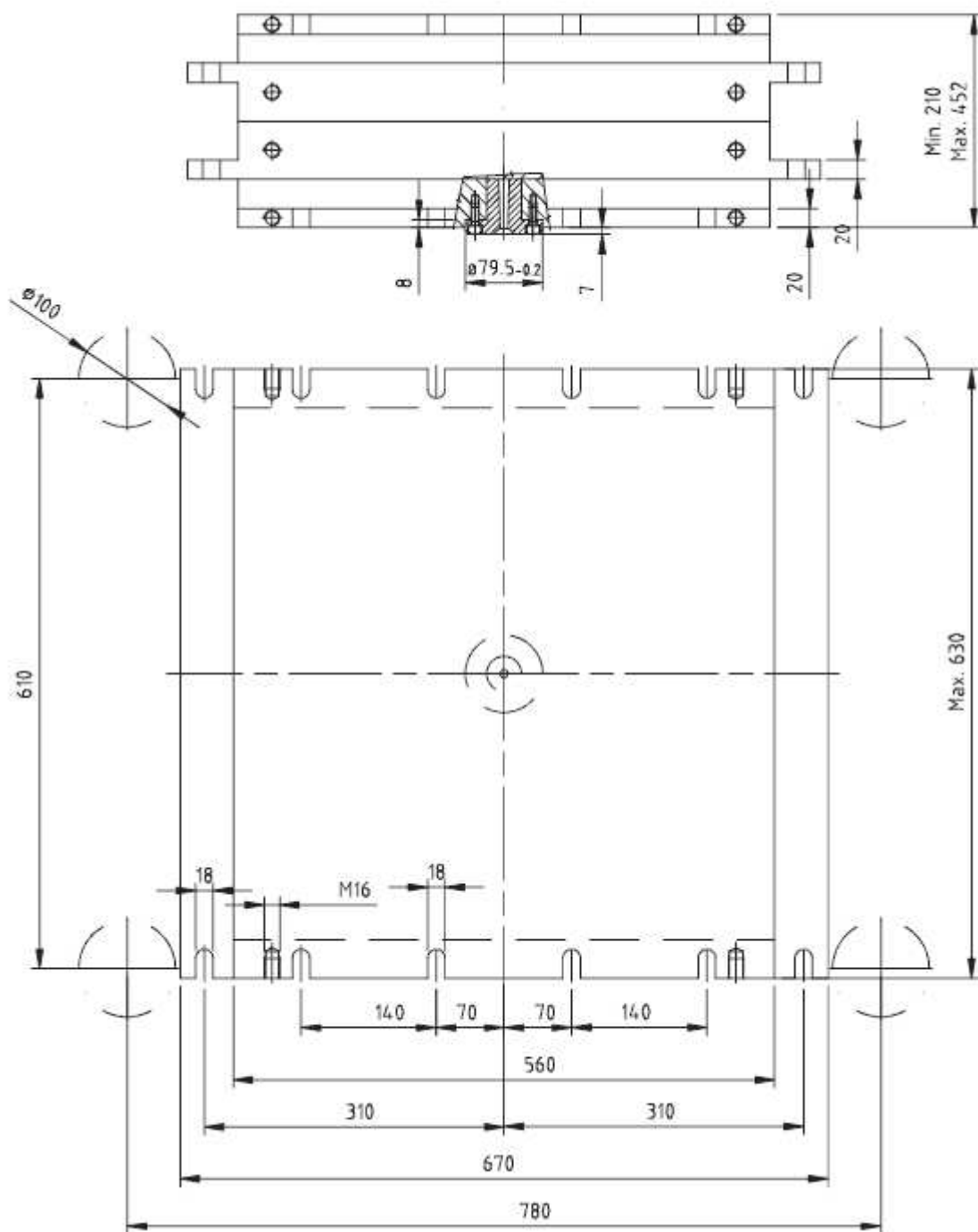
Obr.19 Vstřikovací stroj Desma 966.215

10.1 Parametry vstřikovacího stroje

V tabulce 5 jsou uvedeny základní parametry vstřikovacího stroje Desma 966.215. Podrobnější technická data uváděná výrobcem jsou k nahlédnutí v příloze PIV a PV.

Tab.5 Desma 966.215 – základní parametry

Desma 966.215 - základní parametry	
max. velikost formy:	
šířka	560 mm
délka	630 mm
výška	452 mm
uzavírací síla	2500 kN
max. vstřikovací objem	1500 cm ³
max. vstřikovací tlak	2000 bar



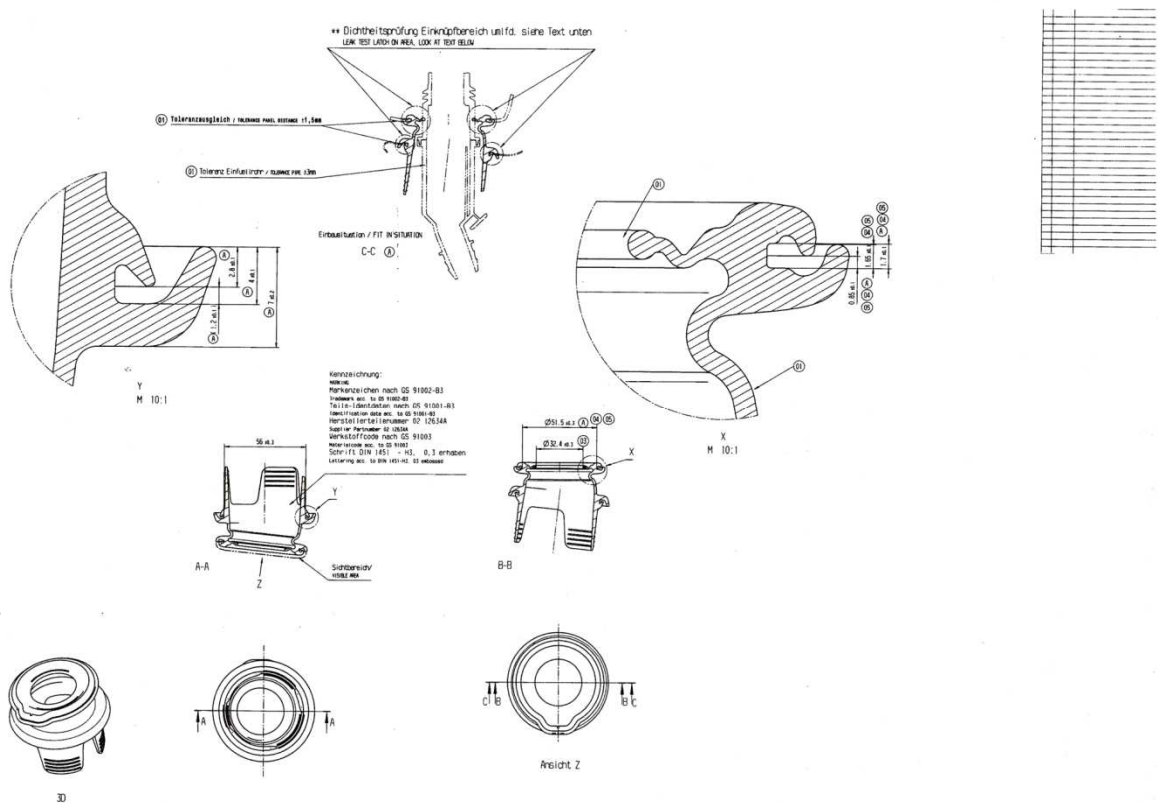
Obr.20 Desma 966.215 – upínací rozměry

11 3D MODEL VÝSTŘIKU

11.1 Zadání pryžového dílu

Z požadavků zákazníka vyplynula nutnost konstrukce nové vstřikovací formy z důvodů zastaralosti a nefunkčnosti stávajícího nástroje a nutnost zajištění možnosti dodávek dílu pro případ servisních oprav a také pravidelných preventivních výměn dílu.

K tomuto účelu byl dodán výkres výrobku obr. 21 a vývojový návrh ve formátu step, který bude použit ke konečné tvorbě modelu pro výrobu formy a následné analýzy a simulace.



Obr.21 Výkres výrobku

11.2 Konstrukce pryžového dílu

Po následných úpravách dílu na základě připomínek konstruktéra a technologa s ohledem na optimální vyrobiteľnosť, (zaformování, vyjímání výlisků atd.) je dle výrobního výkresu v programu Solid Edge ST6 vytvořen model dílu v měřítku 1:1. Model bude použit při konstrukci samotné vstřikovací formy.

12 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

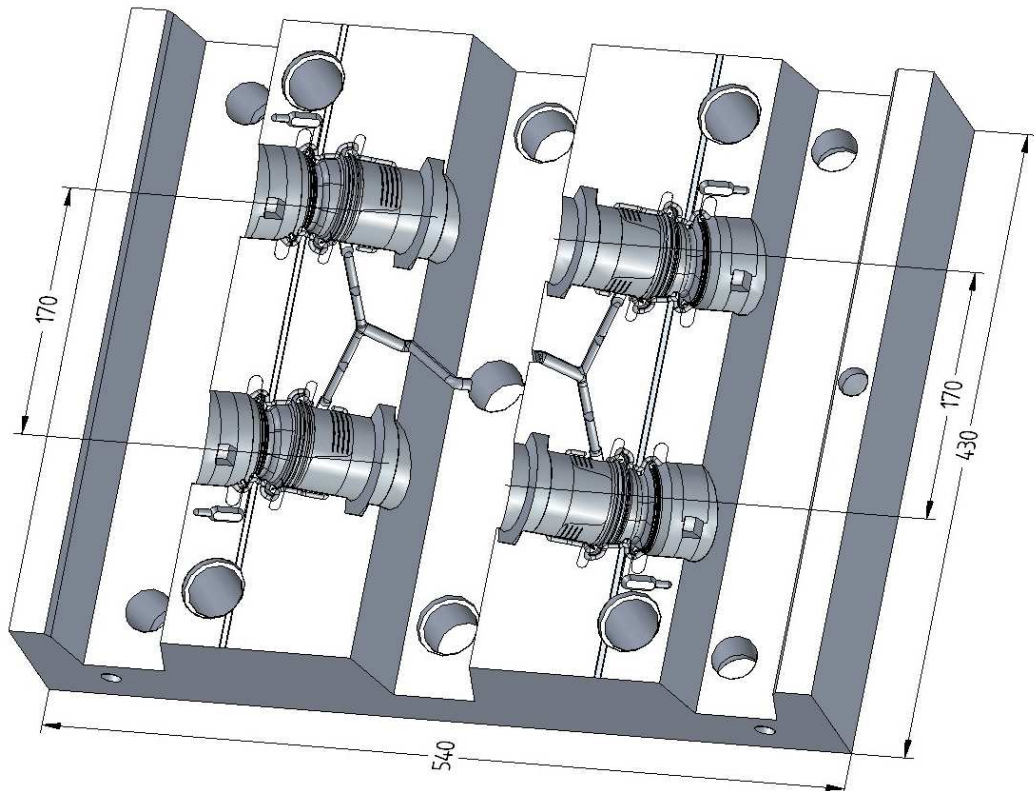
Konstrukce formy a tvorba modelů všech jejích součástí je vytvořena v programu Solid Edge ST6. Na základě modelu výstřiku, který je použit pro odformování tvarových částí. Forma je řešena co nejekonomičtěji za předpokladu dodržení tvarové složitosti a přesnosti dílu. Před zahájením konstrukce je nutno zohlednit přídavek na smrštění, který je dán dle druhu použitého materiálu a zvětšit daný model o tuto kompenzaci. Je to rozdíl rozměru tvarové dutiny a konečným požadovaným rozměrem výstřiku. U použitého materiálu se jedná o smrštění 2,8%.

12.1 Násobnost formy

Násobnost vstřikovací formy byla určena dle požadovaného odebíraného ročního množství výrobků, kapacity vstřikovacího stroje a dle výrobní složitosti a přesnosti konečného výrobku. S ohledem na předpokládané využití je navržena čtyřnásobná forma, která splňuje výrobní požadavek a rozměrově i funkčně odpovídá zvolenému vstřikovacímu stroji.

12.2 Rozvržení tvarových dutin

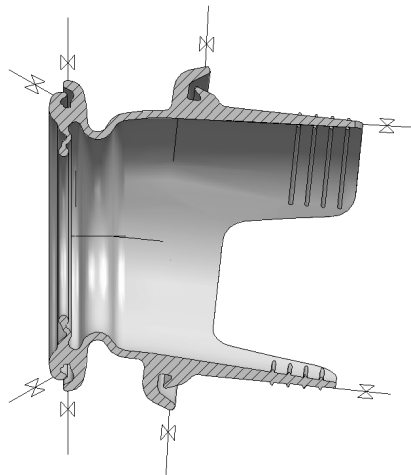
Rozvržení tvarových dutin je zvoleno s ohledem na velikost tvarových desek, funkčnost formy při otevírání a uzavírání v lisu a také s ohledem na následné vyjímání hotových výstřiků z jader. Zabezpečení prostoru ke stažení a následnému čištění v jednotlivých výrobních cyklech. Rozložení tvarových částí je znázorněno pohledem do spodní tvarové formy na obrázku 22.



Obr.22 Rozložení tvarových dutin formy

12.2.1 Dělicí rovina

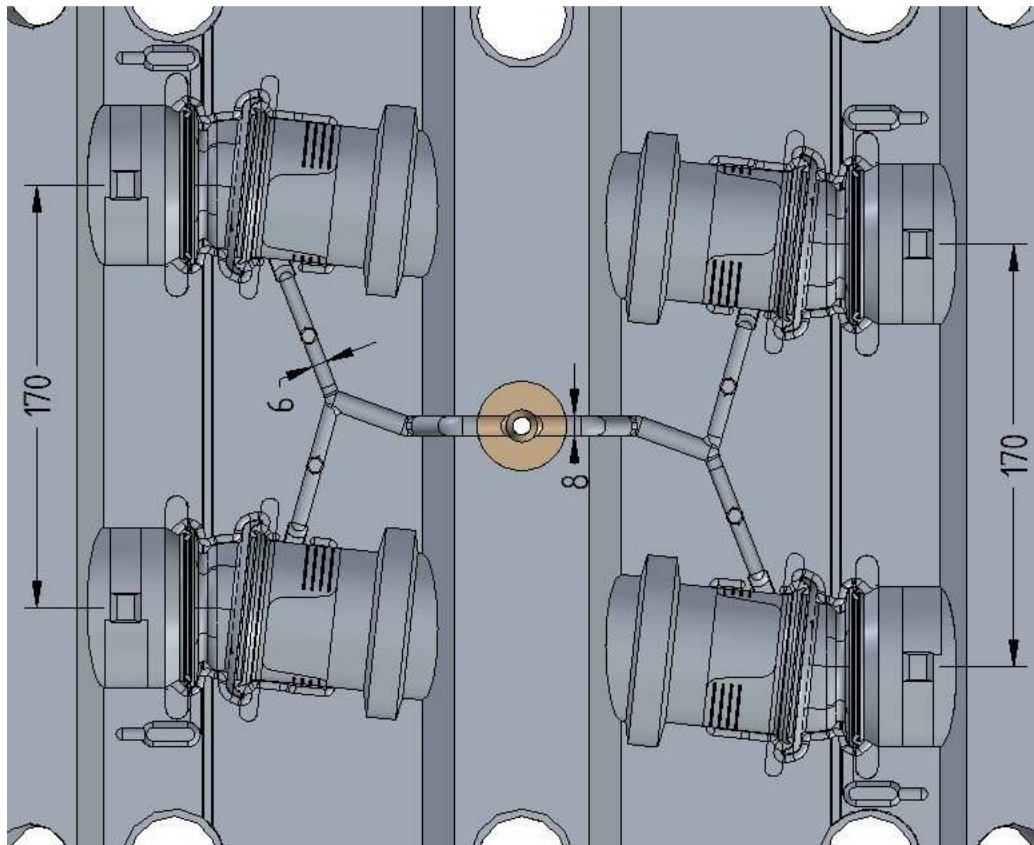
Před zaformováním dutin do tvarových desek je nutno určit dělicí rovinu vyráběného dílu. Dělicí rovina musí být navržena tak, aby bylo možné bezkolizní odformování dílů formy při jejím otevírání i uzavírání a nedošlo při tom k poškození výrobku nebo případně samotné vstřikovací formy. Neměla by být zvolena na vzhledových či funkčních plochách výrobku. Dělicí rovina je naznačena na obrázku 23.



