

Konstrukční návrh vstřikovací formy pro plastový díl části automobilu

Matěj Homola

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Matěj Homola**

Osobní číslo: **T14093**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční návrh vstřikovací formy pro plastový díl části automobilu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu plastového dílu.
3. Provedte konstrukci 3D sestavy vstřikovací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy včetně kusovníku.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

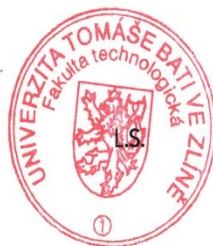
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby 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 15.5.2017



.....

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). Odpirá-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 užit 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 přihlídáne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Tato bakalářská práce s názvem „Konstrukční návrh vstřikovací formy pro plastový díl části automobilu“ se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový díl.

V teoretické části je uveden postup pro konstrukci vstřikovací formy a seznámení s materiály vhodnými ke zpracování plastů pomocí technologie vstřikování.

Cílem praktické části je nakreslit 3D model výrobku, navrhnout vstřikovací formu a vytvořit výkresovou dokumentaci dané vstřikovací formy. Pro konstrukci je využíván program Catia V5 R19.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikování, konstrukce, CATIA

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The bachelor thesis bearing a title „Design of an injection mold for a plastic part of a car“ deals with the construction of injection mold for plastic product. Firstly, the theoretical part of the thesis describes the procedure of designing a construction of injection mold and introduction of materials which are suitable for processing of plastics using injection molding technology. Secondly, the aim of the practical part is to design a 3D product model, design an injection mold and create a drawing documentation of the injection mold. The Catia V5 R19 programme is used for construction.

Keywords: injection mold, injection molding technology, design, CATIA

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D. za odborné rady a profesionální přístup, který mi během zpracování bakalářské práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu.

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

Dále také prohlašuji, že na bakalářské práci (dále jen BP) jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval a zmínil na konci této BP. Modely a výkresová dokumentace, které byly předmětem této BP, byly vytvořeny v softwaru s platnou licencí.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MATERIÁL	11
1.1 VZNIK MAKROMOLEKUL	11
1.2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ PLASTŮ VHODNÝCH PRO VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.2.1 Plasty	12
1.2.2 Elastomery.....	14
1.3 CHAREKTERISTICKÉ TEPLoty POLYMERŮ	15
1.4 OBLASTI VYUŽITÍ AMORFNÍCH TERMOPLASTŮ A JEJICH VLASTNOSTI.....	15
1.5 OBLAST VYUŽITÍ SEMIKRYSTALICKÝCH TERMOPLASTŮ A JEJICH VLASTNOSTI	16
1.6 ÚPRAVA POLYMERŮ PRO ZPRACOVÁNÍ A POUŽITÍ.....	17
1.6.1 Přísady formulující zpracovatelnost taveniny	17
2 ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY PRO VSŘIKOVÁNÍ	19
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	19
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	21
2.2.1 Vstřikovací jednotka	22
2.2.2 Uzavírací jednotka	22
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	23
3.1 TECHNICKÉ ÚDAJE POTŘEBNÉ PRO KONSTRUKCI FOREM.....	24
3.1.1 Výkres součástí	24
3.1.2 Násobnost.....	25
3.1.3 Smrštění.....	25
3.2 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (SVS).....	27
3.2.1 Vtokové kanály	28
3.2.2 Přidržovače vtoku.....	29
3.2.3 Plný kuželový vtok.....	29
3.2.4 Bodový vtok	30
3.2.5 Tunelový vtok	30
3.2.6 Boční vtok	31
3.2.7 Filmový vtok	32
3.3 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY (VVS)	32
3.3.1 Vyhřívané trysky	34
3.3.2 Vyhřívané rozvodné bloky	34
3.4 VYHAZO VANÍ VÝROBKŮ Z FORMY.....	35
3.4.1 Mechanické vyhazování.....	36
3.4.2 Pneumatické vyhazování.....	39
3.4.3 Hydraulické vyhazování.....	39
3.5 TEMPERACE FOREM.....	39
3.5.1 Tepelná bilance	41
3.5.2 Zásady temperace.....	41

3.5.3	Temperační prostředky.....	43
3.6	ODVZDUŠNĚNÍ.....	43
3.7	MATERIÁL FOREM	44
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
4	STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	46
5	POUŽITÉ APLIKACE	47
5.1	CATIA V5 R19.....	47
5.2	HASCO DAKO MODUL	47
6	SPECIFIKACE VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE	48
6.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE	49
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	50
7.1	DĚLICÍ ROVINY	51
7.2	NÁSOBNOST FORMY	52
7.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	53
7.3.1	Tvárník	53
7.3.2	Tvárnice.....	53
7.3.3	Tvarové jádro	54
7.4	ODFORMOVÁNÍ A VYHAZOVCÍ SYSTÉM	55
7.4.1	Odformování	55
7.4.2	Vyhozovací systém.....	55
7.5	LEVÁ ČÁST FORMY	58
7.6	PRAVÁ ČÁST FORMY	59
7.7	VTOKOVÝ SYSTÉM	60
7.8	TEMPERACE.....	61
7.8.1	Temperace tvárníku	62
7.8.2	Temperace tvárnice	62
7.8.3	Temperace posuvného jádra.....	63
7.8.4	Příslušenství k temperaci.....	63
7.9	ODVZDUŠNĚNÍ.....	64
7.10	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	64
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ	65
	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	68
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
	SEZNAM TABULEK.....	75
	SEZNAM PŘÍLOH.....	76

ÚVOD

Plasty nebo také plastické či umělé hmoty označují syntetické nebo polosyntetické materiály, které ve 20. století nahrazovaly materiály dražší – kov, dřevo, sklo, porcelán nebo přírodní textilní materiály. Plastové výrobky se začaly uplatňovat v mnoha oblastech, především to byl automobilový průmysl, elektrotechnika, ale i řada dalších průmyslových odvětví. Začal se klást větší důraz na kvalitu povrchu a přesnost plastových výrobků, tím pádem i na technologii výroby vstřikovacích forem. [4]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta do formy velkou rychlostí, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Mezi výhody vstřikování patří krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Nevýhodou ve srovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem. [4]

Jelikož strojírenství se neustále vyvíjí a zdokonaluje, začaly vznikat speciální softwary, jejichž pomocí lze mnohem rychleji a snadněji navrhovat vstřikovací formy. Pro vývoj a konstrukci vstřikovacích forem se používají nejrůznější druhy softwarů. V následující bakalářské práci byl využit software CATIA V5 R19.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MATERIÁL

V dnešní době existuje na trhu několik tisíc různých druhů plastů. V technické praxi však výrazné uplatnění má jen několik desítek druhů plastů. Z celkového objemu světové produkce plastů představuje skoro 80 % jen šest druhů plastů a 70 % výroby jen tři druhy, a to polyolefiny, polyvinylchlorid a styrenové hmoty. Sortiment termoplastů se neustále zvětšuje, a to v podstatě dvěma směry, kdy jednou cestou je výroba stále nových polymerů a druhou cestou je modifikace dosavadních polymerů. Toto zvyšování počtu materiálů má své výhody pro konstrukci a výrobu dílů z plastů, aniž by došlo k výrazné změně ceny. Na druhé straně to klade zvýšené požadavky na znalosti konstruktérů.

Při volbě materiálu je třeba vedle vlastností a ceny vzít v úvahu i jeho zpracovatelnost, která výrazně ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti konečného výrobku, ale i technologické podmínky, konstrukční řešení nástroje a volbu stroje. Vlastnosti a odolnost polymerů jsou v podstatě dány jejich fyzikální a chemickou strukturou, ale mohou být do velké míry ovlivněny i zpracovatelským procesem. [4]

Výhody plastů:

- nízká hmotnost,
- výborné zpracovatelské vlastnosti,
- korozní odolnost,
- tlumí rázy a chvění.

Nevýhody plastů:

- nízké mechanické vlastnosti,
- ekologická zatížitelnost.

1.1 Vznik makromolekul

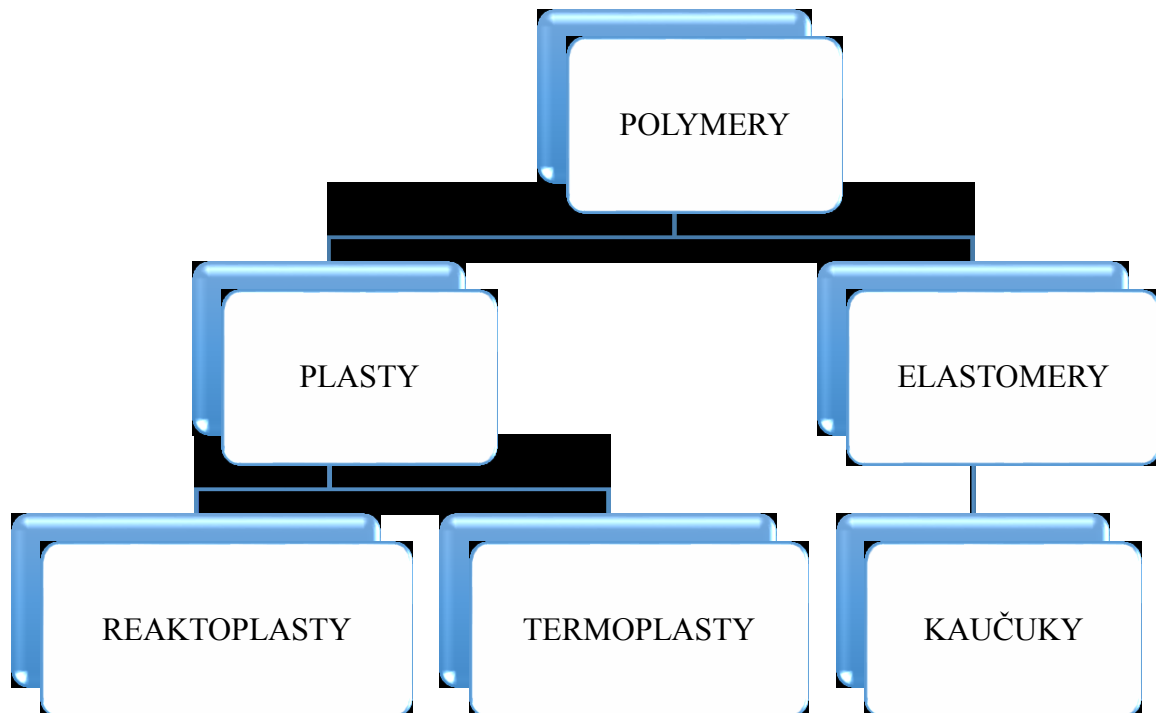
Všechny syntetické polymery jsou tvořeny makromolekulami, jež vznikají opakovaným spojováním základní jednotky – meru, odvozené od výchozí molekuly – monomeru. Spojováním dvou nebo více druhů základních jednotek vznikají kopolymery.

Makromolekuly jsou tedy řetězce opakujících se merů, které se podle struktury dělí na polymery lineární, rozvětvené a síťované. Chemické složení merů – druh atomů a způsob jejich spojení chemickými vazbami určuje základní chemické a fyzikálněchemické

vlastnosti příslušného polymeru. Další vlastnosti jsou určeny celkovým počtem merů v řetězci, nebo délkou řetězce. [1]

1.2 Základní rozdělení plastů vhodných pro vstřikování

Plasty jsou za běžných podmínek tvrdé, často křehké. Za zvýšených teplot se stávají plastickými a tvarovatelnými. [1]



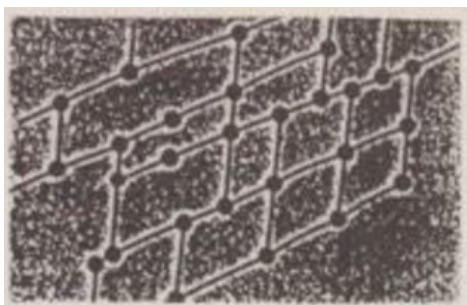
Obr. 1 Rozdělení polymerních materiálů

1.2.1 Plasty

Jsou to polymery, u nichž vnější namáhání způsobuje deformace převážně nevratného (trvalého) charakteru. Za běžných podmínek jsou většinou tvrdé, mnohdy i křehké. Podle chování při zahřívání je dělíme na termoplasty a reaktoplasty. [1]

Reaktoplasty

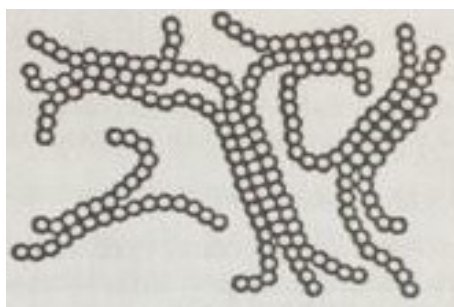
Je plast chemickou reakcí nevratně převeditelný z plastického do tuhého stavu. Při tváření vlivem tlaku a teploty nastává zesíťování (vytvrzování) polymeru. V konečné fázi zpracování jsou řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou síť. Výrobky z reaktoplastů se vyznačují vysokou teplotou a chemickou odolností, tuhostí a tvrdostí. U reaktoplastů se produkt v nevytvrzeném stavu běžně nazývá pryskyřice, např. fenol-formaldehydová pryskyřice (PF), epoxidová pryskyřice (EP), polyesterová pryskyřice (UP) apod. [1]



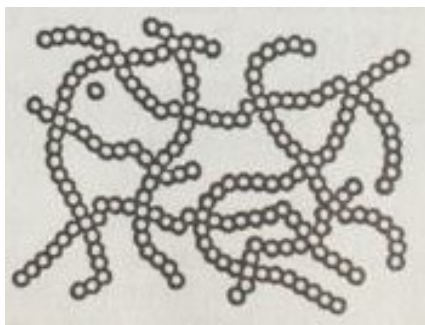
Obr. 2 Struktura reaktoplastu [2]

Termoplasty

Materiály, které mění tvar působením tepla a smykovými silami. Po ochlazení jsou schopné opětovným působením tepla se převést zpět do taveniny (teoreticky lze tento děj opakovat do nekonečna). Termoplasty mohou být amorfní i semikrystalické. Typickými představiteli jsou polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polymethyl-methakrylát (PMMA), polyoxymethylen (POM) apod. [1]



Obr. 3 Částečně krystalická struktura [1]



Obr. 4 Amorfní struktura [1]

1.2.2 Elastomery

Elastomery jsou polymery, které lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž deformace je převážně vratná. [1]

Kaučuky

Jsou polymerní materiály přírodního nebo syntetického původu, vyznačující se velkou pružností. Tedy schopností se účinkem vnější síly výrazně deformovat a poté opět zaujmout původní tvar. Je to tedy tzv. elastomer. Kaučuky jsou základní surovinou pro výrobu pryží, nesprávně označovaných i jako guma. Pryž vzniká z kaučuku vulkanizací, což je teplem nebo katalyzátory (urychlovači) podporovaná reakce vulkanizačního činidla (např. síry nebo siřných sloučenin). Ta vede ke vzniku disulfidických můstků mezi makromolekulami kaučuku a k tvorbě řídké trojrozměrné polymerní sítě. Čím delší je čas vulkanizace, tím více můstků vzniká a tím je výsledná pryž tvrdší. Vulkanizací se obvykle zásadně zlepšují vlastnosti kaučuků, např. pevnost v tahu, strukturální pevnost, vratnost deformace, odolnost k oděru, rozpustnost apod. [1]



Obr. 5 Struktura elastomerů [1]

1.3 Charakteristické teploty polymerů

Ve všech materiálech částice hmoty konají různé rotačně vibrační pohyby, jejichž intenzita a amplituda je úměrná okamžité teplotě. Tyto pohyby se nazývají „mikrobrownův pohyb“ a u polymerů se takto pohybují části řetězců, zvané segmenty.

Při zvyšování teploty se pohyby rozvolňují, což má za následek výraznou změnu vlastností. Změny jsou vázány na charakteristické teploty. Při zvyšování teploty dojde k uvolnění pohybu segmentů a změně z křehkého sklovitého chování na viskoelastické. Teplota, při níž k tomu dojde, je označována T_g – teplota skelného přechodu. Při teplotě T_g intenzita tepelného pohybu převyšuje této teplotě odpovídající mezimolekulární síly a segmenty se začnou pohybovat.

Další zvyšováním teploty roste amplituda pohybu segmentů, až dojde k jejich pohybu, a zejména při působení vnější síly, se celé řetězce pohybují vůči sobě navzájem, tzn. dochází k toku. Teplota této změny se nazývá „teplota tečení T_f “. Vyskytuje se jen u amorfních polymerů, které se nad touto teplotu nacházejí ve stavu viskózní taveniny.

V krystalické fázi nedochází při zvyšování teploty k uvolnění pohybu segmentů, protože zde působí výrazně větší mezimolekulární síly. K uvolnění těchto sil dojde až při následujícím zvýšení teploty, kdy se pravidelná krystalická struktura rozpadne přímo na viskózní taveninu. Tato teplota se nazývá teplota tání krystalického podílu T_m . Protože žádný skutečný polymer nekrystalizuje na 100 %, ale jen částečně, mluvíme o částečně krystalických polymerech (semikrystalických) – tyto obsahují v mezimolekulárních prostorech amorfní části, které mají své T_g .

Při dalším zvyšování teploty se řetězce začnou intenzivním tepelným pohybem rozpadat na fragmenty, což vede k rozkladu polymeru. Tato teplota se nazývá T_c – teplota rozkladu polymeru. [1]

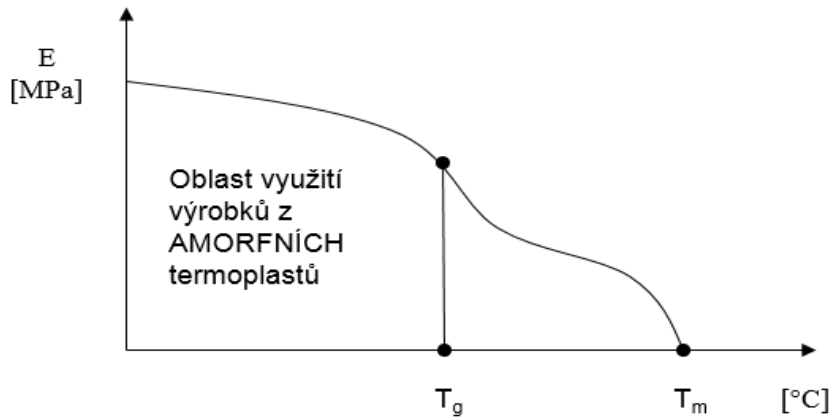
1.4 Oblasti využití amorfních termoplastů a jejich vlastnosti

Amorfní termoplasty mají níže uvedené vlastnosti:

- tvrdost,
- křehkost,
- vysoká pevnost,
- dobrá rozpustnost v organických rozpouštědlech,

- jsou transparentní.

Jejich řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. [1]



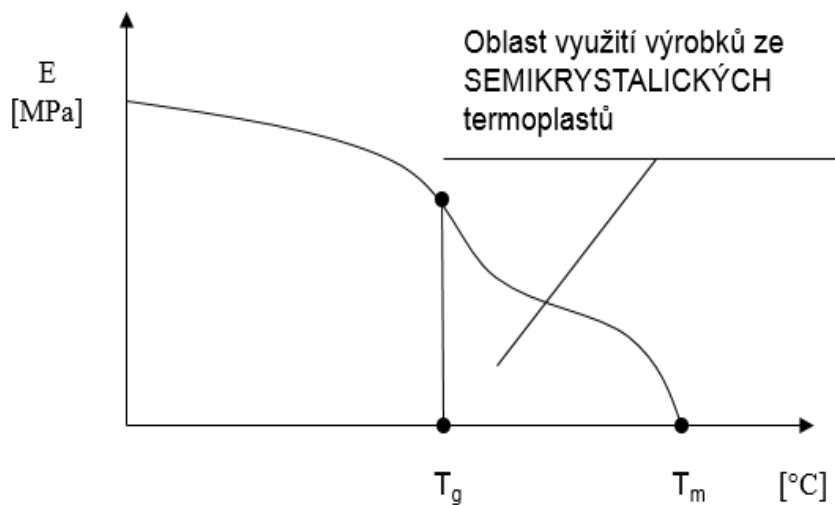
Obr. 6 Oblast využití amorfních termoplastů

1.5 Oblast využití semikrystalických termoplastů a jejich vlastnosti

Semikrystalické termoplasty mají tyto vlastnosti:

- houževnatost,
- špatná nebo žádná rozpustnost v organických rozpouštědlech,
- mléčné zakalení až neprůhlednost.

