

# Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu pyramidového zavlažovače

Tomáš Gerych

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš Gerych**  
Osobní číslo: **T18174**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Konstrukce vstříkovací formy pro výrobu pyramidového zavlažovače**

### **Zásady pro vypracování**

1. Vypracovat literární studii pro dané téma.
2. Provést 3D konstrukci modelu vstříkované součásti.
3. Navrhnout 3D konstrukci vstříkovací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslit 2D řez vstříkovací formou spolu s výkresy a kusovníkem.

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

**Seznam doporučené literatury:**

ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.

OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6

REES, Herbert. Mold engineering. 2nd ed. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, c2002. ISBN 3-446-21659-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

L.S.

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

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

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem dvojnásobné vstříkovací formy pro výrobu pyramidového zavlažovače. Teoretická část pojednává o principech technologie vstříkování a dále také o materiálech vhodných ke vstříkování. Praktická část popisuje proces konstruování vstříkovací formy. Ke 3D i 2D projekci formy byl použit software CATIA V5R19.

Klíčová slova: vstříkování, vstříkovací forma, zavlažovač, CATIA

## **ABSTRACT**

This Bachelor's thesis deals with the design of a double injection mold for the pyramid sprinkler. The theoretical part deals with the principles of injection molding technology and also with materials suitable for injection molding. The practical part describes the process of designing an injection mold. CATIA V5R19 software was used for 3D and 2D projection of the mold.

Keywords: Injection molding, Injection mold, Sprinkler, CATIA

Děkuji Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D. za cenné rady, podněty a připomínky při zpracování mé práce.

Dále bych chtěl také poděkovat svým blízkým za podporu při studiu.

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

## 1) OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 POLYMERY</b> .....	<b>11</b>
1.1 HISTORIE .....	11
1.2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ .....	13
1.2.1 Rozdělení dle teplotního chování za působení teploty .....	13
1.2.2 Rozdělení dle makromolekulární struktury .....	14
1.2.3 Rozdělení dle polymerní přísady .....	15
1.3 ZPRACOVÁNÍ POLYMERU .....	16
1.3.1 Plastikace .....	16
1.3.2 Míchání .....	17
1.3.3 Granulace .....	18
1.3.4 Tabletování .....	20
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>21</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	21
2.2 STROJNÍ ČASY.....	22
2.2.1 Vstřikování .....	22
2.2.2 Dotlak .....	24
2.2.3 Plastikace .....	24
2.2.4 Chlazení .....	25
2.2.5 Vyhazování .....	25
2.3 VSTŘIKOVACÍ STROJE A JEJICH ČÁSTI .....	26
2.3.1 Vstřikovací jednotka .....	26
2.3.2 Uzavírací jednotka .....	28
2.4 VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	30
2.4.1 Rámy forem .....	31
2.4.2 Vtokové systémy .....	32
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>35</b>
<b>3 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>36</b>
<b>4 SPECIFIKACE VÝROBKU</b> .....	<b>37</b>
4.1 MATERIÁL VÝROBKU .....	37
4.2 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	37
<b>5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY</b> .....	<b>39</b>
5.1 NÁSOBNOST FORMY .....	39
5.2 VOLBA DĚLÍCÍCH ROVIN .....	39
5.3 RÁM FORMY .....	40
5.4 ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU .....	41

5.5	BOČNÍ ODFORMOVÁNÍ.....	42
5.6	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	42
5.7	TEMPERACE.....	43
5.8	ODVZDUŠNĚNÍ.....	44
5.9	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	44
5.10	VODÍCÍ A STŘEDÍCÍ ELEMENTY .....	46
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>55</b>



## ÚVOD

V dnešní době si lze jen obtížně představit život bez plastových výrobků. Obklopují nás a stávají se čím dál více používanými, a to ve všech aspektech lidského života. Výrobky z polymerních materiálů mohou dosahovat stejných, a dokonce i lepších vlastností než výrobky ze dřeva, skla, či oceli.

Rozvoj polymerních materiálů však s sebou nese také požadavky na zdokonalení výrobních technologií a procesů pro jejich zpracování. Mezi nejdokonalejší technologie pro výrobu plastových výrobků patří metoda vstřikování. Jde o proces vstříknutí roztaveného polymeru do dutiny formy. Dutina má tvar negativu výrobku.

Nejen materiál či technologie, ale i navrhování se posunulo o úroveň výše, a tak už nyní není nutnost, aby konstruktér kreslil vše ručně. Většina práce se nyní odehrává v prostředí 3D a 2D softwaru, kde konstruktér může rozvinout svou vizi v 3D model. Dále je možné využít simulační softwary, které umožňují vizualizaci a rozbor vlastností výrobku bez nutnosti jeho výroby.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYMERY

Jako polymery označujeme látky přírodní či syntetické, jejichž makromolekula se skládá z řetězce tvořeného malými jednotkami, které se mnohonásobně opakují. Tyto jednotky se nazývají monomery. Původ slova *mer* nalezneme v řečtině, kde slovo *meros* označuje díl anebo také úsek. Po připojení předpony *poly*, která znamená mnoho, dostaneme slovo polymer. Polymerní materiály nás velmi rychle obklopily, a nyní si život bez nich dokážeme už jen těžko představit. V dnešní době máme na výběr z nepřeberného množství polymerních materiálů s naprosto jedinečnými vlastnostmi.

### 1.1 Historie

K výrobě syntetických polymerních materiálů došlo až ve dvacátém století, avšak jejich prapočátky se datují až do doby Kolumba. V patnáctém století totiž Kryštof Kolumbus přivezl do Evropy mizu ze stromu *Hevea Brasiliensis* (Kaučukovník brazilský). Jednalo se o látku, která je výchozí surovinou pro výrobu pryže. Aby se tento materiál mohl v praxi používat, musí projít procesy, při kterých dosáhne požadovaných vlastností. Nejprve se surová kaučukovitá hmota musí vysrážet (např. kyselinou mravenčí), poté vyprat ve vodě a následně osušit. Aby se však dosáhlo kýžených vlastností, musí být do směsi přidány aditiva a vulkanizační činidla (nejčastěji síra). Následně směs projde procesem vulkanizace, přičemž dojde k zesíťování řetězců molekul. Výsledný přírodní kaučuk má výborné deformační schopnosti a skvěle odolává působení vnějších sil. Po ukončení působení vnějších sil kaučuk nezůstane zdeformovaný a vrátí se do původního tvaru.

Přírodní kaučuk se do Evropy dostal roku 1736. Byl využíván kupříkladu pro výrobu lodních plachet či poštovních pytlů. Výrobky z přírodního kaučuku však v horkém počasí měkly a stávaly se lepivými, v zimě naopak tvrdly a křehly. Tyto problémy se však podařilo eliminovat Angličanovi Thomasi Hancockovi a Američanovi Charlesi Goodyearovi, kteří nezávisle na sobě přišli s metodou vulkanizace kaučuku. Jejich objev spočíval v zahřátí směsi a přidáním vulkanizačního činidla ve formě síry. Výsledný produkt se nazývá pryž. Objev si nechal roku 1844 Charles Goodyear patentovat. [1,2]

Výborných elektroizolačních vlastností přírodního polymeru s názvem Gutaperča využila v roce 1848 firma Siemens. Firma využila polymer k opláštění telegrafních kabelů a propojila nimi Ameriku s Evropou. [1]

Jako první využili vlastností z vulkanizovaného kaučuku pro výrobu pneumatiky John Boyd v roce 1888. Pneumatika byla určena pouze pro jízdní kola. Až v roce 1906 byl přírodní kaučuk použit pro výrobu pneumatiky automobilu. [1]

První syntetický polymer se zrodil až z myšlenky nahradit materiál kulečnickových koulí. Do té doby se kulečnickové koule vyráběly ze slonoviny, která se stávala čím dál více vzácná. John Wesley Hyatt a jeho bratr použili roztok nitrátu celulózy a kafru, tím vznikl úplně první syntetická polymerní látka – celuloid. Nejednalo se však o zcela syntetický polymer, jelikož vycházel z přírodní makromolekulární látky – celulózy. Zcela syntetickým reaktoplastem se stal až Bakelit, za jehož objevem stál chemik amerického původu Leo Baekland. Bakelit byl poprvé použit firmou Rolls – Royce k výrobě knoflíku řadící páky. Tímto krokem chtěli demonstrovat technologický pokrok a vyspělost značky. [1]



Obr. 1 Hevea Brasiliensis [3]

Od třicátých let dvacátého století se polymerní materiály používaly stále více. V této době byl objeven například polyvinylchlorid (PVC) polystyren (PS) anebo také polymethylmethakrylát (PMMA). V období druhé světové války se hojně využíval polyamid (PA) a polyethylen (PE). Vláknina polyamidu byla využita pro výrobu padáků. Polyethylen

se osvědčil jako výborný izolant podmořských kabelů a pro izolaci vysokofrekvenčních koaxiálních kabelů. Ženy si velmi rychle oblíbily nylonové punčochy, které se vyráběly z nylonových vláken. Po uvedení na trh v roce 1940 se 5 milionů těchto punčoch prodalo za pár hodin. Ve čtyřicátých letech došlo opět ke zrychlení vývoje polymerních materiálů. Světlo světa spatřily epoxidové pryskyřice, akrylonitril-butadien-styren (ABS), který našel své uplatnění jako konstrukční polymer. V padesátých letech došlo k objevu polypropylenu (PP) a polykarbonátu (PC). Osmdesátá léta přinesla vlákna aromatických polyamidů. Vlákna dostala obchodní název Kevlar a začala se mimo jiné používat pro výrobu neprůstřelných vest. V následujících letech se velmi intenzivně pracovalo na propracovanějším budování struktury řetězců polymeru. Polymerní materiály jsou sice nejmladší konstrukční materiály, v dnešní době však patří k nejvíce využívaným materiálům vůbec. Polymery dokázaly nejen nahradit materiály jako je dřevo či sklo, ale dokonce tyto materiály dokázaly v některých ohledech předčít. Oproti kovům jsou levnější, lehčí, lépe se zpracovávají a disponují zpravidla skvělými elektro izolačními vlastnostmi. Jejich výroba je také méně energeticky náročná. Na druhou stranu je zde mnoho faktorů, ve kterých polymery zaostávají. Mezi ně patří například nízká teplotní odolnost, mechanické vlastnosti jsou pak horší při změně teploty. Jsou také schopny vytvářet elektrostatický náboj a jsou hořlavé. [1]

## 1.2 Základní rozdělení polymerů

Polymery můžeme rozdělit dle následujících hledisek:

- Chování polymeru za působení teploty.
- Makromolekulární struktura.
- Druh použité přísady.

### 1.2.1 Rozdělení dle teplotního chování za působení teploty

**Termoplasty** – Jde o takové polymerní materiály, které při zahřátí přejdou do plastického stavu. V tomto stavu je jejich zpracování velmi snadné a lze je jednoduše tvářet. Zpět do tuhého stavu přejdou po snížení teploty pod teplotu tání  $T_m$  (semikrystalické polymery), teplotu viskózního toku  $T_f$  (amorfní polymery). Jelikož při ohřevu nedochází ke změně chemické struktury a jde pouze o fyzikální proces, lze tento postup aplikovat bez omezení. Hlavními zástupci termoplastů jsou polypropylen (PP), polyethylen (PE), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC) a další. [4]

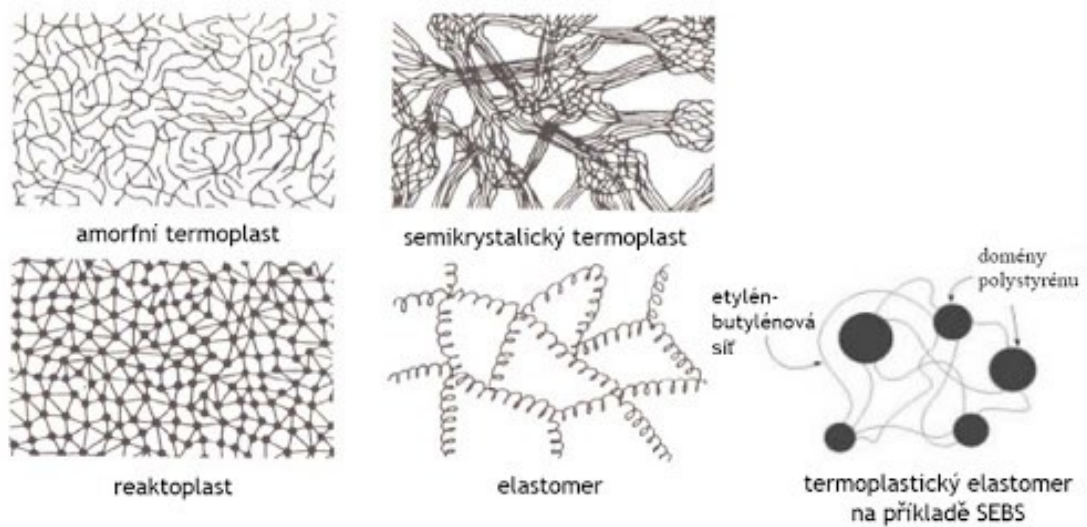
**Reaktoplasty** – Jde o takové polymerní materiály, které po zahřátí lze po omezenou dobu zpracovávat. Při zpracování dochází ke změně chemické struktury. Tento proces je nevratný, protože dojde k tzv. zesíťování molekul. Výsledný materiál nelze znovu roztavit a nijak dál zpracovat, jelikož by došlo k rozložení polymeru a tím k jeho zničení. Mezi hlavní představitele patří epoxidové pryskyřice, polyestery a fenolformaldehydové hmoty. [4]