Obr.23 Dělicí rovina výrobku

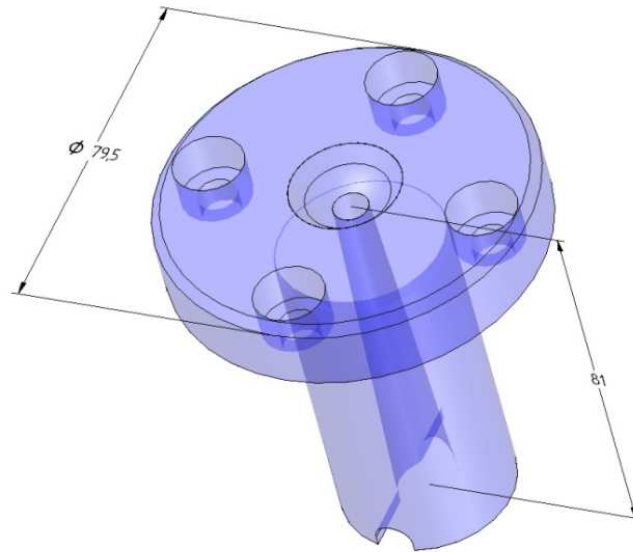
12.3 Návrh vtokového systému

Vtokový systém formy je zvolen tak, aby vzdálenost do všech dutin byla stejná. Musí být co nejkratší a pokud možno plynulá. Průřez vtokového systému je půlkruhový a upraven rozdílnou hloubkou. Ústí vtoku do výrobku je obdélníkového průřezu. Náhled na rozvod vtokového systému je na obrázku 24.



Obr.24 Vtokový systém formy

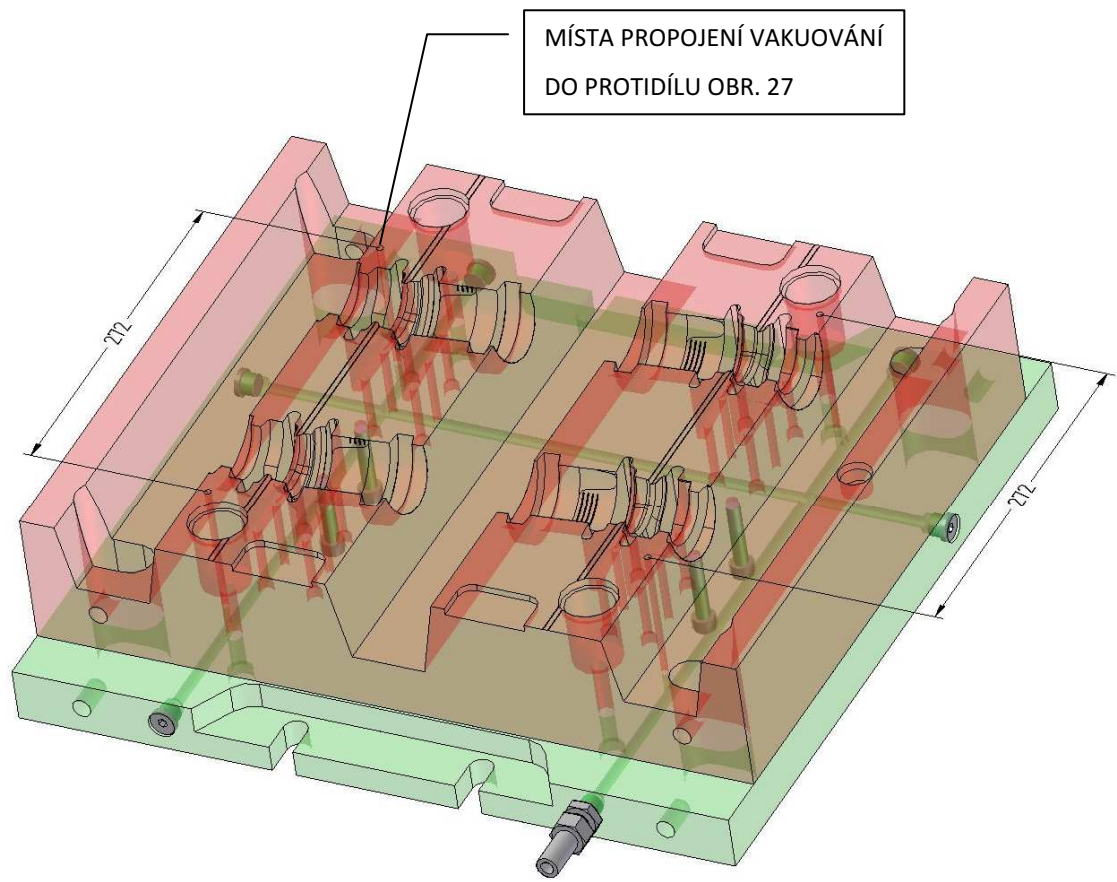
Elastomerní materiál je do formy přiveden kuželovým otvorem ve vtokové vložce, který je následně napojen na systém rozvodných kanálků formy. Vtoková vložka je na obrázku 25.



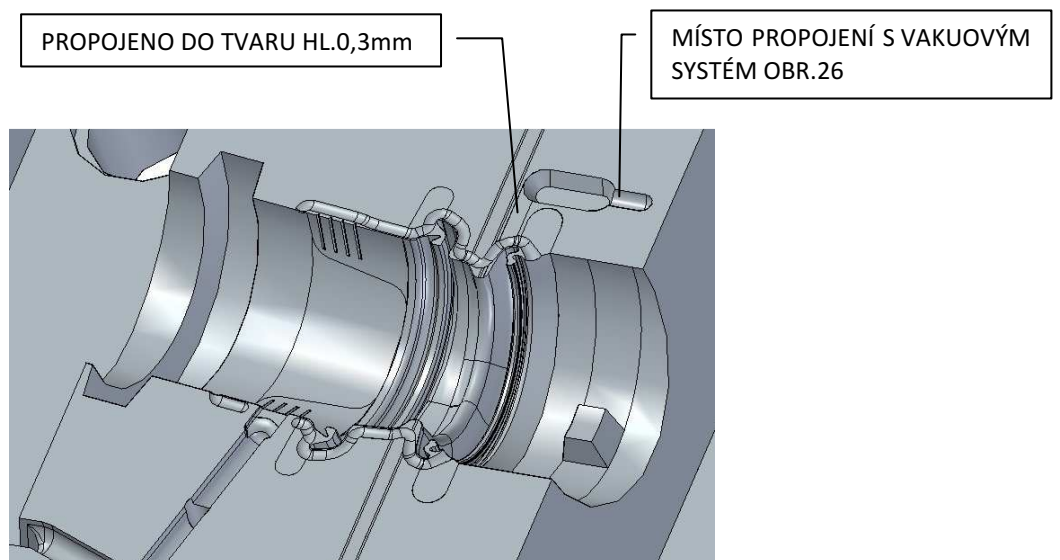
Obr.25 Vtoková vložka

12.4 Odvzdušnění tvarových dutin

Odvzdušnění tvarových částí formy se provádí z důvodu uzavírání vzduchu ve formě během vstřikovacího procesu. Dochází k vytlačení vzduchu proudem taveniny do koncových míst ve tvarové dutině. Následkem stlačení vzduchu a zvýšením tlaku se vzduch zahřívá, až dojde ke vznícení vstřikovaného materiálu – tzv. Dieselův efekt. Výsledkem je nežádoucí vznik vad na výrobcích (spáleniny, puchýře). K odstranění tohoto jevu se využívá tzv. odvzdušnění formy. V konečných polohách dutiny formy (většinou naproti ústí vtoku) se provede propojení drážkou do dělicí roviny, kde může vzduch tlačný před taveninou uniknout. Drážky končí ve větších oválných drážkách, které jsou dále napojeny na systém vzájemně propojených děr a drážek. Tyto jsou utěsněny a ukončeny přípojkou pro hadici vakuování, kterou se před nastříknutím materiálu odsává uzavřený vzduch z formy.



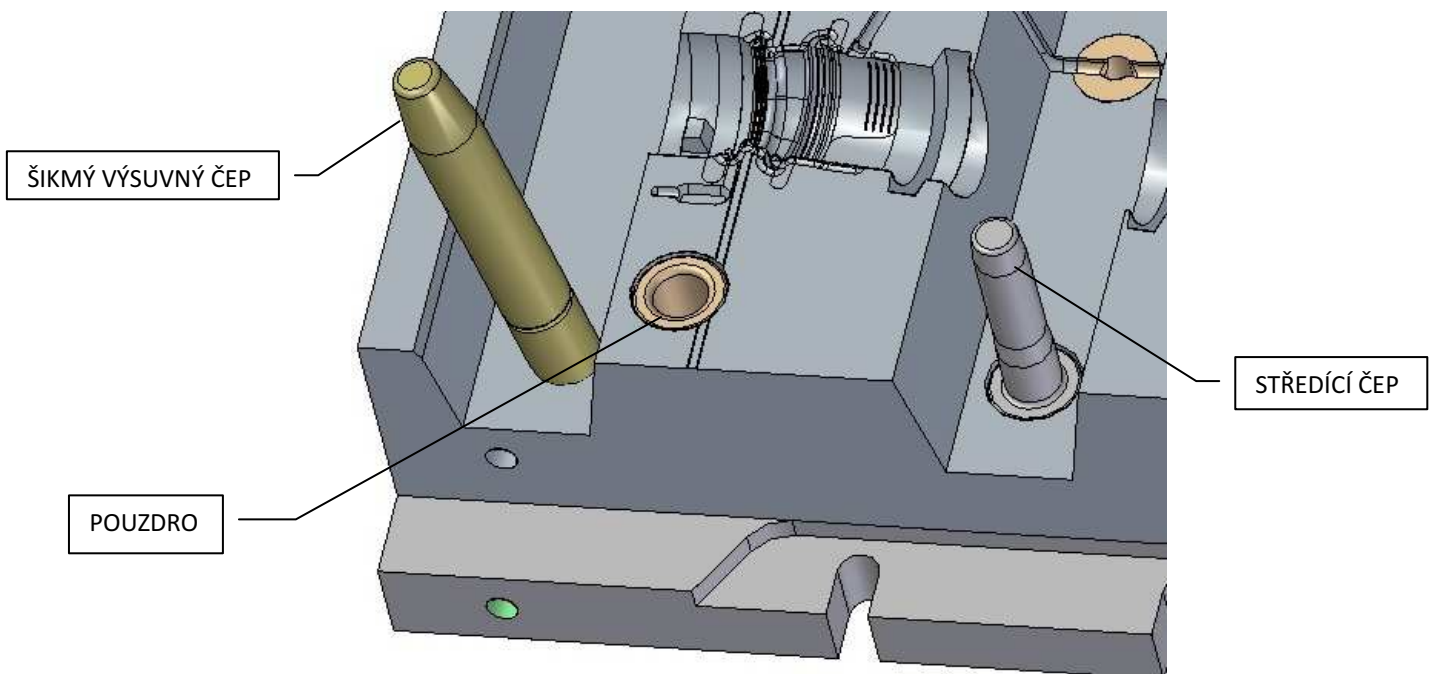
Obr.26 Rozvod vakuových kanálků



Obr.27 Místo propojení vakuování

12.5 Středící části formy

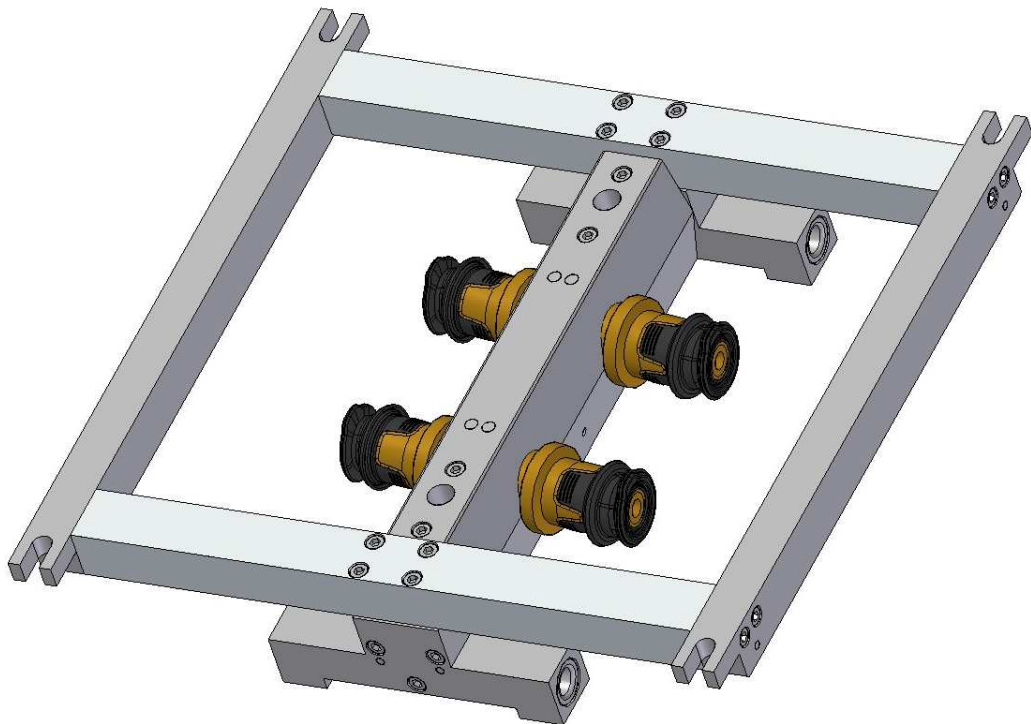
Díly formy musí být vzájemně k sobě přesně ustaveny a zapozicovány. Nesmí dojít k přesazení tvarových částí ani jiných vedlejších součástí formy. Mohlo by to zapříčinit rozměrové nedostatky výrobků, ale také nežádoucí poškození tvarových nebo jiných dílů formy. Funkčnost a bezpečnost formy při otevírání i zavírání musí být dostatečně zajištěna a k tomu slouží středící komponenty. V dnešní době se při konstrukci již ve velké míře využívá normalizovaných součástí forem. Na trhu jsou firmy, které dodávají širokou škálu těchto dílů, ze kterých si konstruktéři mohou vybírat dle potřeby. Například firmy Hasco, Svoboda, Blohm, Cecho a další. Hlavní středící část je středění tvarových částí – dutin a ta je řešena vodícími čepy a pouzdry. Středění jader je řešeno pomocí přesných vzájemně spasovaných průměrů a šikmin páteře ve spojení s vodícími čepy a pouzdry. Rozjždění rámu při odsunu a tím rozdělení tvarových jader je zajištěno šikmými výsuvnými čepy. Vedlejší středění se používá například k navedení dílů z hlediska montážního popřípadě manipulačního. Dále také pro zaručení bezpečnosti formy při čištění, při její montáži a také všech jejich ostatních součástí. Nesmí dojít k záměně dílů, jejich pootočení nebo k poškození tvarových ploch atd.