Velká část makromolekulárních řetězců je pravidelně a těsně uspořádána, tvoří krystalické útvary. Zbytek je amorfní. [1]



Obr. 7 Oblast využití semikrystalických termoplastů

1.6 Úprava polymerů pro zpracování a použití

Základní polymer, vyrobený jednou z polyreakcí (polymerace, polyadice, polykondenzace) při níž přecházejí chemickou cestou monomerní jednotky na makromolekulární látky – polymery, nelze obvykle zpracovávat a aplikovat na výstřiky. Pro získání požadovaných vlastností je nutné polymer upravit vhodnými přísadami – aditivy [1]

1.6.1 Přísady formulující zpracovatelnost taveniny

Aby zpracování polymerních materiálů proběhlo bez problémů, přidávají se aditiva.

- Pro zvýšení stability taveniny po dobu její prodlevy a v plastikačním válci, resp. v horkém rozvodu formy – tepelné nebo termooxidační stabilizátory.
- Pro zlepšení tokových vlastností taveniny, zaručující dobrou zatékavost, bezporuchovou plastikaci ve šnekové plastikační komoře, nelepivost taveniny a snadné vyjímání výstřiků z formy – vnitřní maziva aplikována do materiálu již při jeho výrobě.
- Pro dosažení rovnoměrné a jemné krystalické struktury u částečně krystalických materiálů – nukleační činidla. [1]

Stabilizátory

- Termooxidační – zvyšují odolnost vstřikovaného materiálu k termooxidačnímu stárnutí.
- UV stabilizátory – zvyšují odolnost k atmosférickému stárnutí a tím prodloužení životnosti výstřiků. [1]

Změkčovadla

- Úkolem změkčovadel je zvýšení ohebnosti, tažnosti, houževnatosti, snížení tuhosti a tvrdosti zchladnutého polymeru. [1]

Konzentráty lubrikantů a nukleačních činidel

- Lubrikanty (maziva) – snižují viskozitu taveniny, zlepšují odformování, zvyšují lesk výstřiků.
- Nukleační činidla – modifikují rychlost krystalizace, což vede ke zkrácení výrobního cyklu nebo ke zvýšení transparentnosti. [1]

Barviva a pigmenty

- Dávají polymernímu materiálu barevný odstín, jsou v polymerech nerozpustné, podle původu jsou anorganické, organické a bronze (kovové prášky), mohou působit též jako nukleační činidla. [1]

Retardéry hoření

- Jejich úkolem je zmenšit hořlavost termoplastů. [1]

Plniva – kompozitní materiály

- Polymerní materiály s plnivy se nazývají kompozitními. Kompozitní materiály jsou definovány jako materiálové struktury, které vzniknou ze dvou nebo více materiálů zcela rozdílných vlastností. Základním uspořádáním kompozitního materiálu podle uvedené definice je matrice – pojivo, tj. polymer s aditivou, plnivo, výstuž.
- Jako plnivo se používají plniva částicová, vystužující, nanoplňiva. [1]

2 ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Kvalita výstřiků z termoplastů je definována jejich stavem, v němž se nacházejí po vyhození z formy a relaxaci po dobu min. 16 max. 48 hodin, nejčastěji 24 hodin v normálním prostředí. [1]

Stav výstřiků je charakterizován:

- stupněm a rozložením orientace makromolekul, u vyztužených materiálů i orientací plniv,
- velikostí a rozložením vnitřního pnutí,
- u částečně krystalických termoplastů obsahem krystalické fáze.

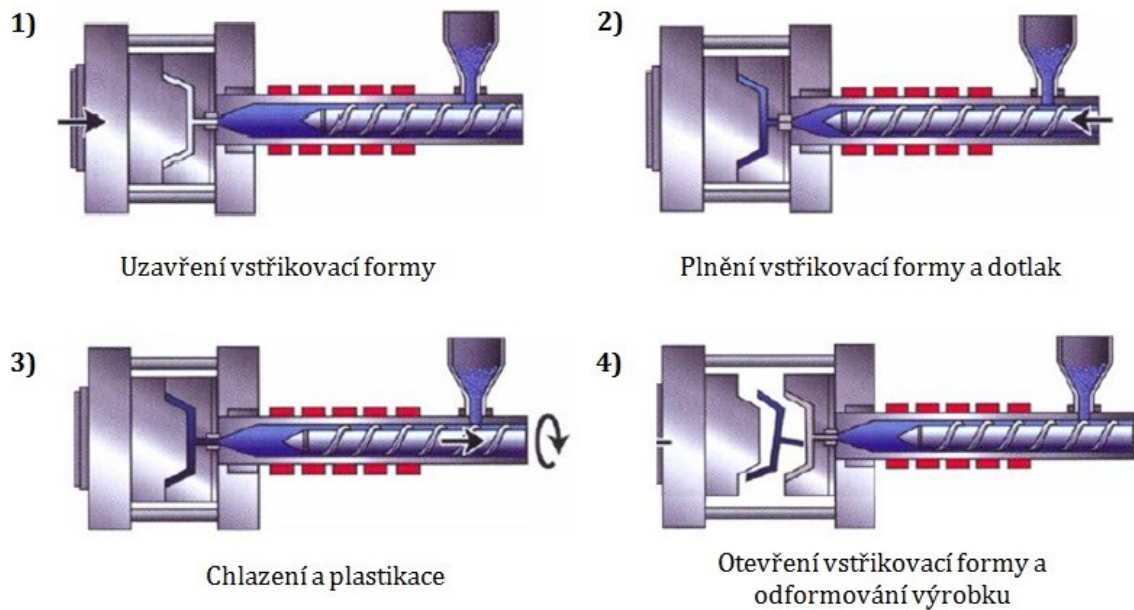
Stav výstřiku, neboli jeho jakost závisí na všech faktorech, které se vstřikovacího procesu účastní. Mezi hlavní patří:

- vstřikovaný materiál,
- vstřikovací stroj,
- použitá periferní zařízení (sušení, doprava a dávkování materiálu, temperace formy, ohřev horkých rozvodů atd.),
- tvar výstřiku a způsob jeho zaformování,
- technologické parametry vstřikování. [1]

2.1 Vstřikovací cyklus

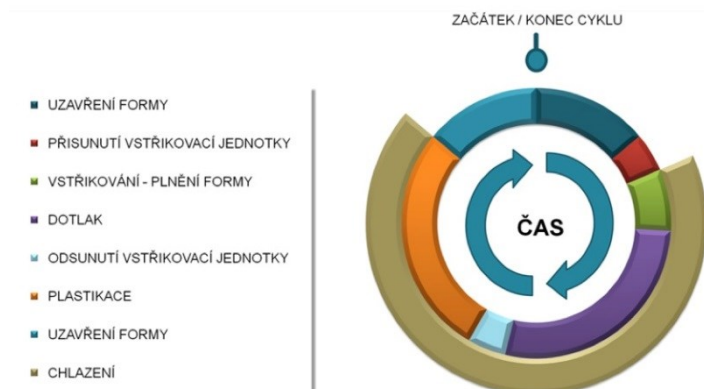
Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných postupných kroků, fází, jež se svou činností podílí na výrobě vstřikovaných dílů. Vstřikovací cyklus je proces, během kterého plast prochází teplotním a tlakovým cyklem. [3]

Postup vstřikování je následující: plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která granule přepravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a zahřívání plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a díky ochlazení ztuhne v konečný výrobek. Poté se forma otevře a výrobek je vyhozen. Celý cyklus se opakuje. [4]



Obr. 8 Vstřikovací cyklus [3]

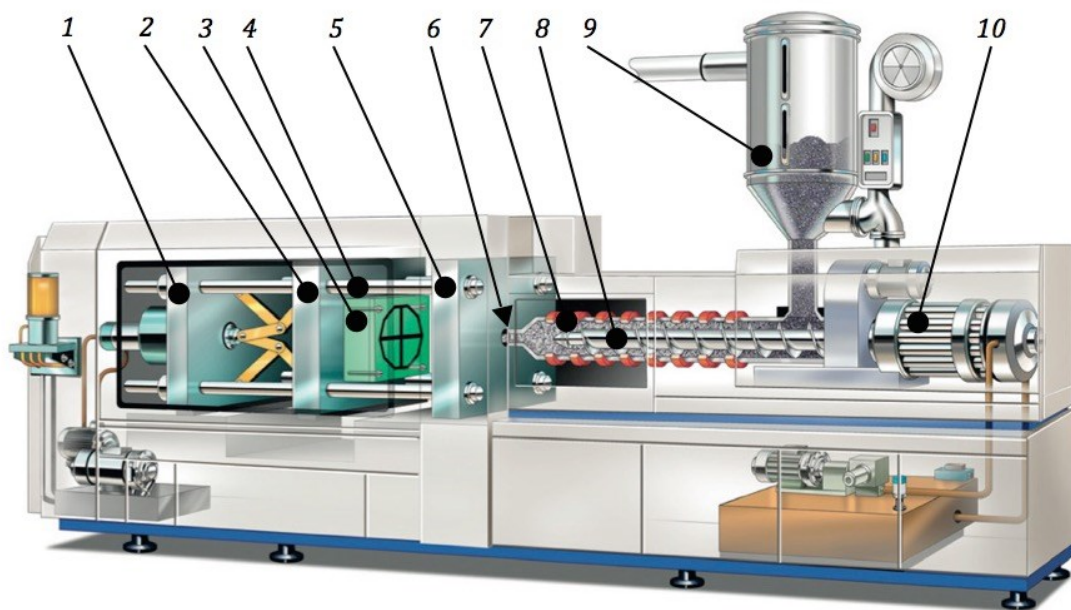
Obr. 9 znázorňuje časový sled jednotlivých fází vstřikovacího cyklu. Čas plnění by měl být s ohledem na produktivitu co nejkratší, ovšem měl by reflektovat rovnováhu mezi vstřikovacím tlakem a vnitřním napětím ve vstřikovaném dílu. Čas dotlaku by měl trvat přiměřeně. Měl by být ukončen ve chvíli zatuhnutí polymeru ve vtokové soustavě. Fáze chlazení je v podstatě zahájena prvním kontaktem taveniny se stěnou dutiny vstřikovací formy. Jedná se o nejdelší fázi vstřikovacího cyklu a to zejména z důvodu pomalého přechodu tepelné energie z polymeru do stěny dutiny vstřikovací formy. Taktéž pohyby formy by měly být optimalizovány tak, aby nedocházelo k neúměrnému prodlužování výrobního cyklu, což by vedlo ke zvýšení výrobních nákladů na vstřikovaný díl. [3]



Obr. 9 Vstřikovací cyklus z hlediska času [3]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikování termoplastů je označováno jako tvářecí proces, poněvadž roztavený polymer je silou dopravován do dutiny vstřikovací formy, kde ztuhne a zaujme svůj konečný tvar. Tento proces probíhá ve vstřikovacím stroji. [3]

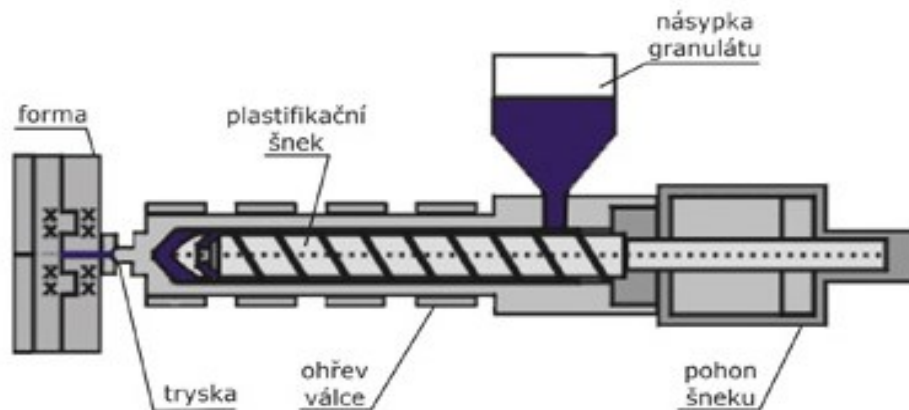


Obr. 10 Vstřikovací stroj [3]

1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací deska stroje, 3 – pohyblivá část vstřikovací formy, 4 – vodící sloupky stroje, 5 – pevná upínací deska stroje, 6 – čelo špičky vstřikovací trysky stroje, 7 – tavící komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro plastový polotovar, 10 – pohonná jednotka šneku

2.2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu velkým tlakem a vysokou rychlostí do dutiny formy. [4]



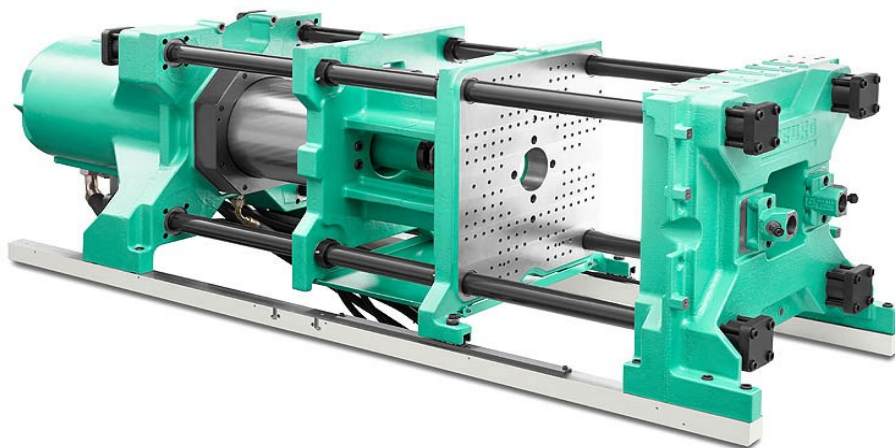
Obr. 11 Vstřikovací jednotka [10]

2.2.2 Uzavírací jednotka

Úlohou uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela.

Uzavírací jednotka je složena z:

- pevné opěrné desky,
- upínací desky,
- vodících sloupů,
- uzavíracího mechanismu. [4]

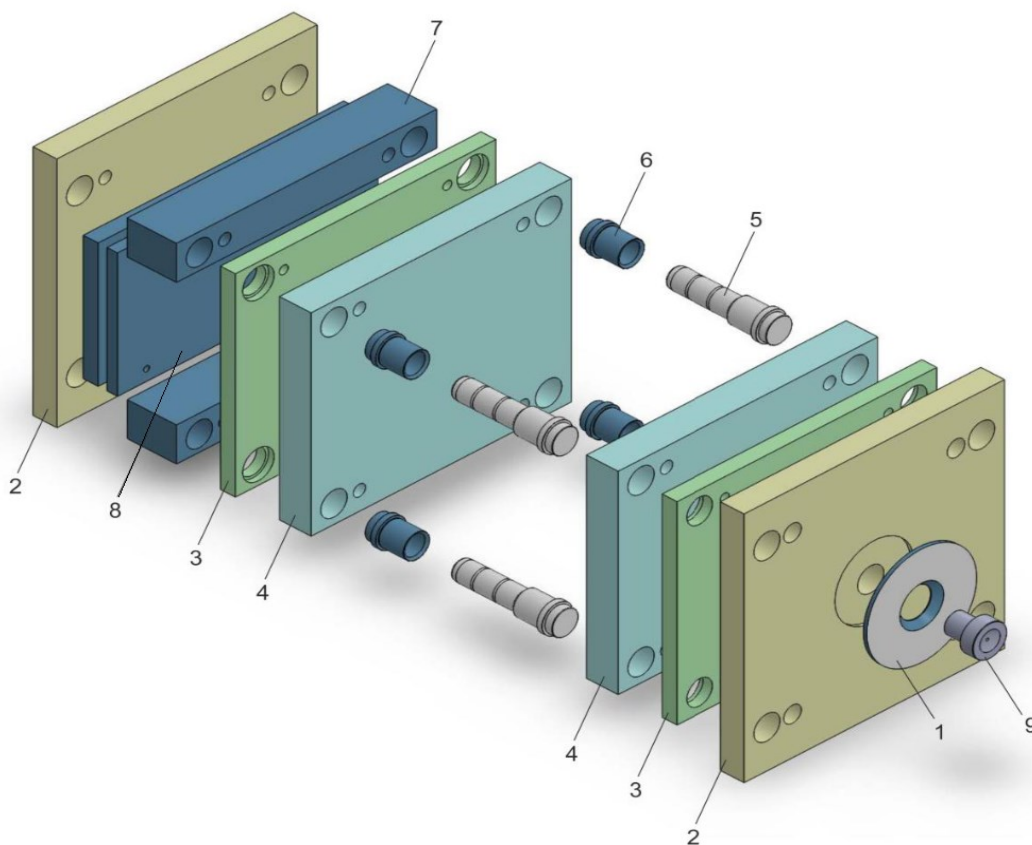


Obr. 12 Uzavírací jednotka [11]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměr výrobku, při zachování požadovaných mechanických a fyzikálních vlastností. Její kvalita plní požadavky:

- Technické - zaručují správnou funkci formy, které musí vyrobit požadovaný počet součástí v náležité přesnosti a kvalitě. Musí také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí.
- Ekonomické - vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. Taktéž vysokým využitím plastu.
- Společenskoestetické - umožňují vytvářet vhodné prostředí při běžné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy. [2]

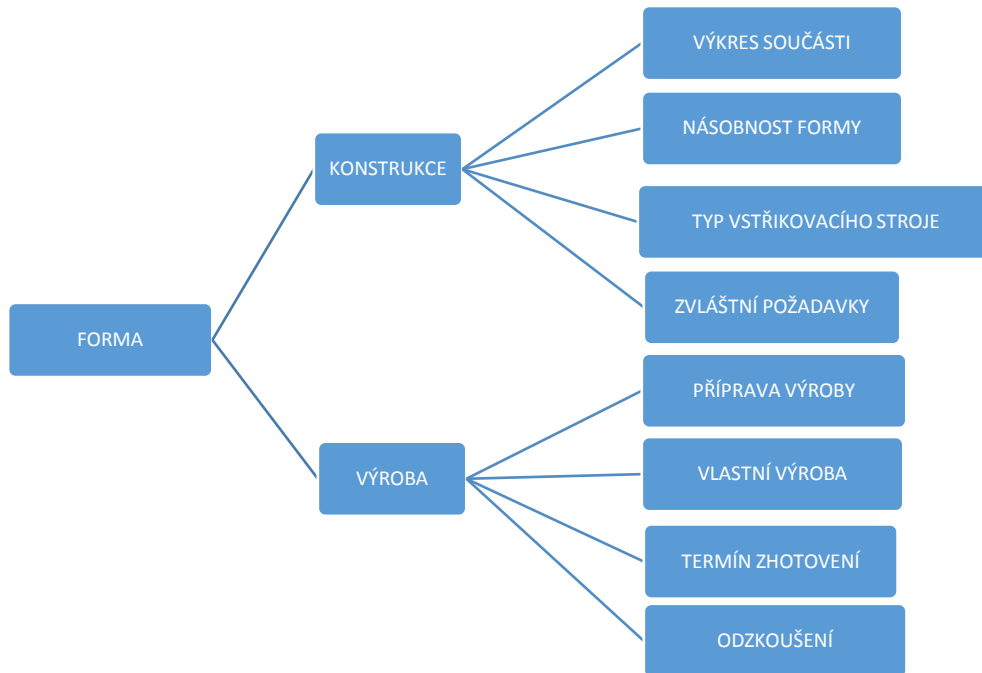


Obr. 13 Hlavní části vstřikovací formy [12]

1 – středící kroužek, 2 – upínací desky, 3 – opěrné desky, 4 – tvarové desky, 5 – vodící sloupky, 6 – pouzdra vodících sloupků, 7 – rozpěrné desky, 8 – desky vyhazovačů, 9 – vtoková vložka.

