

Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu části krytu kopírovacího stroje

Petr Křížek

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Křížek**

Osobní číslo: **T15788**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu části krytu kopírovacího stroje**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat literární studii na dané téma
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu
3. Navrhněte 3D model vstřikovací formy pro zadaný díl
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího BP.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Ovsík, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

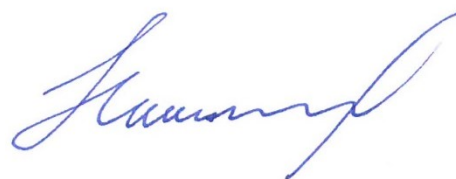
18. května 2018

Ve Zlíně dne 28. února 2018



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 17.5.2018


.....

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 nahlázení 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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. V teoretické části se popisuje obecné rozdělení polymerů, technologie vstřikování a hlavní části vstřikovacího stroje. Dále také zásady konstrukce samotných vstřikovaných výrobků a jejich forem. Praktickou část bakalářské práce tvoří konstrukce 3D modelu vstřikované součásti v programu CATIA V5R19 a návrh sestavy vstřikovací formy pro daný výrobek v SolidWorks včetně vypracované výkresové dokumentace.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce

ABSTRACT

The bachelor thesis is concerned with the constructive injection mold for the assigned plastic part. The theoretical part describes the general division of polymers, the injection technology and the main part of the injection device. Further, the construction principles of the individual injected products and their forms. The practical part of this bachelor thesis is made up of the 3D construction of the partials injected model in the CATIA V5R19 program and of suggesting the composition of the injection form for the given product in SolidWorks including the developed drawing documentation.

Keywords: injection, injection form construction

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady, vynaložený čas a především trpělivost, díky kterým jsem dokončil tuto bakalářskou práci.

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

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 10 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 11 |
| 1 POLYMERY | 12 |
| 1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ | 12 |
| 1.1.1 Plasty | 13 |
| 1.1.2 Termoplasty..... | 13 |
| 1.1.3 Reaktoplasty | 14 |
| 1.1.4 Elastomery..... | 14 |
| 1.1.5 Kaučuky | 14 |
| 1.2 ZPRACOVATELSKÉ PODMÍNKY PLASTŮ | 15 |
| 1.3 RECYKLACE PLASTŮ..... | 15 |
| 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ | 16 |
| 2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS | 16 |
| 2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ..... | 18 |
| 2.2.1 Plastikační jednotka | 19 |
| 2.2.2 Vstřikovací jednotka | 20 |
| 2.2.3 Uzavírací jednotka | 21 |
| 2.2.4 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje..... | 21 |
| 2.2.5 Volba výrobce vstřikovacího stroje | 22 |
| 3 KONSTRUKCE VÝROBKŮ | 23 |
| 3.1 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI VÝROBKŮ..... | 23 |
| 3.1.1 Dělicí rovina..... | 23 |
| 3.1.2 Tloušťka stěn..... | 23 |
| 3.1.3 Žebra | 23 |
| 3.1.4 Zaoblení hran a rohů | 24 |
| 3.1.5 Úkoso a podkoso | 24 |
| 3.1.6 Smrštění..... | 25 |
| 3.1.7 Jakost povrchu..... | 25 |
| 4 KONSTRUKCE FORMY | 26 |
| 4.1 POPIS VSTŘIKOVACÍ FORMY | 26 |
| 4.2 NÁSOBNOST VSTŘIKOVACÍ FORMY | 27 |
| 4.3 VTOKOVÝ SYSTÉM | 28 |
| 4.3.1 Studený vtokový systém | 28 |
| 4.3.2 Přidržovače vtoků..... | 30 |
| 4.3.3 Plný kuželový vtok..... | 30 |
| 4.3.4 Bodový vtok | 31 |
| 4.3.5 Tunelový vtok | 31 |
| 4.3.6 Srpkovitý vtok..... | 31 |
| 4.3.7 Boční vtok | 31 |
| 4.3.8 Filmový vtok | 31 |
| <i>a) plný kuželový vtok, b) bodový vtok, c) tunelový, d) srpkovitý vtok, e) boční vtok, f) filmový vtok</i> | 32 |
| 4.3.9 Vyhřívaný vtokový systém | 32 |
| 4.3.10 Vyhřívané trysky | 33 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.3.11 | Vyhřívané rozvodné bloky | 34 |
| 4.4 | TEMPERACE VSTŘIKOVACÍCH FOREM | 35 |
| 4.4.1 | Návrh temperačního média | 35 |
| 4.5 | VYHAZOVACÍ SYSTÉM | 36 |
| 4.5.1 | Vyhazovací síla | 36 |
| 4.5.2 | Mechanické vyhazování | 36 |
| 4.5.3 | Pneumatické vyhazování | 39 |
| 4.5.4 | Hydraulické vyhazování | 39 |
| 4.6 | ODVZDUŠNĚNÍ DUTINY VSTŘIKOVACÍ FORMY | 39 |
| 4.7 | MATERIÁLY FOREM | 40 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 41 |
| 5 | STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE | 42 |
| 6 | SPECIFIKACE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU | 43 |
| 6.1 | POPIS VÝROBKU | 43 |
| 6.2 | VOLBA MATERIÁLU VÝROBKU | 44 |
| 6.2.1 | Vlastnosti ABS | 44 |
| 6.2.2 | Použití ABS | 44 |
| 7 | VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE | 46 |
| 8 | KONSTRUKCE FORMY | 47 |
| 8.1 | NÁSOBNOST FORMY | 48 |
| 8.2 | ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU | 48 |
| 8.3 | TVAROVÉ DÍLY FORMY | 50 |
| 8.3.1 | Tvarové kolíky | 51 |
| 8.4 | VYHOZENÍ VÝSTŘIKU | 52 |
| 8.4.1 | Vratný kolík | 52 |
| 8.5 | BOČNÍ POSUVOVÝ TVÁRNÍK | 53 |
| 8.6 | VTKOVÝ SYSTÉM | 54 |
| 8.7 | CHLAZENÍ FORMY | 54 |
| | | 55 |
| 8.8 | ODVZDUŠNĚNÍ FORMY | 56 |
| 8.9 | MANIPULAČNÍ A BLOKOVACÍ ZAŘÍZENÍ FORMY | 56 |
| | ZÁVĚR | 58 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 59 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 61 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 63 |
| | SEZNAM TABULEK | 65 |