Obr.28 Použité středící prvky

12.6 Odformování výrobků

Při otevírání vstřikovacího stroje se postupně dostávají díly formy od sebe. Spodní střední díl pomocí šikmých výsuvných čepů odsune boční jádra uložené v páteři do boku a tím se umožní, aby horní střední díl rámu pokračoval dále pouze se středními jádry, na kterých jsou hotové výstřiky. Po zastavení v dané poloze, může obsluha otevřít bezpečnostní branku stroje. Odstraní vtokovou soustavu a stáhne výstřiky z jader pomocí vzduchové pistole se stlačeným vzduchem. Výstřiky jsou položeny na pracovní stůl k vychlazení. Pomocí vzduchu se také očistí přetoky a zbytky směsi ve formě popřípadě provede nástřik separátorem a pracovní cyklus stroje se opakuje.



Obr.29 Horní střední díl rámu s výstřiky

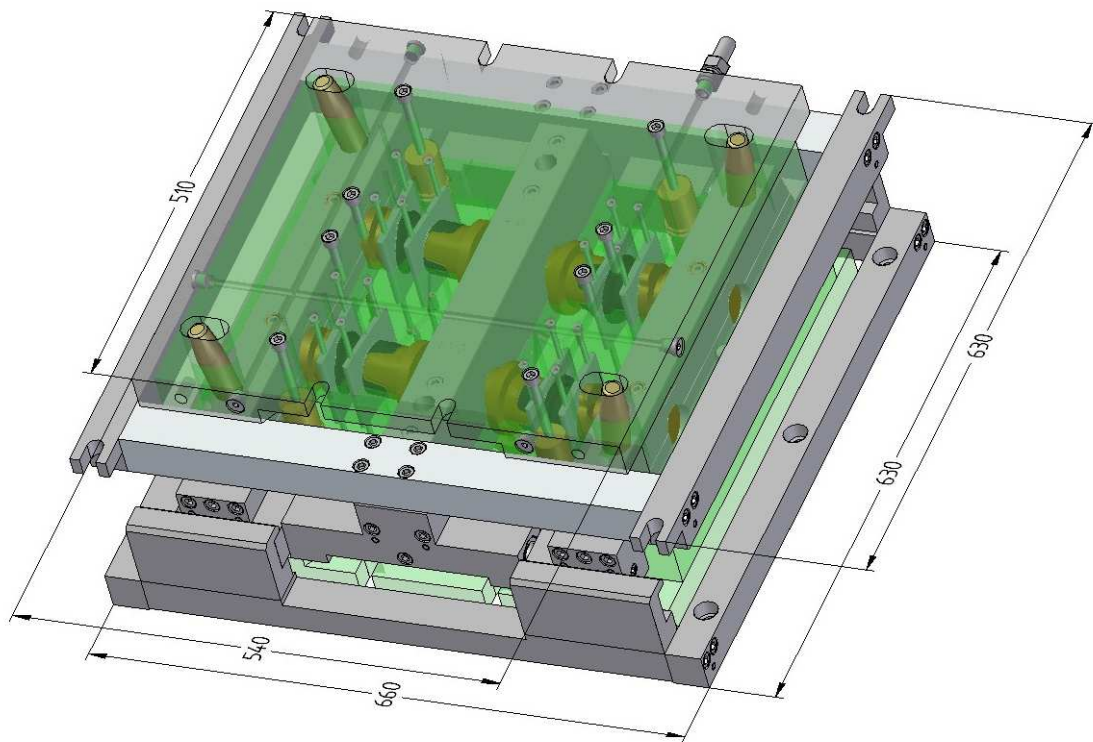
12.7 Konečné sestavení formy

Při konstrukčním návrhu všech dílů vstřikovací formy bylo dbáno na správnou volbu materiálu dle funkce každého dílu. Na tvarové díly byl zvolen materiál 19 520 a 14 220.8, na středící díly materiál 14 220.4 a na ostatní díly 11 523 a 11 600. Na obrázku 30 až 35 je zobrazena sestava vstřikovací formy v programu Soli Edge ST6.

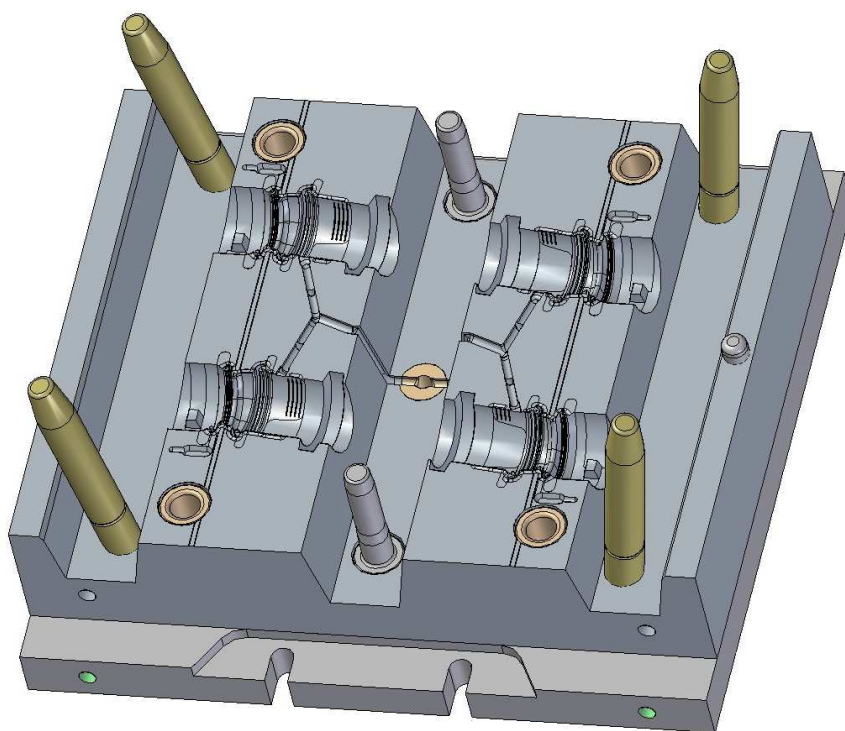
Hmotnost formy: 633 kg

Maximální rozměry formy š x d x v: 660 x 630 x 280 (mm)

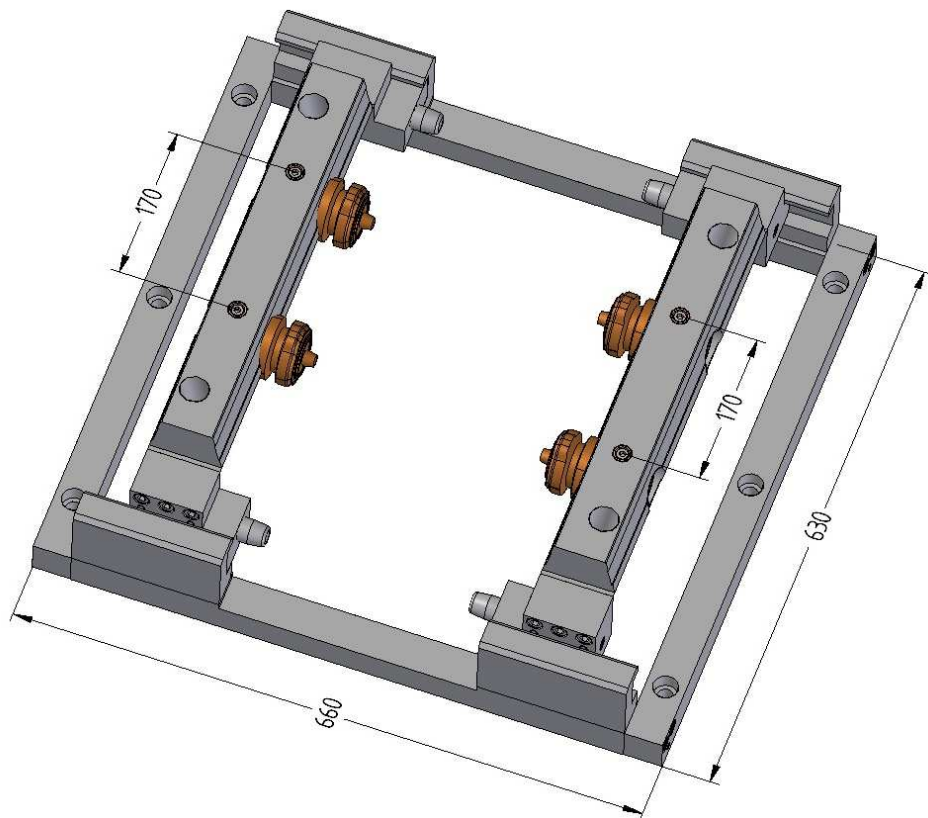
Návrh byl konzultován s technologií výroby a byly zohledněny jejich připomínky z výrobního hlediska tak, aby se pokud možno odstranily možné problémy již ve fázi návrhu vstříkovací formy