3.1 Technické údaje potřebné pro konstrukci forem

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy, která je nutná pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů, aby její uskutečnění bylo úspěšné. [1]



Obr. 14 Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu forem

3.1.1 Výkres součástí

Charakter součástí z plastu má odpovídat jeho specifickým vlastnostem. Svým tvarem a rozměry má umožnit snadnou výrobu i dodržení požadovaných mechanických i fyzikálních vlastností.

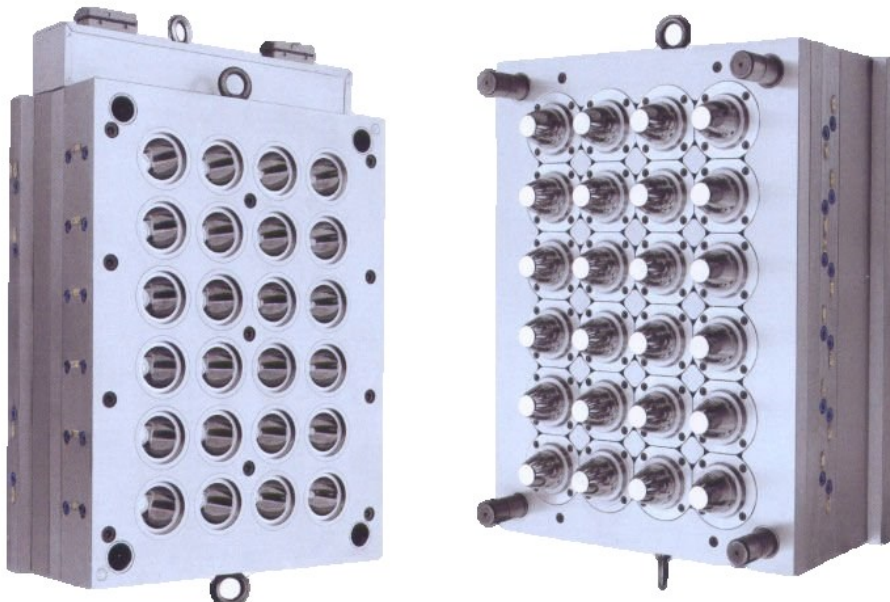
Výkres by měl obsahovat náležitosti jako:

- tvar, rozměr, tolerance výrobku,
- druh materiálu,
- jakost a vzhled povrchu,
- hmotnost. [9]

3.1.2 Násobnost

Počet výrobků vyrobených v jednom pracovním cyklu. Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska:

- přesnosti a charakteru výstřiku,
- požadovaného počtu výrobků,
- kapacity a velikosti vstřikovacího stroje,
- požadovaného termínu dodávky,
- ekonomiky výroby. [9]



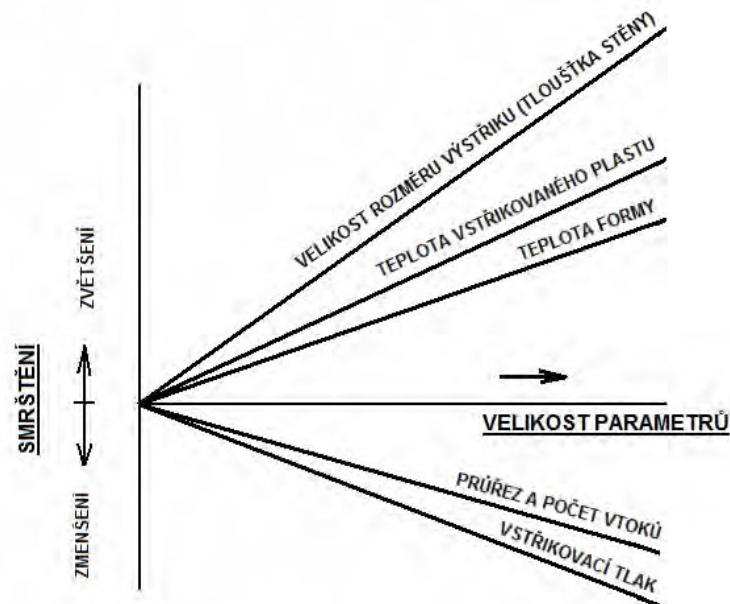
Obr. 15 Příklad násobnosti formy [4]

3.1.3 Smrštění

Velikost smrštění je dána rozdílem rozměrů zhotovené dutiny formy a výslednými rozměry u výstřiku, pokud se neuvažují další přídatky. Smrštění se udává se v procentech. Velikost je ovlivněna jak druhem plastu, tak technologií vstřikování, tvarem výstřiku technologií, ale i vstřikovací formou. Vliv některých činitelů je na Obr. 16. Při zjišťování velikosti smrštění je třeba brát tyto faktory v úvahu.

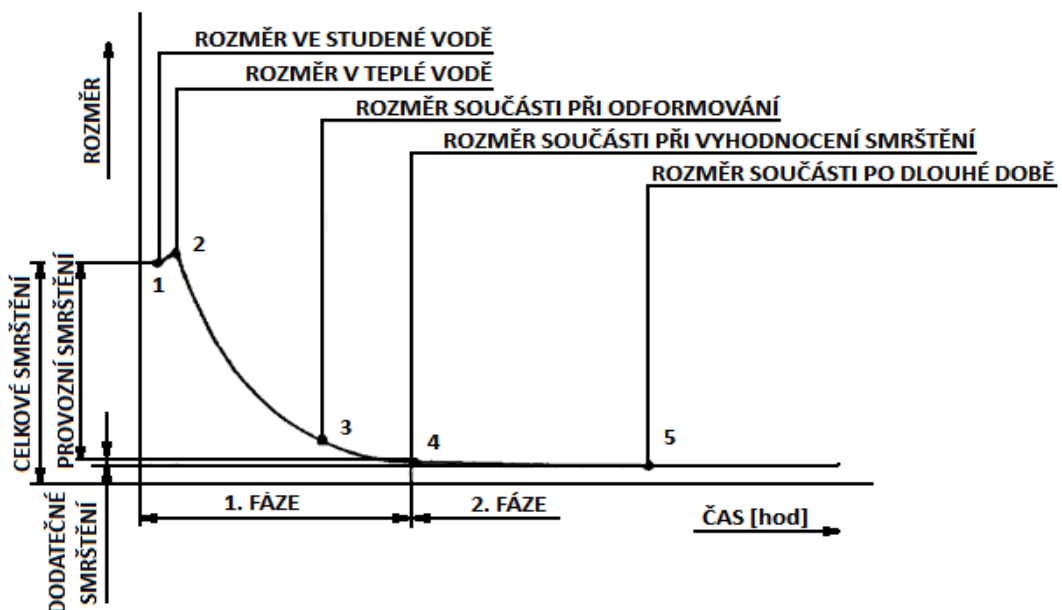
Od velikosti smrštění se odvíjí konstrukce formy (vtoková soustava, temperace formy apod.). Její stanovení je velmi obtížné, proto se využívá tabulek, ve kterých je pro jednotlivé

druhy plastů již vypočítané smrštění. Stanovení smrštění z těchto tabulek však není vždy dostačující. U přesných výstřiků je nutno dutinu formy dimenzovat tak, aby jí bylo možné v případě nutnosti opravit. Velikost smrštění v jednotlivých směrech výstřiků nemusí být stejné. [6]



Obr. 16 Vliv nejdůležitějších činitelů na velikosti smrštění [6]

Smrštění lze rozdělit do dvou fází. První fáze je tzv. provozní smrštění stanovené 24 hodinami po výrobě výstřiku. Představuje až 90% celkového smrštění. Druhá fáze smrštění je dodatečné smrštění, které probíhá v delším časovém intervalu závislém na druhu plastu. [6]

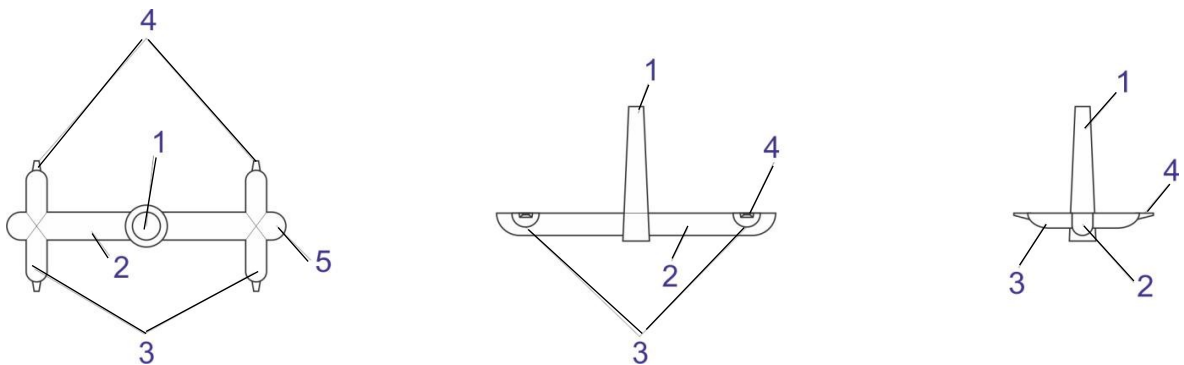


Obr. 17 Průběh smrštění [6]

3.2 Studené vtokové systémy (SVS)

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení taveniny od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny má proběhnout v co nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Rozměry a tvar vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

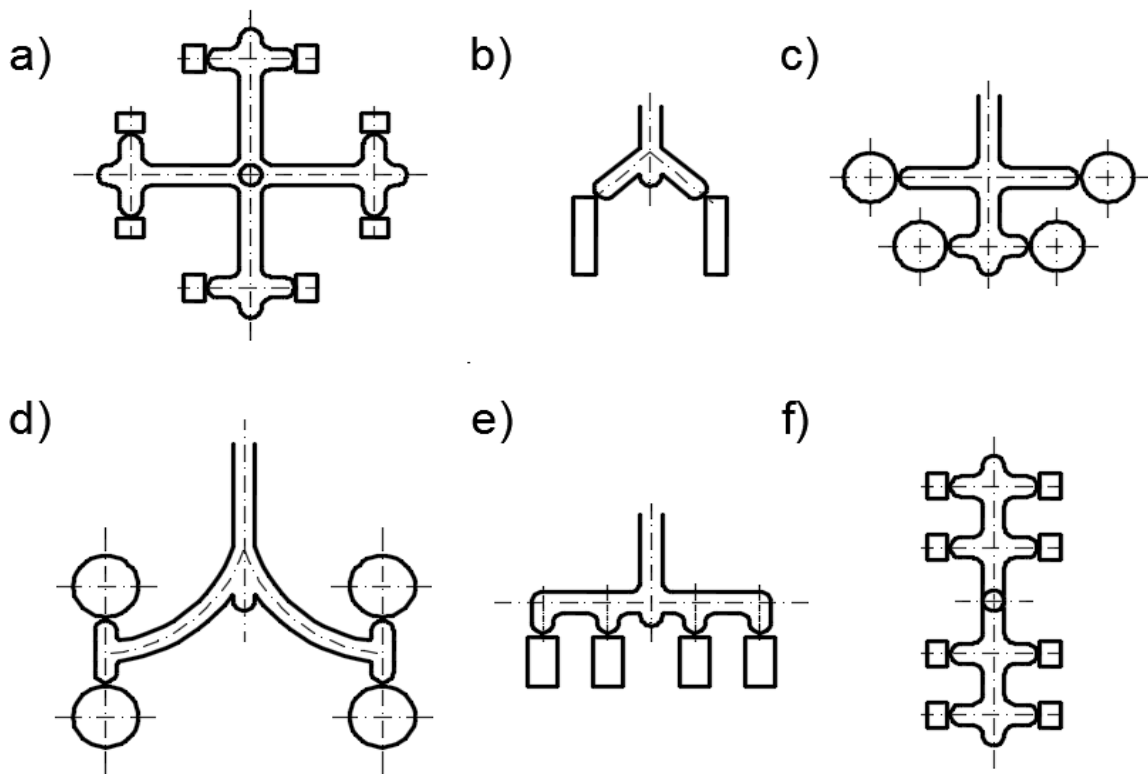
- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby. [2]



Obr. 18 Části vtokového systému [2]

1 – vtokový kužel, 2 – hlavní kanál, 3 – rozváděcí kanál, 4 – ústí vtoku, 5 – prodloužené čelo

Podstatné rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U více násobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně. [2]



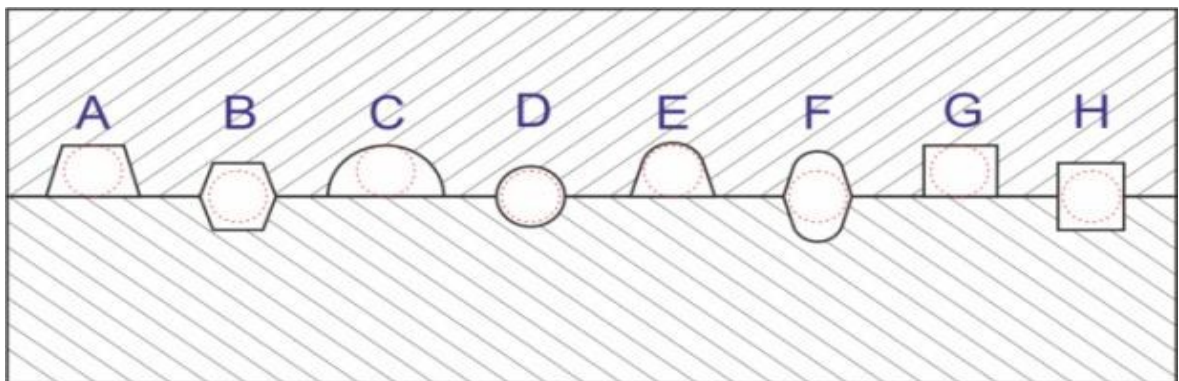
Obr. 19 Příklady vtokového systému u vícenásobných forem [2]

a, b, c, d – vhodné řešení

e, f – nevhodné řešení

3.2.1 Vtokové kanály

Průřez vtokových kanálů by měl být dostatečně velký, aby bylo jisté, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Minimální zaoblení všech vtokových kanálů je $R = 1 \text{ mm}$. [2]



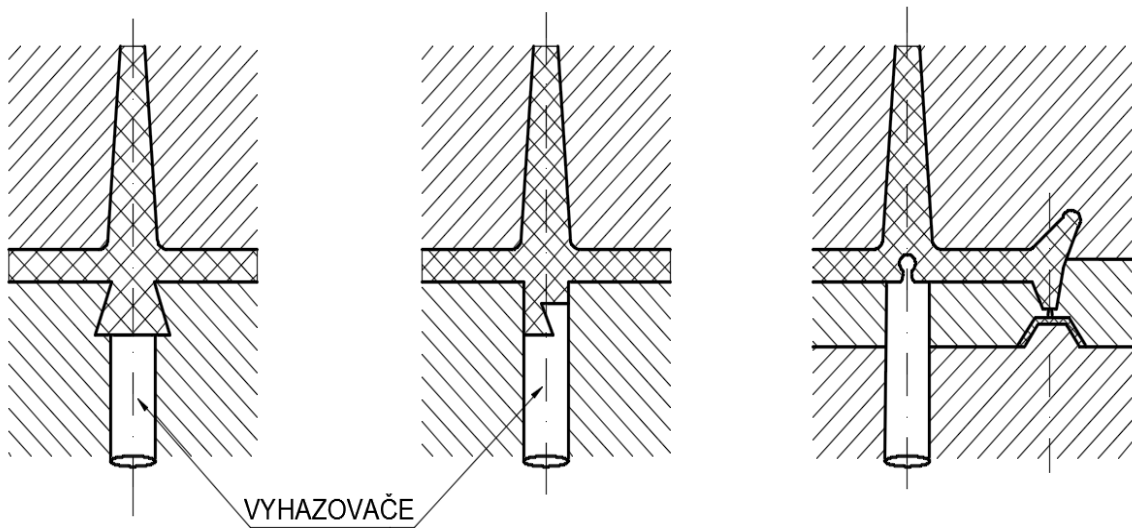
Obr. 20 Průřezy vtokových kanálů [2]

B, D, F, H – výrobně nevýhodné

A, C, E, G – výrobně výhodné

3.2.2 Přidržovače vtoku

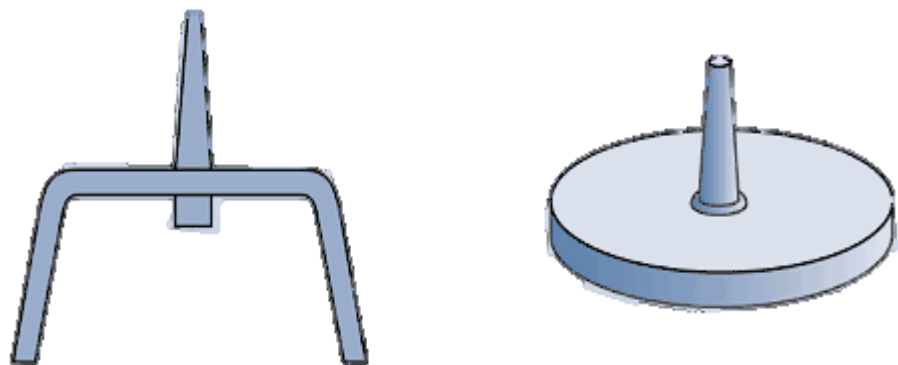
Funkce přidržovače vtoku je přidržení vtokového systému na levé straně vstřikovací formy.