ÚVOD

V současnosti dochází k stále častějšímu nahrazování konvenčních materiálů, jako je dřevo, kovy nebo sklo, výrobky z polymerních materiálů tj. plastů. Přednosti těchto výrobků, je malá hmotnost a výborné mechanické a chemické vlastnosti.

Výhodou vstřikování je rovněž výroba složitějších tvarů výrobku v návaznosti zejména na automatizovanou velkosériovou výrobu. Takovým to výrobním procesem se ušetří pracovní síly, je menší procento odpadu a možnost zpětné recyklace termoplastu. Tím se stává výrobek ekonomicky cenově zajímavější a také i konkurence schopnější.

Technologie vstřikování polymerních materiálů je v dnešní době neodmyslitelnou součástí většiny průmyslových odvětví způsobu zpracování polymerních materiálů. Tento proces umožňuje výrobu velmi složitých výrobků v nárocích jak na konstrukci tak i celkový „design“.

Výrobky z polymerních materiálů, jsou vyráběny na vstřikovacích strojích, kde hlavní součástí je vstřikovací forma, která dává výrobku požadovaný tvar, vzhled a povrchovou kvalitou.

Technologický proces vstřikování spočívá v tom, že roztavený polymer je vstříknut do uzavřené dutiny formy, ze které je po ochladnutí již vyhozen hotový výrobek. Forma musí umožnit snadné vyhození produktu z dutiny, ale musí rovněž odolávat vysokým tlakům a teplotám. Výroba vstřikovací formy je finančně a časově náročná, jedná se o velmi přesný a složitý nástroj. Výrobou forem se zabývají specializované nástrojařské firmy, které pro konstrukci a výrobu používají softwarové simulační programy v řadě: 3D, například program pro konstrukci forem CATIA.

Výrobky z termoplastů tj. produkty, které jsou vyráběny technologií vstřikováním nalezneme v mnoha odvětvích, od automobilového, elektrotechnického a leteckého průmyslu, ve zdravotnictví až po běžné komerční výrobky využívané ve sportu a občanském životě.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Polymery jsou chemické látky přírodní nebo syntetické, v jejichž neobvyklé šíře vlastností, obsahující ve svých obrovských molekulách většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často dusíku, chlóru i jiných prvků. Představují tedy chemickou stavebnici, která umožňuje neobyčejnou proměnlivost struktur i vlastnosti výsledných látek. Polymery jsou ve formě výrobku prakticky v tuhém stavu, ale i v podstatě ve stavu kapalném, dovolujícím, většinou za zvýšené teploty a tlaku, udělit budoucímu výrobku nejrůznější tvar, podle použití.

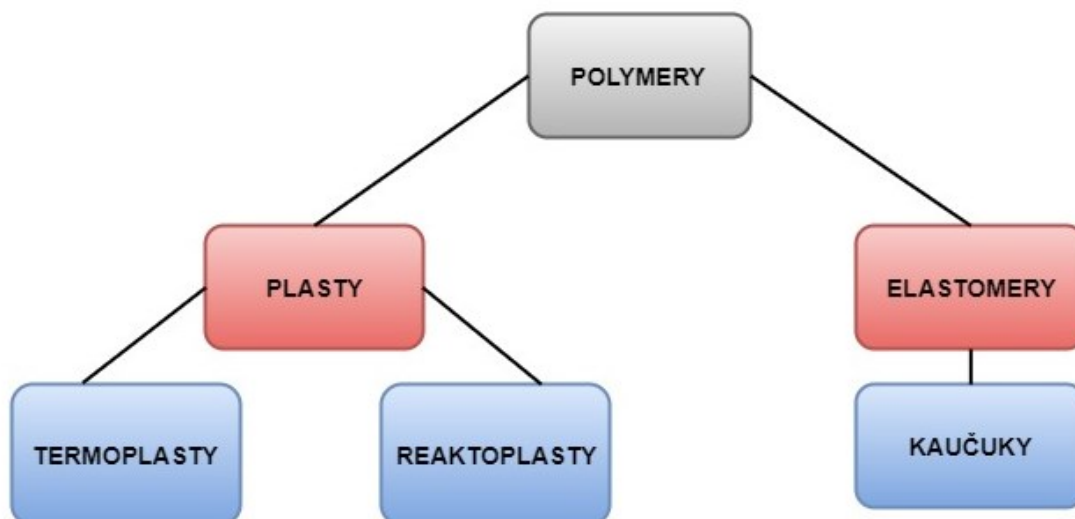
Syntetické polymery vyvinuté v první polovině 20. století umožnily rozvoj plastikářského průmyslu, elektrotechnického, gumárenství, výroby syntetických vláken, folií a obalů, průmysl kompozitních materiálů, které ovlivnily vývoj od letectví až po lékařství, kde můžeme vyrobit protézu z plastu. [1]