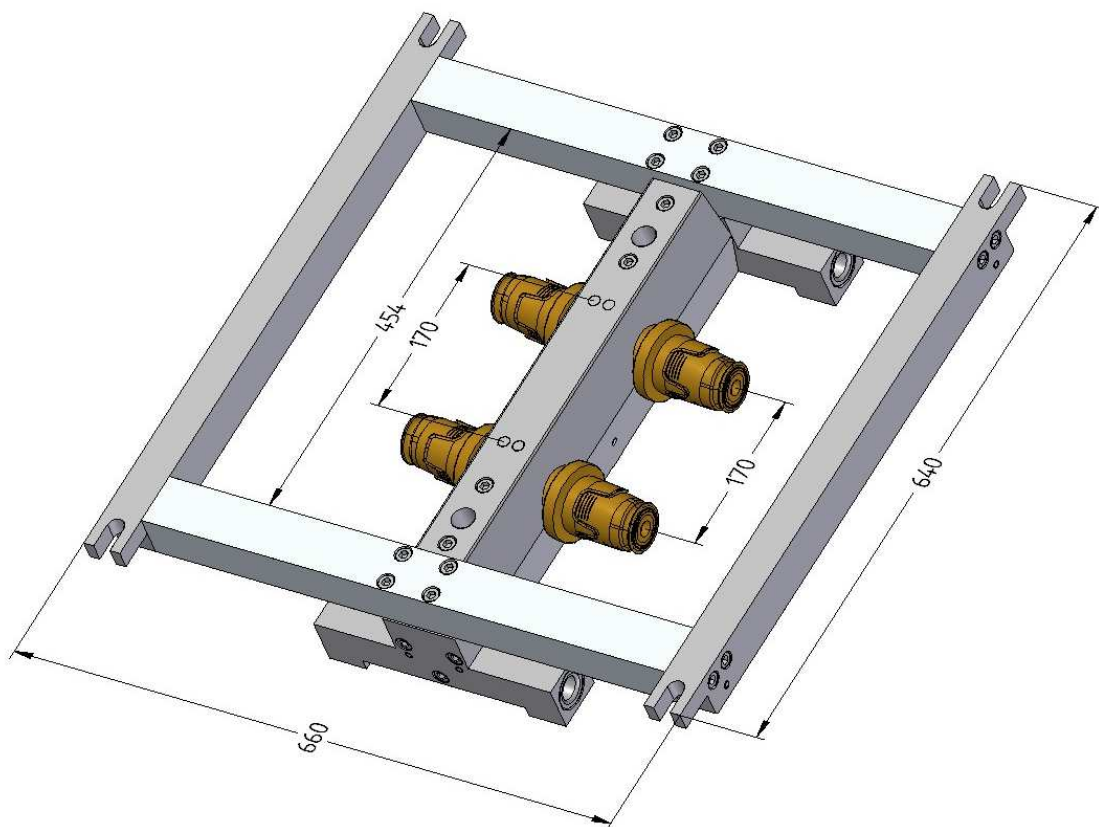
Obr.30 Sestava vstříkovací formy



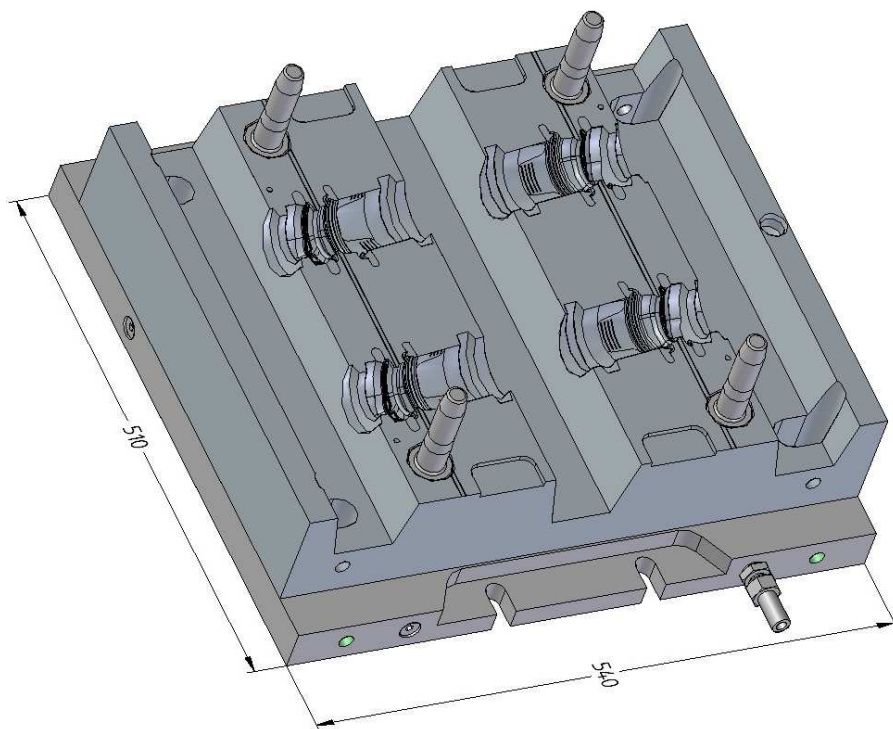
Obr.31 Spodní část formy



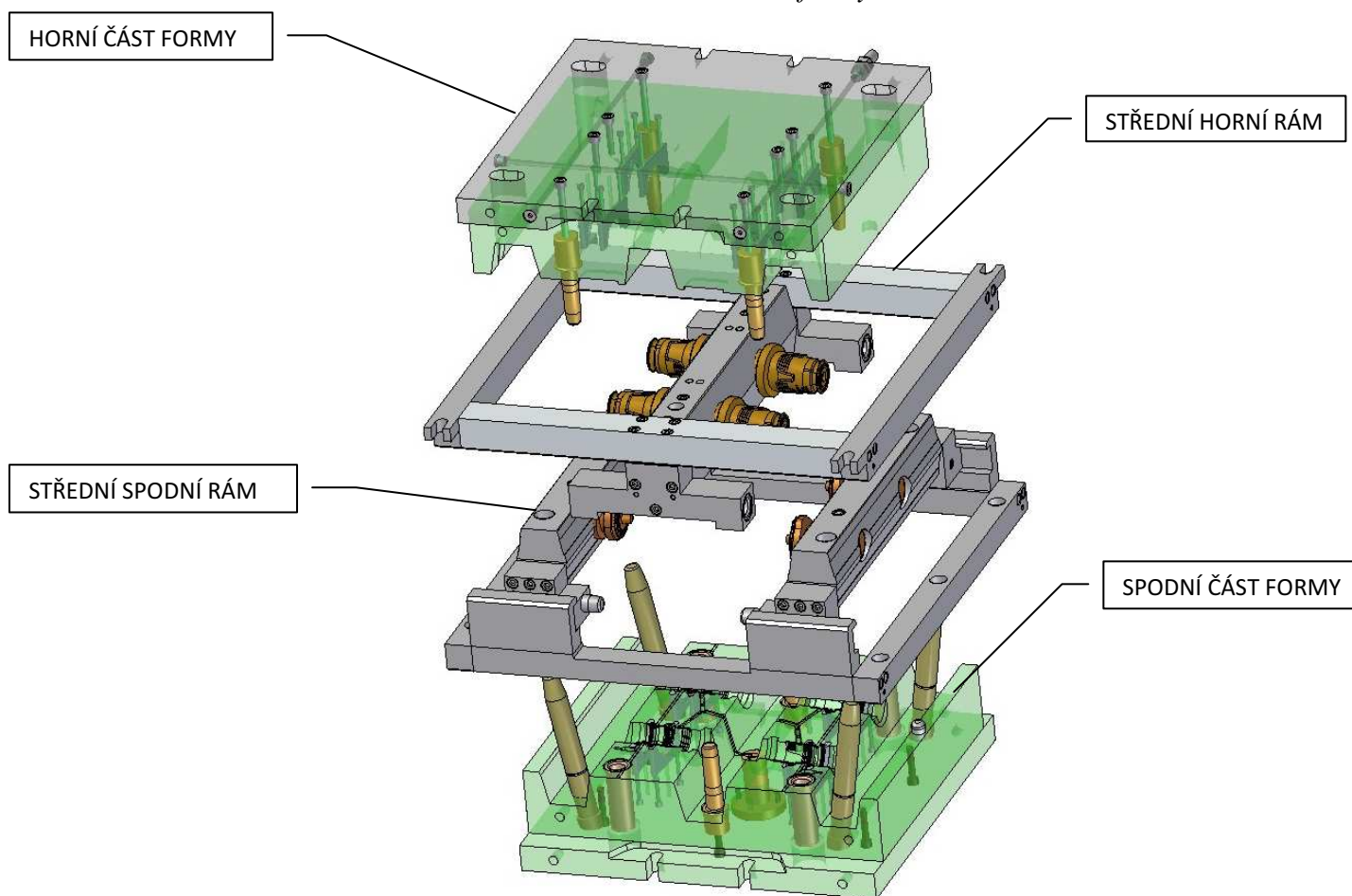
Obr.32 Střední spodní rám



Obr.33 Střední horní rám



Obr.34 Horní část formy



Obr.35 Sestava rozevřené vstřikovací formy

13 DOKUMENTACE VSTŘIKOVACÍ FORMY

K výrobě vstřikovací formy byly v Solid Edge ST6 vytvořeny modely všech dílů formy tyto byly vygenerovány pro výrobu ve formátu STEP. Dále byl vytvořen 2D výkres sestavy formy včetně řezu, kusovníku a výrobní dokumentace formy. Tato dokumentace je připravena k možnosti výroby kompletní vstřikovací formy. Dokumentace obsahuje:

- modely ve formátu STEP,
- kompletní sestavení formy ve 3D,
- 2D sestava s řezem,
- 2D výkresová dokumentace,
- kusovník vyráběných i nakupovaných dílů.

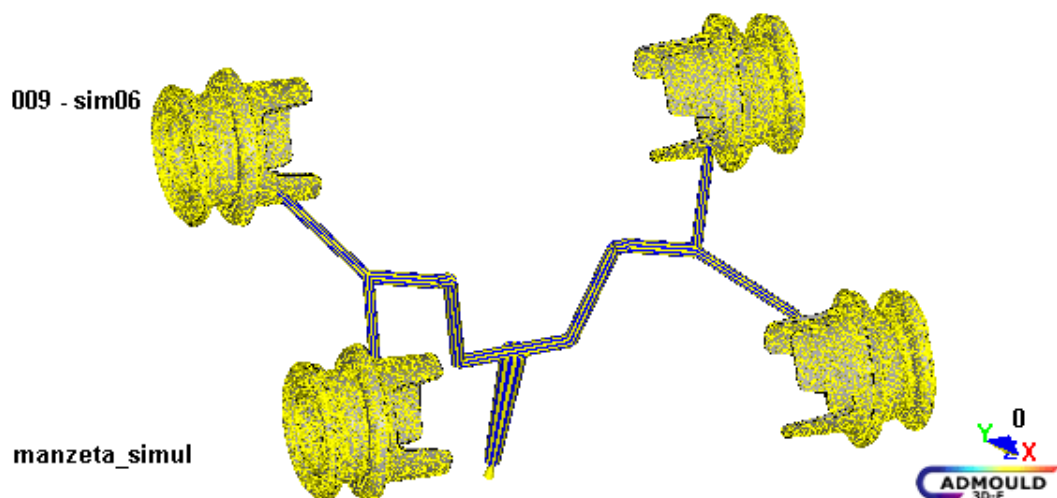
14 ANALÝZA VSTŘIKOVACÍHO PROCESU

Analýzy vstřikovacích procesů dnes již běžně využívají konstruktéři i technologové přípravy výroby při výrobě termoplastů. V dnešní době lze také využít těchto analýz v oblasti vstřikování kaučukových směsí za účelem zvýšení kvality a urychlení dodávky nových výrobků. Výsledkem by měla být vyšší ekonomická a finanční úspora vývojových a realizačních prostředků a díky tomu i nižší cena výrobků. Pro analýzu vstřikovacího procesu byl použit program Cadmould 3D-F Rubber.

14.1 Procesní podmínky

14.1.1 Příprava modelu

Model musí být před simulací připraven v CAD systému. Před zahájením práce je třeba vygenerovat soubor tohoto modelu ve formátu STL. Po načtení do programu Cadmould 3D-F Rubber, lze s tímto modelem začít pracovat. Byly zvoleny dané průřezy vtokového kanálu a vytvořen jeho model pomocí daných příkazů programu. Tento vtokový systém je napojen do všech čtyř výstřiků. Dále je vybrán druh použitého materiálu. U termoplastů je zadání snadné, každý materiál má popsány vlastnosti přímo od výrobce, ovšem u elastomerů je to složitější, každá směs je originál a výrobci si své receptury střeží a tají jejich složení. Je proto nutné pro danou směs provést měření ke zjištění potřebných vlastností materiálu. Dle daných vlastností pak nastavit procesní podmínky. Je zde také možné zadat parametry kvality vysíťování povrchu výstřiku a zobrazit si náhled (obrázek 36), toto nastavení kvality má vliv na přesnost a čas simulace a výpočtu.



Obr.36 Vysíťovaný model – Cadmould 3D-F Rubber

14.1.2 Procesní podmínky

Nastavení procesních podmínek je další důležitá část přípravy výpočtu a vychází z typu zvoleného materiálu NBR 60 ShA. Správným nastavením se lze vyvarovat některých vad výstřiku jako je například nedotečení taveniny, deformace výstřiku, studených spojů apod.

Tab.6 Procesní podmínky - nastavení

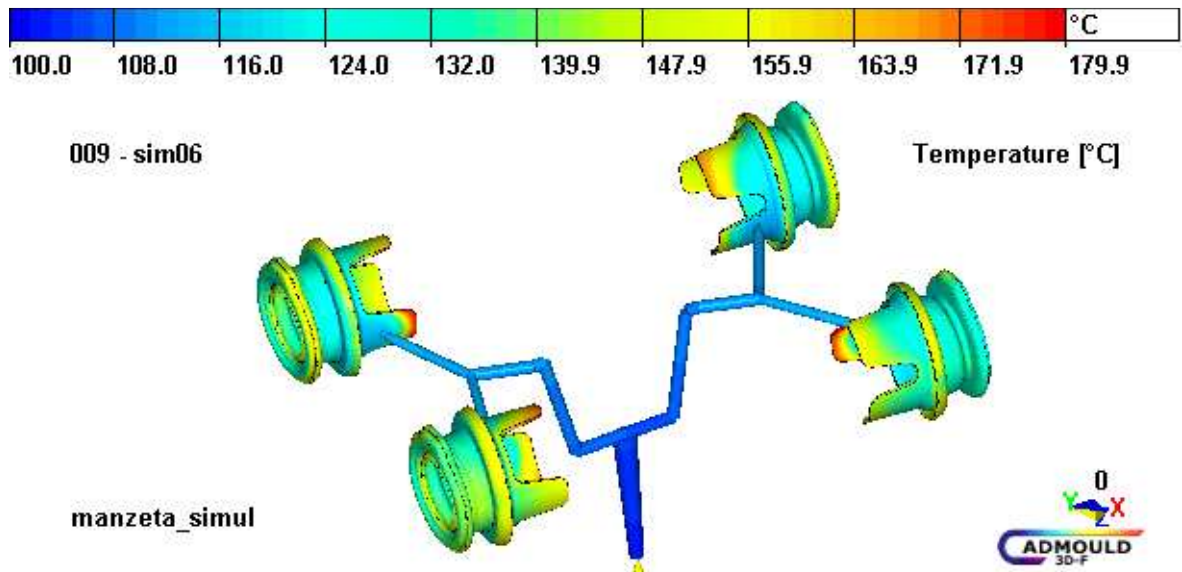
Procesní podmínky	Hodnota	Jednotka
Teplota povrchu formy	180	°C
Teplota taveniny	100	°C
Přepnutí na dotlak	99	%
Doba plnění	5	s
Doba ohřevu	600	s

14.2 Vyhodnocení analýz

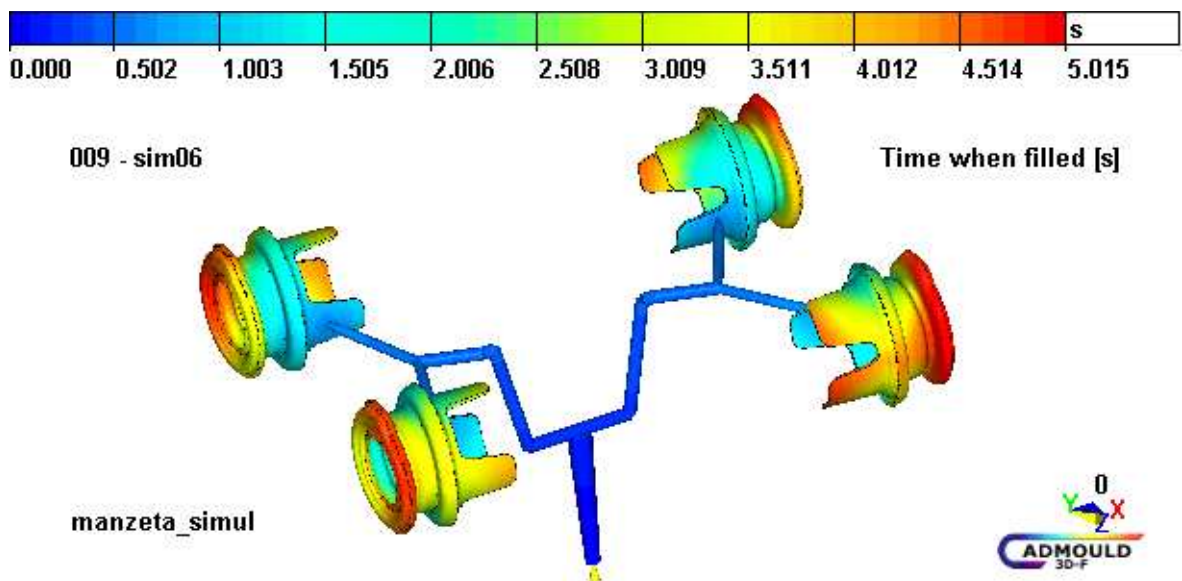
Po dokončení nastavení procesních podmínek lze přistoupit ke spuštění simulace. Tento proces, kdy probíhá výpočet, je současně doprovázen animací, kde je možno sledovat její celkový průběh. Časově se tento proces pohybuje od několika minut až po několik hodin, záleží na velikosti dílu, násobnosti formy a složitosti vtokové soustavy. Výsledky simulace, její souhrn výsledků, je možno využít pro generování všech dalších analýz vstřikovacího procesu, jako například plnění dutiny, průběh vulkanizace, teplotního pole atd.

14.2.1 Analýza plnění

Analýza zobrazuje plnění dutin formy kaučukovou směsí. Na obrázku 37 je znázorněno teplotní rozložení při plnění. Plnění probíhá postupně od vtoků až do plného zaplnění. Pokud by zůstala některá část nezaplňená (šedá), je třeba přistoupit ke změně procesních podmínek. Například zvýšení teploty (vstřikovacího tlaku) nebo prodloužit dobu plnění. Na obrázku 38 je znázorněn vývoj plnění v čase. Barevné spektrum naznačuje průběh tohoto plnění, červená barva jsou místa posledního zaplnění. Doba plnění odpovídá nastavené hodnotě 5s.