Obr. 21 Přidržovače vtoku [2]

3.2.3 Plný kuželový vtok

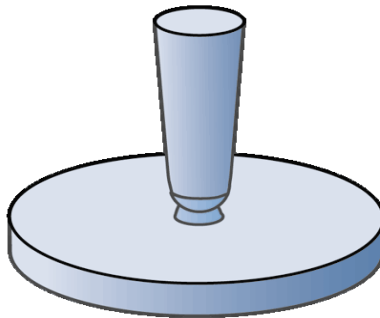
Privádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se většinou u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný zvláště pro tlustostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední. Jeho odstranění je náročné a zanechává vždy stopu na výstřiku. [2]



Obr. 22 Plný kuželový vtok [13]

3.2.4 Bodový vtok

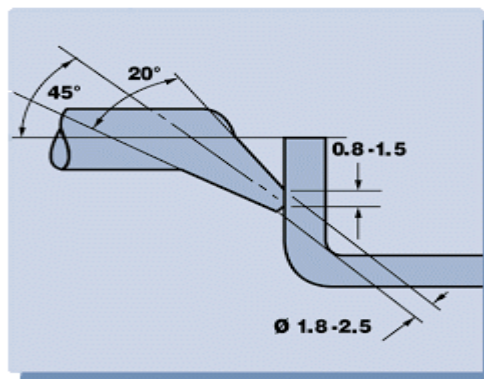
Nejznámější typ zúženého vtokového ústí obvykle kruhového průřezu, které leží mimo nebo i v dělicí rovině. Vyžaduje systém třídeskových forem. U toho typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. U méně tekutých plastů a plněných plastů pro větší výstřiky, se použití bodových ústí vtoků nedoporučuje. [2]



Obr. 23 Bodový vtok [13]

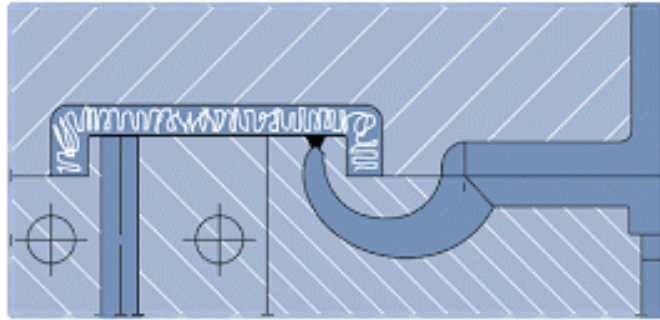
3.2.5 Tunelový vtok

Je speciální případ bodového vtoku, jehož výhodou je, že vtokový zbytek může ležet ve stejné dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pohyblivé i v pevné části formy. Není zapotřebí proto konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem správné funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. [2]



Obr. 24 Tunelový vtok [13]

Speciálním případem tunelového vtoku je srpkovitý vtok, jenž umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve kterém nepůsobí rušivě. Tento vtok je vhodný pro plasty s vysokou elasticitou. [2]



Obr. 25 Srpkovitý vtok [13]

3.2.6 Boční vtok

Je také typem se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá většinou obdélníkový, ale může být i jiný. Je nejpoužívanějším a nejrozšířenějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování speciálním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. [2]



Obr. 26 Boční vtok [13]

3.2.7 Filmový vtok

Je nejpoužívanějším ze skupiny bočních vtokových ústí, sloužící především k plnění kruhových a trubicových dutin se značnějšími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. [2]

Od filmového vtoku se vyžaduje:

- dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výstřiku,
- malé vnitřní pnutí,
- odstranění studených spojů,
- zmenšení odporu vtokového systému,
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do formy.



Obr. 27 Filmový vtok [13]

3.3 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)

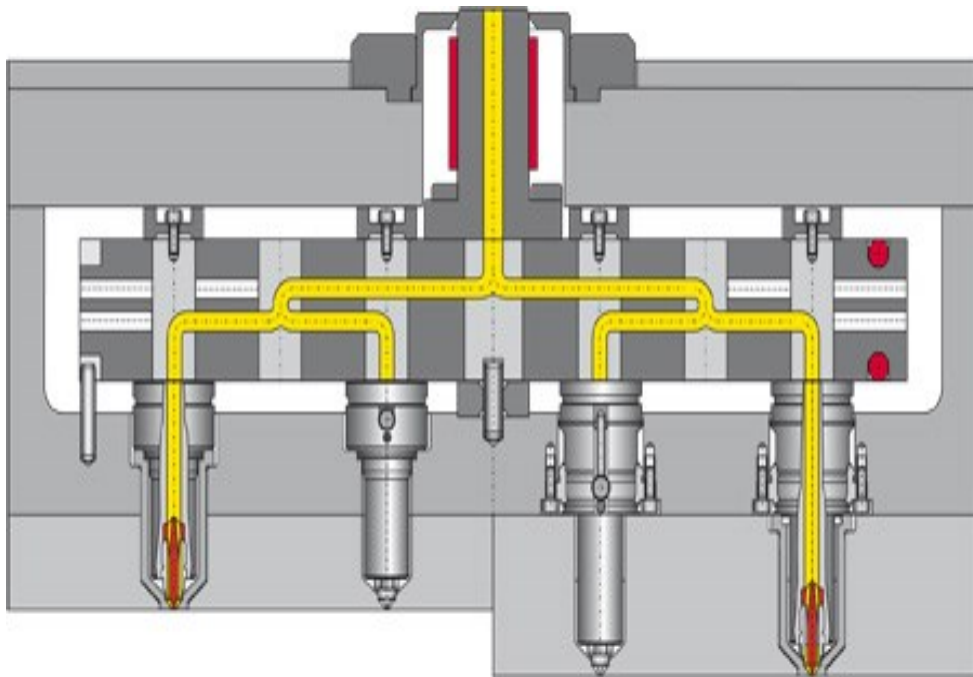
Snaha po úsporách plastu i práce vede k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Uskutečňuje se za pomoci vyhřívaných soustav. Dříve než se došlo k současným typům vyhřívaných vtokových systémů, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Dnešní vyhřívané vtokové systémy mají vyhřívané trysky, jež jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny.

Soustava vyhřívané vtokové soustavy však vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy, obslužný personál i strojní zařízení musí být na příslušné technické úrovni. Dále je třeba zajistit různé snímače a regulátory. To všechno zvyšuje energetickou náročnost. [2]

Mezi hlavní výhody patří:

- automatizace výroby,
- zkrácení výrobního cyklu,
- snížení spotřeby plastu (vstříkuje bez vtokových zbytků),
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoku a problémy při jejich zpracování.

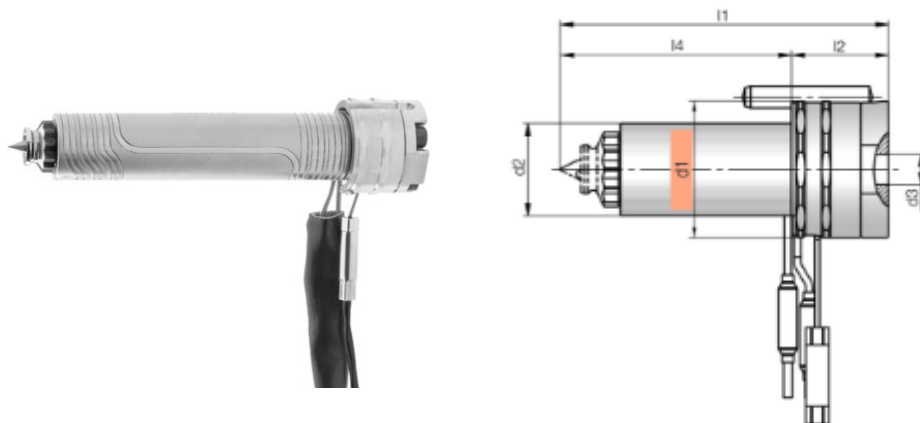
Technologie vstřikování s použitím vyhřívaných vtokových systémů spočítá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [2]



Obr. 28 Vyhřívaný vtokový systém ve formě [8]

3.3.1 Vyhřívání trysky

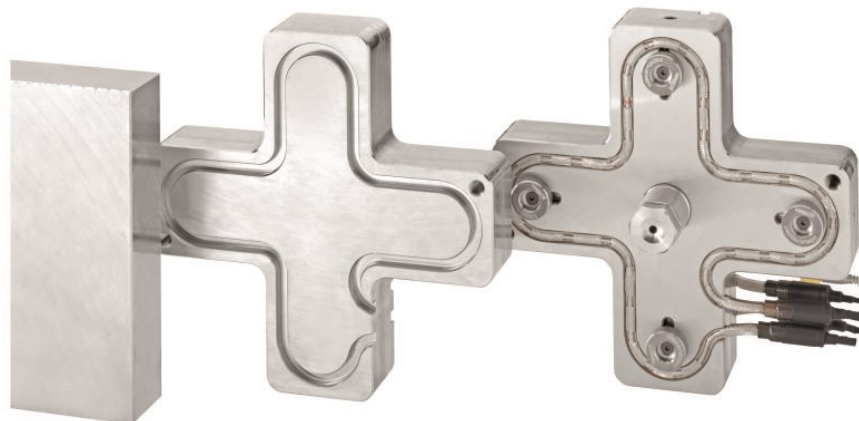
Konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou vstřikovací formy, při perfektní teplotní stabilizaci. Výrazně zlepšuje technologické podmínky vstřikování. Tryska má vlastní topný článek s regulací. [2]



Obr. 29 Vyhřívání tryska [7]

3.3.2 Vyhřívání rozvodné bloky

Využívají se v kombinaci s vyhříváními nebo izolovanými tryskami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Správná funkce je podmíněná rovnoměrným teplotním polem. Tepelně izolovaný rozvodný blok bývá uložen mezi tvarovou a upínací deskou v pevné části formy. Topení je řešeno pomocí topných hadů zalitých v mědi nebo topných patron. Tvar rozvodného bloku je konstrukčně přizpůsoben poloze rozváděcích kanálů. Tyto kanály musí být dokonale provedeny bez ostrých hran. Vyhřívání rozvodné bloky se dělají ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice. [2]



Obr. 30 Vyhřívání rozvodný blok tvaru X [14]

3.4 Vyhazování výrobků z formy

Vyhazování výrobků z formy je činnost, kdy se z dutiny formy vysune výrobek. K vyhození slouží různé vyhazovací zařízení, jež funguje automaticky nebo poloautomaticky. Při vyhazování se z formy odstraňuje výrobek včetně vtokového zbytku. [4]

Vyhazování má dvě fáze:

- dopředný pohyb,
- zpětný pohyb.

Základní podmínky správného vyhazování:

- vyhazovací síla musí na výrobek působit rovnoměrně,
- stopy po vyhazování musí být minimální,
- hladké stěny a úkosovitost stěn ($0^{\circ}30'$ a více) ve směru vyhazování.

Vyhazovací síla:

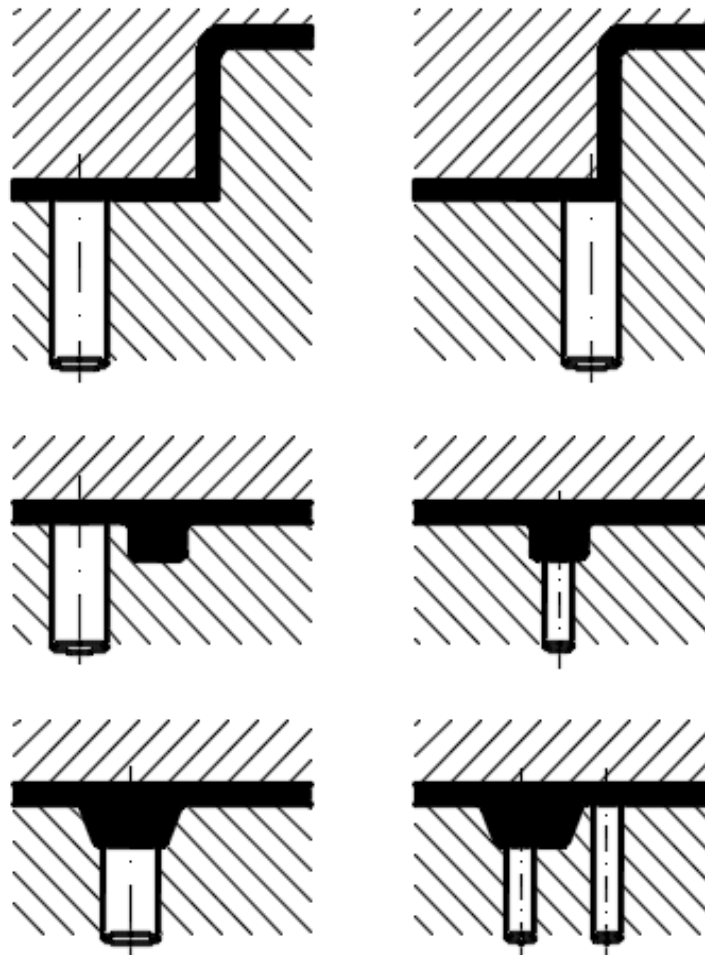
Výrobek by měl zůstat na straně vyhazovacího systému. Zvolený vyhazovací systém by měl zajistit vyvození potřebné vyhazovací síly.

Závisí na:

- složitosti výrobku a povrchu formy,
- pružných deformací formy,
- velikosti smrštění výrobku. [4]

3.4.1 Mechanické vyhazování

Mechanické vyhazování je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to možné. Jeho konstrukce má různé řešení. [9]



Obr. 31 Umístěný vyhazovacích kolíků [2]

Levý sloupec – chybně zvolené umístění

Pravý sloupec- správně zvolené umístění

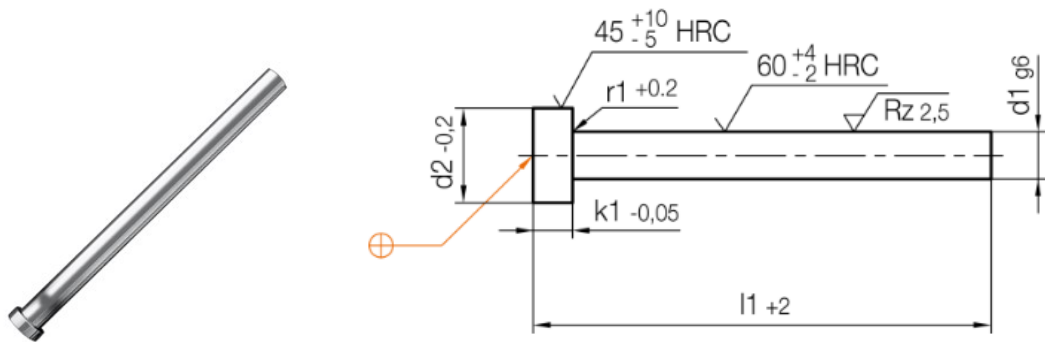
Mechanické vyhazování může být provedeno pomocí:

- vyhazovacích kolíků,
- stírací desky,
- šikmých vyhazovačů.

Vyhazovací kolíky

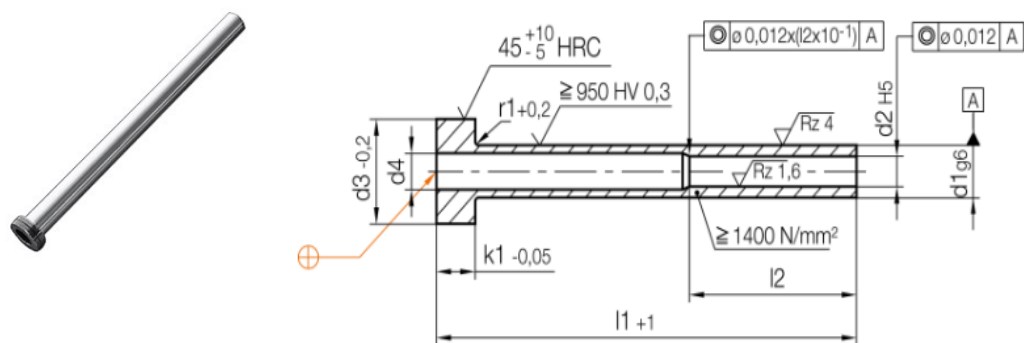
Jedná se o nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výrobků. Jsou výrobně jednoduché a funkčně zaručené. Lze je použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše. Ve formě jsou uloženy v různých tolerancích. Vůle v uložení slouží také jako odvzdušnění. [6]

- Válcový vyhazovač



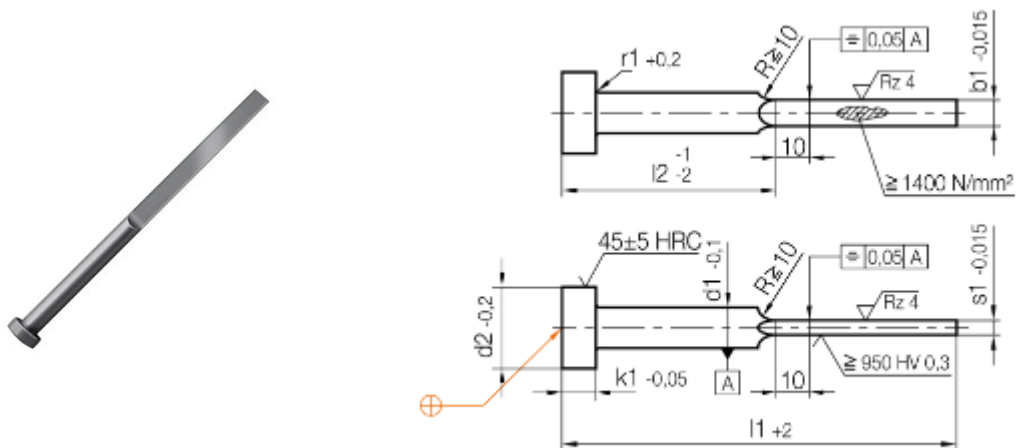
Obr. 32 Válcový vyhazovač [7]

- Trubkový vyhazovač



Obr. 33 Trubkový vyhazovač [7]

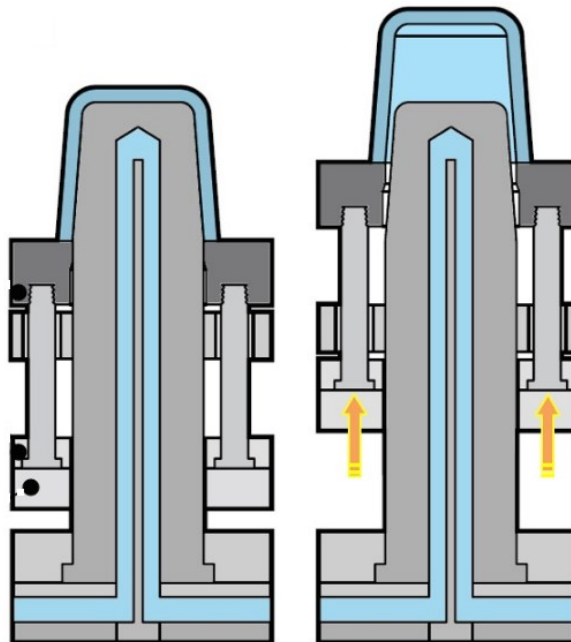
- Prizmatický vyhazovač



Obr. 34 Prizmatický vyhazovač [7]

Stírací deska

Stírací deska při stahování výrobku z tvárníku působí na výrobek po celém jeho obvodu. Hlavní výhodou je, že nezanechává na výrobku stopy po vyhazování. Využívá se zejména u tenkostěnných výrobků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu, a u vícenásobných forem. [6]



Obr. 35 Stírací deska [3]

Šikmé vyhazovače

Speciálním druhem mechanického vyhazování je vyhazování pomocí šikmých kolíků. Tyto kolíky jsou uloženy pod různými úhly k hlavní dělicí rovině. Šikmé kolíky se využívají k odformování výrobků s malým nebo středně velkým zahloubením. [6]

3.4.2 Pneumatické vyhazování

Využívá se pro vyhazování tenkostěnných výrobků větších rozměrů, které vyžadují při vyhazování zavzdušnění z důvodu deformací. Vzduch je veden mezi výrobek a líc vstřikovací formy. Díky tomu dojde k rovnoměrnému oddělení výrobku od tvárníku. Vzduch se do vstřikovací formy přivádí přes talířový nebo jehlový ventil. [6]

3.4.3 Hydraulické vyhazování

Používá se k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Hydraulická jednotka nebývá součástí vstřikovací formy. Charakteristickým znakem je velká vyhazovací síla, kratší a pomalejší pohyb. [6]

3.5 Teperace forem

Významným faktorem ovlivňující výrobní proces vstřikování plastů je teplota vstřikovací formy, resp. způsob a podmínky teperace vstřikovací formy, které by měly být optimalizovány, neboť mají:

- přímí vliv na kvalitu vyráběných dílů,
- přímý vliv na velikost výrobního a dodatečného smrštění,
- schopnost reprodukovat požadovaný a správný povrch.