**Elastomery** – Jde o takové polymerní materiály, které po zahřátí lze po omezenou dobu zpracovávat. Během dalšího zahřívání by rovněž došlo k chemické reakci a tzv. zesíťování molekul. U elastomerů se tomuto procesu říká vulkanizace. Mezi hlavní představitele patří kaučuky a pryže. Dále jsou zde speciální elastomery na bázi termoplastů, u kterých je možné další zpracování, jelikož při zahřívání nedochází ke změně chemické struktury, ale jedná se pouze o fyzikální proces. [4]

### 1.2.2 Rozdělení dle makromolekulární struktury

**Amorfní** – Pozice makromolekuly je zcela náhodná. Mezi jejich hlavní vlastnosti patří křehkost i s ní spojená tvrdost, vysoký modul pružnosti a průhlednost. Jejich použití je vhodné do teploty skelného přechodu  $T_g$ , po jejím překročení se stávají sklovité a tím dojde ke zhoršení mechanických vlastností. Hlavními zástupci jsou polystyren (PS), polymethylmethakrylát (PMMA), polykarbonát (PC) a další. [4]

**Krystalické** – Čistě krystalických materiálů lze dosáhnout jen v laboratorních podmínkách, proto se v praxi setkáváme se semikrystalickými materiály. Ty narušují od amorfních polymerů vykazují určitou míru uspořádanosti, také označovanou jako stupeň krystalinity (nejčastěji od 40 do 90 %). Tato hodnota označuje poměr množství krystalické fáze ve fázi amorfní. Jdou odlišit od amorfních polymerů například díky svému mléčnému zakalení. Dalšími charakteristickými vlastnostmi jsou například houževnatost, pevnost nebo vyšší modul pružnosti, který vzrůstá s rostoucím stupněm krystalinity. Jejich použití je vhodné do teploty tání  $T_m$ . Hlavními zástupci jsou polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyamid (PA), polytetrafluorethylen (PTFE). [4]



Obr. 2 Makromolekulární struktury polymerů [5]

### 1.2.3 Rozdělení dle polymerní přísady

**Neplněné polymery** – Jde o polymerní materiál, kde množství použitých přísad nijak neovlivní vlastnosti polymerní matrice.

**Plněné polymery** – Jde o polymerní materiály, u kterých se vlastnosti polymerní matrice mění použitím plniv. Přísady ovlivňují mechanické a fyzikální vlastnosti výsledného polymerního materiálu. Jako přísady se používají plniva, plastikační činidla, stabilizátory, změkčovadla, tvrdidla, maziva, pigmenty, nadouvadla, retardéry hoření, vulkanizační činidla a další. [4]

- Plniva se používají pro zlepšení mechanických vlastností polymeru. Dokážou zvýšit pevnost, odolnost vůči otěru, tuhost, odolnost materiálu vůči teple a ohni. V neposlední řadě také vzhled výrobku a jeho konečnou cenu. [5]
- Plastikační činidla se používají pro usnadnění zpracování kaučuku, tzv. plastikaci. Tato přísada zvýší účinnost a také rychlost plastikace. Dále usnadní štěpení makromolekul vzniklého při hnětení směsi. Plastikační činidla můžeme použít i při dalším zpracování odpadní pryže, tzv. regenerátu. [5]
- Pigmenty jsou nerozpustné barevné prášky. Tato přísada je schopna předat polymeru svou barvu a kryvost. [5]

- Nadouvadla jsou přísady, jejichž přidáním se dosáhne odlehčení polymeru. Za působení teploty se polymerní směs rozkládá a při tomto procesu vzniknou plynné produkty (dusík, oxid uhličitý), které ve výrobku vytvářejí póry. Póry mohou být otevřené či uzavřené. [5]
- Stabilizátory zase dokážou zpomalit degradační proces v součásti a tím zvýší životnost výrobku. [4]
- Maziva zapříčiní snížení viskozity polymeru a tím usnadní jeho zpracování. [4]

### 1.3 Zpracování polymeru

Aby se polymerní směs přetvořila do finální podoby výrobku, musí směs projít řadou technologických operací. Plastikace umožní připravit polymerní směs, další operace mají za úkol zvýšit produktivitu a usnadnit přípravu polymerní směsi, mezi ně patří například granulace a tabletování. Poslední proces bývá zpravidla želatinace či vulkanizace. [2]

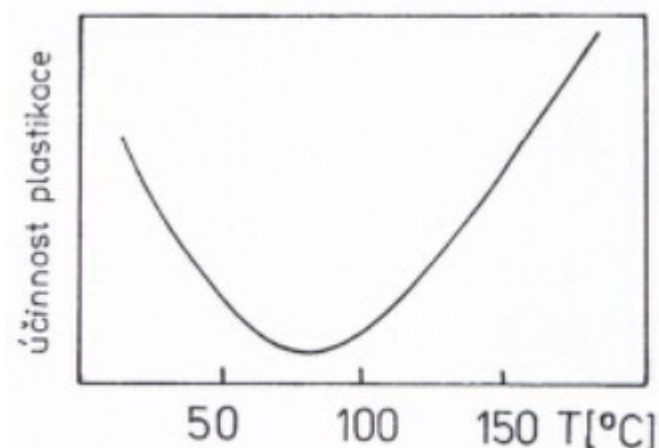
#### 1.3.1 Plastikace

Plastikaci lze rozlišit dle toho, pro jaký polymer je použita. Může být využita pro zpracování kaučuků nebo plastů. V obou případech má tedy odlišné významy.

##### **Plastikace kaučuků:**

Plastikací kaučuků se rozumí proces uvedení kaučuků do stavu, ve kterém z nich lze připravit kaučukovou směs. Podstatou tohoto procesu je snížení střední molekulové hmotnosti, což způsobí snížení tuhosti a zvýšení plasticity. Kaučuk může být plastikován například válcováním za intenzivního chlazení anebo naopak ve hnětacích strojích za zvýšené teploty. Následující graf ukazuje závislost účinnosti plastikace na zvyšující se teplotě. Můžeme si všimnout, že při teplotě okolo 90 °C je účinnost plastikace nejnižší. Při této teplotě je výhodné kaučukovou směs pouze míchat, jelikož není vyžadováno další odbourávání kaučuku, které by vedlo ke zhoršení mechanických vlastností. [2]





Obr. 3 Závislost účinnosti plastikace na teplotě [2]

### Plastikace plastů:

Plastikací plastů se rozumí proces, při kterém se homogenizuje materiál roztavením a hnětením, aby došlo k eliminování míst s různými vlastnostmi. Tato místa mají před plastikací např. různou hustotu, mohou se v nich skrývat vnitřní pnutí anebo zbytky fázových rozhraní. Plastikace je z hlediska použití nejvhodnější pro termoplasty, jelikož jejich roztavením nezměníme chemickou strukturu. Proces lze provádět kupříkladu na válcových nebo šnekových strojích. [2]

### 1.3.2 Míchání

Mícháním se rozumí proces, při kterém dochází k mísení dvou a více složek směsi. Cílem míchání je rovnoměrné rozložení jednotlivých složek polymeru ve všech částech materiálu. Při míchání nemusím materiál dosáhnout výsledné homogenity, tu může získat až při navazujících technologických operacích. Mezi tyto operace patří vstřikování, válcování, vytlačování a jiné. Míchání lze dělit dle odporu na dva způsoby. S nepatrným odporem proti posunutí – takto se míchají například prášky. Druhým způsobem se míchají látky s velkým odporem proti posunutí.

Míchání látek s velkým odporem se dále dělí:

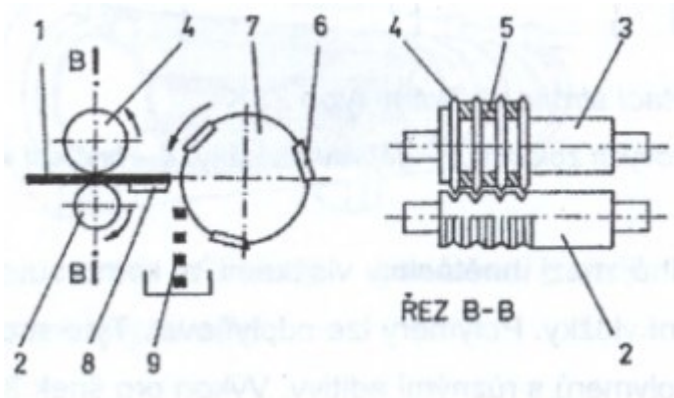
**Intenzivní míchání** – Smykové namáhání přímo ovlivňuje stupeň výsledné homogenity. Využívá se například u míchání kaučuku a jeho přísad. Zpracovávaná hmota má změkklý stav, takovéto nástroje se nazývají hnětiče. Pro správné hnětení materiálu je vhodné, aby měly oba hnětené materiály podobnou viskozitu. V opačném případě se může stát, že v materiálu s nižší tuhostí může prokluzovat materiál s vyšší tuhostí.

**Extenzivní míchání** – Stupeň tečení přímo ovlivňuje stupeň výsledné homogenity. Využívá se například u míchání prášků s barvivou. Stroje pro tento způsob míchání se nazývají míchačky.

### 1.3.3 Granulace

Granulace je poslední stupeň přípravy materiálu před finálním zpracováním, kterým může být například vstřikování, vytlačování, válcování a další. Granule mohou mít tvar válečků, čoček, kuliček. Tato forma materiálu je výhodná díky její dobré sypné hmotnosti, granule se velmi dobře dají mísit s dalšími materiály jako například barviva. Do granulátu lze přimístit recyklovaný materiál z předchozího zpracování, drcení, mletí. Pokud se do materiálu přidá recyklovaný materiál, tak se dále hovoří o tzv. regenerátu.

Pásová granulace – Principem pásové granulace dělení materiálu na proužky, které jsou dále sekány na granule. Tento způsob je vhodný pro měkké materiály a jeho produktivita je nízká.

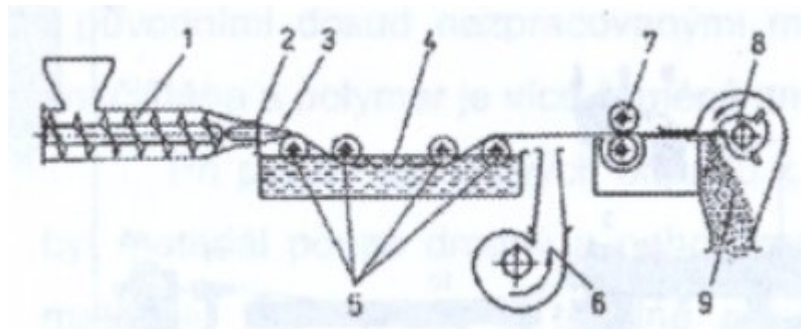


Obr. 4 Pásová granulace [4]

1 – pás plastu, 2 – podávací válec, 3 – hřídel, 4 – kotoučové řezací nože, 5 – distanční vložky, 6 – rotační nože, 7- buben, 8 – pevný nůž, 9 – granule

Pro zvýšení produktivity granulace jde použít materiál pro granulování ve formě strun. Tyto struny se následně pouze krájí na malé částičky a dosáhne se tím větší výkonnosti. Pro granulaci strun jsou dva způsoby, za studena a za tepla.