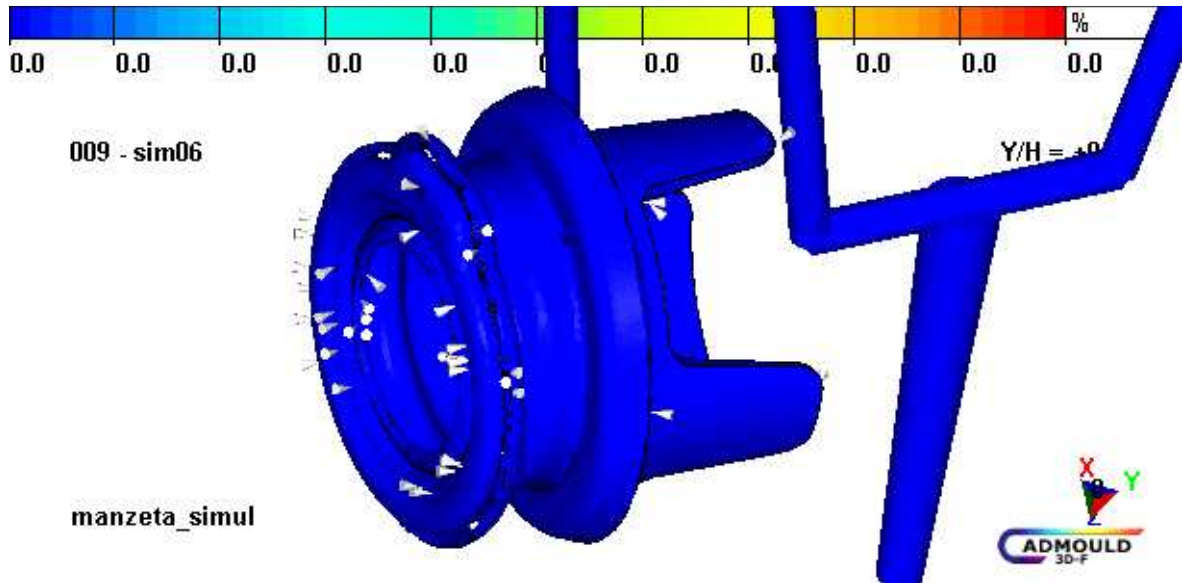
Obr.37 Průběh plnění



Obr.38 Čas plnění

14.2.2 Vzduchové kapsy

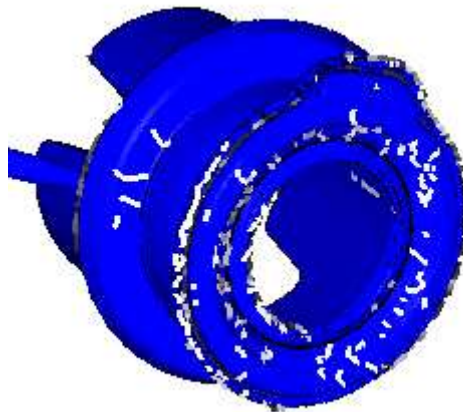
Analýza po vyvolání příkazu vzduchové kapsy, najde a označí bílými kužely na výrobku místa, u kterých je pravděpodobnost uzavření vzduchu. Vzduch je tlačěn před taveninou až do konečného místa, kde je uzavřen. Často to bývá naproti vtoku nebo mezi dvěma čely proudů taveniny. Na řešeném výrobku jsou také tato místa označena a řešením je v těchto místech zvolit dělicí rovinu, propojit drážku do dutiny k odvedení uzavřeného vzduchu a podobně. Samozřejmostí je funkční zapojení odvodu vzduchu z formy.



Obr.39 Označení vzduchových kapes

14.2.3 Studené spoje

Analýza po vyvolání příkazu studené spoje, najde a označí čarami místa výskytu. Jsou to prasklinky nebo slabá místa vytvořená spojením dvou nebo více tokových drah. Nelze je vždy úplně odstranit, ale je možné je přesunout do míst, která nejsou z hlediska funkčnosti a použitelnosti tak důležitá. Pokud to s ohledem na vysoké požadavky na konečný výrobek nejde, je nutné to řešit změnou procesních a technologických parametrů.

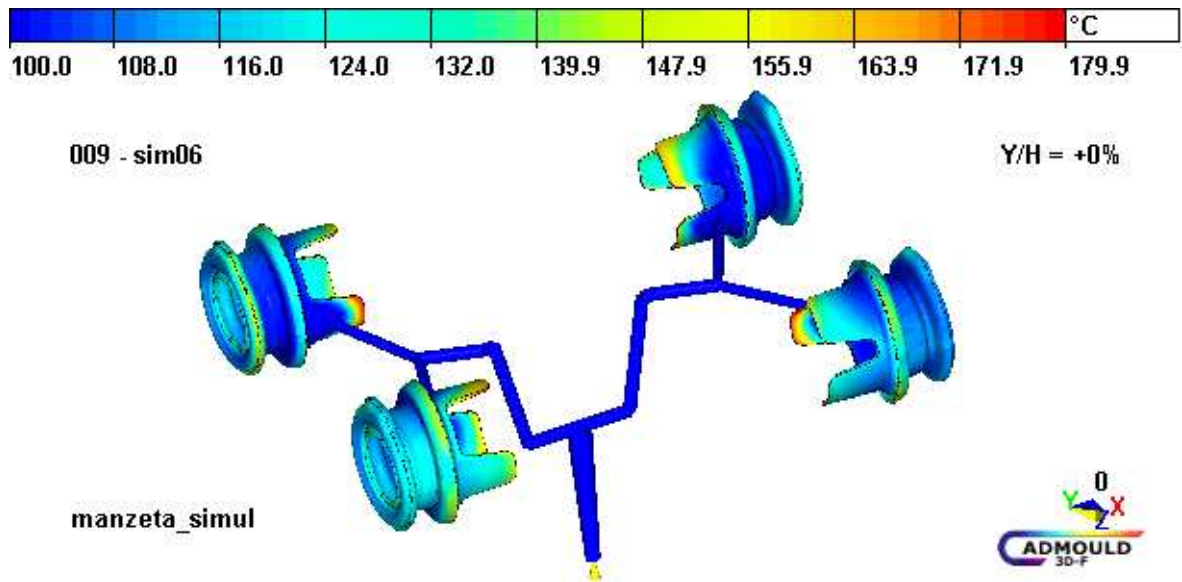


Obr.40 Označení studených spojů

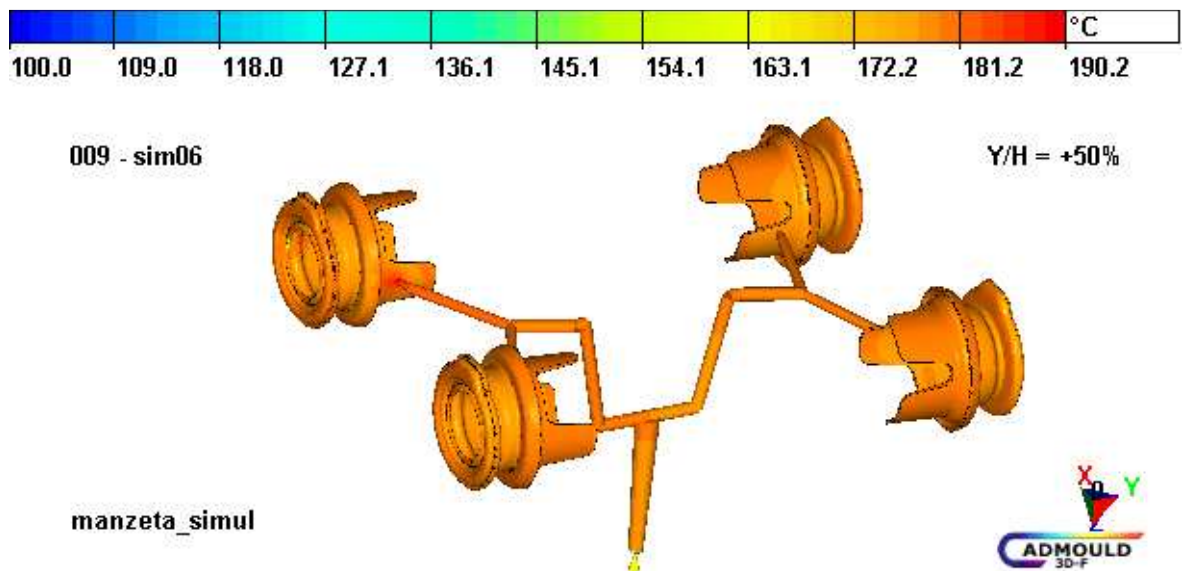
14.2.4 Teplotní pole

Analýza teplotního pole zobrazuje teplotu výtříků po ukončení plnění v čase 5s, kdy nastává ohřev na vulkanizační teplotu. Výpočet byl nastaven tak, že tloušťka výtříku je roz-

dělena na 21 vrstev. Analýza teplotního plnění proběhla ve střednicové vrstvě označené $Y/H = +0\%$ obrázek 39, která se nachází uprostřed výstřiku. Vnější vrstva na povrchu výstřiku je označena $Y/H = +50\%$ na obrázku 40. Z analýzy dále vyplývá, že v některých tenkých krajních místech výstřiku, které se rychleji prohřívají je již téměř dosaženo vulkanizační teploty 180°C .



Obr.41 Teplotní pole ve střední vrstvě

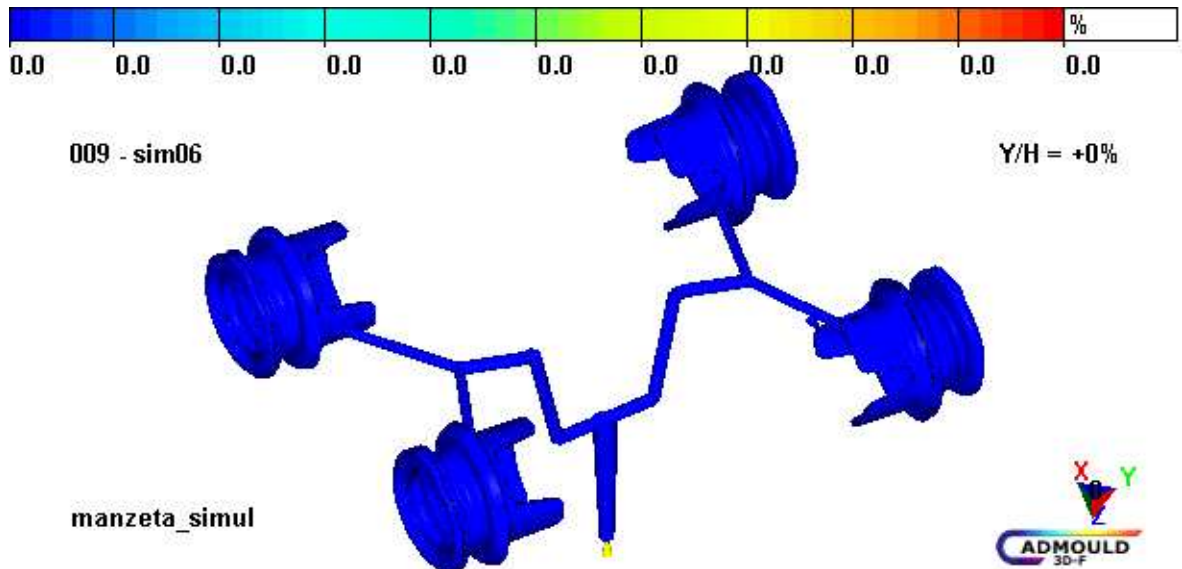


Obr.42 Teplotní pole v povrchové vrstvě

14.2.5 Průběh vulkanizace

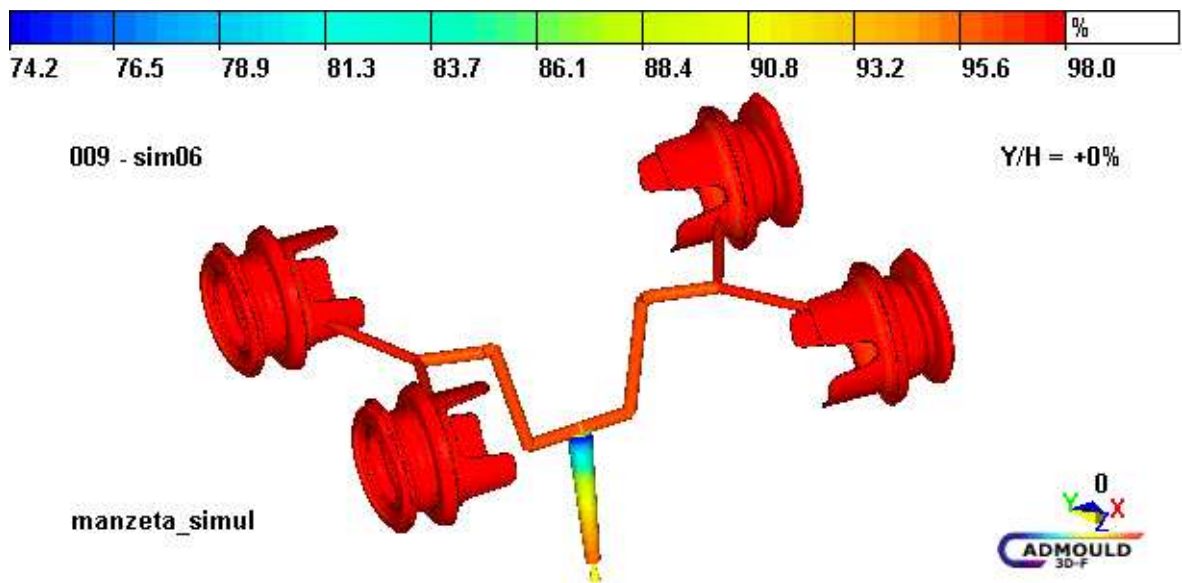
Tyto analýzy znázorňují výši procentuální vulkanizace v době ohřevu výstřiku. Všechny výsledky jsou zde proto počítány ze střednicových vrstev, kde dochází později ke změnám

struktury na rozdíl od povrchových ploch. Na obrázku 43 je znázorněn stav vulkanizace za čas 5s. Dosažená vulkanizace 0%, je z toho zřejmé, že nedochází ještě k vulkanizaci výstřiku v jeho středu.