Plasty, jejichž podstatnou část tvoří organické makromolekulární látky (polymery). Kromě látek polymerních obsahují plasty ještě přísady (aditiva) jejichž účelem je specifická úprava vlastností.

Mezi přísady patří stabilizátory, změkčovadla barvicí činidla, plniva a síťovací činidla. Účelem stabilizátoru je udržet vlastnosti polymeru na původních hodnotách během zpracování, skladování a použití. [2]

1.1 Základní rozdělení polymerů

Polymery lze rozdělit podle několika kritérií. Základními skupinami jsou plasty a elastomery.



Obr. 1. Základní rozdělení polymerů [1]

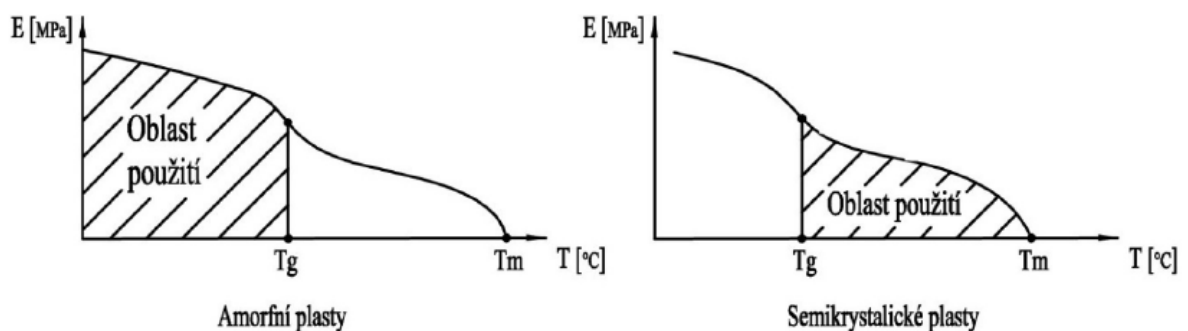
1.1.1 Plasty

Plasty jsou polymery, u nichž vnější namáhání způsobuje deformace převážně nevratného (trvalého) charakteru. Za běžných podmínek jsou většinou tvrdé, často i křehké. Podle chování při zahřívání je dělíme dále na termoplasty a reaktoplasty. [3,4]

1.1.2 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály, které při zahřívání měknou a chemicky se nemění. Při působení tepla lze je tvarovat. Do oblasti taveniny přechází zahřátím nad teplotou tání. Zpětným ochlazením přechází opět do tuhého stavu. Při zahřívání neprobíhá chemická reakce a během zpracování se nemění jejich chemická struktura. Změny, kterými materiál prochází, mají pouze fyzikální charakter a proces měknutí a tuhnutí je vratný. Lze jej opakovat do nekonečna a nejsou tak náročné na recyklaci jako reaktoplasty. Termoplasty můžeme rozdělit z hlediska vnitřní struktury na: [3,12]

- **amorfní** – řetězce jsou nepravidelně uspořádány. Jsou situovány tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu průhledné. Amorfní polymery jsou upotřebitelné do teploty zesklennění (T_g). Typickým představitelem jsou například polystyrén (PS), polymethylmethakrylát (PMMA), polykarbonát (PC), kopolymerstyrenakrylonitril (SAN), polyvinylchlorid (PVC). [4,5]
- **semikrystalické** – větší část řetězců je pravidelně uspořádaná a vytváří krystalické útvary. Zbytek má amorfní uspořádání. Jsou přirozeně mléčně zakalené. Pevnost a modul pružnosti stoupají se stupněm krystalinity. Použití polymeru je do teploty tání (T_m). Typickým představitelem jsou například polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyoxymetylén (POM) nebo polyamid 6 (PA6). [3]



Obr. 2. Oblast využití u amorfních a semikrystalických plastů [3]

Tab. 1. Základní informace pro výběr termoplastů [19]

| Vlastnosti | Amorfní polymery | Semikrystalické polymery |
|---|------------------|--------------------------|
| Mechanické vlastnosti | ○ | + |
| Ohybová pevnost | - | + |
| Vrubová citlivost | - | + |
| Tok za studena | + | ○ |
| Chemická odolnost | - | + |
| Teplota použití | ○ | + |
| Kritická teplota při zahřívání | T_g | T_m |
| Smrštění proti formě [%] | 0,3-0,8 | 1-3 |
| <i>Legenda: + výhodnější (lepší); - méně výhodné (horší); ○ – průměrné (stejně)</i> | | |