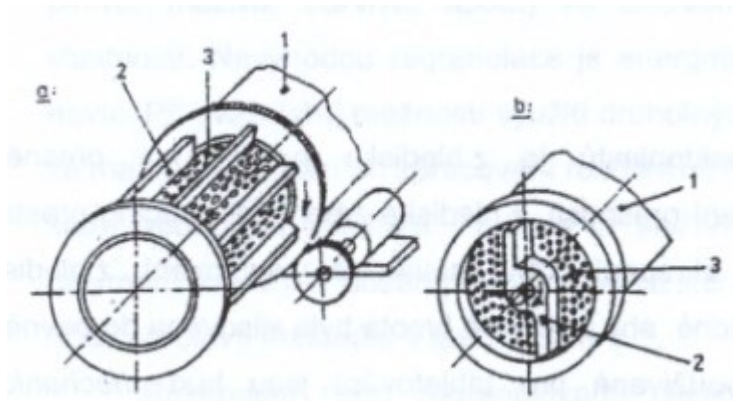
**Granulace za studena** – V případě granulace za studena z granulační hlavy vystupují struny, které jsou chlazeny ve vodní lázni. Průchodem skrze vodní lázeň se struny chladí, dále dochází k odstranění nečistot. Ze strun se musí nejprve odstranit přebytečná voda a následně jsou struny nasekány. Mezi velké nevýhody této metody patří možnost slepení strun k sobě anebo jejich zlomení. [4]



Obr. 5 Granulace za studena [4]

1 – šnekový vytlačovací stroj, 2 – granulační hlava, 3 – struny, 4 – chladící kapalina, 5 – vodící válečky, 6 – ventilátor, 7 – podávací vlečky, 8 – nože, 9 – granule

**Granulace za tepla** – Druhou možností je granulace za tepla. Při tomto způsobu je materiál dělen přímo při průchodu z granulační hlavy. Metodu nelze použít pro materiály s velmi nízkou viskozitou taveniny. Granulace může probíhat pod vodou, kde jsou jak granule, tak i nože chlazeny (způsob je vhodný pro materiály, které by se roztíraly po čele granulační hlavy). Nebo se jedná o tzv. suchou granulaci. Při ní je polymer nasekán a odhozen od granulační hlavy noži a následně chlazen vodní mlhou. Po jak suchém, tak mokřím granulování jsou granule dodatečně sušeny. [4]



Obr. 6 Granulační hlava [4]

a – obvodové řezání, b – čelní řezání, 1 – granulační hlava, 2 – nůž, 3 – granule

#### 1.3.4 Tabletování

Tabletování se používá z důvodu získání slisované hmoty, která má pevný tvar. Tato metoda umožní rychle a přesně dávkovat materiál, sníží prašnost, dále dokáže snížit lisovací a vytvrzovací dobu. Tabletovací stroje jsou mechanické nebo hydraulické, dále s použitím výstředníku či rotační. Hydraulické se používají tehdy, pokud jsou tablety rozměrné nebo pokud jsou přidány plniva. Nejčastěji se však používají tabletovací stroje mechanické. [4]

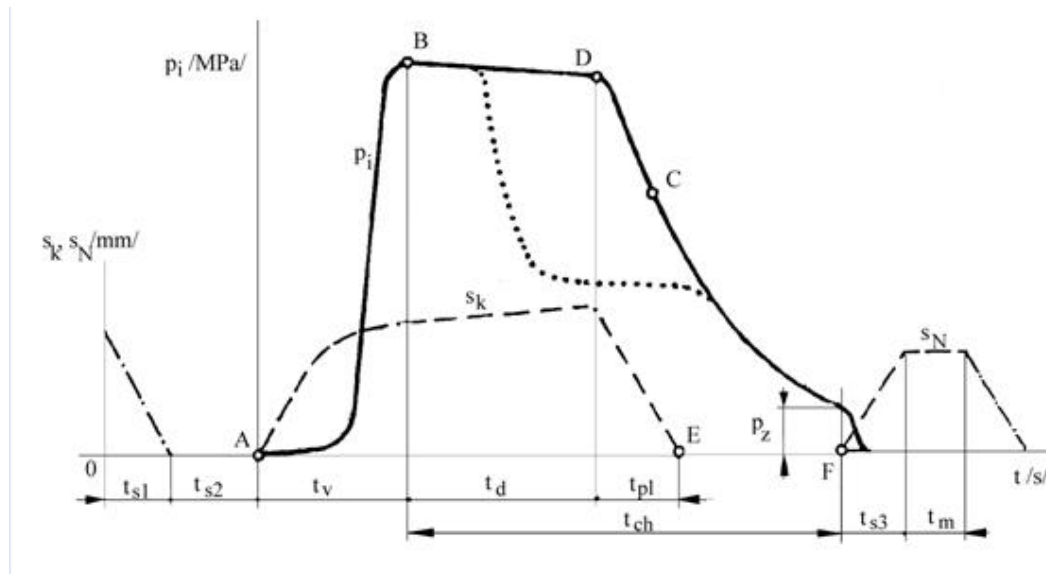
## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejpoužívanější metoda zpracování plastů. Je při ní zpracováván materiál ve formě granulátu. Ten se působením tepla taví a následně je pod tlakem vstřikován do tvarové dutiny vstřikovací formy. Tam dochází k jeho ochlazení a tunutí. Doba trvání vstřikovacího cyklu je poměrně krátká. Výhodou vstřikování je možnost výroby velmi členitých a tvarově náročných součástí. Používá jak pro výrobu finálních výrobků, tak i polotovarů, které se dále zpracovávají. [6,7]

Pracovní postup vstřikování má tuto podobu. Nejprve je polymerní materiál ve formě granulátu nasypan do násypky, odkud je dávkován do pracovního prostoru vstřikovacího stroje. Po celé délce stroje je materiál dopravován pomocí šneku. Než je materiál dopraven k hrdlu stroje, tak je taven pomocí tření a topné soustavy stroje. Tavenina je následně vstříknuta do dutiny formy. Vstřikuje se taková dávka, aby došlo k dokonalému zaplnění dutiny formy. Poté přichází fáze dotlaku, čímž se částečně kompenzuje smrštění materiálu. Forma přijme teplo vydávané horkým polymerem, čímž se výrobek ochladí. Po dostatečném ochlazení výrobku dojde k otevření formy a jeho vyhození. Po odstranění výrobku je forma zavřena a celý cyklus se znovu opakuje. [4]

### 2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se sestává s řady přesně specifikovaných úkonů. Jelikož při tomto procesu dochází ke značným změnám teplot, tak se tento proces označuje jako neizotermický. Vstřikovací cyklus musí mít jednoznačně formulovaný počátek. Počátkem lze definovat podnět k uzavření vstřikovací formy. Tento počátek však není vhodný z hlediska zpracovávaného polymeru. Za ten je považována tlaková závislost vztahena na dutinu formy. Tlakem se rozumí vnitřní tlak označený  $p_i$ . Dalším tlakem je tlak vnější, který je označován  $p$ . Tento tlak se vztahuje na jednotku plochy průřezu šneku. [4]

Obr. 7 Průběh vnitřního tlaku  $p_i$  v dutině formy [4]

$s_k$  – pohyb šneku,  $s_n$  – pohyb nástroje

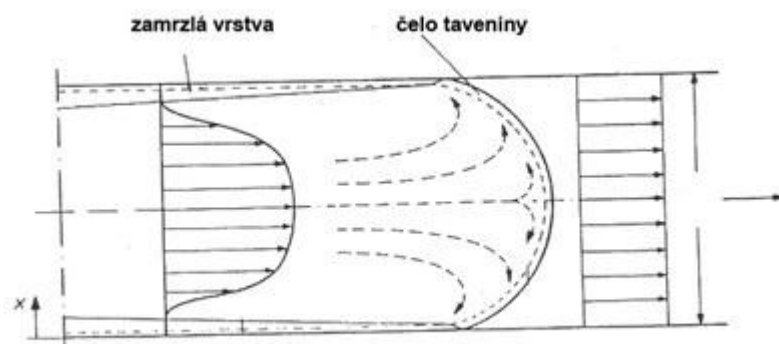
## 2.2 Strojní časy

Stojní doby pro uzavření formy a její otevření přímo závisí na rychlosti, kterou se pohyblivá část formy přesune a také na vzdálenosti, kterou musí tato část urazit. Dráha pohybu je určena rozměry výrobku ve směru otevírání formy. Při rozevření dělicí roviny musí být vzdálenost mezi kotevními deskami dostatečně veliká, aby šel výrobek snáze vyjmout z formy. Strojní časy je žádoucí co nejvíce zkrátit. Zkrácení lze dosáhnout kupříkladu zvýšením rychlosti přesunu pohyblivé části. V dnešní době vstřikovací stroje umožňují variabilní nastavení rychlosti v průběhu uzavírání i otevírání formy. U uzavírání je rychlost zpočátku vyšší, avšak před dosednutím desek na sebe se rychlost sníží. To zapříčiní, že na sebe desky dosednou v nižší rychlosti a nedojde k jejich poškození nárazem. Při otevírání je zprvu rychlost vyšší, před příjezdem na doraz se sníží, aby vyhození výrobku z dutiny probíhalo pomaleji. I po sečtení jednotlivých strojních časů, není celkový strojní čas delší než několik sekund. [4]

### 2.2.1 Vstřikování

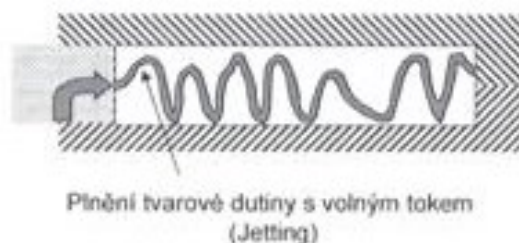
Jedná se o dobu plnění formy. Dutina formy se nezaplní ze 100 %, ale pouze z 90 %–99 %. Zbytek formy se zcela naplní až při dotlakové fázi. Doba vstřikování se nejvíce odvíjí od rychlosti, kterou přivádíme vstřikovaný materiál do dutiny formy. Dále také od dopředné rychlosti šneku ve směru do formy. Rychlost přísunu šneku ovlivňuje teplota taveniny a vstřikovací tlak. Dalšími vlivy mohou být teplota formy, velikost, tloušťka

stěny a také tvar vstříkovaného dílu. Konstrukční provedení vtokového systému či druh použitého polymeru. Rychlost vstříkování se zvyšuje souběžně s hodnotou vstříkovacího tlaku. Proto nelze nastavit nízký vstříkovací tlak při vysoké vstříkovací rychlosti. Vyšší vstříkovací rychlostí lze ovlivnit orientaci makromolekul ve výsledném výrobku. Při příliš vysoké vstříkovací rychlosti se však materiál může přehřívat a tím dojde k jeho degradaci. Doba pro zaplnění formy se pohybuje v rozmezí zlomku sekundy – pro malé výrobky, až po několik sekund pro výrobky s velkým objemem a velkou hmotností. Ideální doba zaplnění formy by měla být co možná nejkratší, jelikož roztavený polymer, který přijde do styku s chladnější formou začíná okamžitě tuhnout. Pokud by doba vstříkování byla příliš dlouhá, tak by došlo k zatuhnutí polymeru ještě před kompletním zaplněním dutiny formy. Takový výrobek je nežádoucí. Zaplnění dutiny formy se musí řídit tak, aby se dosáhlo laminárního (fontánového) toku taveniny. Při tomto typu toku tavenina v kontaktu s chladnější stěnou formy tuhne a vytvoří nepohyblivou vrstvu, která izoluje vnitřní část taveniny. Vnitřní část taveniny o nižší viskozitě se pohybuje dál do dutiny a postupně se roztéká směrem ke stěnám formy. Dutiny formy se tedy plní od svého vstupu. [4,10]



Obr. 8 Laminární tok taveniny [8]

Při zvolení příliš vysokého vstříkovacího tlaku a vstříkovací rychlosti dochází k volnému toku taveniny do formy tzv. Jetting. Tímto plněním formy se vyrobí vadný výrobek, a navíc nárazem čela taveniny do dutiny formy dochází k jejímu značnému opotřebení. [4]



Obr. 9 Plnění volným tokem (Jetting) [8]

### 2.2.2 Dotlak

K dotlaku dochází až po naplnění dutiny formy. Jedná se o proces, kdy prudce vzroste vstřikovací tlak, a naopak dojde k poklesu vstřikovací rychlosti. Tímto procesem lze kompenzovat smrštění výrobku, které nastává chladnutím polymeru v dutině formy. Dotlak je možný pouze po dobu, kdy lze dodávat taveninu do dutiny formy. Po zatuhnutí vtokového systému již dotlak možný není. Ideální je s dotlakem skončit těsně před zatuhnutím vtokového systému, aby nedošlo k velkému pnutí v oblasti vtoku a nebo také k tzv. přetečení taveniny. K přetečení taveniny nastává v místě, kde dochází ke styku trysky a vtokové vložky. Doba dotlaku se pohybuje v rozmezí od několika sekund až po několik desítek sekund v závislosti na rozměrech výrobku. [9]

### 2.2.3 Plastikace

Plastikací se rozumí proces, při kterém se dávka polymeru v pracovním prostoru vstřikovacího zařízení přemění na taveninu a ta rovnoměrně zhomogenizuje. Tavenina je dopravena před čelo šneku. Objem zplastikované dávky musí být dostatečně velký, aby byla tavenina schopna zaplnit celý prostor dutiny formy. Dále musí být také schopna kompenzovat smrštění materiálu v dutině formy. Odjížděním šneku vzad se však snižuje jeho účinná délka, a proto musí dojít ke zvyšování zpětného tlaku. Teplo, které se spotřebuje na roztavení polymeru je z jedné třetiny dodáváno elektrickým vytápěním a ze dvou třetin vzniká disipací (třením materiálu při hnětení). Po plastikaci odjíždí plastikační jednotka od formy. Tímto postupem se zabrání dalšímu ohřívání formy. [4,9]