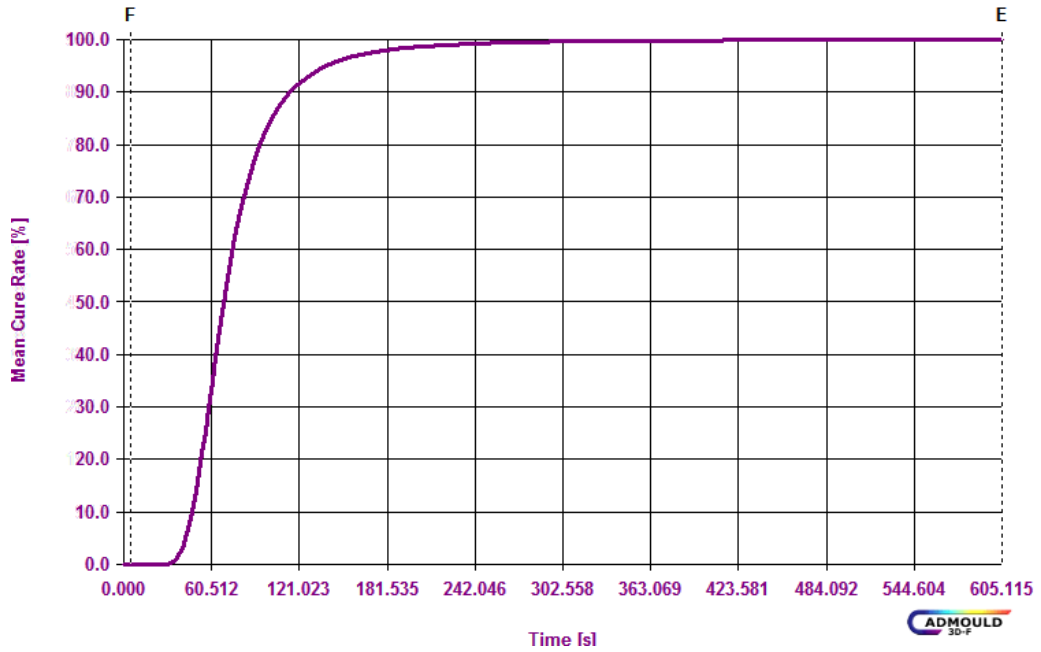


Obr.43 Průběh vulkanizace ve střední vrstvě v čase 5s

Zcela jiný je výsledek na obrázku 44, zde je stav vulkanizace kdy končí pracovní cyklus a vstřikovací stroj otevírá formu. Teplota je v celém výrobku ustálená na 180°C a dochází k vyjmutí výstřiků z formy. Vulkanizace dosahuje 98%.



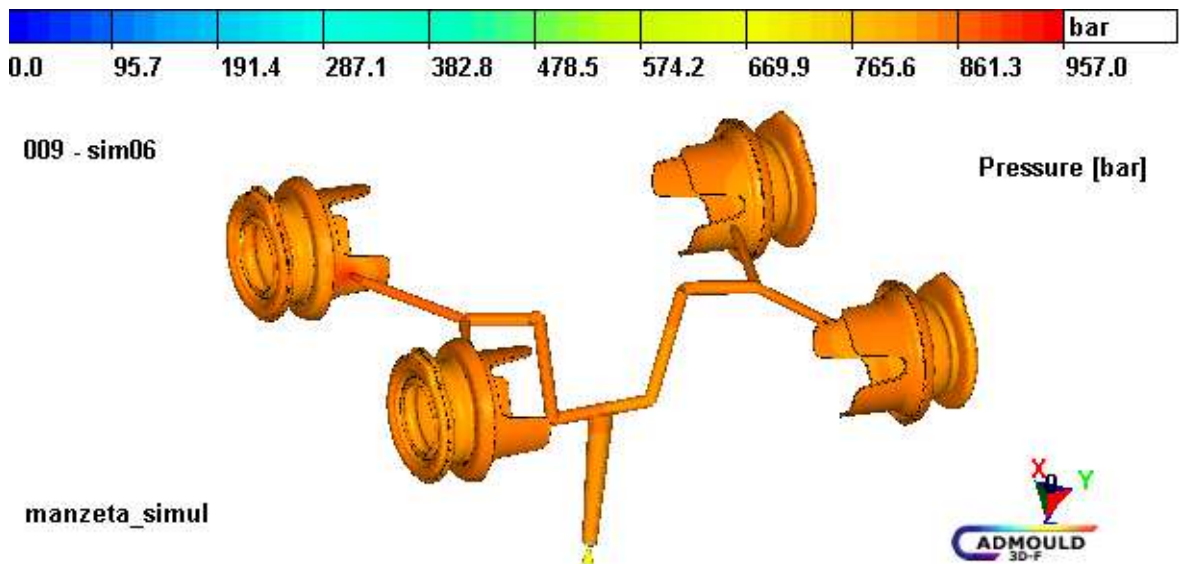
Obr.44 Průběh vulkanizace ve střední vrstvě



Obr.45 Graf - průběhu vulkanizace

14.2.6 Plnicí tlak

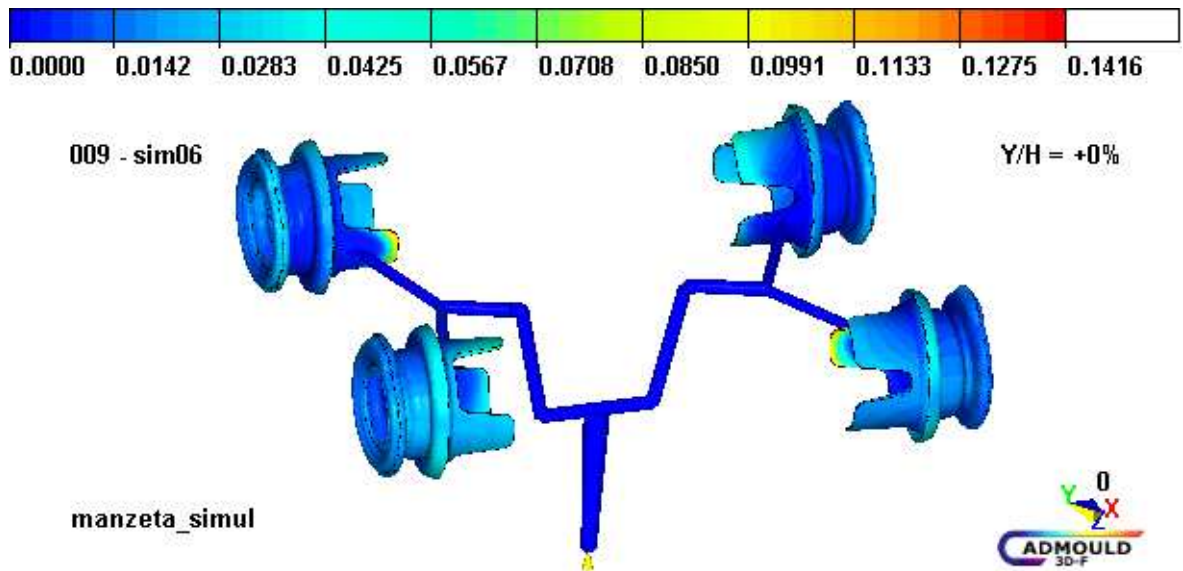
Z rozboru plnění dutin formy lze také stanovit plnicí tlak pro použitý případ na obrázku 46. Je to stav plnicího tlaku při naplnění dutin.



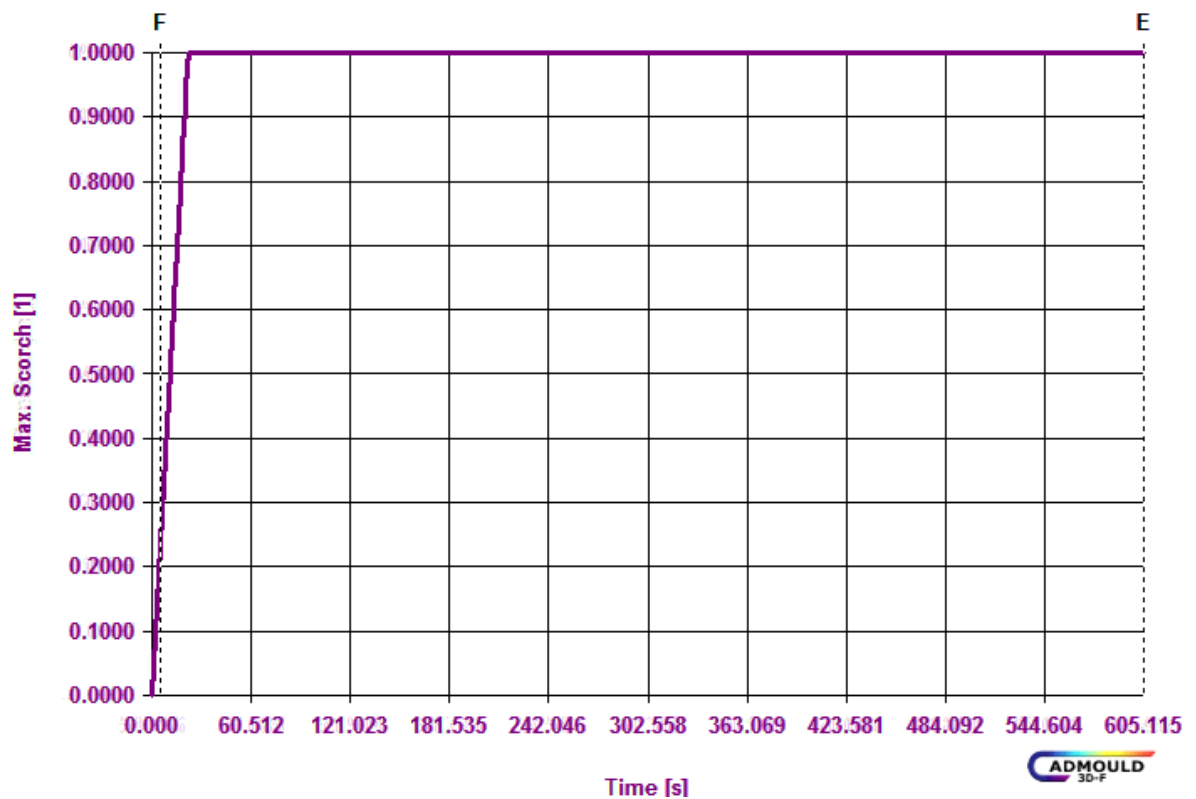
Obr.46 Plnicí tlak při naplnění dutin

14.2.7 Bezpečnost plnění

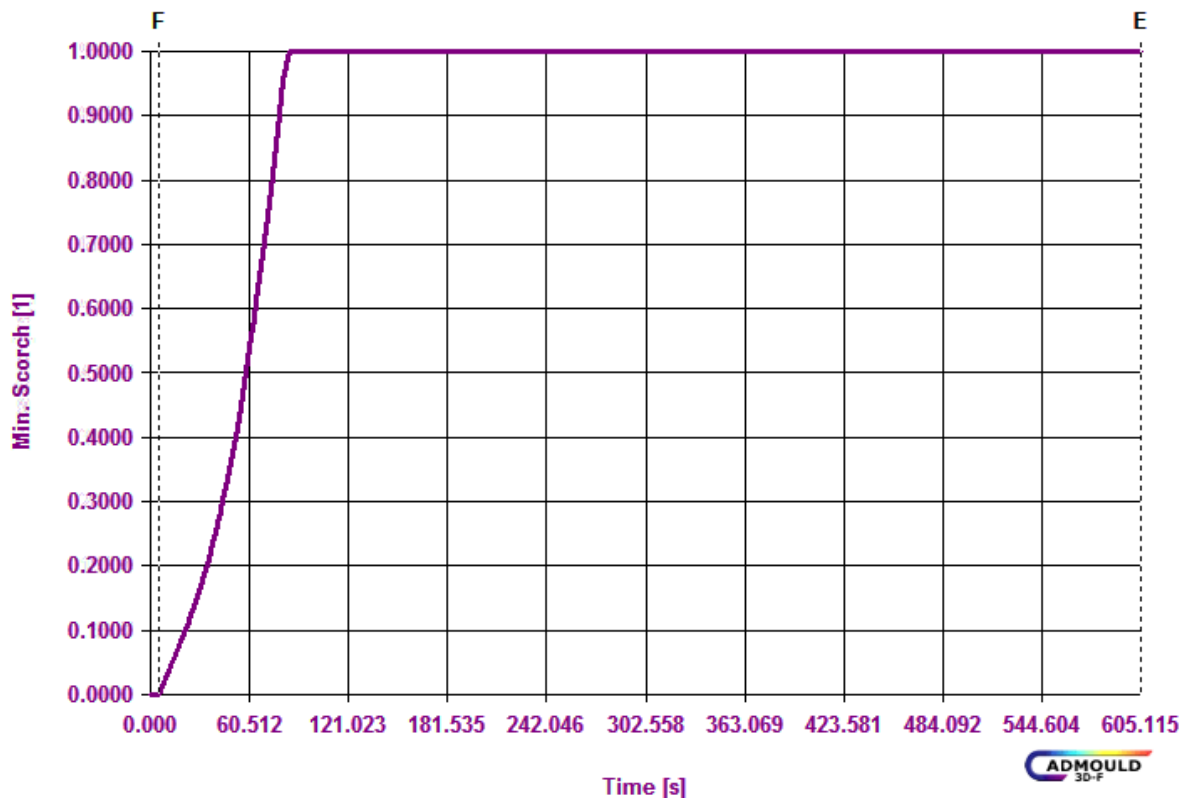
Bezpečnost plnění obrázků 47 vyjadřuje mimo jiné dobu, po kterou může být kaučuková směs plněna do tvarových dutin. Max. Scorch v grafu na obrázku 48 je maximální pokles bezpečnosti plnění formy ke konci doby plnění a min. Scorch je znázorněna v grafu na obrázku 49.



Obr.47 Bezpečnost plnění při naplnění dutin



Obr.48 Max. Scorch – časový vývoj bezpečnosti směsi



Obr.49 Min. Scorch – časový vývoj bezpečnosti směsi

15 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout vstříkovací formu na zadaný výrobek. Nejprve bylo nutno zvolit vstříkovací stroj na základě technologických poznatků a možností výrobce. Také s ohledem na funkčnost a velikost budoucí vstříkovací formy a v neposlední řadě dle požadavků na kvalitu a jakost výrobku.

Vzhledem k požadavkům na daný výrobní proces byla zvolena čtyřnásobná forma. Konstrukční návrh vycházel z dodržení všech znalostí z dané oblasti a byl vytvořen v programu Solid Edge ST6. Bylo zde nutné řešit kromě základního rozmístění tvarů také odformování jader při otevírání stroje z hlediska vyjímání výstříků. Konstrukce byla navržena pomocí šikmých výsuvných čepů tak, aby dělená jádra byla od sebe odsunuta do daných pozic z důvodu vytvoření prostoru pro vyjmutí výstříku. Byl navržen vtokový systém s vtokovým ústím do dutin a ostatní součásti formy.

Po dokončení konstrukce byla provedena simulace a následné analýzy vstříkovacího procesu v programu Cadmould 3D-F Rubber. Po nastavení procesních podmínek byly tyto analýzy postupně spuštěny a vyhodnoceny. Byly využity analýzy průběhu plnění, výskytu vzduchových kapes, studených spojů, teplotního pole, průběhu vulkanizace, plnicího tlaku a bezpečnosti plnění.

Na základě vyhodnocení výsledků těchto analýz byla potvrzena správnost konstrukce a byly také provedeny úpravy a doplnění v konstrukci vstříkovací formy. Například z výsledků vyplývá, že vtokový systém plní dutiny formy stejnoměrně a spolehlivě až do plného naplnění. Průběh vulkanizace je rovnoměrný a na konci pracovního cyklu při otevření je dosaženo 98% vulkanizace. V možných místech vzduchových kapes bylo zhotoveno propojení do dutiny formy a její odvzdušnění. Místo studených spojů je řešeno umístěním dělící roviny v kritické oblasti nebo blízko ní.