1.1.3 Reaktoplasty

Jsou to polymery, které jsou tavitelné a tvarovatelné jen po určitou dobu zahřátí. Během dalšího zahřívání dojde k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury neboli, k tzv. vytvrzování. Proces je nevratný. Vytvrzené plasty nejdou roztavit ani rozpustit. U následujícího ohřívání dojde k degradaci. Náleží sem např. fenolformaldehydová pryskyřice (PF), epoxidová pryskyřice (EP), polyesterová pryskyřice (UP), atd. [4,6]

1.1.4 Elastomery

Elastomer je vysoce pružný (elastický) materiál s nízkou tuhostí, který můžeme za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Tato deformace je převážně vratná. Typickým materiálem jsou kaučuky, z nichž se vulkanizací vyrábí pryže- vysoce pružný materiál, odolný trvalé deformací. Pryž je vulkanizovaný elastomer a je charakterizována chemickými vazbami mezi makromolekulami, které tvoří uzly prostorové sítě. V důsledku zesíťování je amorfním polymerem. [1,7]

1.1.5 Kaučuky

Jde se o polymerní materiál, který také v první fázi zahřívání měkne a dá se tvářet, pouze jen omezenou dobu. Při dalším zahřívání dojde k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, dojde k vulkanizaci materiálu. [3]

Vulkanizace je chemická reakce, kterou se zpracovávají kaučuky syntetické a přírodní. Hnětením za tepla vzniká pryž. Vulkanizace probíhá prostřednictvím dvou proti sobě se točících válců, mezi nimi je vložen kaučuk, který je rozdrcen a opásán kolem jednoho z válců a jsou do něj vmíchány oleje, saze a síra, která umožňuje vulkanizaci. Vulkanizovanou gumu nelze tvarovat. Vulkanizace se využívá v gumárenství. Zásluhou ní se opravují například poškozené pneumatiky. [8]

1.2 Zpracovatelské podmínky plastů

Na vlastnosti výrobku mají velký účinek zpracovatelské podmínky. Určující kritérium pro některé rozměry a mechanicky fyzikální vlastnosti jsou teplota, tlak, a čas. Ve tvarových dutinách při vstřikování plastů dochází k orientaci makromolekul v linii proudu plastu. Výsledek je plast, který má anizotropní vlastnosti, dále pak vnitřní pnutí a nepravidelné smrštění. [3]

Veškeré vlastnosti plastu, uvedené v materiálových listech jsou jenom průměrné hodnoty získané při ideálně zpracovatelských podmínkách.

1.3 Recyklace plastů

V průběhu vstřikování se nám může nakupit nevyužitý materiál díky vtokům, odpadům nebo vznikem vadných vstřiků. Tenhle materiál můžeme opakovaně zpracovávat například drcením v nožových mlýnech. Rozdrcený odpad se pak může smístit s novým čistým granulátem a znovu vstřikovat. Vzestupný podíl recyklátu má vliv na vlastnosti výrobku. V mimořádných situacích můžou být výrobky vstřikovány ze 100 % recyklátu. [3]

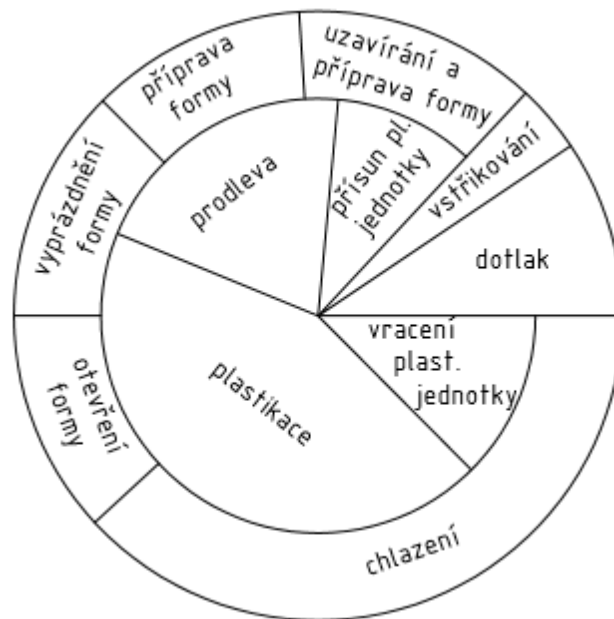
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

V průmyslové výrobě finálních dílů i polotovarů určených pro další zpracování je vstřikování jednou z nejvíce používaných technologií. Jde o obtížný proces z hlediska fyzikálních a mechanických vlastností, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. Je to souvislý proces, tzv. diskontinuální. Vstřikováním lze zpracovávat naprostou většinu termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. Vstřikování je způsob tváření plastů, kde roztavený plast ve vstřikovacím stroji je dopravován velkou rychlostí do dutiny formy a tam se ochladí na tvar vyráběné součásti. Výhodou je především možnost zhotovení velmi členitých tvarů za krátký čas. To znamená, vysokou produktivitu, možnost výroby tvarově složitých výrobků při dostatečné toleranci rozměrů přesnosti a kvalitních povrchových úprav. Mezi nevýhody patří především vysoké finanční výdaje na zavedení výroby a dlouhá doba, která je potřeba k výrobě formy. Z toho to důvodu se tato technologie i zásluhou možnosti automatizace používá v hromadné výrobě. [7,9]