#### 2.2.4 Chlazení

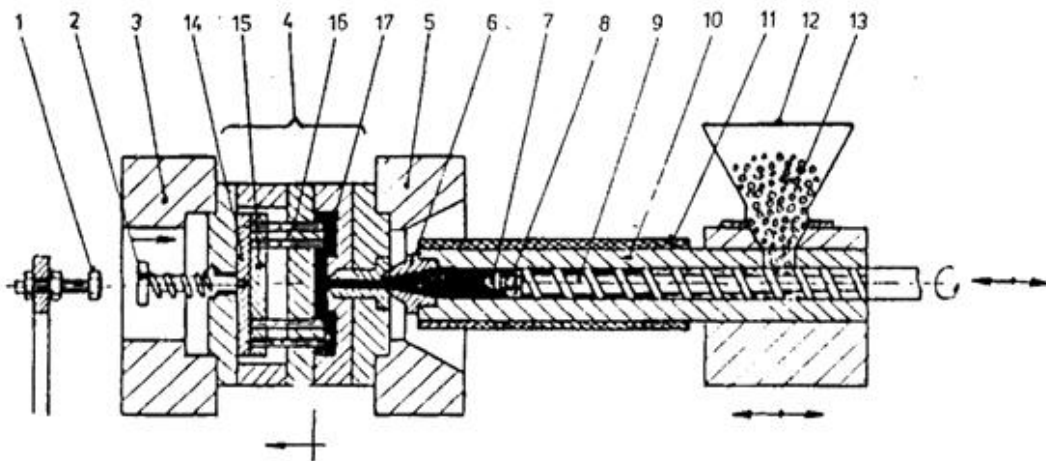
Chlazení představuje nejdélší operaci při vstřikování. Její doba se pohybuje v rozmezí několik sekund až do několik minut. Doba chlazení závisí na použitém materiálu, na tloušťce stěny výrobku, teplotě taveniny, teplotě formy a také na požadované teplotě výrobku při jeho vyhození. Pro efektivnější chlazení lze použít chladicí kanálky, a to hlavně v místech kde by materiál chladnul nejdélší dobu. Proces chladnutí materiálu začíná už při vstříknutí materiálu do dutiny formy a pokračuje i při dotlaku u kterého dochází ke značným změnám stavových veličin uvnitř materiálu výrobku (změna tlaku, teploty a měrného objemu). Celý proces v konečném důsledku ovlivňuje jak strukturu výrobku, tak kvalitu povrchu. [4]

#### 2.2.5 Vyhazování

Tomuto procesu předchází otevření formy v dělicí rovině. Po otevření je následně možné vyhodit výrobek z dutiny formy, formu znovu zavřít a opakovat celý proces vstřikování. Ideální je dobu vyhazování zkrátit na minimum z důvodu ušetření času a zkrácení výrobního cyklu. Avšak doba musí být dostatečně dlouhá, aby výrobek mohl bezpečně opustit prostor formy. Mohlo by jinak dojít ke vzpříčení výrobku ve formě a tím k jejímu poškození. [9,21]

## 2.3 Vstřikovací stroje a jejich části

Proces vstřikování je v dnešní době buď z části anebo plně automatizovaný. Vstřikovací stroj se sestává ze vstřikovací a uzavírací jednotky, dále je pak opatřen řízením a regulací. Moderní vstřikovací stroje mohou být opatřeny roboty, manipulátory, dávkovacími zařízeními apod. Z ekonomického hlediska je ideální vstřikovací stroje kvůli jejich značně vysoké pořizovací ceně použít pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [4,16]



Obr. 10 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [4]

1 – doraz, 2 – vyhazovač, 3 – upínací deska levá, 4 – forma, 5 – upínací deska pravá, 6 – tryska, 7 – špička šneku, 8 – zpětný uzávěr, 9 – šnek, 10 – tavící komora, 11 – topení, 12 – násypka, 13 – polymerní granule, 14 – opěrná deska vyhazovačů, 15 – kotvení vyhazovačů, 16 – vyhazovače, 17 – výstřik

### 2.3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka má dvě úlohy:

- Převést granulát z tuhé fáze do podoby homogenní taveniny.
- Pod vysokým tlakem a vysokou rychlostí dopravit taveninu do dutiny formy.

První vstřikovací jednotky, byly pístové a byly používány až do poloviny 20. století. Poté je nahradily jednotky šnekové, které se používají dodnes. Mezi největší přednosti šnekových jednotek patří lepší homogenizace polymeru, možnost přidání přísad, vysoký plastikační výkon, snazší čištění prostoru komory, schopnost optimálnějšího dávkování polymeru. [4]

Šneková vstříkovací jednotka obstarává dvě činnosti:

- Při plastikaci koná šnek otáčivý pohyb, čímž dopravuje granulát do vytápěných částí tavicí komory a zároveň ho stlačuje. Šnek se posouvá zpět a tím před sebou hromadí taveninu.
- Po zplastikování materiálu šnek přestane konat otáčivý pohyb a začne se posouvat dopředu podobně jako píšť. Tímto pohybem dochází ke vstříknutí taveniny do formy.

Samotný šnek se dělí na tři pásma:

**Vstupní** – Zde dochází ke stlačování materiálu, čímž se mimo jiné vytlačí vzduch mezi granulami. Toto pásmo šneku má nejmenší průměr a hloubka kanálu je tedy největší.

**Přechodové** – V tomto pásmu je materiál velmi stlačován a dochází k jeho tání. Průměr šnekového jádra se s rostoucí vzdáleností od násypky zvětšuje a tím pádem se snižuje hloubka kanálu.

**Výstupní** – Toto pásmo je také nazýváno hnětací, jelikož v něm dochází k hnětení polymerního materiálu a tím k jeho dokonalé homogenizaci. Šnekový kanál má konstantní hloubku.

Při vstříkování má tavenina tendenci téct zpět směrem k násypce. Tomuto chování lze zabránit úpravou konce šneku. Konec šneku může být tupý, lze prodloužit zakončení špičky šneku, avšak nejvíce spolehlivou volbou je zakončení šneku se zpětným ventilem. [8]

Šnek se otáčí a pohybuje v prostoru tavicí komory. Tavicí komora zajišťuje ohřívání materiálu a je také rozdělena do tří pásem. Jednotlivá pásma mají svou vlastní regulaci teploty. U násypky je teplota nejnižší, u trysky naopak nejvyšší. První pásmo (u násypky) nesmí být vyhříváno na příliš vysokou teplotu, aby nedošlo k natavení granulátu. Pokud by k natavení materiálu došlo příliš brzo, tak by materiál mohl vytvořit zátku, která by znemožnila přístup dalšího materiálu do prostoru šneku. Tomuto lze zamezit užitím chlazení tavicí komory v prostoru násypky. Tavicí komora je ukončena tryskou. Ty jsou dvojího druhu. Otevřené, které se používají pro vysoce viskózní materiály, anebo uzavíratelné. K otevření uzavíratelných trysek dojde až v okamžiku dosednutí vstříkovací jednotky na formu. [8]

### 2.3.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka zabezpečuje uzavírání i otevírání formy. Při vstřikování vyvozuje sílu, která zabrání otevření formy tlakem způsobeným vstřikováním a následným dotlakem.

Uzavírací jednotky se skládají z několika částí:

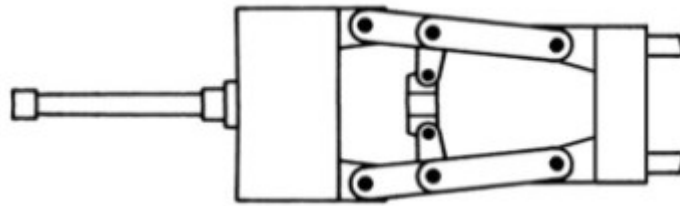
- Vodící sloupky.
- Pevná upínací deska.
- Pohyblivý upínací deska.
- Upínací mechanismus.

Síla na uzamknutí formy je vyvozena:

- Mechanicky – Dochází k zapříčení formy.
- Hydraulicky – Síla pro uzavření formy je vyvolána hydraulickým pístem.
- Kombinací předchozích dvou metod (hydraulika + mechanika).

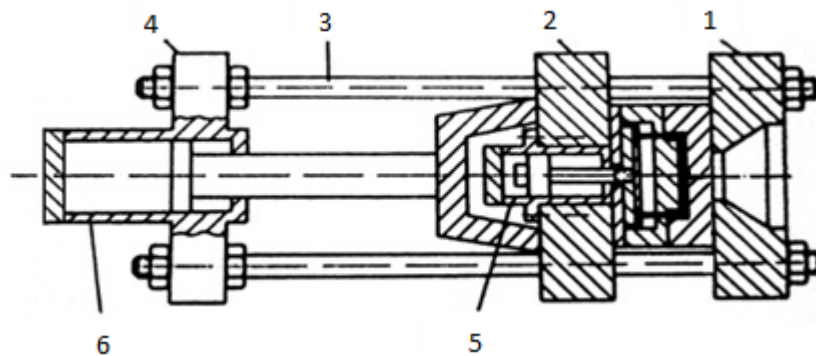
Pohyblivou upínací desku lze uvést do pohybu buď hydraulicky (pomocí hydraulického pístu), anebo pomocí elektromotoru. Pokud je hydraulický píst v přímém kontaktu s pohyblivou deskou, tak se jedná o hydraulický uzavírací systém. Pokud je síla z hydraulického pístu či elektromotoru přenášena skrze mechanický systém, tak se hovoří o hydraulicko-mechanickém a také elektro-mechanickém uzavíracím ústrojí. [11,15]

**Kloubový mechanismus** – Patří mezi nejefektivnější mechanické uzavírací systémy. Vyznačuje se velmi dobrou regulací rychlosti pohybů a oproti hydraulickým systémům potřebuje k docílení stejné rychlosti o 10–20 % méně energie. O rozpohybování mechanismu se stará elektromotor či hydraulický pohon. U malých vstřikovacích strojů se nejčastěji používají hydraulicky poháněné kloubové mechanismy. Píst k pohánění tohoto mechanismu je relativně malý a pohybuje se po krátké dráze. Tím lze například ušetřit na tlakové kapalině. [11]



Obr. 11 Kloubový mechanismus (4 – kloubový) [11]

**Hydraulické uzavírací systémy** – Ústředním elementem hydraulického uzavíracího systému je hydraulický válec. Ten je zpravidla umístěn symetricky v ose systému. Může být připojen napřímo k pohyblivé desce. Ke zvýšení uzavírací síly lze přidat k tomuto hydraulickému válci další podpůrné válce, které se rozmístí symetricky kolem něj. Podpůrné válce jsou připojeny buď k hydraulické pumpě, anebo multiplikátoru. Nesporná výhoda hydraulického systému je v dosažení velkých uzavíracích sil a taktéž v možnosti přesného kontrolování pohybu. [11]



Obr. 12 Hydraulický uzavírací systém [11]

*1 – Pevná část formy, 2 – pohyblivá část formy, 3 – vodící tyče, 4 – rám stroje, 5 – hydraulický vyhazovač, 6 – hydraulický válec pro ovládání pohyblivé části formy*

**Kombinované uzavírací systémy** – Jsou kombinací hydraulických a mechanických systémů. Hlavní pohyb je řízen kloubovým mechanismem. Poté hydraulický systém vyvine sílu potřebnou pro uzavření formy. Dále může být použit kratší hydraulický válec, protože se při použití této metody zkrátí délka zdvihu. [11]

U všech výše zmíněných metod je potřeba použít vodící tyče. Tyto tyče zabezpečí rovnoběžnost mezi funkčními povrchy upínacích desek. U malých strojů lze použít dvě tyče, u velkých musí být použity tyče čtyři. Tyče jsou během vstřikovacího cyklu velmi namáhány, a proto musí být dostatečně tuhé, aby všem silám odolaly a nezdeformovaly se. [11]