Teplotou formy, vhodnou volbou temperačního prostředku, konstrukcí a dimenzováním lze v praxi dosáhnout požadované kvality vstřikovaných výrobků, tj. rozměrově přesných součástí, kvalitního povrchu, požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností, minimální deformace, ale také zkrácení vstřikovacího cyklu v důsledku zkrácení doby chlazení a v neposlední řadě optimalizace nákladů na výrobu. [3]

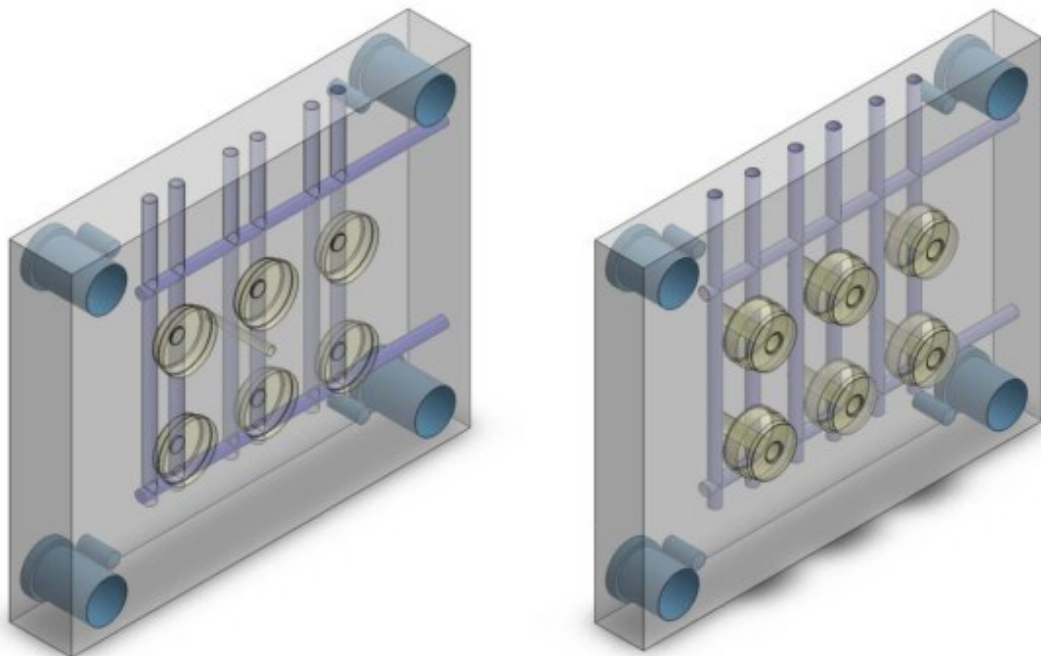
Tab. 1 Doporučená teplota formy a taveniny vybraných polymerů [3]

Druh materiálu	Teplota formy	Teplota taveniny
ABS	50 – 85 °C	190 – 250 °C
PA 6	40 – 120 °C	230 – 290 °C
PC	85 – 120 °C	280 – 320 °C
HDPE	20 – 60 °C	180 – 270 °C

LDPE	20 – 60 °C	180 – 270 °C
PMMA	50 – 80 °C	200 – 250 °C
POM	50 – 120 °C	180 – 220 °C
PP	20 – 100 °C	170 – 280 °C
PS	55 – 80 °C	180 – 260 °C
PVC	30 – 60 °C	190 – 220 °C

Úkolem temperace je:

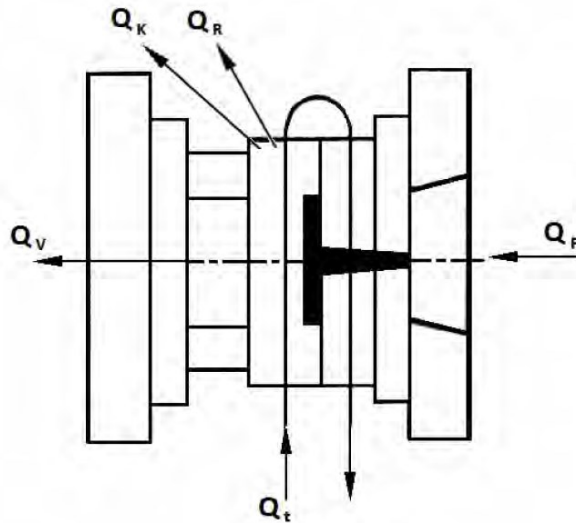
- odvést teplo z dutiny formy,
- zajistit rovnoměrnou teplotu formy po celém povrchu formy.



Obr. 36 Temperace formy [12]

3.5.1 Tepelná bilance

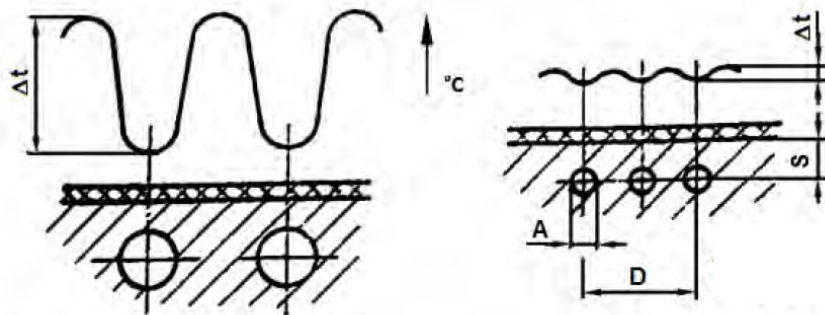
Během pracovního cyklu platí zásada: teplo přivedené taveninou plastu do formy se rovná teplu odvedenému z formy temperací a ostatními ztrátami. [6]



Obr. 37 Tepelná bilance [6]

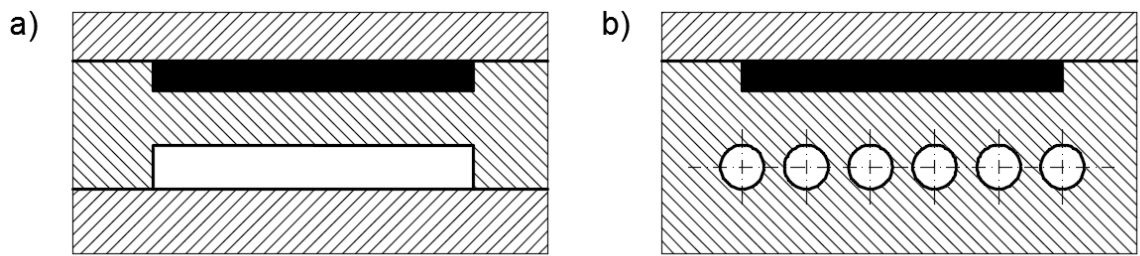
3.5.2 Zásady temperace

Rozměry a rozmístění temperačních kanálů se volí tak, aby vzdálenost kanálů od funkční dutiny nesnížila tuhost stěn dutiny formy. Povrch temperačních kanálů slouží jako plocha pro přestup tepla z povrchu dutiny do temperačního média, případně naopak. Je proto vhodnější používat spíše více kanálů s menším průřezem a menší roztečí než kanály s větším průřezem a roztečí. [9]



Obr. 38 Poloha a velikost temperačních kanálů [2]

Velikost průřezu kanálu se volí v závislosti na velikosti výstřiku, druhu plastu a rozměru rámu formy. Nejčastěji se používá kruhový průřez. Kromě kruhových kanálů se používají také obdélníkové průřezy. [6]

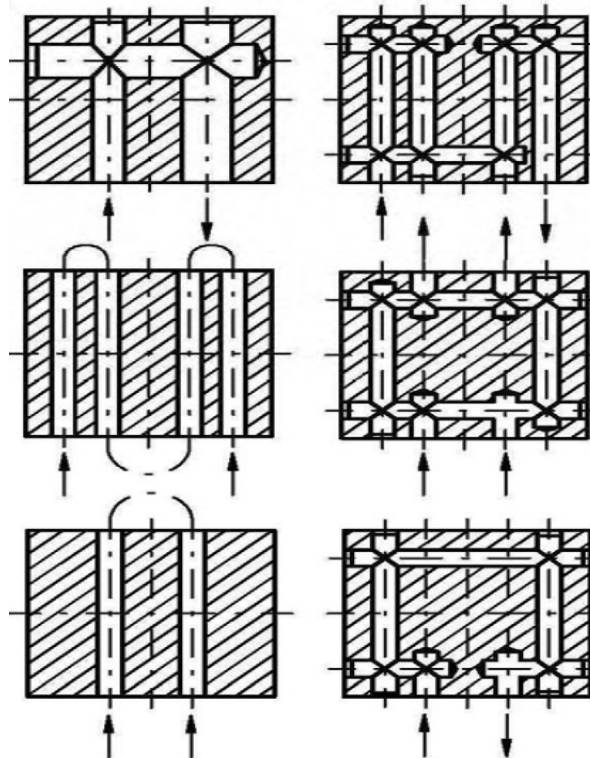


Obr. 39 Průřezy temperačních kanálů [2]

a) obdélníkový b) kruhový

Základní pravidla pro volbu temperačního systému:

- kanály umístit tak blízko k tvarové dutině, aby byla zajištěna její dostatečná tuhost,
- kanály umístit a dimenzovat, tak aby intenzivně odváděly teplo v okolí vtoku taveniny do dutiny,
- regulovat průtok chladicí kapaliny tak, aby proudila od nejteplejšího místa formy k nejchladnějšímu,
- rozmístění kanálů volit s ohledem na tvar výstřiku,
- neumísťovat kanály v blízkosti hran,
- minimální průměr kanálu volit 6 mm. [6]



Obr. 40 Konstrukční příklady temperece [6]

3.5.3 Temperační prostředky

- Aktivní temperační prostředky

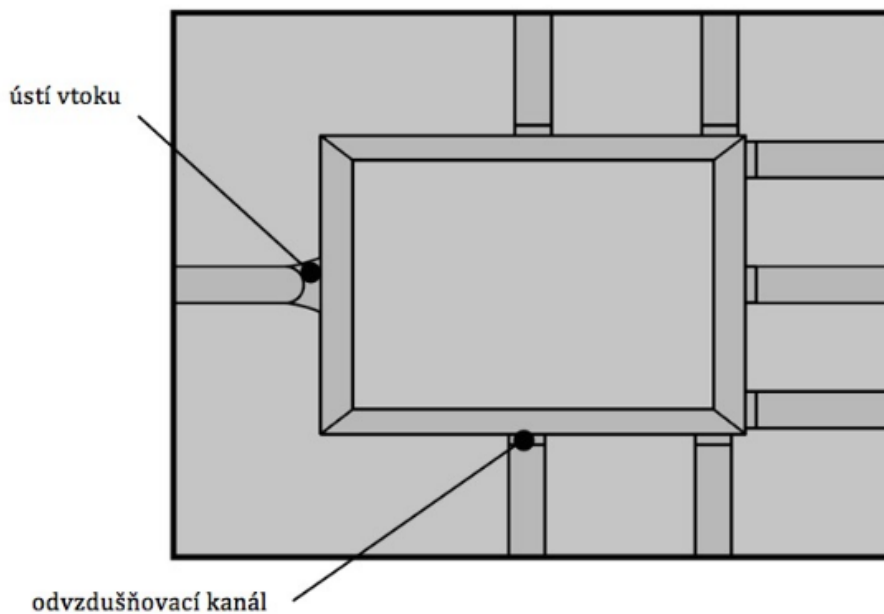
Jsou zdrojem teploty přímo ve formě. Teplo přivádějí nebo odvádějí podle požadavku na teplotu formy. Mezi hlavní zástupce patří kapaliny (voda, olej), vzduch, elektrické tepelné zdroje.

- Pasivní temperační prostředky

Tepelný režim formy ovlivňující svými fyzikálními vlastnostmi. Mezi pasivní prostředky patří vysoce tepelně vodivé materiály nebo tepelné trubice. [9]

3.6 Odvzdušnění

V dutině formy je před vstříknutím materiálu vzduch. Při jejím plnění je vzduch v dutině formy stlačován a jeho tlak narůstá. Tento nárůst tlaku může vyústit až k zažehnutí vzduchu a ke spálení plastu (Dieselův efekt). Vzduch v dutině také negativně působí na mechanické vlastnosti výstřiku tvořením bublin, které zůstávají uzavřené ve stěnách výstřiku. Proto je potřeba zaručit dobré odvzdušnění. [6]



Obr. 41 Návrh odvzdušnění [3]

3.7 Materiál forem

Cena jakékoli vstřikovací formy je z určité části odvozena od ceny materiálu, ze kterého je zhotovena. Každá forma je vyrobena z více než jednoho druhu materiálu. Její části jsou nejvíce namáhány na opotřebení, tlak a podle druhu vstřikovaného plastu též na korozi. Na konstrukční části formy (to jsou např. různé rozpěrné, opěrné a kotevní desky) jsou kladeny jiné nároky než na části funkční (tvarové vložky, vodící součásti, vyhazovače, atd.). Důležitými faktory při volbě materiálu je druh vstřikovaného polymeru, velikost a složitost výrobku, odolnost proti opotřebení a korozi, počet vyráběných kusů, obrobitelnost, požadované mechanické a fyzikální vlastnosti, ale kromě toho také jeho cena. Nejdůležitějšími a nenahraditelnými materiály pro zhotovování vstřikovacích forem jsou oceli. Těch je ovšem velké množství, každá má svoje specifické vlastnosti a to zužuje oblast jejich použití. Pro výrobu tvarových dutin a mechanicky namáhaných částí formy se často používá ocel nástrojová, cementační nebo legovaná. Velice důležité je také tepelné zpracování na funkčních a tvarových částech formy. Některé firmy si dokonce nechávají vyrábět vstřikovací formy z ocelí, které si samy vyvinuly přímo pro konkrétní druh plastu. Kromě ocelí se při výrobě forem používají i jiné materiály, jako je dural, hliník, mosaz, měď a nejrůznější izolační a ochranné materiály. Z hlediska životnosti formy je velmi důležité již zmiňované tepelné nebo chemickotepelné zpracování, povrchová úprava a samozřejmě také vlastní zacházení s formou. [4]

PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracování literární studii na dané téma,
- nákres 3D modelu vstříkovaného dílce,
- navržení konstrukce vstříkovací formy pro daný plastový dílec,
- nákres 2D výkresové dokumentace.

V teoretické části bylo mým úkolem přiblížit konstrukci formy a její funkční části, samotný proces vstříkování, konstrukci vstříkovacího stroje. V praktické části jsem se zaměřil na vytvoření 3D modelu dílce a následnou konstrukci formy pro tento výrobek. Konstrukce vstříkovací formy i vstříkovaného dílce byla realizována v programu CATIA V5 R19 s využitím knihoven normálií od firmy HASCO. Poslední úkolem bylo vytvoření výkresové dokumentace.

5 POUŽITÉ APLIKACE

5.1 Catia V5 R19

CATIA (Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application) je multiplatformní PLM/CAD/CAM/CAE komerční software vyvíjený francouzskou společností Dassault Systemes. V programu lze navrhout vstřikovací formu pomocí modulů, které program obsahuje. [15]

5.2 HASCO DAKO Modul

HASCO DAKO Modul je 3D knihovna normálií potřebných k návrhu vstřikovací formy. Velkou výhodou je možnost ukládání součástí v různých formátech a tím snadnější zobrazení v následných programech (Catia, Inventor, SolidWorks, atd.).

6 SPECIFIKACE VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE

Vstřikování plastů má velké uplatnění v automobilovém průmyslu a také zadaný dílec pochází z toho odvětví. Jedná se o výrobek, který je součástí řadičeho systému. Součástí plastového výrobku je kovový zástřík. Ten se vkládá do formy před začátkem vstřikovacího cyklu. Hlavní rozměry výrobku jsou 83 x 98 x 20 mm a jeho hmotnost činí 62 g.



Obr. 42 3D model výrobku



Obr. 43 Zadaný výrobek

6.1 Materiál vstřikovaného dílce

Výrobek je z materiálů PA 66 s 30% skleněných vláken (PA66 – GF30). Tento polyamid poskytuje vysokou pevnost, tuhost, odolnost vůči tlaku a vysokou stabilitu rozměrů. V porovnání s PA 6 poskytuje vyšší tuhost, vyšší odolnost opotřebení a nižší nasákavost ve vodě a vlhkém prostředí. Tyto vlastnosti ho předurčují pro náročné aplikace s vysokým zatížením. Na základě obsahu skelných vláken se mění mnohé fyzikální a mechanické vlastnosti oproti nevyztuženým typům. [16]

Mezi rozdílné vlastnosti patří:

- hustota,
- pevnost,
- tvrdost,
- odolnost.

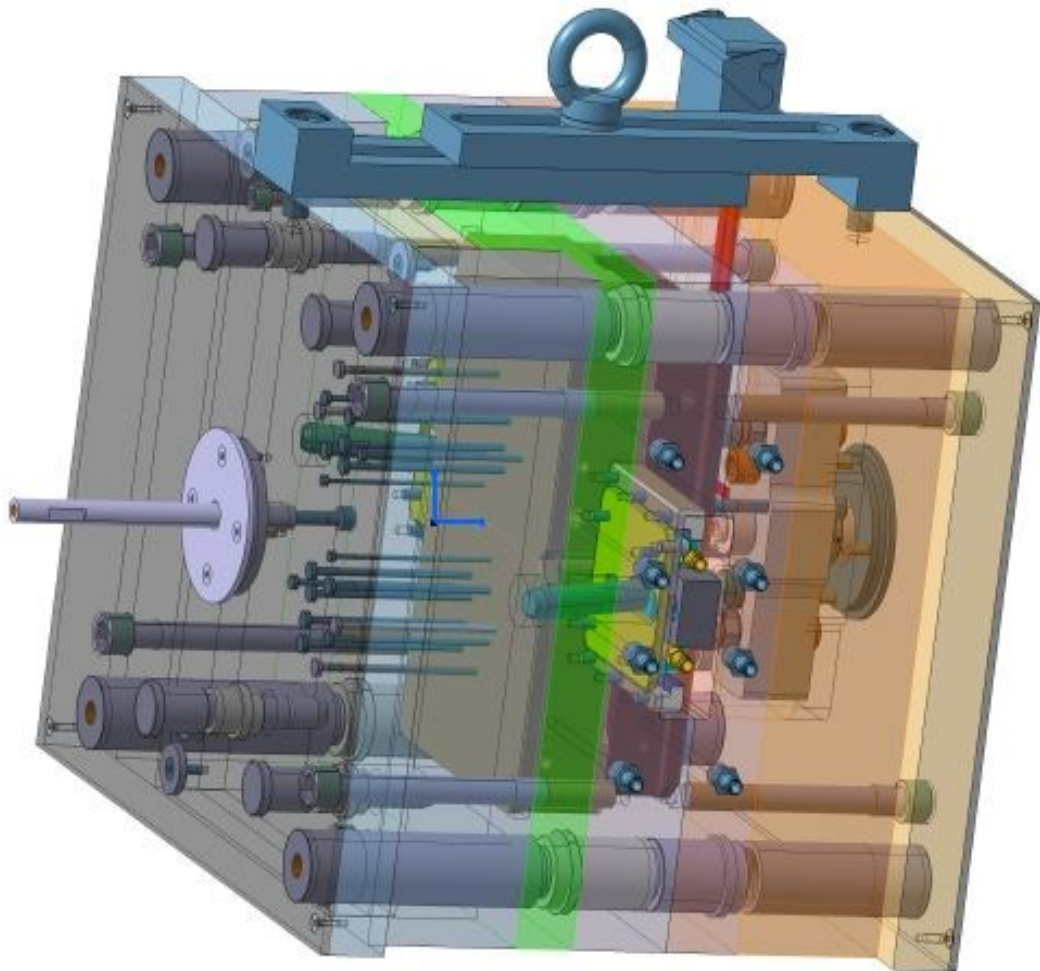
Použitý materiál je od výrobce CELANESE s obchodním názvem CELSTRAN PA66 – GF30.