Bylo také konkrétně využito simulace a analýz k odstranění chyb, které by mohly vést ke zbytečným opravám, a tím i ke zvýšení nákladů a prodloužení času zahájení výroby po zhotovení vstříkovací formy.

ZÁVĚR

V úvodní části práce byla vypracována literární studie zaměřená na téma výroby a zpracování kaučukových směsí. Popis základních vlastností, technologie výroby, používaná strojní zařízení, teoretické zásady při konstrukci forem a materiály používané k jejich výrobě.

Praktická část byla zaměřena na návrh vstřikovací formy pro daný výrobek. Volba násobnosti formy, použitého materiálu dílu forem, zaformování tvarových částí a rozměrový návrh formy. Tento cíl byl splněn, konstrukce vstřikovací formy byla vyřešena a doložena výrobní dokumentací k případnému zahájení výroby formy.

Dále byly provedeny analýzy vstřikovacího procesu této formy. Výsledky ukázaly s ohledem na složitost výrobku možné nedostatky a možnosti vzniku vad při nástřiku materiálu. Těchto poznatků bylo využito a také byly zohledněny při samotné konstrukci formy. V práci bylo prakticky ověřeno, že použití programů, které nám umožní simulovat a analyzovat konkrétní výrobní proces vstřikování kaučukových materiálů před konkrétní výrobou je velmi přínosné. Tímto se lze vyhnout z větší části zbytečným opravám a úpravám forem a tak eliminovat vznik možných problémů ve fázi návrhu a konstrukce v konstrukční kanceláři a ne až při zkoušení již zhotovené formy ve výrobě. Zkracuje se tím čas dosažení výroby konkrétních výrobků pro zákazníka a hlavně je zde možná značná úspora nákladů a zvýšení ekonomičnosti a efektivity výrobního procesu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DVOŘÁK, Z. a JAVOŘÍK, J. *Konstrukce výrobků: Konstrukční materiály elastomerní a formy pro jejich výrobu*. Zlín: Ústav výrobního inženýrství, Fakulta technologická, UTB, 2011.
- [2] DVOŘÁK, Z. *Nástroje pro zpracování polymerů, vulkanizační formy*. Zlín: Ústav výrobního inženýrství, Fakulta technologická, UTB, 2013.
- [3] DVOŘÁK, Z. *Základy výrobních procesů: Konstrukce gumárenských výrobků a forem pro jejich výrobu*. Zlín: Ústav výrobního inženýrství, Fakulta technologická, UTB, 2007.
- [4] DUCHÁČEK, V., HRDLIČKA, Z. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. 4.přepřac. vyd. Praha: [s.n.] 2009, 200 s. ISBN 80-7080-325-5.
- [5] FRANTA, I. a kol. *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*. 2.vyd. Praha: SNTL, 1969.
- [6] DUCHÁČEK, V. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přepřac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 278 s. ISBN 80-708-0617-6.
- [7] TOMIS, F. a RULÍK, F. *Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Vysoké učení technické v Brně: Nakladatelství technické literatury Praha, 1981. ISBN 05-105-81.
- [8] MAŇAS, M. a HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006. ISBN 80-214-0213-X.
- [9] TOMIS, F. a HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985.
- [10] HOLUB, J. *Pryž jako konstrukční materiál VII*. Praha: SNTL, 1967.
- [11] MLEŽIVA, J. *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 1. vyd. Praha: Sobotáles, 1993, 525 s. ISBN 80-901-5704-1.
- [12] KOVAŘÍK, A. *Konstrukce výrobků z technické pryže*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1962.
- [13] STANĚK, M., GABRIEL, J. *Vstřikování plastů – simulace procesu a vstupní data pro simulaci s využitím softwaru Cadmould Rubber*. Mezinárodní Gumárenské Sympozium. 2007. č. 11. 9s.

- [14] STANĚK, M., WILCZYNSKI, O., ŠANDA, Š., GABRIEL, J. *Cadmould – užitečný nástroj pro konstrukci dílů z plastů a pryže*. Mezinárodní nástrojařská konference VII, ITC, 2009
- [15] GABRIEL, J., STANĚK, M., WILCZYNSKI, O., ŠANDA, Š. *Vstřikování plastů – simulace procesu a vstupní data pro simulaci s využitím softwaru Cadmould Rubber*. International Rubber Symposium – IRS'07, 11. – 12.9.2007, Zlín, p.1-9, ISBN 978-80-7318-594-7
- [16] PAVLÍČEK, J. *Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu pryžového dílu*, 2013. 71s., Bakalářská práce.
- [17] SOMMER, J.G. *Elastomer molding technology a comprehensive and unified approach to materials, methods, and mold design for elastomers*. Hudson, OH: Elastech, 2003, vi, 471 p. ISBN 09-723-0910-1.
- [18] DAVEY, A.B., PAYNE, A.R. *Rubber in Engineering Practice*. London, Maccleren & sons Ltd., 1966. 501 s.
- [19] GLANVILL, A. B. a DENTON, E. N. *Injection-Mould Design Fundamentals*. Brighton (Velká Británie): Machinery Publishing Co, 641963, 147 s.
- [20] KAZMER, D. *Injection mold design engineering*. Munich: Hanser Publishers, c2007, xx, 423 s. ISBN 9783446412668.
- [21] AVERY, J. *Injection molding alternatives: a guide for designers and product engineers*. Munich: Hanser, 1998, xiv, 331 p. ISBN 1569902518.
- [22] FUH, J. *Computer-aided injection mold design and manufacture*. New York: Marcel Dekker, 2004, xv, 372 s. ISBN 0824753143.
- [23] CHATHAM, N.J. *Injection moulding international*. Abby Communications, c1996-. ISSN 10914323. Bimonthly.
- [24] HARPER, CH. A. *Handbook of plastics and elastomers*. New York: McGraw-Hill, 1975, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 0070266816.
- [25] LEINVEBER, J. a VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- CAD Computer Aided Design – počítačem podporované projektování.
- CAE Computer Aided Engineering – počítačem podporované inženýrství.
- CAM Computer Aided Manufacturing – počítačem podporovaná výroba.
- ST6 Synchronní technologie verze 6.
- T_g Teplota skelného přechodu [$^{\circ}\text{C}$].
- 3D Trojrozměrný prostor.
- 2D Dvourozměrný prostor.
- HRC Stupnice tvrdosti dle Rockwella.
- ShA Stupnice tvrdosti typu A dle Shoreho.
- NBR Akrilonitril-butadienový kaučuk
- ČSN Česká technická norma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 Rozdělení polymerů[1]	13
Obr.2 Vulkanizační křivka[5]	18
Obr.3 Tahová křivka[5]	26
Obr.4 Princip lisování[3]	28
Obr.5 Princip přetlačování[3]	30
Obr.6 Princip vstřikování[1]	32
Obr.7 Vstřikovací cyklus[3]	33
Obr.8 Řez vytlačovací hubicí[1]	34
Obr.9 Pístový vstřikovací stroj[4].....	35
Obr.10 Šnekový vstřikovací stroj[4].....	36
Obr.11 Vstřikovací stroj s předplastikací[4].....	37
Obr.12 Příklad formy pro vstřikování kaučuku[2]	38
Obr.13 Druhy vtokových kanálků[2]	40
Obr.14 Příklad umístění ústí vtoku[2]	42
Obr.15 Mechanické vyhazování[2].....	44
Obr.16 Vyhazování pomocí stírací desky [2]	44
Obr.17 Odvzdušnění dutiny formy[2]	45
Obr.18 Vstřikovaný díl	53
Obr.19 Vstřikovací stroj Desma 966.215	55
Obr.20 Desma 966.215 – upínací rozměry	57
Obr.21 Výkres výrobku	58
Obr.22 Rozložení tvarových dutin formy	60
Obr.23 Dělicí rovina výrobku	60
Obr.24 Vtokový systém formy	61
Obr.25 Vtoková vložka.....	62
Obr.26 Rozvod vakuových kanálků.....	63
Obr.27 Místo propojení vakuování	63
Obr.28 Použité středící prvky	64
Obr.29 Horní střední díl rámu s výstřiky	65
Obr.30 Sestava vstřikovací formy	66
Obr.31 Spodní část formy	66
Obr.32 Střední spodní rám.....	67

Obr.33 Střední horní rám	67
Obr.34 Horní část formy	68
Obr.35 Sestava rozevřené vstřikovací formy.....	68
Obr.36 Vysíťovaný model – Cadmould 3D-F Rubber	70
Obr.37 Průběh plnění	72
Obr.38 Čas plnění	72
Obr.39 Označení vzduchových kapes.....	73
Obr.40 Označení studených spojů	73
Obr.41 Teplotní pole ve střední vrstvě	74
Obr.42 Teplotní pole v povrchové vrstvě	74
Obr.43 Průběh vulkanizace ve střední vrstvě v čase 5s.....	75
Obr.44 Průběh vulkanizace ve střední vrstvě	75
Obr.45 Graf - průběhu vulkanizace	76
Obr.46 Plnicí tlak při naplnění dutin	76
Obr.47 Bezpečnost pnění při naplnění dutin	77
Obr.48 Max. Scorch – časový vývoj bezpečnosti směsi.....	77
Obr.49 Min. Scorch – časový vývoj bezpečnosti směsi	78

SEZNAM TABULEK

Tab.1 Teploty skelného přechodu běžných kaučuků.....	16
Tab.2 Orientační hodnoty pro vstřikování elastomerních směsí (kaučuků).....	33
Tab.3 Evropské ekvivalenty vybraných ocelí.....	48
Tab.4 Vlastnosti směsi 1147/1.....	54
Tab.5 Desma 966.215 – základní parametry.....	56
Tab.6 Procesní podmínky - nastavení.....	71

SEZNAM PŘÍLOH

PI: Výkres výrobku.

PII: Materiálový list.

PIII: Výrobní předpis.

PIV: Technické parametry stroje.

PV: Technické parametry stroje.

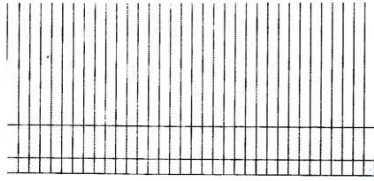
PVI: Výkresová dokumentace obsah:

- 2D výkres sestavy formy s řezem a kusovníkem.

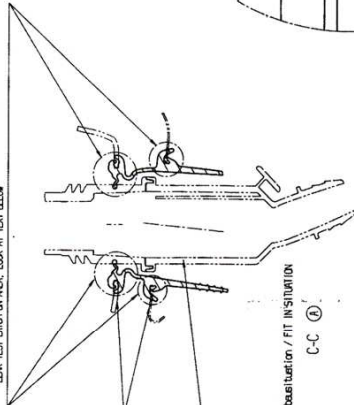
PVII: CD disk obsah:

- 3D modely dílů,
- 3D model sestavy formy,
- 2D výkres sestavy formy s řezem a kusovníkem,
- 2D kompletní výkresová dokumentace
- textová část diplomové práce.

PŘÍLOHA PI: VÝKRES VÝROBKU



** Dichtheitsprüfung Einknopfbereich Unifid, siehe Text unten
LEAK TEST LATCH ON AREA, LOOK AT TEXT BELOW

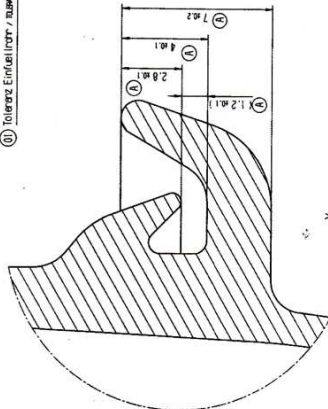


① Toleranzbereich / tolerance max. 0,15mm

② Toleranz Einknopf / tolerance pin: 0,3mm

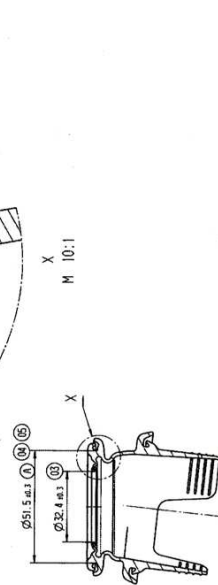
Einknopfsituation / FIT INSITUATION

C-C (X)

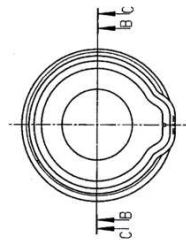


Y
M 10:1

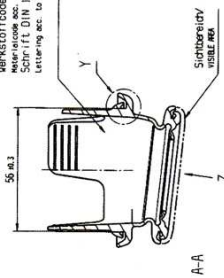
Konstruktions-
notizen:
Anfertigen nach GS 91002-83
Toleranz acc. to GS 91002-83
Für Details siehe GS 91001-83
Herstellerteilnummer 02 1 2634A
Lieferumfang: 2x 103MA
Herstellerteilnummer GS 91003
Anfertigung acc. to GS 91003
Schrift DIN 1451 - H1, 0.3 erhaben
Lettering acc. to DIN 1451, 0.3 embossed



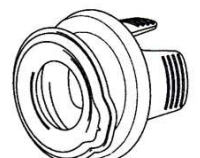
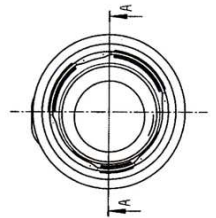
B-B



Ansicht Z



A-A



PŘÍLOHA P II: MATERIÁLOVÝ LIST



MATERIÁLOVÝ LIST				
Číslo směsi 1447/1F č. 686 972		Norma : GS 91003		Datum vypracování :
ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI :		DOSAŽENÉ		DLE NORMY
Tvrdość	(IRHD/ShA)	67 ShA/ 68 IRHD		65 +5/-5 ShA IRHD
Pevnosť	(MPa)	12		min.10,0 (MPa)
Tažnosť	(%)	420		min. 250 (%)
Trvalá deformace	(%)	34,6		max.50 (%)
TEPELNÉ STÁRNUTÍ		DOSAŽENÉ		ZMĚNA DLE NORMY
(72hodin/100°C)				
Změna tvrdosti	(IRHD/ShA)	---		± 15IRHD
Změna pevnosti	(%)	---		± 30%
Změna tažnosti	(%)	---		-50%
MEZ TEPLoty KŘEHNUTÍ		DOSAŽENÉ		DLE NORMY
		----		min.-30 °C
BOBTNANÍ ASTM - 3 (změna V)		DOSAŽENÉ		DLE NORMY
%		----		max. --- %
ELASTOMER		NBR/PVC		
DOSAŽENÉ				
MODUL	100% (MPa)	-----		
	200% (MPa)	6,9		
	300% (MPa)	9,5		
HUSTOTA	g/cm ³	1,31		
MOONEY				
bezpečnosť	minut	4,8		
viskozita	°ML	23		
MONSANTO	°C	T2 =	minut	T90 = minut
SPECIÁLNÍ VLASTNOSTI :				
Označení	Název	dle normy		dosažené hodnoty
G	Strukturální pevnost bez zářezu(kN/m ²)	ČSN 62 1459		37,8
G	Strukturální pevnost se zářezem(kN/m ²)	ČSN 62 1459		21,5
R	Elasticita (%)	ČSN 62 1480		15,9
	odolnosť proti odírání			234,4 mm ³
	Stárnutí ASTM-3 100°C/ 72 hod.			
	změna objemu			-----
	Malé osmičky			
	tvrdost			69 IRHD /67 ShA
	pevnost			11,7 Mpa
	tažnosť			443%
VYPRACOVAL :		<i>[Signature]</i>		SCHVÁLIL :