## 2.4 Vstřikovací formy

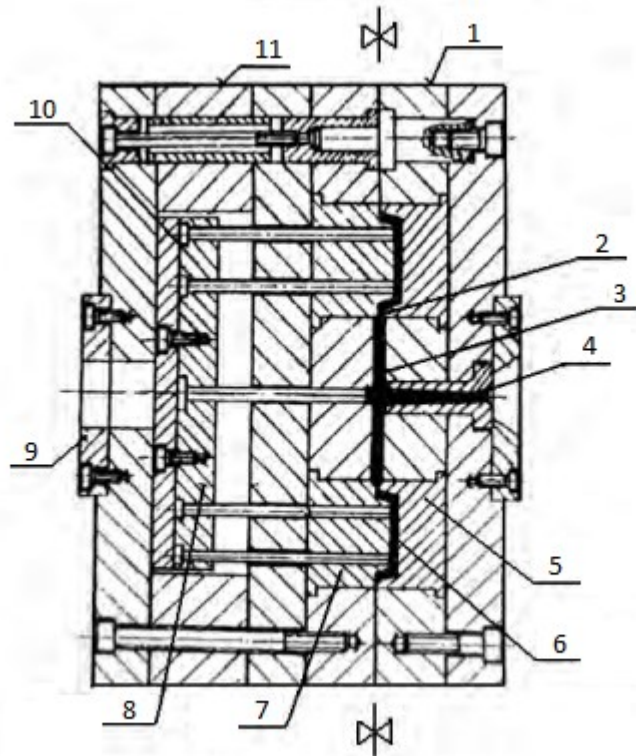
Vstřikovací forma je nástroj, na který je vyvíjeno hned několik požadavků. Musí zabezpečit dopravu taveniny do dutiny formy (dutina formy musí být negativem výrobku), dále musí odvádět teplo z výrobku a tím ho co nejrychleji ochladit na přijatelnou teplotu pro vyhození. Vstřikovací forma musí odolávat obrovským silám vyvíjenými polymerní taveninou, a přitom se nesmí nijak zdeformovat či otevřít. Mnoho kritérií spolu navzájem koliduje. Například je žádoucí, co nejefektivnější chlazení formy, kterého lze docílit množstvím temperačních kanálků. Pak by ovšem mohla pozice temperačních kanálků zabraňovat optimální rozmístění vyhazovačů. Ekonomicky výhodné jsou menší formy, díky nimž lze ušetřit nákladný konstrukční materiál. Avšak do malých forem se obtížně vměstná velký počet jednotlivých funkčních prvků formy (vodící prvky, vyhazovací prvky, šrouby a další). Formy lze dimenzovat tak, že na výrobku budou vytvořeny elementy, které nahradí šrouby či jiné spojovací prvky. Tyto západkové uložení jednak zlepšují estetický dojem z výrobku, a navíc zjednoduší montáž. [10,20]

Formy můžeme dělit dle mnoho kritérií:

- Násobnost formy – jednonásobné, dvounásobné, až vícenásobné.
- Způsob zaformování – dvou deskové, tří deskové, etážové, čelist'ové, vytáček.
- Konstrukce vstřikovacího stoje – se vstřikem do, anebo kolmo k dělicí rovině.

Dalším důležitým kritériem, dle kterého lze formy dělit je druh vtokového systému. Vtokové soustavy jsou dvojího druhu:

- Studené vtokové soustavy (SVS).
- Vyhřívané vtokové soustavy (VVS). [12]



Obr. 13 Řez vstřikovací formou (forma se SVS) [12]

1 – Pevná část, 2 – vtokové ústí, 3 – rozváděcí kanál, 4 – vtokový kanál, 5 – tvárnice, 6 – tvarová dutina (výrobek), 7 – tvárník, 8 – vyhazovač, 9 – středící kroužek, 10 – vyhazovací systém, 11 – pohyblivá část

#### 2.4.1 Rámy forem

Rám formy je systém, který se sestává z několika dílčích částí. Hlavními částmi jsou desky, dále vodící části, středící části a spojovací prvky. Rám formy se dále dělí na pevnou část a pohyblivou část. Rám musí zajišťovat:

- Ustavení ve vstřikovacím lisu.
- Bezpečné upnutí na stroj.
- Přesné vedení pohyblivých částí.
- Optimální umístění temperace a vyhazovacího systému, které zabezpečí jejich správnou funkčnost.

Existuje mnoho výrobců normálií (například Hasco, či Meusburger), kteří vyrábí všechny potřebné komponenty pro návrh vstřikovací formy. Ideálním řešením je vybírat tyto normálie od stejné firmy, aby byla zaručena jejich vzájemná kompatibilita. [13]

### 2.4.2 Vtokové systémy

Jak již bylo řečeno dříve, vtokové systémy se dělí na dva typy studený a vyhřívaný. Účel mají však oba stejný, a to dopravit taveninu do dutiny formy.

#### 1) Studený vtokový systém

Skládá se z několika částí (hlavní vtokový kanál, rozváděcí kanál a vtokové ústí). Mezi jeho klady patří: jednoduché provedení i u vícenásobných forem, dále nevyžaduje energetické připojení. V první řadě je však levnější a jednodušší oproti vyhřívaným vtokovým systémům. Hlavními nevýhodami jsou: větší spotřeba materiálu (zbytek po vtoku je nutno vyhodit). U vícenásobných forem musí být vtokový systém přidržován, aby nejprve došlo k jeho odformování a až poté k odformování výrobku. [14,22]

- Vtoková vložka – Vtoková vložka je v přímém kontaktu s tryskou vstřikovacího stroje. Je značně namáhána jak mechanicky, tak tepelně. Proto je opatřena tepelným zpracováním. Přes její průřez je vyroben kuželový kanál, který se od čela vložky rozšiřuje. Díky tomuto kuželu je vtokový systém snáze odformovatelný. Jakožto normálie má vložka již předem předvrtané otvory pro kolíky, které ji ve formě drží ve správné pozici a zabraňují tak jejímu pootočení.
- Rozváděcí kanál – Úkolem rozváděcího kanálu je dopravit taveninu od vtokové vložky až ke vtokovému ústí. Rozváděcí kanál se dimenzuje dle velikosti vstřikovaného dílu. Ideální je použití moldflow analýzy (analýza dokáže nasimulovat a analyzovat vstřikovací proces, navíc využívá knihovnu až 7000 materiálů). Počet kanálů závisí na násobnosti formy. U více násobných forem musí být rozváděcí vybalancovány tak, aby došlo k plnění dutin formy ve stejný čas a také pod stejným tlakem. [14, 19]
- Vtokové ústí – Jedná se o zúžené místo, kterým je z rozváděcího kanálu tavenina dopravena do dutiny formy. V ideálním případě je snaha o docílení nejmenšího rozměru vtokového ústí, aby po něm na výrobky zůstaly co nejmenší stopy. Umístění vtokového podléhá několika kritériím:
  - Umisťuje se do nejtlustšího místa stěny, aby tavenina tekla z nejtlustších míst do míst nejužších.
  - Umisťuje se do geometrického středu, aby tavenina tekla rovnoměrně do všech koutů dutiny.



- Nesmí se umisťovat do velmi namáhaných a pohledových ploch, kde by mohl narušit pevnost či estetiku výrobku.
- V případě obdélníkového výrobku se umisťuje do delší strany, aby materiál tekli po kratší dráze.
- Aby se zamezilo turbulentnímu proudění taveniny přímo do dutiny formy.
- Aby se studené spoje vytvářely mimo pohledové a mechanicky velmi namáhaná místa. [14,17]

### **Jednotlivé typy vtoků:**

**Plný kuželový vtok** – Dopravuje taveninu z trysky přímo do dutiny formy. Používá se pro jednoduché výrobky s tlustými stěnami. Po vstříkání zůstává celý vtok na výrobku a jeho odstranění z výrobku je pracné.

**Bodový vtok** – Používá se nejčastěji pro tenkostěnné výrobky. U několikanásobných forem, je kvůli typu rozváděcích kanálů nutno použít tří deskový systém formy. Vtokové ústí má malý průměr, obvykle 1 mm. Při odformování má tedy plast tendenci se utrhnout právě v oblasti vtokového ústí.

**Deštníkový, talířový a prstencový vtok** – S výhodou se užívají pro rotačních výrobky, u kterých dokážou rovnoměrně plnit dutinu formy. Nevýhodou je vyšší spotřeba materiálu, jenž je vyžadován pro vyplnění vtokových dutin.

**Filmový vtok** – Někdy je nazýván také jako šterbinový vtok. Při využití pro výrobky obdélníkových tvarů a zejména pak pro semikrystalické či plněné plasty se umisťuje do kratší strany. Vtokový systém lze oddělit od výrobku až po vyjmutí z formy. Používá se nejčastěji pro plněné plasty, a to kupříkladu skelnými vlákny. Dále pak také pro ploché výrobky.

**Tunelový vtok** – Největší předností je schopnost automatického oddělení vtokového systému od výrobku. Nedá se však použít pro plasty vyztužené vláknitým plnivem. Další nevýhodou je náročná výroba. Ta se provádí elektroerozivním hloubením.

**Banánový (prohnutý) vtok** – Principiálně je velmi podobný tunelovému vtoku. Využívá se v případech, kdy není možné, aby vtok vyústil do boku výrobku. [14]

**Přidržovače a vyhazovače vtoku** – Po dostatečném ochlazení výrobku a následném otevření formy je nutné, aby výrobek i vtokový zbytek zůstali na pohyblivé části formy. U studených vtokových systémů však část vtokového systému zůstává přímo ve vtokové vložce. Pokud by materiál zůstal ve vtokové vložce, tak by jej nebylo možné vyhodit z prostoru formy. Tomuto problému jde předejít použitím přidržovačů vtoku. Přidržovač je vyroben s podkosem, do kterého zateče část taveniny. Po ztuhnutí materiálu podkos přidrží výrobek na požadované straně formy.

## 2) Vyhřívání vtokový systém

Jde o sestavu více komponent (hlavní vtok, rozvodná deska, trysky, ovládací jehly), které jsou vyhřívány a udržují tak polymer v tekutém stavu. Tato metoda má řadu kladů:

- Jejím použitím lze zkrátit vstřikovací cyklus.
- Eliminuje odpad – absence rozvodných kanálů.
- Absencí vtokových kanálů dochází k rychlejšímu zaplnění dutin.
- Regulací teploty lze kladně ovlivnit výsledné vlastnosti výrobku.
- Lze použít nižší uzavírací síly.

Mezi největší zápory vyhřívání vtokových systémů patří:

- Vyšší pořizovací cena.
- Vyšší provozní náklady.
- Dodatečná změna polohy vtoků je velmi obtížně realizovatelná.

Trysky vyhřívání vtokového systému – Ohřev materiálu je uskutečněn pomocí elektrické kabeláže. Dle typu ohřevu dělíme trysky:

- Trysky s vnějším ohřevem – Tavenina proudí v ose navinutého topného tělesa. V těchto tryskách je nižší úbytek tlaku.
- Trysky s vnitřním ohřevem – Do osy trysky je zasunuta topná patrona a tavenina proudí kolem ní. Tato tryska jde lépe tepelně izolovat od okolí a také jejím použitím lze regulovat teplotu taveniny i u špičky trysky. [14,18]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Za cíle bakalářské práce byly stanoveny následující body:

- 1) Vypracovat literární studii pro dané téma.
- 2) Provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti.
- 3) Navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl.
- 4) Nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem.

Teoretická část měla čtenáře seznámit s principy a základními informacemi o technologii vstřikování, dále pak také o vhodných materiálech pro vstřikování. Náplní praktické části je zhotovení formy pro pyramidový zavlažovač.

Pro 3D modelování i pro 2D výkresovou dokumentaci bylo využito prostředí programu CATIA V5R19 a pro výběr normálií katalog HASCO. Vzhledem k vlastnostem formy byl vybrán vstřikovací stroj firmy Arburg.

## 4 SPECIFIKACE VÝROBKU

Vstřikovaným výrobkem je pyramidový zavlažovač. Vstupem do zavlažovače je trn, který slouží k připojení rychlospojky zahradní hadice. Na horní straně má zavlažovač otvor, ze kterého následně volně vystupuje proudící voda. Výrobek je dále odlehčen dvěma otvory, díky čemuž dojde k úspoře materiálu. K vyztužení je ze spodní strany výrobku vytvořeno několik žeber. Pro snazší odformování jsou vnější stěny úkosovány a hrany zaobleny.

### 4.1 Materiál výrobku

Materiálem zavlažovače je ABS (Akrylonitril-butadien-styren). Tento materiál udělí výrobku vlastnosti jako jsou odolnost vůči nízkým i vysokým teplotám, malá nasákavost, odolnost vůči kyselinám či vysoká odolnost vůči mechanickému poškození.

Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálu ABS [23]

Vlastnosti ABS	Norma	Jednotka	Hodnota
Hustota	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	1,04
Modul pružnosti	ISO 527	MPa	2210
Mez pevnosti v tahu	ISO 527	MPa	33
Nasákavost (voda)	ISO 62	%	0,4

### 4.2 Volba vstřikovacího stroje

Vhodným vstřikovacím strojem pro danou konstrukci formy je stroj od firmy Arburg. Jedná se konkrétně o vstřikovací stroj Arburg Allrounder 820 S.