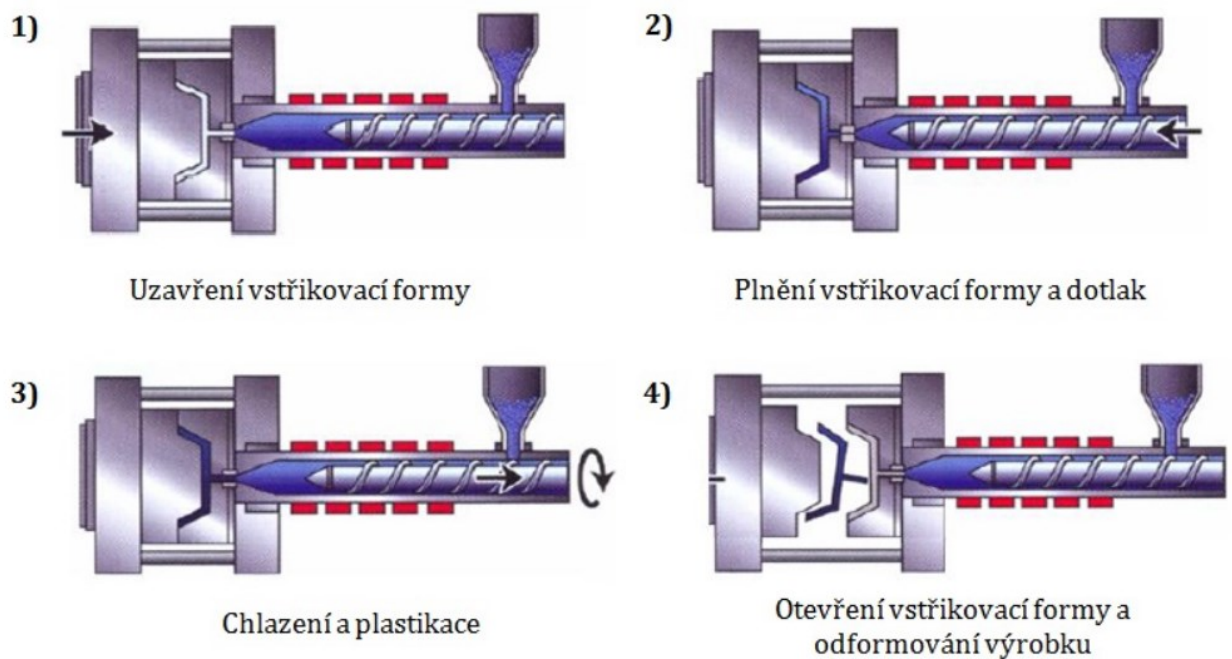
Vstřikování se uplatňuje v mnoha průmyslových odvětvích převážně automobilovém, leteckém, zdravotnickém, elektrotechnickém a dalších průmyslových oborech. [10]

2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikování má daný svůj cyklus, který probíhá ve vstřikovacím stroji. První operace cyklu spočívá v uzavření formy, kdy se pohyblivá (levá) část formy (viz Obr. 4) přisune k pevné (pravé) části a uvnitř formy vznikne dutina pro taveninu. Uzavírací síla musí vydržet tlaku, který vyvine vstříknutá tavenina. Ve chvíli, kdy je forma v uzavřené poloze a plastikační jednotka přisunuta k formě, začne samotný proces vstřikování. K dopravě granulátu nejčastěji slouží šnek či píst. Šnek, který v plastikační jednotce připravoval taveninu, nyní přímočarým pohybem vstříkne taveninu do dutiny formy. Okamžitě po vstříknutí následuje dotlak taveniny, který zmenší procento smrštění výrobku při chlazení. Chlazení tvoří nejdélší část vstřikovacího cyklu. V průběhu chlazení výrobku ve formě, odsune se plastikační jednotka od formy. Šnek začne nabírat novou dávku granulátu a účinkem rotačního pohybu a tepla se připravuje tavenina pro další cyklus. Mezitím se v dutině formy ochladí výrobek na vyhazovací teplotu. Následně dojde k otevření formy a působením vyhazovacího systému k vyhození výstřiku z dutiny. Poté se forma znovu uzavře, přisune se plastikační jednotka s připravenou taveninou a proces vstřikování se opakuje. [7,9]



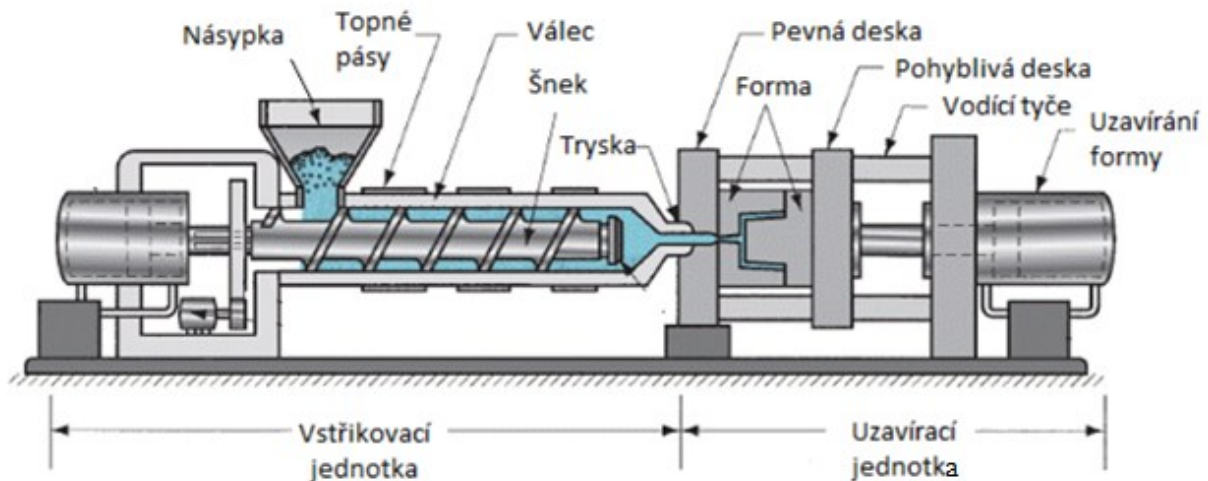
Obr. 3. Kruhový diagram vstřikovacího cyklu 1 [16]