PŘÍLOHA P III: VÝROBNÍ PŘEDPIS

Výrobní předpis

Kód výrobku: 237344

Strana 1 z 2 verze:01

Kód výrobku: 237344	- 0	Název: Hrdlo palivové nádrže
Zakl.V 0		Číslo výkresu/použití
CJK 112991490		Hmotnost: 42,500 g
Vyprac.		Měrná hmotnost 1,32000 g/cm3
C.MKT 1181,11		Procento vadných: 5,00
Středisko: 130		Datum aktualizace: 29.04.2015
Sum.skupina/směs/zakazník FIN/ Směs 1447/1 F		

Technické parametry

Sortiment	237344		Typ lisu	DESMA 966.215	
ČJK	112991490		Počet otisků:	4,00	Zdvih 620,00
Směs	1447/1 F				
Forma/hub	01	Vys. ANO			
Čas vulkanizace	170,00 +/-	30,00	T.komora	60,00 +/-	5,00
Tep. formy horní	180,00 +/-	5,00	T.šnek	60,00 +/-	5,00
Tep.formy dolní	180,00 +/-	5,00	T.hubice	60,00 +/-	5,00
Uzavírací tlak	2 500,00 +/-	100,00	Čas zpož. pln.	120,00 +/-	2,00
Vstříkovací tlak	100,00 +/-	20,00	Cyklus	230,00 +/-	30,00
Čas nástřiku	12,00 +/-	5,00	Pracovní takt	0,00 +/-	0,00
Zmetky celkem	5,00		T kv kotel	0,00 +/-	0,00
	0,00		Rychlost	0,00 +/-	0,00
	0,00		Parametr A	0,00 +/-	0,00
	0,00		Parametr B	0,00 +/-	0,00

Poznámka: Objem cca 32. Vakuování ANO. Obsluha lisu : 1 pracovník = 1 lis.

Technologický popis

KOD výrobku : 237 344 - ČJK 112 99 149 0

Č.vykr.formy		Pocet otisku		4
Hmotnost formy		Pocet jader		4 - součást formy
Majitel formy		Pocet druhu vyr.		1
Pocet dilu		Studený kanal		NE
Povrch. uprava		Datumovka		ANO x , NE -

Cistení forem :

Zarizení NORBLAST - plastovym mediem - 1x tydne horní a spodní díl formy.
 Montaz a demontaz formy pri cistení.
 Po očistění nastříkat na všechny kluzné plochy LUBRIKANTEM.
 Pri manipulaci s demontovanou formou POZOR na poskození jader.

Material - smes : 1447/1 F , Nakup|-| , Merna hmotnost 1,32 g/cm3

Příprava nálože : ČJK 112 99 149 0 , KOD 737 344

Vytlačování šňůry, 6 proudů přes hubici číslo 3 (průměr děr 12,3 mm).

Výrobní předpis

Kód výrobku: 237344

Strana 2 z 2 verze:01

Vytlačovací stroj zásobovat směsí.

Tvar nálože je dán hubicí, přes kterou je směs vytlačována.

Nálože z vytlačovacího stroje chladit a separovat přes suspenzi DUSEPA 0 v dopravníkové chladiče.

Vychlazené nálože vypadávají do nepoškozených čistých plastových přepravek 357 511 o hmotnosti maximálně do 13 kg.

Pracovník vyplní průvodky nálože a vloží je do každé přepravní jednotky 357 511.

Na paletu prostou ukládat přepravky zásadně jednoho druhu zboží maximálně 6 vrstev.

V průběhu přípravy nálože pracovník provede kontrolu kvality dle Kontrolního a pracovního postupu 5,6/index změny - bez záznamu.

Rozměr nálože (mm): šňůra pr. 12 - 16 mm

Hmotnost nálože (g): 64,5 g +- 7% včetně odstříknutí na Z/K směny.

Hmotnost vylisku : 42,5 g

|Kontrola náloží dle Plánu kontroly a řízení výrobku ČJK 112 99 149 0. |x|

Lisování :

Obsluha : 1 pracovník = 1 lis DESMA 966.215

Po otevření lisu vysunout střední díl = rám s jádrem.

Vtokovou soustavu pomocí vzduchové hubice ručně stáhnout výrobky z jader.

Výlisky pokládat na pracovní stůl.

Očistit formu od přetoků a zasunout rám s jádrem zpět do pracovní polohy.

Zmáčknout tlačítko START a kontrolovat zajetí formy do čepů.

V průběhu vulkanizace provádí lisař opracování - odtržení přetoků na výrobku.

Výrobky chladí na pracovním stole minimálně 3 pracovní cykly.

Vychlazené výlisky ukládá do zelených přepravek 357 523 po 80 kusech.

Kontrola lisař :

|Vzhledová kontrola dle Srovnávacích vzorků výrobku ČJK 112 99 149 0. |x|

|100% kontrola dle Plánu kontroly a řízení výrobku ČJK 112 99 149 0 |x|
pro lisování a opracování.

Kontrola MOK :

|Kontrola dle Plánu kontroly a řízení výrobku ČJK 112 99 149 0 pro MOK. |x|

|Měření teplot na kontrolním bodu s označením [] na H a S dílu formy. |x|

Opracování : |Mrazení|- |Nůžky|x |Vyhr. nůž|- |Vysek|- |Odtržení|- |ostat.|- |

Opatrně nůžkami protrhnout 2x blanku v dělicí rovině.

Kontrola u opracování :

|Vzhledová kontrola dle Srovnávacích vzorků výrobku ČJK 112 99 149 0. |x|

|100% kusová kontrola dle Plánu kontroly a řízení výrobku ČJK 112 99 149 0|x|
pro výstupní kontrolu.

PŘÍLOHA P IV: TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE

Technische Daten

Maschinentyp D 966 G	D 966.107		D 966.110		D 966.115		D 966.120		D 966.215		D 966.220		D 966.224		D 966.232		
	ZU / ZO*				ZU / ZO / T*				ZU / ZO / T*								
Schließeinheit																	
Schließkraft	[kN]	1600								2500							
Werkzeugöffnungshub, min. / max.	[mm]	340...550								400...650							
Werkzeugeinbauhöhe, max. / min.	[mm]	372...162								452...202							
Plattenabstand	[mm]	712								852							
Druckkissenhub	[mm]	20								20							
Werkzeugeinbauhöhe mit Schiebetisch max. / min.	[mm]	332...122								412...162							
Plattenabstand mit Schiebetisch	[mm]	672								812							
Säulenabstand	[mm]	570 x 410								680 x 510							
Heizplatten, serienmäßig	[mm]	450 x 510								560 x 630							
Verlängerte Heizplatten / vergrößerte Heizplatten (gegen Aufpreis)	[mm]	450 x 630 / 560 x 630								560 x 780 / 670 x 780							
Heizplattenleistung	serienmäßig	[kW]	2 x 4,5								2 x 8						
	verlängert	[kW]	2 x 5,5								2 x 8						
	vergrößert	[kW]	2 x 8								2 x 10,5						
Spritzeinheit																	
Schneckendurchmesser	[mm]	45				45				45				55			
Schneckendrehzahl	[min ⁻¹]	20-180				20-180				20-180				20-180			
Schneckenantrieb	[kW]	22				22				22				22			
Plastifizierleistung, max.	[cm ³ /S]	30				30				30				35			
Spritzkolbendurchmesser	[mm]	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75
Spritzkolbenhub	[mm]	230				460				460				730			
Einspritzvolumen	[cm ³]	760	1000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	2400	3200	2400	3200	2400	3200	2400	3200
Einspritzdruck	[bar]	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500
Einspritzgeschwindigkeit, rechn.	[cm ³ /s]	115	165	115	165	115	165	115	165	115	165	115	165	115	165	115	165
Drehmoment	[da Nm]	120				120				120				120			
Einstellbereich der Einspritzhöhe bei der T-Maschine (Trennebenen-Einspritzung), gemessen von OK unterer Aufspannplatte	[mm]	-				60-390				60-390							
Allgemeine Daten																	
Anschlußwert/Heizungen	[kW]	17								24							
Anschlußwert/Motoren	[kW]	16,5								23,5							
Kühlwasserbedarf bei 15°C und einem Wasserdruck von 2,5 bar	[l/min]	12								12							
Maschinenmaße: Breite	[mm]	1.150								1500							
Länge	[mm]	2500				2700 (ZU/ZO) 3500 (T)				2800 (ZU/ZO) 3600 (T)				3600 (ZU/ZO) 4200 (T)			
Höhe	[mm]	3000								3200							
Gesamtgewicht	[kg]	6200								7580							

* ZU = Einspritzung von unten ZO = Einspritzung von oben T = Trennebenen-Einspritzung

Konstruktionsänderungen vorbehalten!



Spritzgießtechnik — auf Erfolg programmiert

KLÖCKNER FERROMATIK DESMA · Werk Achim

D-2807 Achim (BRD) · Desmastraße 3/5 · Telefon (0 42 02) 50-0 · Telex 249 431 desm d · Telefax (0 42 02) 50 210

PŘÍLOHA P V: TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE



		F 160 G	D 966.050 ZU	D 966.050 ZO	D 966.080 ZU	D 966.080 ZO	D 966.100 ZU	D 966.200 ZO	D 966.200 T													
Kolbeninjektions-Spritzgießmaschinen mit Schneckenvorplastifizierung																						
Maschinenbezeichnung		F 60 G	F 160 G	F 250 G	966.052	966.053	966.054	966.083	966.084	966.087	966.0810	966.107	966.110	966.115	966.120	966.215	966.220	966.224	966.232	966.415	966.420	966.420
Schließeinheit (FA)		Horizontal			Vertikal			Vertikal			Vertikal			Vertikal			Vertikal			Vertikal		
Bauart		Horizontal			Vertikal			Vertikal			Vertikal			Vertikal			Vertikal			Vertikal		
Anzahl der Säulen		4			4			4			4			4			4			4		
Schließkraft	kN	600	1600	2500	500			800			1600			2500			4000			6000		
Werkzeugöffnungsweg max./min	mm	350	550	750	350			400			550-340			650-400			800-300			1000-200		
Werkzeugeinbauhöhe min./max.	mm	200	300	400	82			102			162-372			202-452			252-502			302-552		
Werkzeugeinbauhöhe min./max. mit Schiebetisch	mm	—	—	—	—			62			122-332			162-412			202-412			252-462		
Heizplattenabstand, max.	mm	550	850	1150	432			502			712			852			1052			1252		
Heizplattenabstand, max. mit Schiebetisch	mm	—	—	—	—			462			672			812			1012			1212		
lichter Säulenabstand (BxT) ⁽³⁾	mm	320x320	450x450	630x630	345x255			310 x 420			410x570			510x680			610x800			710x950		
Heizplattengröße (B x T) ⁽³⁾	mm	300x400	400x510	580x800	250x280 (320x400)			400 x 320 (500 x 400)			510x450 (630x560)			630x560 (780x670)			750x670 (900x800)			850x750 (1000x900)		
Werkzeugfläche min. (B x T) ⁽³⁾	mm	—	—	—	150x180			250x300			360x320			450x400			550x500			650x600		
Heizplatten-Heizleistung	kW	—	—	—	2x2 (2x3)			2x3 (2x5)			2x4,5 (2x8)			2x8 (2x10,5)			2x12 (2x15)			2x15 (2x20)		
Werkzeugaufreißkraft	kN	—	—	—	50			65			68			100			120			150		
Werkzeugöffnungskraft	kN	—	—	—	23			30			35			55			65			80		
Werkzeugzufuhrkraft	kN	—	—	—	27			34			33			60			70			85		
Schließzylinderhub, max.	mm	—	—	—	350			400			20 (50)			20 (50)			20 (50)			20 (50)		
Spritzeinheit (PSA)																						
Schneekendurchmesser	mm	40	45	55	30			30			45			45			45			55		
Schneckenlängenverhältnis	L/D	12	10	9	12			12			10			10			9			10		
Spritzkolbendurchmesser	mm	—	65/75	65/75	45	55	65	55	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75
Spritzkolbenhub	mm	—	230	460	140			140			230			230			460			460		
Hubvolumen, rechn.	cm ³	113	1000	2000	220	330	460	330	460	760	1000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	2400	3200	1500	2000	2400
Einspritzdruck	bar	1530	1500	2000	3000	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000	1500	2000
Plastifizierleistung, rechn.	cm ³ /s	—	18	24	12			12			18			18			24			24		
Einspritzstrom, max.	cm ³ /s	—	165	165	40	57	40	57	115	165	115	165	115	165	115	165	115	165	115	165	115	165
Schneckenrehzahl	min ⁻¹	400	20-180	20-180	20-180			20-180			20-180			20-180			20-180			20-180		
Schneckenrehmoment, max.	daNm	33,5	120	120	40			40			120			120			120			120		
Installierte Heizleistung	kW	8	2 x 4	2 x 4	4			4			2 x 4			2 x 4			2 x 4			2 x 4		
Anzahl der Temperierzonen		2	2	2	1			1			2			2			2			2		
Düsenanpreßkraft	kN	67	46	73	48			48			53			53			53			53		
Einspritzart: T / ZO / ZU ⁽¹⁾		Zentral			ZO / ZU			ZO / ZU			T			ZO / ZU			ZO / ZU / T			ZO / ZU / T		
Höhenverstellung PSA ⁽²⁾	mm	—	—	—	—			—			—			60-390			60-390			—		
Streifenabmessung, max.	mm	—	—	—	30 x 5			30 x 5			40 x 8			40 x 8			55 x 8			55 x 8		
Allgemeine Daten																						
Gesamtanschlußwert Heizungen	kW	8	8	8	8 (10)			10 (13)			18 (24)			24 (32)			36 (52)			—		
Gesamtanschlußwert, Antrieb	kW	15	22	30	8,5			8,5			16,5			23,5			39			—		
Betriebsdruck, Hydraulik,	bar	160	160	160	175			175			175			175			—			—		
Abmessungen. (L x B x H) ca.	mm	—	5400x1500	7000x1700	1650x1300 x2860			1750x2000 x2950			2500x1150 x3000			2700 (3500) x1150x3000			2800 (3600) x1500x3200			3500 (4200) x1500x3200		
Gewicht ca.	kg	—	5600	13000	2200			2700			6200			7300			7500			—		

⁽¹⁾ T = Trennebene ZO / ZU = Zentral / oben / unten, ⁽²⁾ Nur bei Trennebeneinspritzung, ⁽³⁾ (BxT) = Breite x Tiefe