Parametry vstřikovacího stroje:

- Velikost uzavírací síly – 800 kN.
- Výška formy – až 850 mm.
- Velikost upínacích desek – 1171x1171 mm.
- Vzdálenost mezi vodícími sloupky stroje: 820x820 mm.
- Maximální zdvih vyhazovačů – 250 mm. [24]



Obr. 14 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 820 S [25]

## 5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

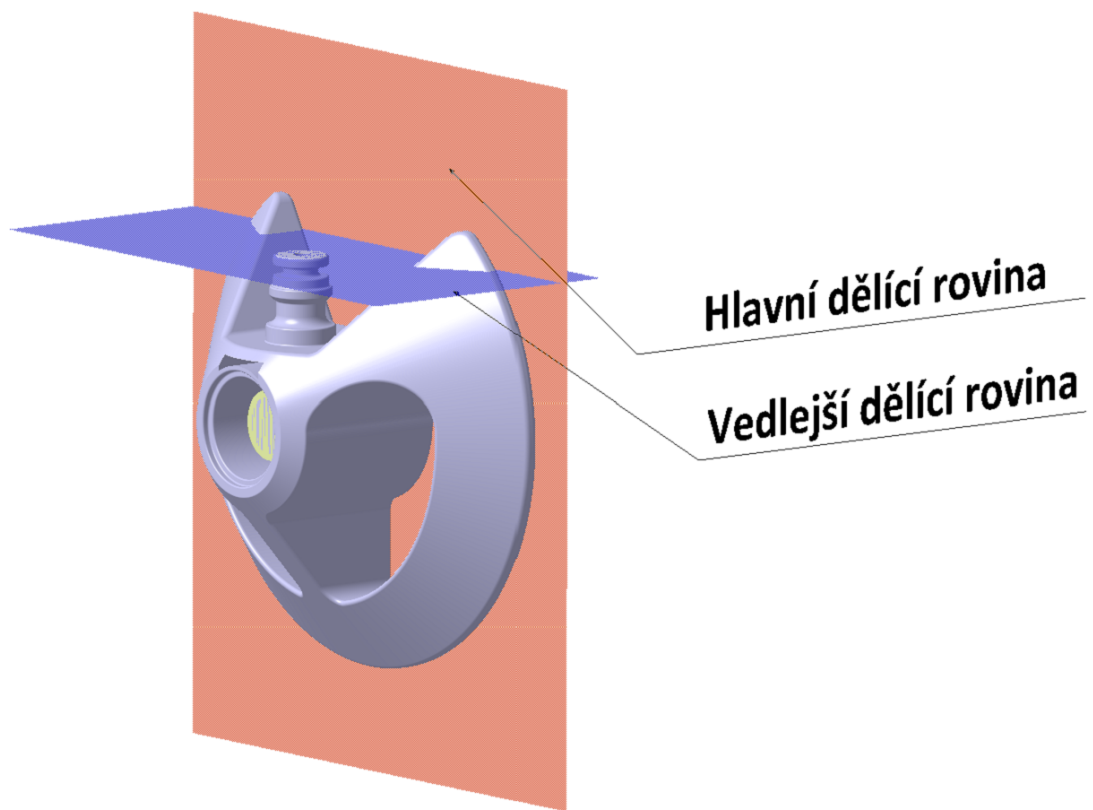
Vstřikovací forma byla modelována v programu Catia, konkrétně ve verzi V5R19. Sestavení formy probíhalo v prostředí Mold Tooling Design. Toto prostředí umožnilo vložení a také následnou editaci desek, vodících či středících elementů, vyhazovačů a jiných součástí. Další normálie byly importovány z knihovny katalogu HASCO. Jednalo se například o jednotlivé díly temperace, transportní můstek anebo také horký vtokový systém. Program Catia bylo vhodné využít taktéž pro tvorbu výkresové dokumentace vstřikovací formy.

### 5.1 Násobnost formy

Násobnost vstřikovací formy se volí dle požadavků na přesnost, efektivitu a s tím spojenou ekonomiku výroby. S rostoucí násobností formy vzrůstá efektivita výroby, ale zároveň klesá přesnost jednotlivých výrobků. Pokud je forma dvou a vícenásobná, tak nelze docílit naprosté shody ve kvalitě výrobků vyrobených na jedno vstříknutí. Pro pyramidový zavlažovač byla zkonstruována dvojnásobná forma. Na jeden vstřikovací cyklus je tedy možné zhotovit dva výrobky.

### 5.2 Volba dělicích rovin

Hlavní i vedlejší dělicí roviny musely být vybrány tak, aby se docílilo jednoduchého a rychlého odformování výrobku z dutiny formy. Kvůli kuželovitému tvaru výrobku bylo optimálním řešením umístění hlavní dělicí roviny shodně s dolní podstavou výrobku. Pro odformování vnitřního otvoru v přípojce hadice bylo nutné zvolit další dělicí rovinu. Ta byla kolmá na čelní plochu přípojky hadice.



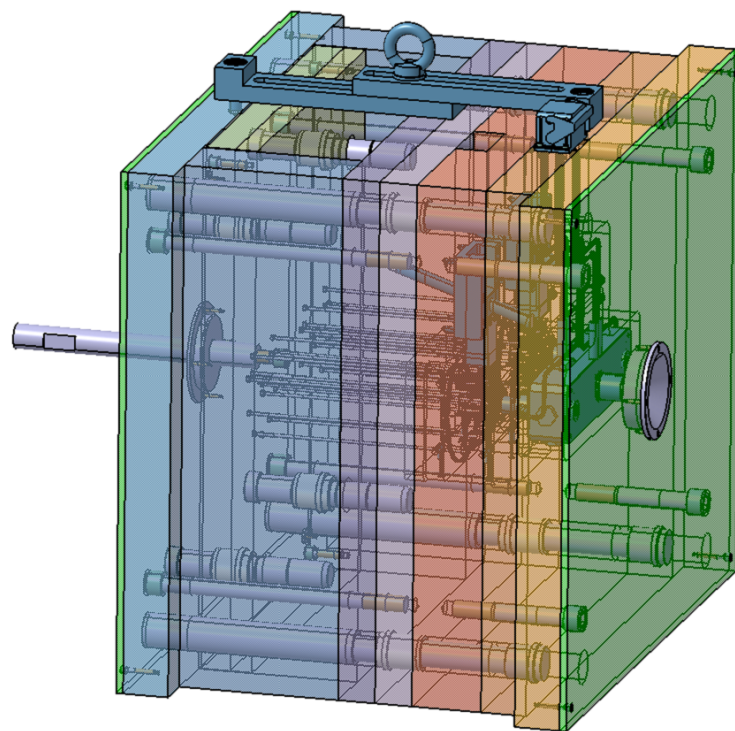
Obr. 15 Volba dělicích rovin

*Zeleně – hlavní dělicí rovina, fialově – vedlejší dělicí rovina*

### 5.3 Rám formy

Pravá část formy je tvořena ze tří desek (upínací, opěrná a kotevní deska). Levou část formy tvoří pět desek (kotevní, opěrná, dvojice rozpěrných desek a upínací deska). Součástí vyhazovacího systému jsou desky dvě (kotevní deska a opěrná deska). Z obou stran formy jsou upevněny desky izolační. Ty zamezují přestupu tepla z formy do vstřikovacího stroje.

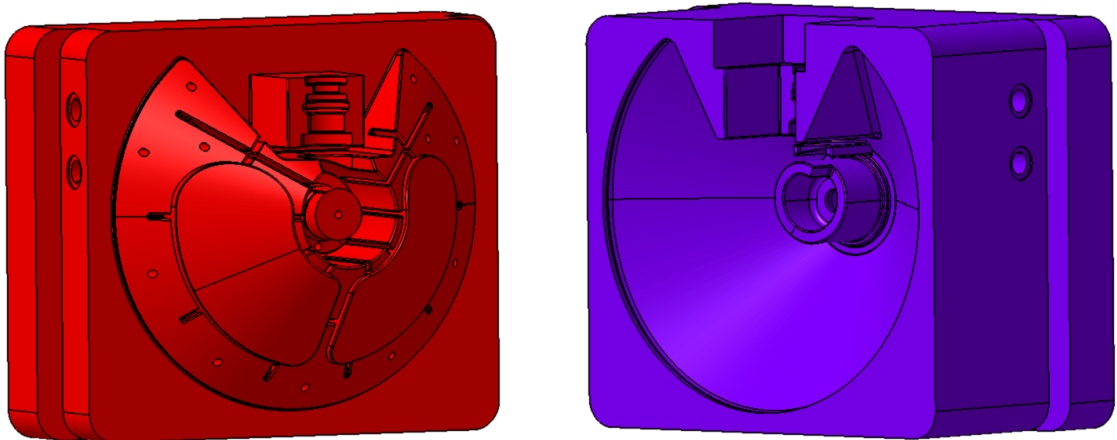




Obr. 16 Koncepce formy

## 5.4 Zaformování výrobku

Při konstrukci tvárníků i tvárnice se muselo počítat se smrštěním materiálu. To činilo 0,5 % a o něj se musely zvětšit dutiny tvárníku i tvárnice. Výrobek byl natočen tak, aby se ho vyhazovače opíraly z nepohledové, tedy spodní strany. Tato koncepce také umožnila nasmrštění výrobku na tvárník a tím bylo zajištěno snadnější odformování výrobku.

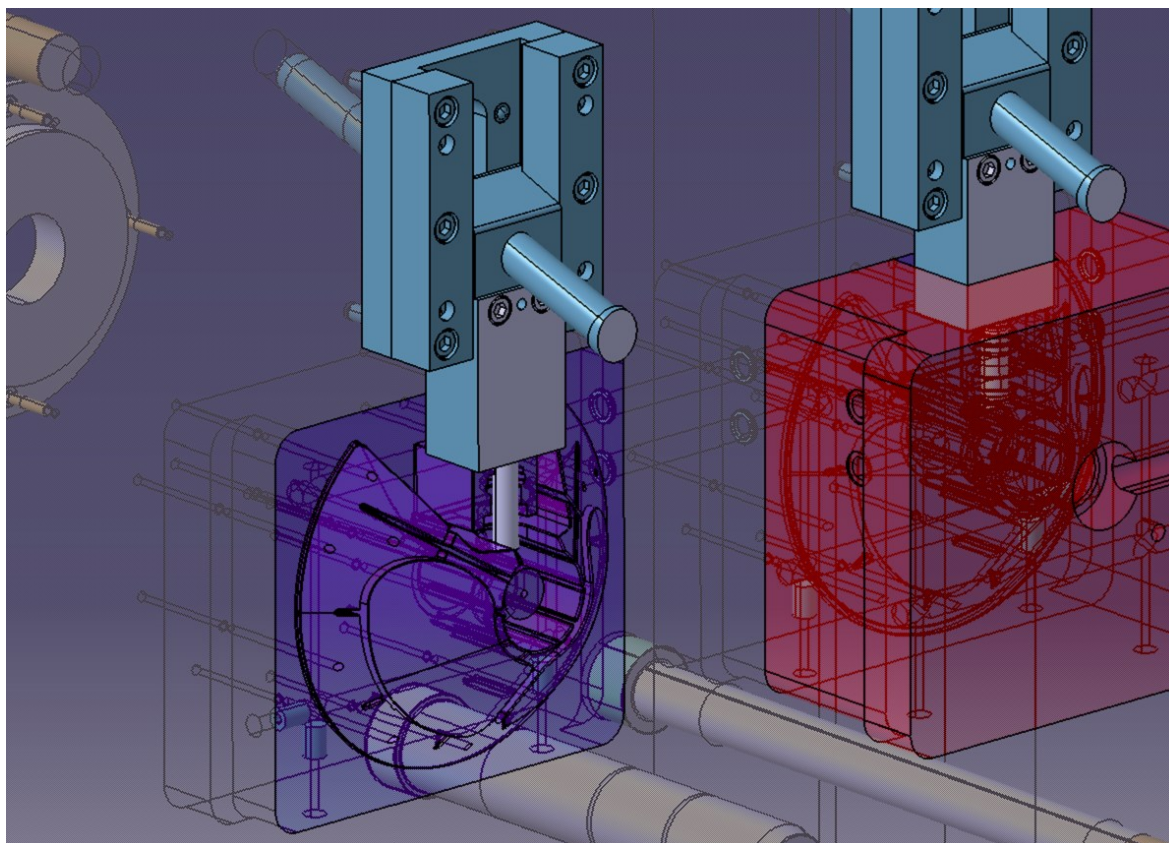


Obr. 17 Tvarové vložky

*Červeně – tvárník, modře – tvárnice*

## 5.5 Boční odformování

Vnitřní otvor přípojky hadice by nebylo možné vyrobit s použitím pouze jedné dělicí roviny. Za tímto účelem byla tedy zvolena druhá dělicí rovina. Při uzavření formy čep dosedne na plochu tvárnice. Během vstříknutí polymer čep obteče. Po dostatečném zchlazení polymeru se forma otevře a dojde k vytáhnutí čepu z výrobku.