Obr. 4. Vstřikovací cyklus [17]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikování probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena zařízení i vstřikovací formy je velmi vysoká. Je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu.



Obr. 5. Hlavní části vstřikovacího stroje [18]

Vstřikovací stroj, který patří mezi hlavní faktory výroby má, nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něho, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlosti výroby, snadnou obsluhou i cenou. Každý vstřikovací stroj má své základní části:

- plastikační jednotka – přeměna materiálu v taveninu;
- vstřikovací jednotka – doprava do dutiny formy;
- uzavírací jednotka – uzavření formy a odolání vstřikovacího tlaku;
- forma – udělení tvaru a vzniku výroby;
- ovládání a řízení stroje.

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby:

- byl tuhý a pevný při vstřiku;
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování;
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [3]



Obr. 6. Vstřikovací stroj od firmy ARBURG [21]

Základní rozdělení vstřikovacích strojů:

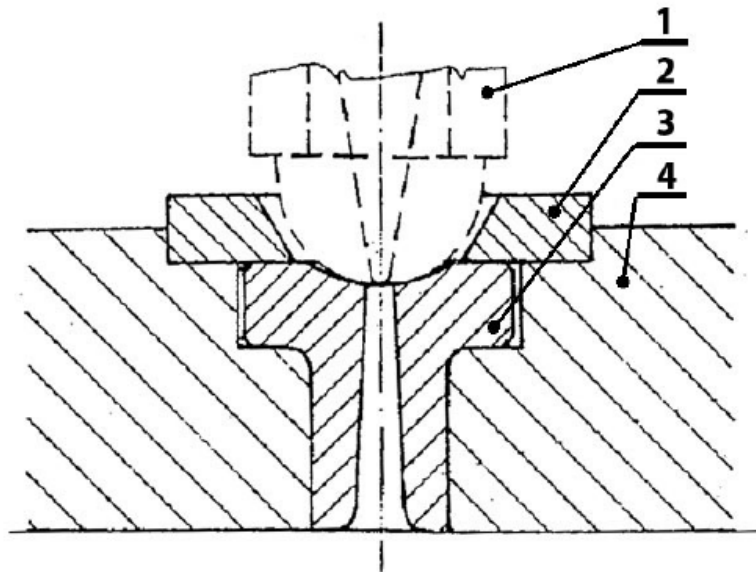
- hydraulické, elektrické, kombinované;
- pístové, šnekové;
- pomaluběžné, rychloběžné;
- horizontální, vertikální;
- s předplastikací, bez předplastikace;
- pro termoplasty, reaktoplasty a kaučukovité směsi. [7]

2.2.1 Plastikační jednotka

Plastikační jednotka zajišťuje roztavení polymerního materiálu a vstříknutí této taveniny do dutiny vstřikovací formy. Aby bylo možné vyrábět kvalitní shodné výstřiky, musí být do dutiny formy dopraveno konstantní množství zplastikovaného materiálu stejné kvality při každém vstřikovacím cyklu. Proto musí tato jednotka produkovat homogenní taveninu s neměnnou teplotou v požadovaném množství. [3]

2.2.2 Vstříkovací jednotka

Slouží k dopravě předem určeného množství taveniny s požadovanými technologickými parametry formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstříkovací jednotky při jednom zdvihu. Množství ale nesmí být příliš malé. Mohlo by to způsobovat degradaci polymeru, protože tavenina zůstane ve vstříkovací jednotce. Maximální množství nemá překročit 80% kapacity jednotky, protože je zde nutná rezerva pro případné doplnění úbytku materiálu vlivem chlazení. Do tažného válce se dopravuje zpracovaný granulát, ze kterého se stane tavenina. Polymer se posouvá šnekem přes vstupní, přechodové či výstupní pásmo vstříkovacího stroje. Tím dojde k postupné plastikaci a homogenizaci taveniny. Tavná komora je zakončena tryskou, jež spojuje vstříkovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky, než je u sedla vtokové vložky, jsou podmínkou správné funkce. [3]