Tab. 2 Vybrané vlastnosti materiálu CELSTRAN PA66 – GF30 [16]

VLASTNOSTI	NORMA	HODNOTA	JEDNOTKA
Fyzikální			
Hustota	ISO 1183	1,29	g/cm ³
Nasákavost, 24/96 hod 23°C	ISO 62	30/56	mg
Smrštění			
Mechanické			
Prodloužení při přetržení	ISO 527	5	%
Napětí při přetržení	ISO 527	100	MPa
Modul pružnosti v tahu	ISO 527	5900	MPa
Tepelné			
Teplota vodivosti při 23 °C		0,30	W/ (K.m)
Teplota tání		255	°C

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

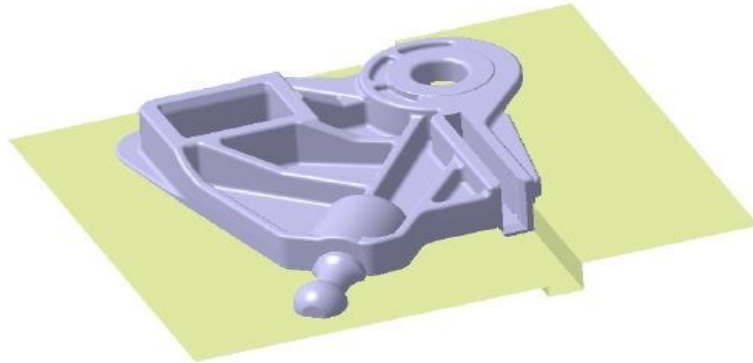
Konstrukce formy se odvíjí od přesnosti, složitosti a rozměrech daného výrobku. Snahou by mělo být zkonstruovat co nejjednodušší, nejpřesnější a hlavně co nejlevnější vstřikovací formu. Proto bylo využito co nejvíce normalizovaných dílů z katalogu firmy HASCO. To vede k ekonomicky výhodnějšímu a rychlejšímu výrobnímu procesu vstřikovací formy a také případná výměna některého poškozeného komponentu by nebyla náročná.



Obr. 44 Model vstřikovací formy

7.1 Dělicí roviny

Důležitým kritériem při konstrukci vstřikovací formy je určení dělicí roviny. S ohledem na tvar a složitost výrobku byla zvolena jedna hlavní dělicí rovina a dvě vedlejší.

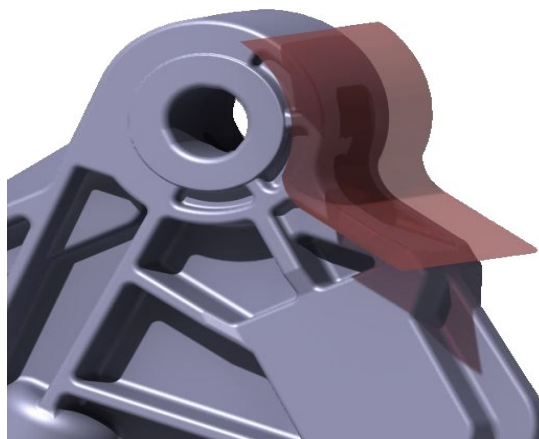


Obr. 45 Hlavní dělicí rovina

Vedlejší dělicí roviny byly umístěny do stěn výrobku, kde se nalézají otvory.



Obr. 46 První vedlejší dělicí rovina



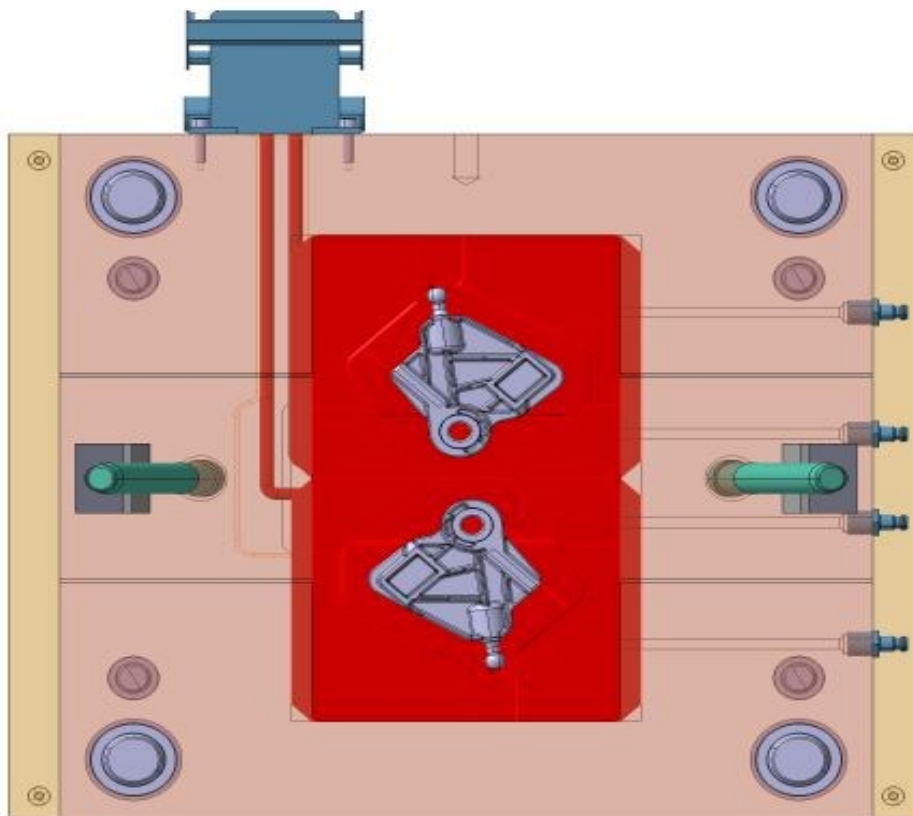
Obr. 47 Druhá vedlejší dělicí rovina

7.2 Násobnost formy

Násobností vstřikovací formy se rozumí, kolik bude tvarových dutin uvnitř formy. Jelikož výroba formy je finančně náročná, je někdy výhodné volit vícenásobné formy. Násobnost vstřikovací formy se odvíjí od několika důležitých parametrů. Zejména to jsou:

- ekonomika výrobky,
- kapacita vstřikovacího stroje,
- složitost a přesnost výrobku,
- velikost požadované výrobní série.

Rozhodující funkce u vstřikovaného výrobku je většinou rozměrová přesnost než samotný vzhled. Pro lepší ekonomičnost je výhodné zvolit vícenásobnou formu, avšak ne natolik, aby byl výrobek složitě odformovatelný. Na základě těchto poznatků byla zvolena dvojnásobná forma.



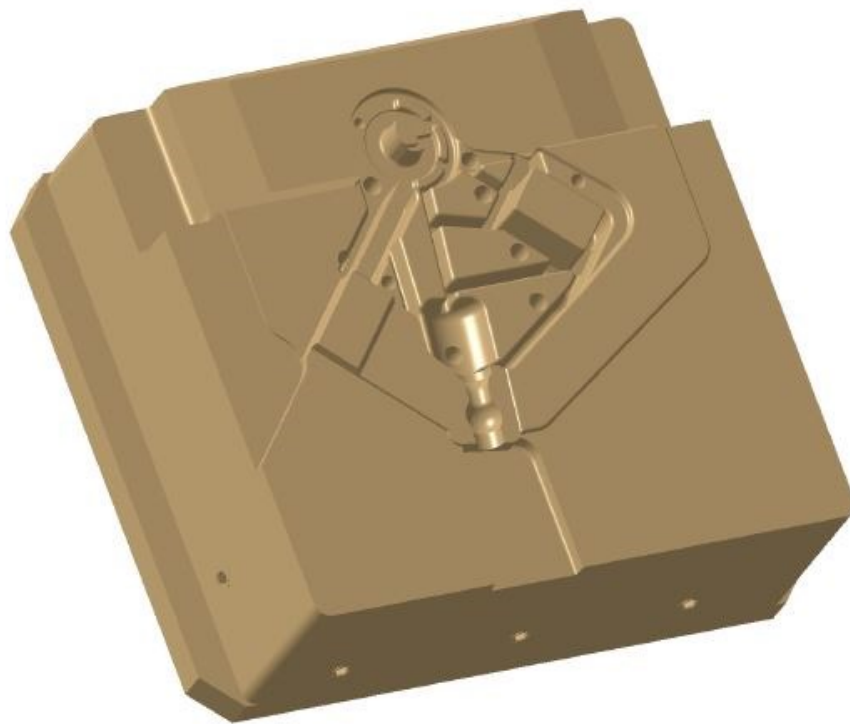
Obr. 48 Násobnost vstřikovací formy

7.3 Tvarové části formy

Výsledný tvar výrobku tvoří tvárník, tvárnice a tvarové jádro. Tyto části spolu dohromady tvoří negativ požadovaného vstříkovaného výrobku. Tvarové části jsou vyrobeny z oceli třídy 19 a následně pak cementovány a kaleny.

7.3.1 Tvárník

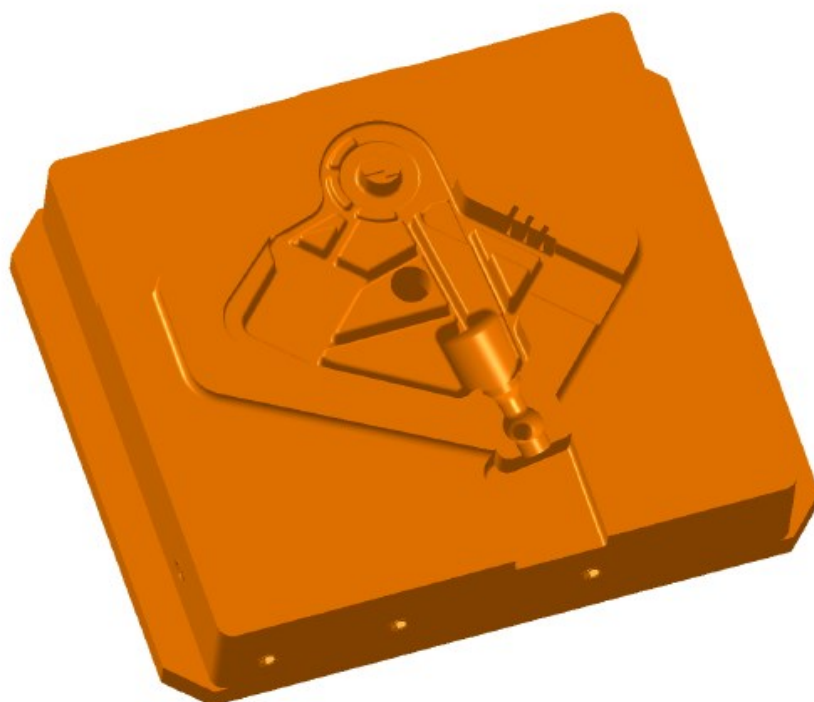
Tvárník se nachází v pohyblivé části vstříkovací formy. Po bocích je osazen pro snadné ukotvení ve formě. Zezadu je přitlačen opěrnou deskou.



Obr. 49 Tvárník

7.3.2 Tvárnice

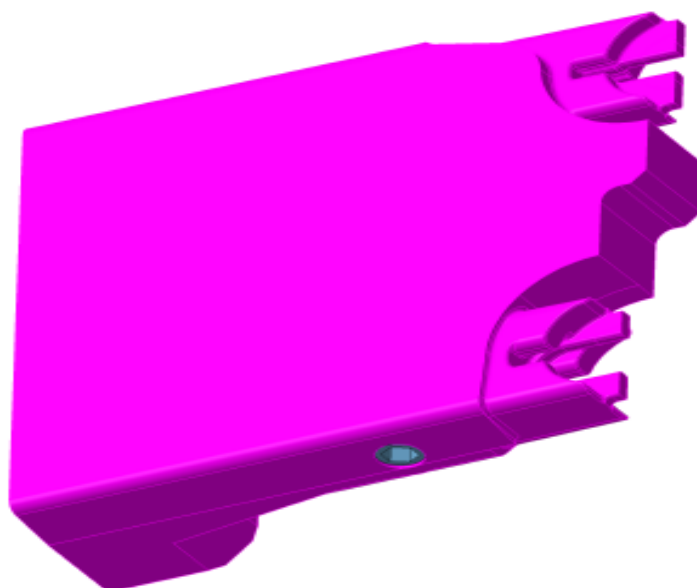
Tvárnice se nachází v pevné části vstříkovacího formy. Tvárnice je taktéž osazena a umístěna do formy. Proti vypadnutí je ze zadu dotlačena opěrnou deskou.



Obr. 50 Tvárnice

7.3.3 Tvarové jádro

Dvě tvarová jádra nám vytvoří boční otvory na vstřikovacím dílci. Tvarové jádra jsou většinou ukotvena v pohyblivé části formy. Jejich pohyb je ovládán pomocí šikmých čepů.

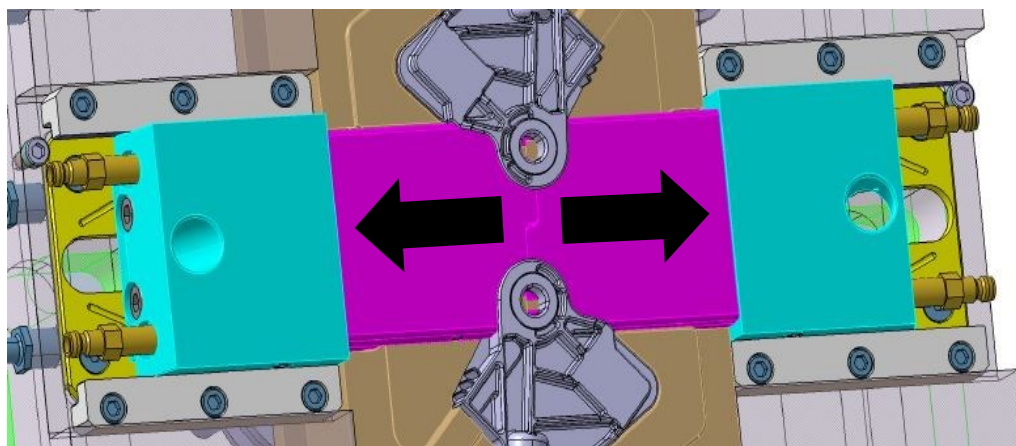


Obr. 51 Tvarové jádro

7.4 Odformování a vyhazovací systém

7.4.1 Odformování

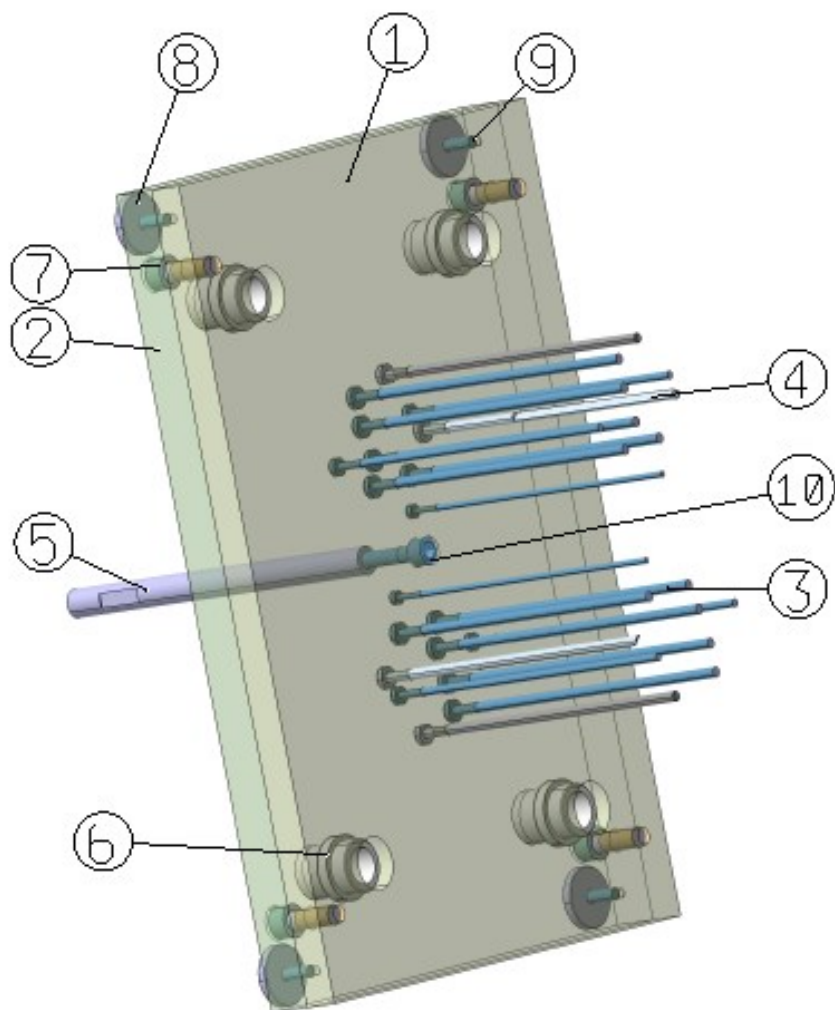
Pojem odformování se vztahuje k již ztuhlému výrobku, který je potřeba vyjmout z formy. Pravá pohyblivá část formy odjíždí a forma se otevírá. Při otevírání formy se pohybují od dílu posuvné kostky, k nimž je připevněno tvarové jádro. Tento pohyb je vyvolán pomocí šikmých kolíků, které jsou ukotveny v pevné části vstřikovací formy pod daným úhlem. Po odformování bočních otvorů se dá do pohybu vyhazovací sestava, jež vstříkovaný výrobek vyhodí z formy. Proto je důležité, aby vstříkovaný výrobek zůstal na pohyblivé části formy, kde jsou vyhazovače.



Obr. 52 Naznačení směru pohybu posuvných jader při odformování

7.4.2 Vyhazovací systém

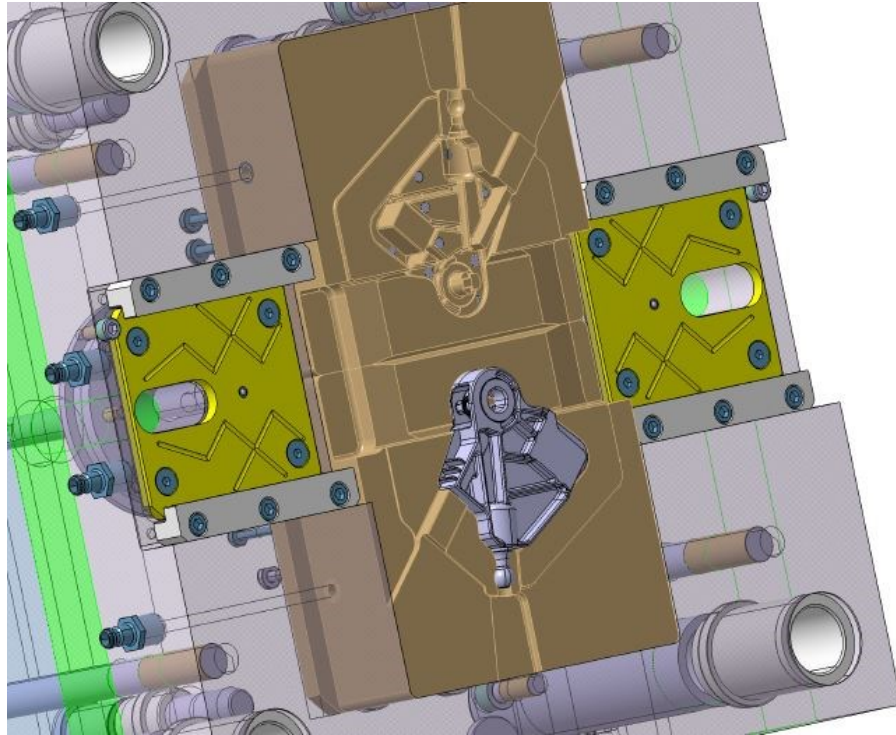
Vyhození výrobku z dutiny formy je provedeno pomocí devíti válcových vyhazovačů a jednoho prizmatického, který je na konci speciálně upraven na požadovaný tvar. Vyhazovače jsou ukotveny v kotevní desce. Ideální rozmístění a dostatečný počet musí zaručit bezpečné vyhození výrobku z formy. Válcové kolíky mají průměr 3, 4 a 5 mm.