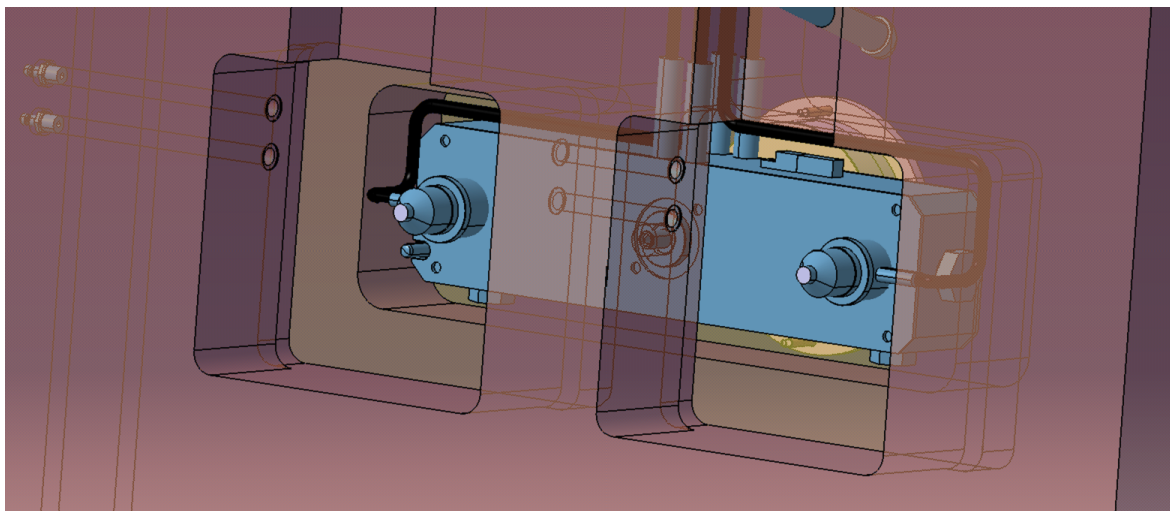


Obr. 18 Boční odformování

## 5.6 Vtokový systém

Úkolem vtokového systému je přivedení taveniny ze vstřikovací části stroje do dutiny tvarových vložek. Pokud se jedná o vícenásobnou formu, tak je velmi důležité, aby k zaplnění dutin došlo ve stejný čas.

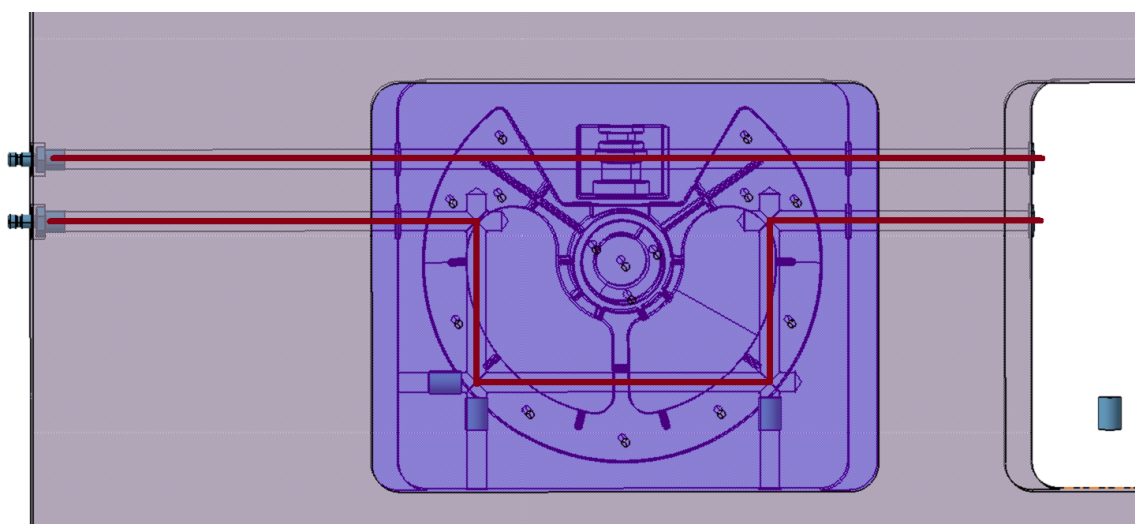
Pro tuto konstrukci formy bylo ideální využít vyhřívaný vtokový systém. Čela obou trysek dosedala na vnitřní plochy tvárnice. Tímto řešením odpadlo konstruování rozvodných kanálů a také jejich následné odformování. Vyhřívaný vtokový systém byl vybrán z katalogu HASCO.



Obr. 19 Vyhříváný vtokový systém

## 5.7 Temperace

Pro výrobek je optimální, aby nedocházelo k výraznému kolísání teplot formy. Tomuto kolísání jde zamezit správným návrhem temperačních kanálů. V těchto kanálech bude následně cirkulovat temperační médium. Místa, kde je kanál potřeba zaslepit se utěsnily vnitřními ucpávkami. Přechody mezi tvárníkem/ tvárnici a deskami byly utěsněny O – kroužky, aby nedošlo k úniku temperačního média. Všechny části temperačního systému (ucpávky, O – kroužky, napojovací nátrubky) i temperační kanálky jsou znázorněny na Obr.19.



Obr. 20 Temperace

## 5.8 Odvzdušnění

Po uzavření formy nemá vzduch přítomný v dutinách kudy formu opustit. Tento vzduch je však při vstřikování nežádoucí a měl by negativní vliv na výslednou kvalitu výrobků. Odvzdušnění má tedy za úkol vzduch z dutiny odvádět pryč. U této konstrukce formy však postačuje, že vzduch bude z dutin unikat skrze dělicí roviny a vůlí mezi tvárníkem a vyhazovači.

## 5.9 Vyhazovací systém

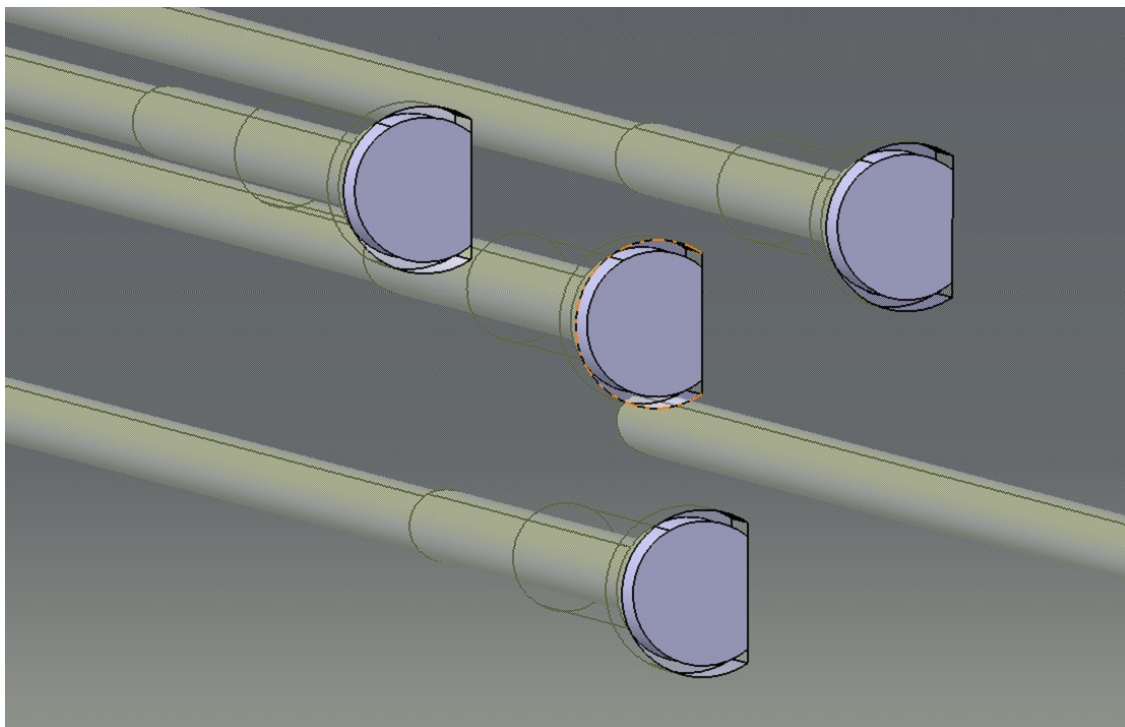
Úkolem vyhazovacího systému je vysunutí výrobku z dutiny formy. K tomuto procesu dojde po otevření hlavní dělicí roviny formy. Výrobek zůstane nasmrštěný na tvárníku a na jeho nepohledovou stranu začne tlačit skupina vyhazovačů. Rozměry, typ a rozmístění vyhazovačů se volí dle několika kritérií:

- K zajištění dostatečné síly pro vyhození výrobku.
- Jejich průměr musí být takový, aby nedošlo k protržení výrobku.
- Umisťují se rovnoměrně po ploše výrobku, aby nedošlo k zapříčení výrobku při vyhazování.

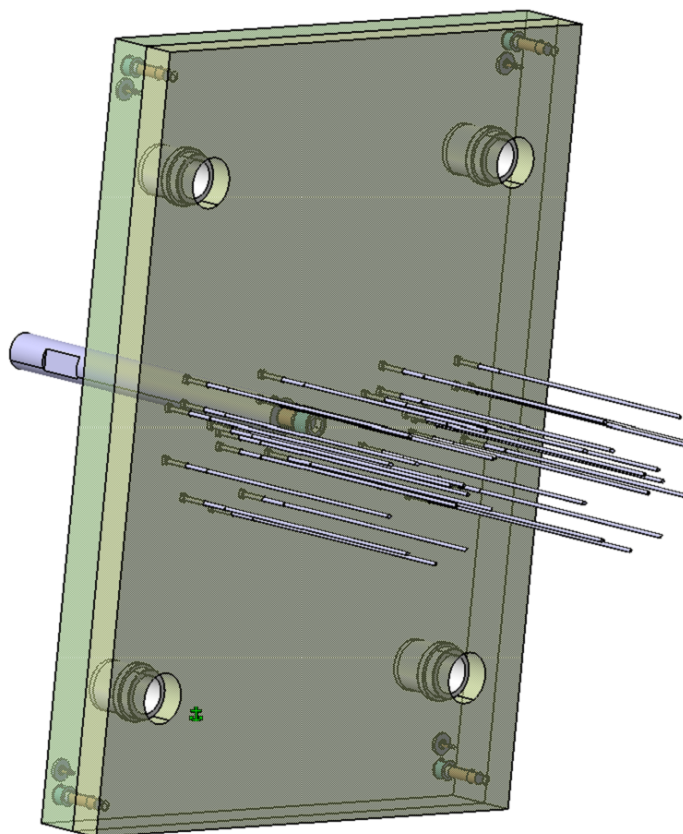
Pro optimální výsledek bylo použito třicet prizmatických vyhazovačů. Na jeden výrobek tedy připadá patnáct vyhazovačů.

Vyhazovače se volí delší a následně se zakrátí na požadovaný rozměr. Jelikož jejich čelo dosedá na tvarovou plochu, tak musí být vyhazovače zajištěny proti pootočení. Seříznutím koncové plošky vyhazovače se tomuto pootočení zabránilo.

Hlavními částmi vyhazovacího systému jsou prizmatické vyhazovače a dále také dvě vyhazovací desky (kotevní a opěrná), které jsou sešroubovány k sobě. Dosedka zamezuje kontaktu opěrné desky vyhazovací a upínací desky pohyblivé části formy. Vodící čepy vyhazovacího systému slouží k vedení a středění vyhazovacích desek. K opěrné desce je dále přišroubováno táhlo, kterým se vyhazovacím systémem pohybuje.