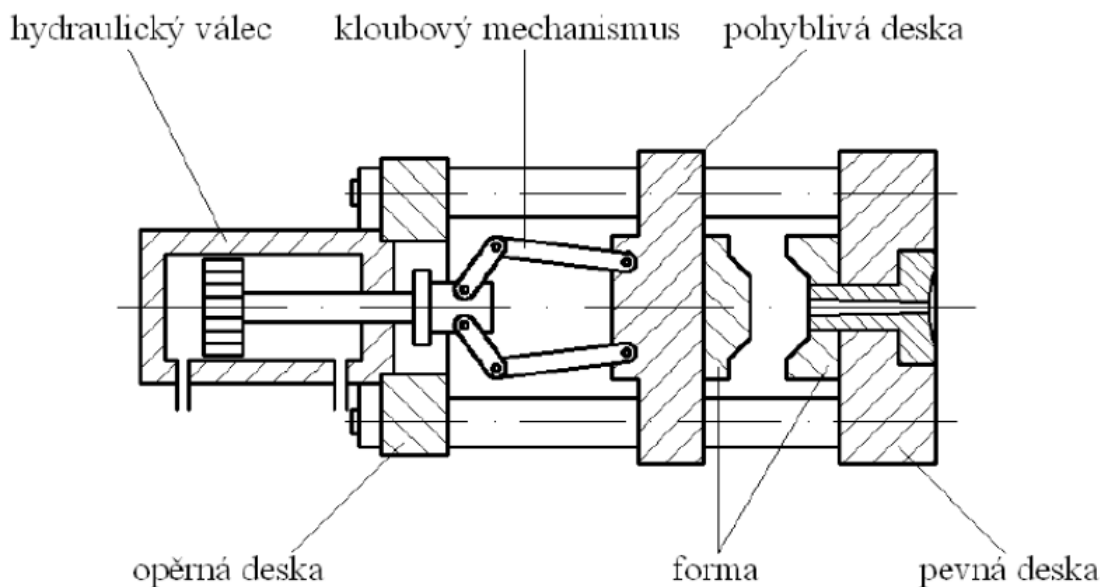
Obr. 7. Dosednutí vstříkovací trysky na vtokové vložce [3]

1 – vstříkovací tryska, 2 – středící kroužek, 3 – vtoková vložka, 4 – deska formy

2.2.3 Uzavírací jednotka

Slouží k ovládání formy a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění výrobku z formy. Velikost uzavíracího tlaku závisí na velikosti tlaku vstřikovacího a ploše dutin vtoků v dělicích rovinách. [3]

Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulickomechanickou a elektromechanickou.



Obr. 8. Uzavírací jednotka [22]

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

- Opěrná deska pravá;
- Upínací deska;
- Vodící sloupky;
- Uzavírací mechanismus;

2.2.4 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stála reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. [3]

Stroje současné doby jsou řízeny elektronickou jednotkou s procesorem. Místo obvyklé stroje textové formy nastavování technologických parametrů se využívají nejrůznější grafické nadstavby, které jsou zobrazovány LCD displejem na informační panel vstřikovacího stroje. Mnohdy jsou tyto stroje propojeny se stolním počítačem. Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost: [3]

- nastavení výše i doby vstřikovaného tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku,
- nastavení doby a výšku teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

2.2.5 Volba výrobce vstřikovacího stroje

Praxi se zjistilo, že nelze při výběru výrobce vstřikovacího stroje mít prioritu v co nejnižší ceně. Poněvadž stroje, které nás přesvědčily svou nízkou cenou, se v konečném důsledku ukázaly jako ekonomicky nevýhodné oproti dražším a prověřeným výrobcům. A to především v nedokonalém servisu a hlavně v základních faktorech, které jsou uvedeny výše.

Nejznámější výrobci vstřikovacích strojů jsou:

- ARBURG;
- DEMAG;
- ENGEL;
- HUSKY;
- KRAUSS MAFFEI;

3 KONSTRUKCE VÝROBKŮ

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí úplně jinými zásadami, než u součásti kovových. Při jejich tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílu z plastu může stát. To vyžaduje znát technologii jejich zpracování. [11]

3.1 Požadavky na konstrukci výrobků

K zásadním podkladům pro konstrukci slouží výkresová dokumentace nebo model vyráběné součásti. Celková konstrukce dílu musí splňovat vhodné umístění vtokového i vyhovovacího systému a vhodnou polohu dělicí roviny a tím je určen i způsob jejího zaformování. Z hlediska konstrukce je třeba se vyhnout ostrým hranám na povrchu výrobku a náhlým přechodům v tloušťkách stěn. Všechny uvedené hlediska mají přímý vliv na konečnou kvalitu výrobku. [7]

3.1.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina je plocha, kterou tvoří tvárnice a tvárník, které na sebe dosedají při zavření formy. Umísťuje se tak, aby byla vzhledem k výrobku při odformování výrobku vyjmuta co nejjednodušším způsobem. Důležité je, aby stopa po dělicí rovině nezpůsobila vzhledové nebo funkční vady. [3]

3.1.2 Tloušťka stěn

Zvětšující se tloušťka stěny výstřiku vyvolá i její větší smrštění. Principiálně je to dáno tím, že u větších tlouštěk stěn, při zamrznutí ústí vtoku, je v nich i větší uzavřený teplotní obsah než u stěn s menší tloušťkou a vyšší teplota uvnitř průřezu stěnou má za následek vyšší smrštění.