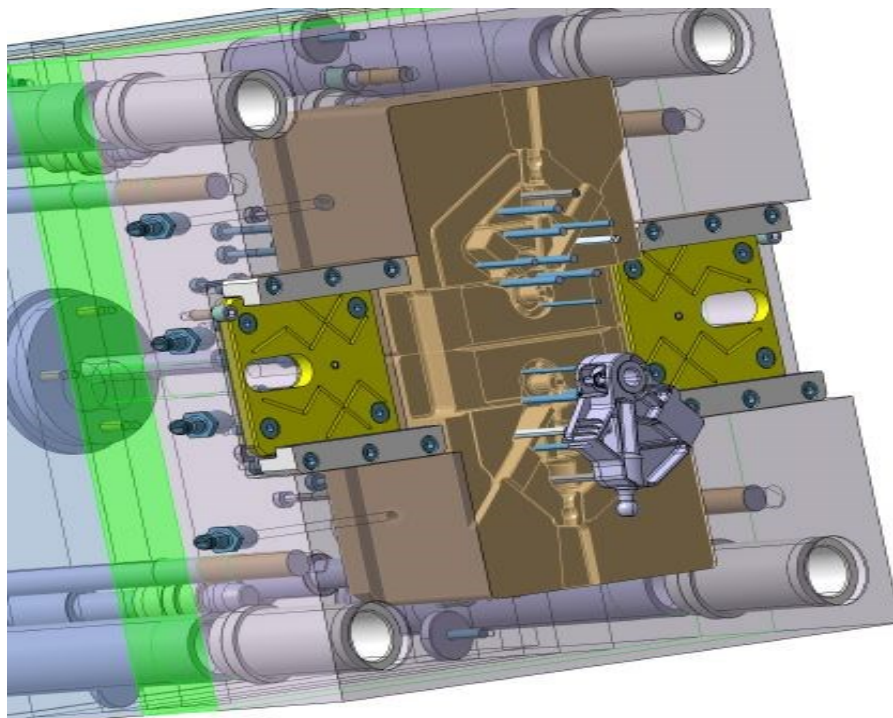
Obr. 53 Vyhazovací systém

1 – kotevní deska, 2 – opěrná deska, 3 – válcové vyhazovače, 4 – prizmatický vyhazovač,
5 – táhlo vyhazovačů, 6 – vodící pouzdro, 7 – spojovací šroub desek, 8 – dosedací podložka,
9 – šroub dosedací podložky, 10 – šroub táhla

Pohyb vyhazovacího systému zajistí táhlo ovládané hydraulickým systémem vstřikovacího stroje. Vyhození následuje až po odformování bočních otvorů ve výrobku. Důležitým parametrem je zdvih vyhazovačů, který musí být dostatečně velký pro bezpečné vyhození. V tomto případě se jedná o hodnotu 25 mm.



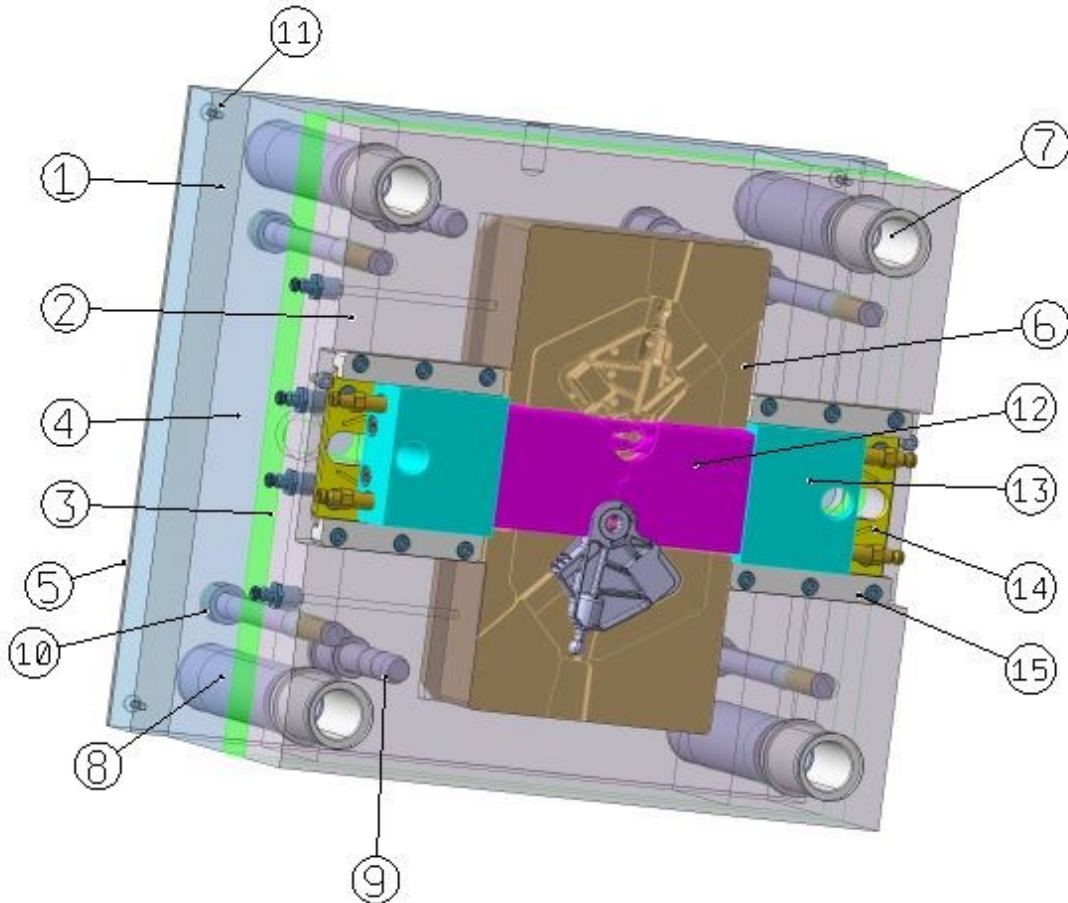
Obr. 54 Poloha vyhazovacího systému při vstřikování



Obr. 55 Poloha vyhazovacího systému při vyhození

7.5 Levá část formy

Levá část formy se skládá z šesti desek - z izolační desky, upínací desky, z páru rozpěrných desek, z opěrné desky a kotevní desky, ve které je umístěn tvárník. Dále pak z vodicích, středících a upínacích prvků. Součástí levé strany je také mechanismus složený k pohybu tvarového jádra. Na zadní části pohyblivé strany je ještě středící kroužek.



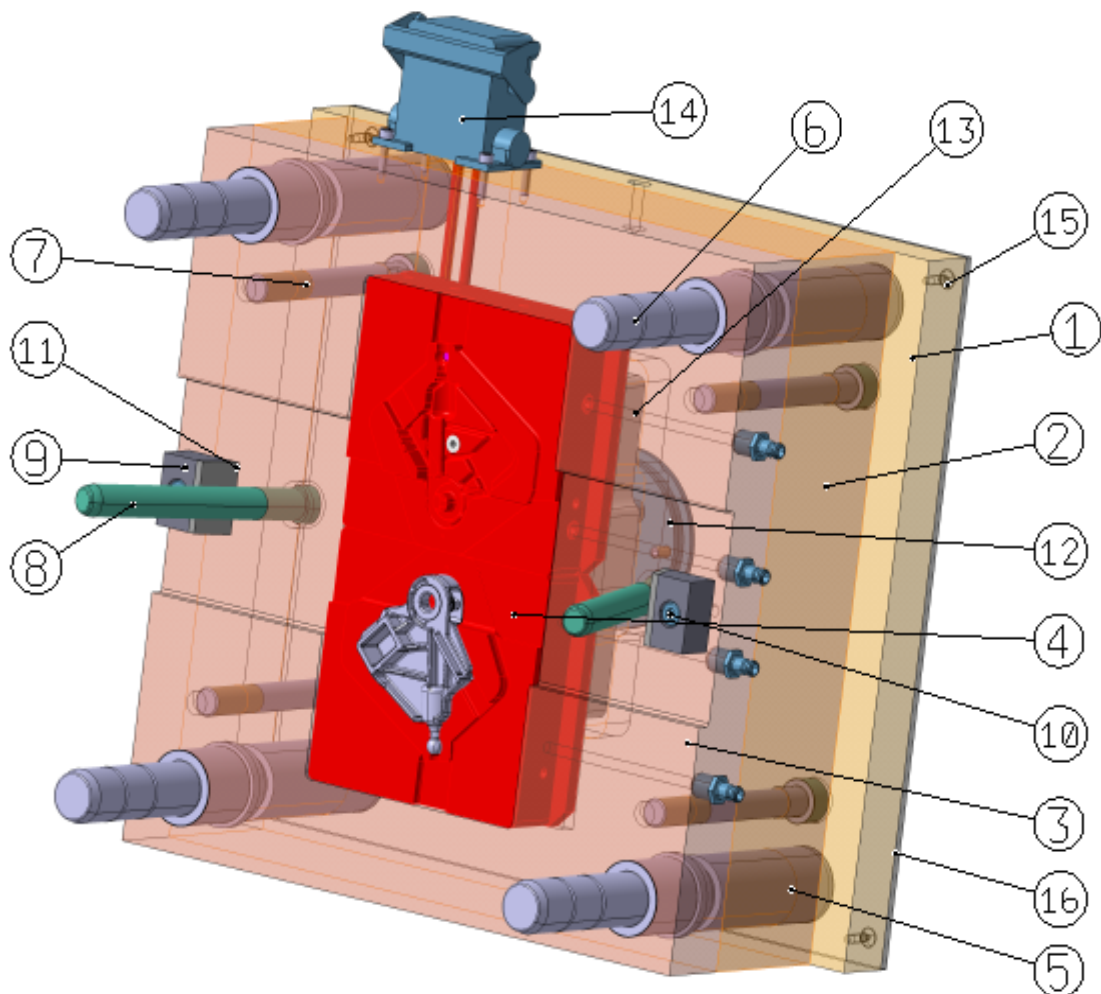
Obr. 56 Levá část vstřikovací formy

1 – upínací deska, 2 – kotevní deska, 3 – opěrná deska, 4 – rozpěrná deska, 5 – izolační deska, 6 – tvárník, 7 – vodicí pouzdro, 8 – středící trubka, 9 – vodicí čep pro vyhazovací systém, 10 – spojovací šroub desek, 11 – spojovací šroub izolační desky, 12 – tvarové jádro, 13 – posuvné kostky tvarového jádra, 14 – kluzná podložka, 15 – vodicí lišta

7.6 Pravá část formy

Pravá část formy se skládá ze 4 desek - z upínací desky, opěrné desky, izolační desky a kotevní desky, ve které je umístěna tvárnice. Dále pak z vodicích, středících a upínacích prvků.

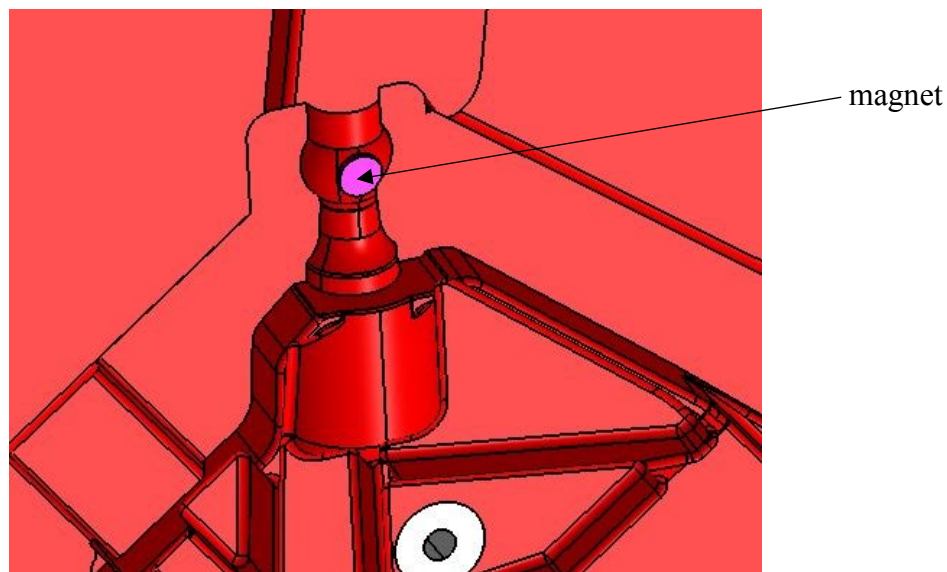
Součástí pravé strany je také vyhřívaný blok s tryskami pro přívod taveniny a prvky potřebné k bočnímu odformování.



Obr. 57 Pravá část vstřikovací formy

1 – upínací deska, 2 – opěrná deska, 3- kotevní deska, 4 – tvárnice, 5 – středící trubka, 6 – vodicí čep, 7 – spojovací šroub desek, 8 – šikmý čep, 9 – zámek šoupátka, 10 – šroub, 11 – dosedací destička, 12 – středící kroužek, 13 – horký blok s tryskami, 14 – zásuvka, 15 – spojovací šroub izolační desky

Důležitou součástí pravé strany vstřikovací formy je magnet, který je vložen v tvárnici a slouží k udržení kovového zástřiku uvnitř formy. Kovový zástřik je před začátkem vstřikovacího cyklu vkládán do formy pomocí robota.

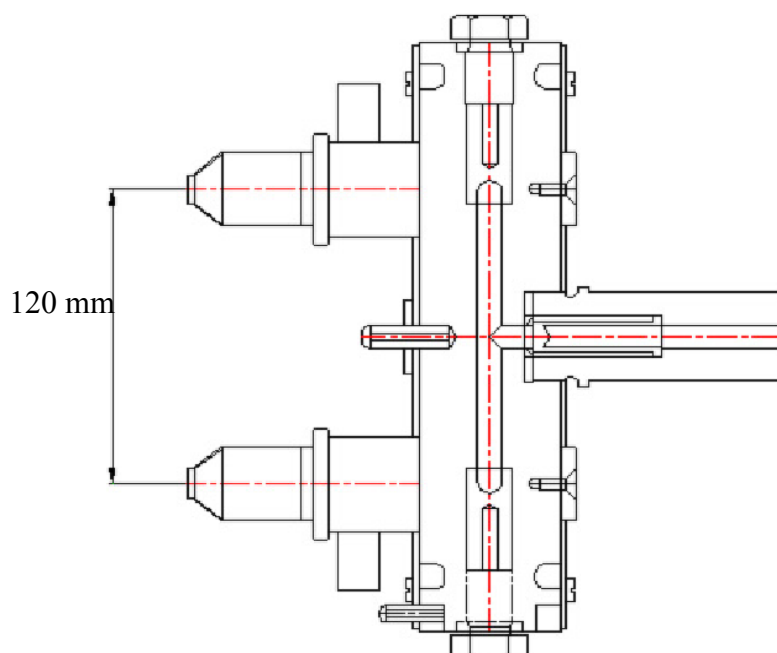


Obr. 58 Magnet umístěný v tvárnici

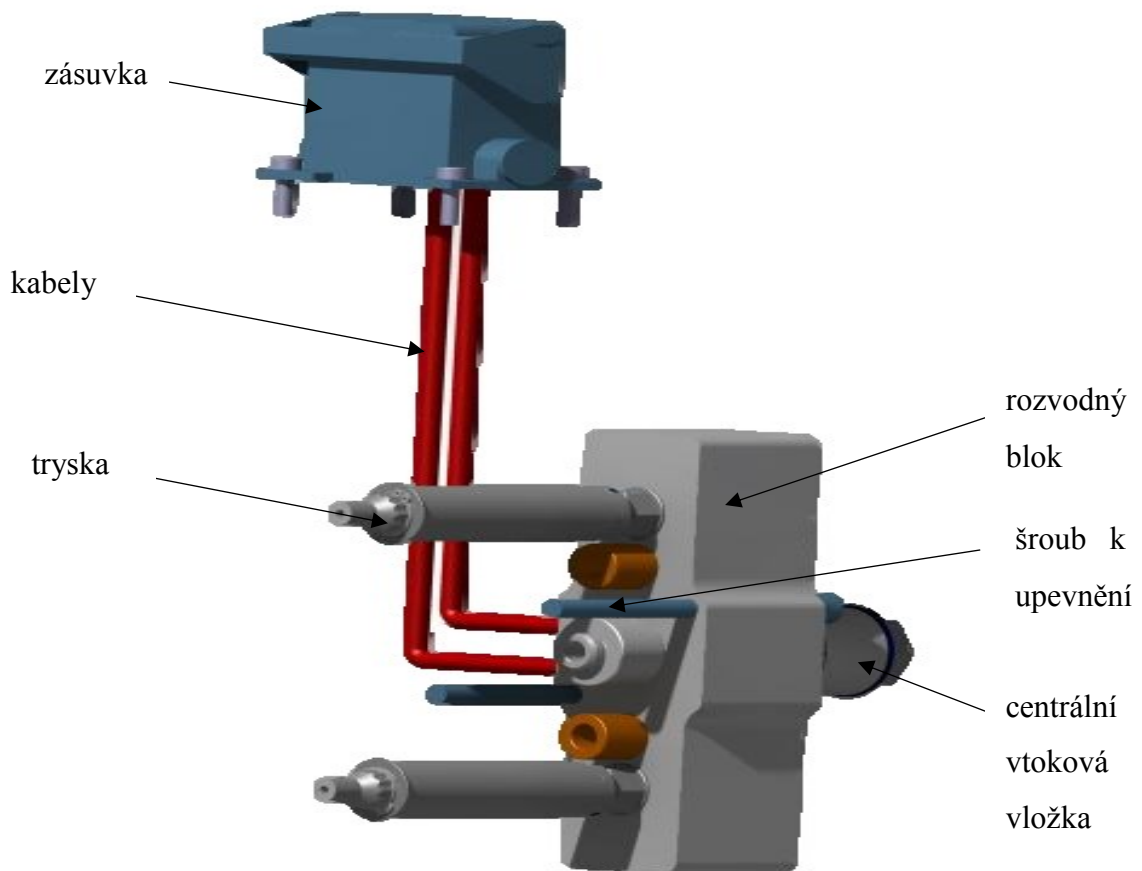
7.7 Vtokový systém

Vtokový systém zajišťuje při vstřikovacím cyklu vedení proudu taveniny od vstřikovacího stroje do tvarové dutiny formy. Naplnění dutiny by mělo proběhnout v co nejkratším čase.

Pro daný výrobek byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. Tento systém je uložený mezi deskou opěrnou a kotevní, kde je pro něj vyfrézovaný otvor. Vyhřívaný vtokový systém tvoří rozvodný blok s centrální vtokovou vložkou a dvěma vstřikovacími tryskami. Vyhřívaná soustava je napájena přes kabely zásuvkou, která je umístěna na vstřikovací formě. Vzdálenost mezi tryskami je 120 mm.