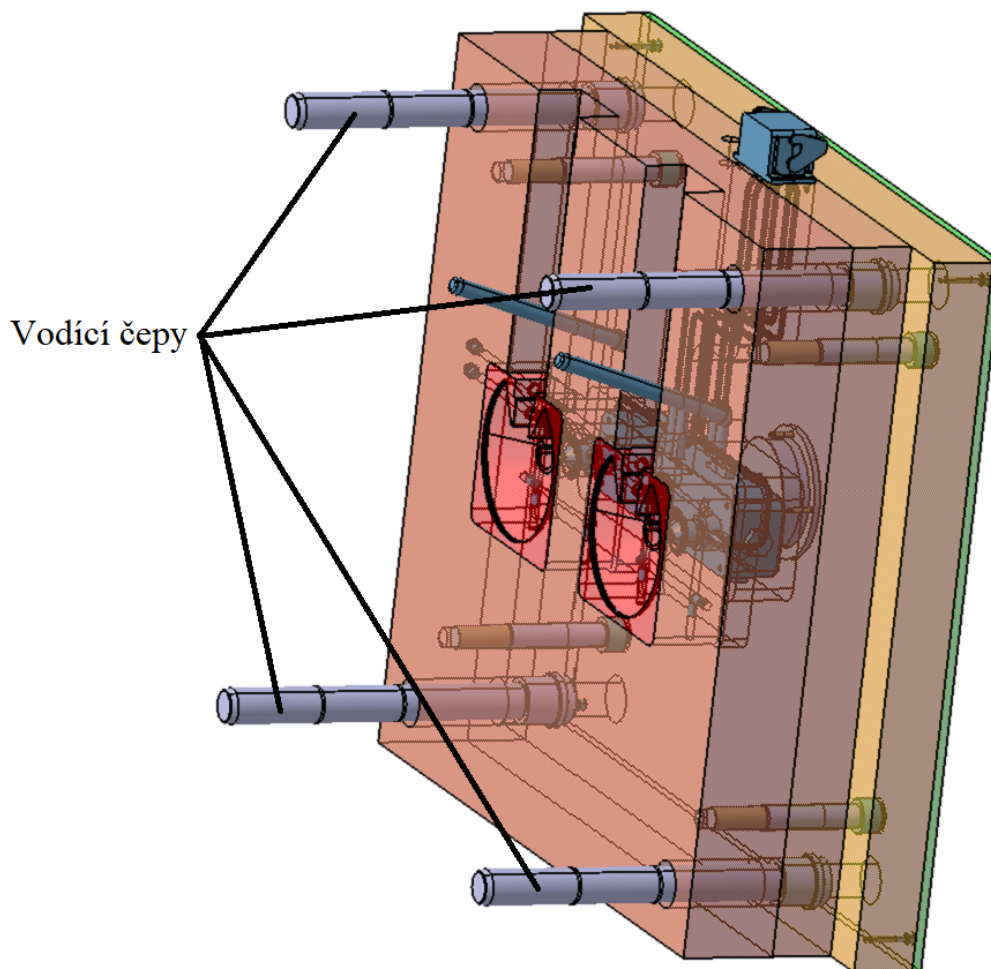
Obr. 21 Detail seříznutí vyhazovačů



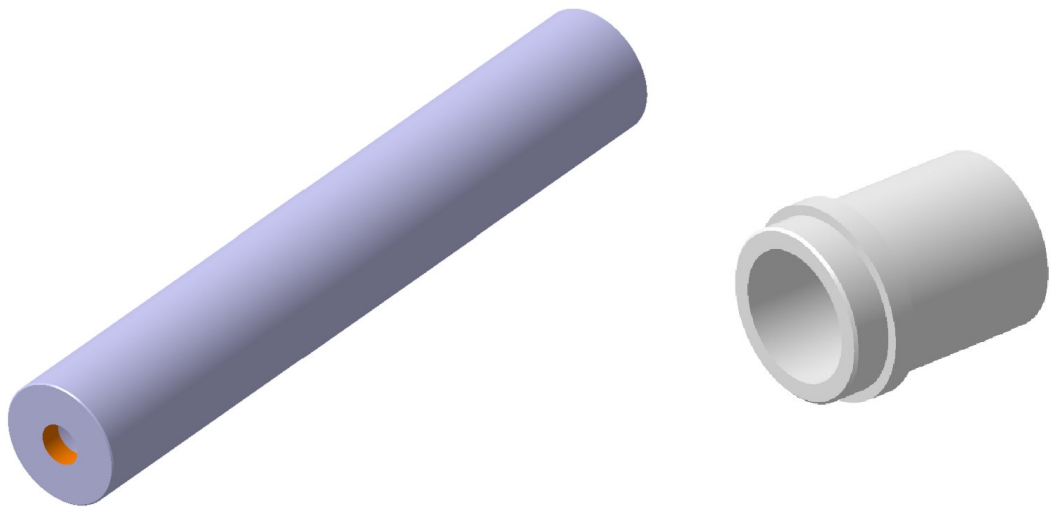
Obr. 22 Vyhazovací systém

## 5.10 Vodící a středící elementy

Pro dokonalý kontakt centrální vtokové vložky a trysky vstřikovacího stroje je nutné formu vůči stroji vystředit. Za tímto účelem se využívá středícího kroužku. Ten je připevněn k upínací desce čtveřicí šroubů. Nepohyblivou i pohyblivou část vstřikovací formy vůči sobě středí čtveřice vodících čepů. Ty dále plní funkci vodící, kdy jsou v těsném kontaktu s vodícími pouzdry. Levou tedy pohyblivou část vstřikovací formy dále středí středící trubky.

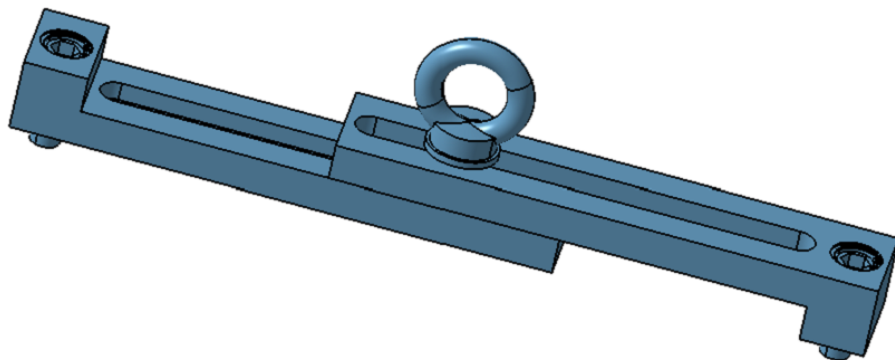


Obr. 23 Vodící čepy vstřikovací formy



Obr. 24 Středící trubka a vodící pouzdro

Kvůli značné hmotnosti formy je na její horní straně připevněn transportní můstek. Ten slouží k usnadnění manipulace s formou při jejím usazování do vstřikovacího stroje. Můstek je přišroubován k deskám formy. Při chodu formy lze oko můstku povolit a můstek tedy nijak nezasahuje do její činnosti.



Obr. 25 Transportní můstek

## ZÁVĚR

Účelem bakalářské práce bylo navrhnout i vymodelovat dvojnásobnou formu pro pyramidový zavlažovač. Veškeré 3D modelování i kreslení 2D dokumentace probíhalo v programu CATIA ve verzi V5R19.

Pro koncepci formy vyšlo jako ideální řešení použití vyhřívaného vtokového systému. Ke snadné a efektivní odformování musely být zkonstruovány dvě dělicí roviny. Dle rozměrů formy a požadované uzavírací síly byl vybrán vstříkovací stroj Arburg Allrounder 820 S. Za účelem udržení optimální teploty při vstříkovacím cyklu musely být správně dimenzovány temperační kanálky. O vyhození výrobku se stará několik prizmatických vyhazovačů, které jsou rozmístěny dle tvaru výrobku a dalších technických požadavků.

Jako výstup bakalářské práce je 2D dokumentace vstříkovací formy, která je obsažena v příloze.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery*. Brno: Code Creator, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-88058-68-7.
- [2] DUCHÁČEK, Vratislav, 2011. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN ISBN978-80-7080-788-0.
- [3] Desky Hevea. *O dřevě Hevea* [online]. 2019, [cit. 2020-11-13]. Dostupné z: <https://deskyhevea.cz/content/4-o-dreve-hevea>
- [4] LENFELD, Petr, 2009. *Technologie II*. Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita v Liberci. ISBN ISBN978-80-7372-467-2.
- [5] WEISS, Viktorie a Elena ŠTRÍHAVKOVÁ, 2014. *Polymery*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta výrobních technologií a managementu. ISBN 978-80-7414-738-8.
- [6] DVOŘÁK, Milan, 2004. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 80-214-2683-7.
- [7] AUSPERGER, Aleš. *Technologie zpracování plastů: Technologie vstřikování* [on-line]. 1. Brno: Code Creator, 2016 [cit. 2020-11-18]. ISBN 978-80-88057-77-9. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/01.html>
- [8] Technická univerzita Liberec. *Technologie II*. [online]. [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)
- [9] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. 2015, [cit. 2020-12-22]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [10] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Code Creator, 2015 [cit. 2020-12-23]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/02.html>
- [11] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. Brno: Code Creator, s.r.o., 2015 [cit. 2021-04-01]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>

- [12] *Vstřikování plastických hmot: Vstřikovací formy* [online]. Vysoké učení technické v Brně, 39 [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cvi-ceni/htn\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_zak.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cvi-ceni/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf)
- [13] HYNEK, Martin, a kolektiv. *Rámy vstřikovacích forem* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013, [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: [http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Ramy\\_vstrikovacich\\_forem.pdf](http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Ramy_vstrikovacich_forem.pdf)
- [14] HYNEK, Martin, a kolektiv. *Horké vtoky* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013, [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: [http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Studene\\_a\\_zive\\_vtokove\\_systemy.pdf](http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf)
- [15] Dong Guan Sincere Tech. *Injection mold* [online]. 2019, [cit. 2021-01-10]. Dostupné z: <https://www.plasticmold.net/injection-moulding/#injection-mold>
- [16] Dong Guan Sincere Tech. *Where Do They Use The Production Injection Molding Process* [online]. 2019, [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://www.plasticmold.net/injection-moulding/#injection-mold>
- [17] Dong Guan Sincere Tech. *Cold Runner Molding* [online]. 2019, [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <https://www.plasticmold.net/cold-runner-mold/>
- [18] The Rodon Group. *Injection Molds 101: Cold Runner vs. Hot Runner Molds* [online]. 2018, [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <https://www.rodongroup.com/blog/injection-molds-101-cold-runner-vs-hot-runner-molds>
- [19] MMSPEKTRUM. *Výroba forem pro vstřikování plastů* [online]. 2003, [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-form-pro-vstrikovani-plastu-2.html>
- [20] Plastics Today. *Injection molding design fundamentals: Snap-fits for plastic parts* [online]. 2019, [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: <https://www.plasticstoday.com/injection-molding/injection-molding-design-fundamentals-snap-fits-plastic-parts>
- [21] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů. II. díl, Vstřikování termoplastů*. Brno: Uniplast Brno, 1999, 214 s.
- [22] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů. I. díl, Vstřikování termoplastů 2*. Brno: Uniplast Brno, 1999, 133 s.
- [23] AKPLAST.SRO. *Materiálový list ABS* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: [http://www.akplast.cz/admin/files/ck/files/TechData/ABS\\_mat\\_list.pdf](http://www.akplast.cz/admin/files/ck/files/TechData/ABS_mat_list.pdf)
- [24] ARBURG. *Allrounder 820 s* [online]. 2021, [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: [https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische\\_Daten/ARBURG\\_AL\\_LROUNDER\\_820S\\_TD\\_525003\\_en\\_GB.pdf](https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_AL_LROUNDER_820S_TD_525003_en_GB.pdf)

[25] PLASTICPORTAL.EU. *Lightweight construction Arburg* [online]. 2020, [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.eu/en/lightweight-construction-arburg-efficient-production-of-highly-durable-components-with-long-glass-fiber.html/c/6742/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PVC	Polyvinylchlorid
PS	Polystyren
PMMA	Polymethylmethacrylate
PA	Polyamid
PE	Polyethylen
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
PP	Polypropylen
PC	Polykarbonát
PTFE	Polytetrafluorethylen
T <sub>m</sub>	Teplota tání [°C]
T <sub>f</sub>	Teplota viskózního toku [°C]
T <sub>g</sub>	Teplota skelného přechodu [°C]
p <sub>i</sub>	Vnitřní tlak
p	Vnější tlak
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Hevea Brasiliensis [3] .....	12
Obr. 2 Makromolekulární struktury polymerů [5] .....	15
Obr. 3 Závislost účinnosti plastikace na teplotě [2] .....	17
Obr. 4 Pásová granulace [4] .....	18
Obr. 5 Granulace za studena [4] .....	19
Obr. 6 Granulační hlava [4] .....	20
Obr. 7 Průběh vnitřního tlaku $p_i$ v dutině formy [4] .....	22
Obr. 8 Laminární tok taveniny [8] .....	23
Obr. 9 Plnění volným tokem (Jetting) [8] .....	24
Obr. 10 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [4] .....	26
Obr. 11 Kloubový mechanismus (4 – kloubový) [11] .....	29
Obr. 12 Hydraulický uzavírací systém [11] .....	29
Obr. 13 Řez vstřikovací formou (forma se SVS) [12] .....	31
Obr. 14 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 820 S [25] .....	38
Obr. 15 Volba dělicích rovin .....	40
Obr. 16 Koncepce formy .....	41
Obr. 17 Tvarové vložky .....	41
Obr. 18 Boční odformování .....	42
Obr. 19 Vyhřívaný vtokový systém .....	43
Obr. 20 Temperace .....	43
Obr. 21 Detail seříznutí vyhazovačů .....	45
Obr. 22 Vyhazovací systém .....	45
Obr. 23 Vodící čepy vstřikovací formy .....	46
Obr. 24 Středící trubka a vodící pouzdro .....	47
Obr. 25 Transportní můstek .....	47

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálu ABS [23].....	37
---	----

## SEZNAM PŘÍLOH

# **PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY**

Výkresová dokumentace