Obr. 59 Rozteč mezi tryskami



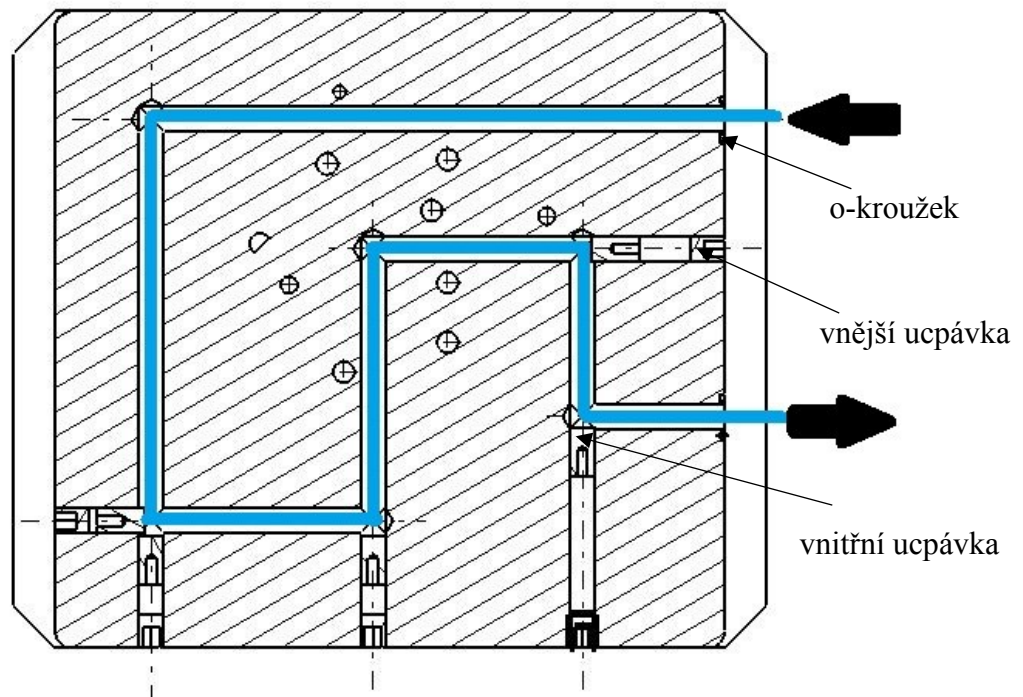
Obr. 60 Vyhříváný vtokový systém

7.8 Temperace

Ochlazování, případně ohřívání formy na předepsanou teplotu, záleží na energetické bilanci formy a okolí prostředí. Teplota formy během vstřikování není stálá. Po vstřiknutí taveniny do dutiny formy teplota prudce stoupá a poté klesá v důsledku odvodu tepla temperačním médiem. Kolísání teploty musí být co nejmenší. Proto se musí navrhnout vhodné rozmístění a velikost temperačních kanálků. Pro správnou funkci je také nutné zvolit ideální temperační médium a rychlost jeho proudění.

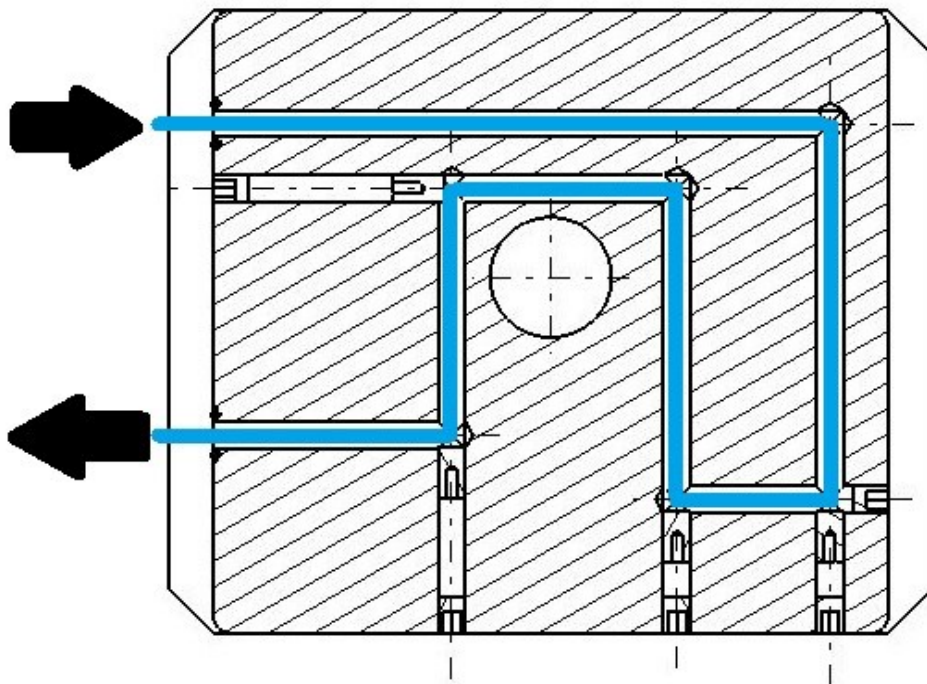
Pro danou vstřikovací formu byl zvolen průměr vrtaných kanálků 6 mm. Kanálky jsou utěsněny ucpávkami a zaslepeny zátkami.

7.8.1 Temperace tvárniku



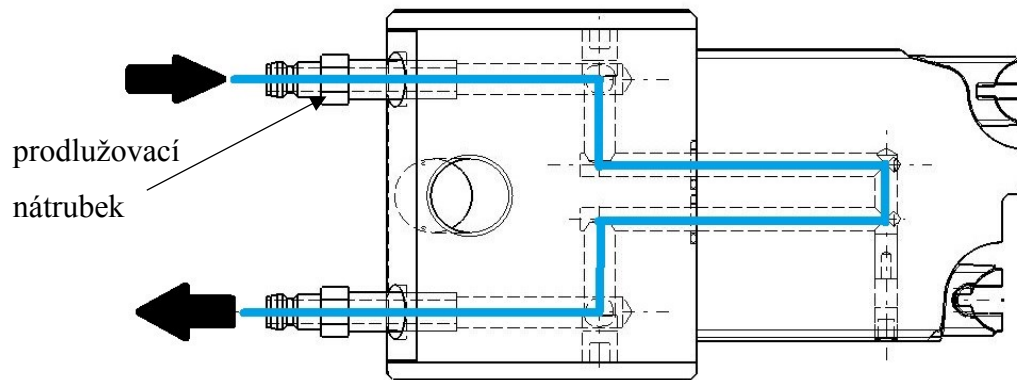
Obr. 61 Schéma temperace tvárniku

7.8.2 Temperace tvárnice



Obr. 62 Schéma temperace tvárnice

7.8.3 Temperace posuvného jádra



Obr. 63 Schéma temperace posuvného jádra

7.8.4 Příslušenství k temperaci

Příslušenství k temperaci bylo použito od firmy HASCO.

- Vnější ucpávka, typ Z940



Obr. 64 Vnější ucpávka

- Vnitřní ucpávka, typ Z942



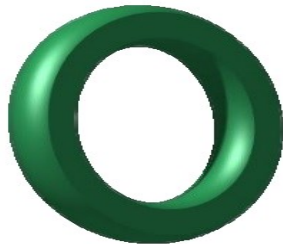
Obr. 65 Vnitřní ucpávka

- Prodlužovací nátrubek, typ Z90



Obr. 66 Prodlužovací nátrubek

- O kroužek, typ Z98



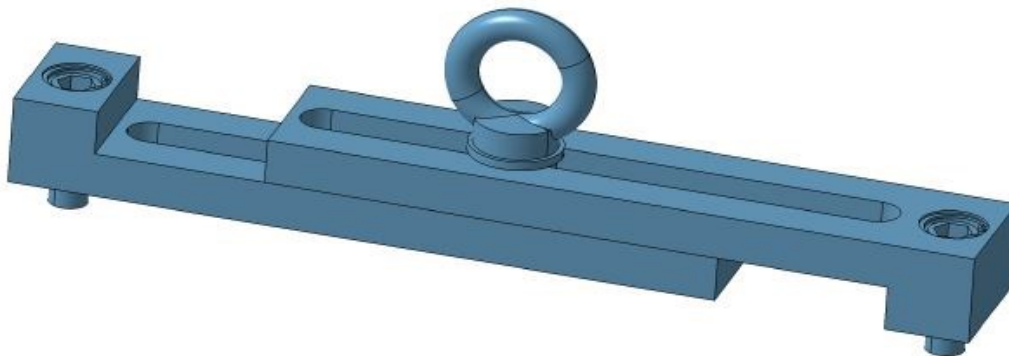
Obr. 67 O kroužek

7.9 Odvzdušnění

Po uzavření formy je dutina naplněna vzduchem. Tento vzduch musí po vstříknutí materiálů uniknout, nebo může dojít k poškození povrchu a tvaru výrobku. Při konstrukci bylo uvažováno s únikem vzduchu dělicí rovinou a přes vůli mezi vyhazovači.

7.10 Transportní zařízení

Vstřikovací forma je opatřena na horních upínacích deskách transportním zařízením. Toto zařízení je uchyceno pomocí šroubů. Celý mechanismus slouží k snadné manipulaci formy. Transportní zařízení lze najít v katalogu HASCO pod označením Z70.



Obr. 68 Transportní zařízení

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Podle rozměrů formy byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S, který je od německé firmy ARBURG. Firma je jedním z předních celosvětových výrobců vstřikovacích strojů na výrobu plastových dílců. [11]



Obr. 69 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S [11]

Základní parametry vstřikovacího stroje:

Tab. 3 Parametry uzavírací jednotky [11]

	Hodnota	Jednotka
Uzavírací síla	2500	kN
Otevírací síla	70 - 725	kN
Výška formy	300 - 700	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	630 x 630	mm
Otevírací zdvih	900 - 1300	mm
Vyhazovací síla	86	kN
Vyhazovací zdvih	225	mm

Tab. 4 Parametry vstřikovací jednotky [11]

	Hodnota	Jednotka
Průměr šneku	50	mm
Účinná délka šneku	20	L/D
Tah šneku	200	mm
Objem vstřikované dávky	392	cm ³
Vstřikovací tlak	2000	bar
Rychlost toku taveniny	300	cm ³ /s
Krouticí moment šneku	880	Nm

Tab. 5 Parametr vstřikovací formy

	Hodnota	Jednotka
Rozměr vstřikovací formy	446 x 396 x 410	mm

ZÁVĚR

Podle požadavků zmíněných v oficiálním zadání se odvíjela celá bakalářská práce. Cílem bylo vytvořit konstrukční návrh vstříkovací formy včetně výkresové dokumentace. Tento návrh byl vytvořen v programu CATIA V5 R19.

První část bakalářské práce je spojena s všeobecnými a teoretickými poznatky zabývajícími se konstrukcí vstříkovací formy, druhy vstříkovaných materiálů a základními předpoklady vstříkování.

Druhá část se již zabývá konkrétním návrhem vstříkovací formy pro daný dílec. Forma byla vyrobena na plastový výrobek, který slouží v automobilovém průmyslu. Součástí výrobku je také kovový zástřík, který se vkládá do formy před vstříknutím materiálu. Materiál plastové části je PA66 s 30% skleněných vláken. Samotná konstrukce se odvíjela od násobnosti formy a velikosti výrobku. Dle složitosti výrobku byly vyrobeny tři tvarové vložky, které dají finální tvar výrobku. Pro vstříkovací formu byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. Pro temperaci tvarových částí slouží soustava vrtaných kanálků, ve kterých proudí vhodné médium. Odformování bočních otvorů je realizováno pomocí šikmých čepů. Následné vyhození výrobku z formy je uskutečněno pomocí skupiny vyhazovacích kolíků. Odvzdušnění vstříkovací formy bylo řešeno únikem vzduchu v dělicí rovině a přes vůli uložení vyhazovačů. Pro jednoduchou manipulaci bylo navrženo transportní zařízení, které je připevněno k horní straně upínacích desek. Pro vstříkovací formu byl zvolen vstříkovací stroj ALLROUNDER 630 S.

Posledním úkolem bylo vytvoření výkresové dokumentace pro pohled do pravé strany, pohled do levé strany a řezy vstříkovací formou. Součástí dokumentace je kusovník.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZEMAN, Lubomír. 2009. Vstřikování plastů. 1.vyd. Praha: BEN, 2009. 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [2] BOBČÍK, L. a kol.: Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů. 2. vyd. UNIPLAST Brno, 1999, 134s.
- [3] SEDIL, M.: Stroje pro zpracování polymerních materiálů. 1.vyd. Střední odborné učiliště Svitavy, 2015, ISBN 978-80-058-71-7. Dostupné z WWW: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [4] LENFELD, Petr. Technologie II. – Vstřikování plastů [online]. Technická univerzita Liberec. Dostupné z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obsah.htm
- [5] Návrh vstřikovacích forem - Mold Tooling. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.hsicom.cz/en/2d-smart-sketch?id=38:navrh-vstrikovacich-forem-mold-tooling>
- [6] ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE [online]. [cit. 14.05.2017]. Dostupné z WWW:http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn_tvareci_nastroje_vs_trikovaci_formy__zak.pdf
- [7] HASCO [online]. Dostupné z WWW: <http://www.hasco.com/hasco/en>
- [8] EWIKON [online]. Dostupné z WWW: <http://www.ewikon.com/de/produkte/heiskanalverteiler/versionen/hps-iii-t.html>
- [9] STANĚK, M. přednášky T5KF
- [10] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. Produkce plastů [online]. Dostupné z WWW:http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c1/ZPL1.pdf
- [11] ARBURG [online]. Dostupné z WWW: <http://www.arburg.com>
- [13] MOLD TECHNOLOGY [online]. Dostupné z WWW: <http://www.mold-technology4all.blogspot.cz> – obrázek studených systémů

- [14] Hot Runner Systems | ToolMaker. ToolMaker | Revista de moldes, troqueles y afines [online]. [cit. 14.05.2017]. Dostupné z WWW: <http://tool-maker.net/tag/hot-runner-systems/>
- [15] BEKO Engineering. BEKO Engineering [online]. [cit. 14.05.2017]. Dostupné z WWW: <https://beko-engineering.cz/>
- [16] TECH PLASTY [online]. Dostupné z WWW: <http://www.techplasty.sk/material/polyamid/pa66gf30-polyamid-modifikovany-sklennymi-vlaknami>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T _g	Teplota skelného přechodu [°C]
T _f	Teplota viskozního toku [°C]
T _m	Teplota tání [°C]
E	Modul pružnosti v tahu [MPa]
°C	Stupeň celsia
MPa	Megapascal
max	Maximálně
R	Rádus
ABS	Akrylonitrilburadienstyren
PA	Poliamid
PC	Polykarbonát
HDPE	Vysokohustotnípolyethylen
LDPE	Nízkohustotnípolyethylen
PPMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyformaldehyd
PP	Polypropylen
PS	Styrenové polymery
PVC	Polyvinylchlorid
Mm	Milimetr
3D	Trojrozměrný
2D	Dvojrzměrný
PLM	Řízení životního cyklu výrobku
CAD	Počítačem podporované projektování
CAM	Počítačová podpora obrábění

CAE	Počítačem podporovaná konstrukce
g	Gram
cm ³	Kubický centimetr
mg	Miligram
W	Watt
K	Kelvin
m	Metr
kV	Kilovolt
s	Sekunda
L	Délka
D	Průměr
%	Procento
°	Stupeň

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Rozdělení polymerních materiálů.....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 2 Struktura reaktoplastu [2].....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 3 Částečně krystalická struktura [1].....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 4 Amorfni struktura [1].....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 5 Struktura elastomerů [1].....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 6 Oblast využití amorfni termoplastů.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 7 Oblast využití semikrystalických termoplastů.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 8 Vstřikovací cyklus [3].....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 9 Vstřikovací cyklus z hlediska času [3].....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 10 Vstřikovací stroj [3].....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 11 Vstřikovací jednotka [10].....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 12 Uzavírací jednotka [11].....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 13 Hlavní části vstřikovací formy [12].....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 14 Technické údaje potřebné pro konstrukci a výrobu forem.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 15 Příklad násobnosti formy [4].....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 16 Vliv nejdůležitějších činitelů na velikosti smrštění [6].....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 17 Průběh smrštění [6].....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 18 Části vtokového systému [2].....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 19 Příklady vtokového systému u vícenásobných forem [2].....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 20 Průřezy vtokových kanálů [2].....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 21 Přidržovače vtoku [2].....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 22 Plný kuželový vtok [13].....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 23 Bodový vtok [13].....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 24 Tunelový vtok [13].....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 25 Srpkovitý vtok [13].....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 26 Boční vtok [13].....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 27 Filmový vtok [13].....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 28 Vyhříváný vtokový systém ve formě [8].....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 29 Vyhříváná tryska [7].....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 30 Vyhříváný rozvodný blok tvaru X [14].....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 31 Umístěný vyhazovací kolík [2].....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 32 Válcový vyhazovač [7].....</i>	<i>37</i>

<i>Obr. 33 Trubkový vyhazovač [7]</i>	37
<i>Obr. 34 Prizmatický vyhazovač [7]</i>	38
<i>Obr. 35 Stírací deska [3]</i>	38
<i>Obr. 36 Temperace formy [12]</i>	40
<i>Obr. 37 Tepelná bilance [6]</i>	41
<i>Obr. 38 Poloha a velikost temperačních kanálů [2]</i>	41
<i>Obr. 39 Průřezy temperačních kanálů [2]</i>	42
<i>Obr. 40 Konstrukční příklady temperece [6]</i>	42
<i>Obr. 41 Návrh odvodušnění [3]</i>	43
<i>Obr. 42 3D model výrobku</i>	48
<i>Obr. 43 Zadaný výrobek</i>	48
<i>Obr. 44 Model vstřikovací formy</i>	50
<i>Obr. 45 Hlavní dělicí rovina</i>	51
<i>Obr. 46 První vedlejší dělicí rovina</i>	51
<i>Obr. 47 Druhá vedlejší dělicí rovina</i>	51
<i>Obr. 48 Násobnost vstřikovací formy</i>	52
<i>Obr. 49 Tvárník</i>	53
<i>Obr. 50 Tvárnice</i>	54
<i>Obr. 51 Tvarové jádro</i>	54
<i>Obr. 52 Naznačení směru pohybu posuvných jader při odformování</i>	55
<i>Obr. 53 Vyhazovací systém</i>	56
<i>Obr. 54 Poloha vyhazovacího systému při vstřikování</i>	57
<i>Obr. 55 Poloha vyhazovacího systému při vyhození</i>	57
<i>Obr. 56 Levá část vstřikovací formy</i>	58
<i>Obr. 57 Pravá část vstřikovací formy</i>	59
<i>Obr. 58 Magnet umístěný v tvárnici</i>	60
<i>Obr. 59 Rozteč mezi tryskami</i>	60
<i>Obr. 60 Vyhřívání vtokový systém</i>	61
<i>Obr. 61 Schéma temperace tvárníku</i>	62
<i>Obr. 62 Schéma temperace tvárnice</i>	62
<i>Obr. 63 Schéma temperace posuvného jádra</i>	63
<i>Obr. 64 Vnější ucpávka</i>	63
<i>Obr. 65 Vnitřní ucpávka</i>	63

<i>Obr. 66 Prodlužovací nátrubek</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 67 O kroužek.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 68 Transportní zařízení</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 69 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S [11].....</i>	<i>65</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Doporučená teplota formy a taveniny vybraných polymerů [3]</i>	<i>39 - 40</i>
<i>Tab. 2 Vybrané vlastnosti materiálu PA66 – GF30 [17]</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 3 Parametry uzavírací jednotky [18]</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 4 Parametry vstřikovací jednotky [18]</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 5 Parametr vstřikovací formy.....</i>	<i>67</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 CD-ROM, který obsahuje:
- textový soubor s bakalářskou prací
 - model výrobku
 - model vstřikovací formy
 - výkresy sestavy vstřikovací formy včetně kusovníku
- P2 Výkres sestavy
- P3 Výkres řezu
- P4 Kusovník