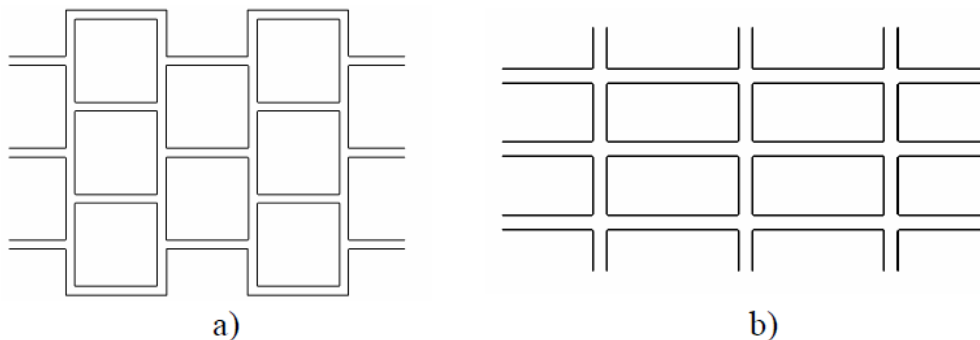
Navíc rozdílné tloušťky stěn výstřiku vedou ke kvantitativním změnám proměnných parametrů působících na smrštění, zejména jde o působení dotlakové fáze a gradientu rychlosti ochlazování stěn výstřiku. [6]

3.1.3 Žebra

Žebra vyztužující výstřik mohou mít výrazný vliv na jeho smrštění a tím i na jeho deformaci. Žebra umožňují také lepší plnění dutiny formy a mohou zabránit zborcení stěn výrobku. Z pohledu smrštění je důležitý poměr tloušťky stěny výstřiku a tloušťky na stěnu připojeného žebra. Obecně platí, že nesmí ve spoji dojít k hromadění taveniny, což vede

k tomu, že žebra mají menší tloušťku než stěna výstřiku, k níž je žebro připojeno. Tloušťka žebra závisí na mnoha okolnostech, velká tloušťka by mohla způsobit propadlinu na protějším povrchu výrobku, proto se volí s hlediskem na použitý materiál, geometrie dílu, vzdálenost od ústí vtoku a dalších kritérií vstřikování. Značně lesklé povrchy, na kterých by byla propadlina snadno zřetelná, vyžadují tenké žebrování, které může zkomplikovat průběh plnění dutiny formy. [3,6]

Žebra se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy na technická a technologická. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součástí. Technologická umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. Někdy se volí žebra z důvodu zlepšení vzhledu výrobku. [3]



Obr. 9. a) technická b) technologická [3]

3.1.4 Zaoblení hran a rohů

Zaoblení hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost se tím zvýší až o 50 %. [3]

3.1.5 Úkosy a podkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výrobku, které jsou kolmo k dělicí rovině. Tím se umožní, popř. zabrání vyjímání výrobku z dutiny formy. Vyskytuje jak vnitřní úkos, kde se volí větší úhel sklonu, tak vnější úkos, kde se volí, menší úhle sklonu. Volbu velikosti sklonu ovlivňuje hlavně smrštění, povrch stěn formy, elasticita plastu či automatizace výroby. Podkosy sťažují konstrukci i funkci formy a proto se jim snažíme vyhnout. [3]

3.1.6 Smrštění

Polymerní materiály jsou podstatně horšími vodiči tepla než kovové materiály. Součinitel tepelné vodivosti je u nich o jeden až dva řády nižší než u kovů. Tavenina v dávkce nemá konstantní teplotu – rozdíly jsou jak v podélném, tak i příčném směru a ani proces chlazení v dutině formy není rovnoměrný – povrchové vrstvy chladnou rychleji než vrstvy vnitřní.

To vede k rozdílu ve vnitřní struktuře výstřiků, včetně různého obsahu krystalického podílu u částečně krystalických plastů.

Pro minimalizaci smrštění (včetně orientace makromolekul a obsahu vnitřního pnutí) musí tvar a konstrukce dílu splňovat kritéria technologičnosti konstrukce výstřiků z termoplastů, a to zejména:

- vyvarovat se všech změn průřezů (tloušťek), které vyvolají v daném místě různé smrštění,
- volit umístění ústí vtoku na výstřiku tak, aby byl umožněn postupný lineární tok čela taveniny dutinou formy bez „předbíhání“ toku některými partiemi tvaru. Jestliže je nezbytně nutné použít pro jeden výstřik více ústí vtoku, musí být optimalizovaný z hlediska svého umístění tak, aby umožňovaly lineární tok jednotlivých proudů taveniny a minimalizovaly vznik studených spojů,
- velikost ústí vtoku musí umožnit optimalizovat tlakovou odezvu ve výstřiku a tím korigovat hodnotu smrštění, resp. rozměrů v dotlakové fázi.

Výrobní smrštění – je to rozdíl mezi rozměrem tvarové dutiny formy a odpovídajícím rozměrem výrobku, vyjádřený v procentech z celkového rozměru formy (90%).

Dodatečné smrštění – je to obměna rozměru tvářeného výrobku z plastu po jeho vystavení zvýšené teplotě (10%). V některých případech se pod tímto pojmem rozumí také rozměrová změna, která ve výrobku proběhla za normální teploty, ale až po delší časové době od jeho vyrobení.[12]

3.1.7 Jakost povrchu

Při vstřikování je jakost povrchu obrazem kvality povrchu dutiny formy. Výrobně nejjednodušší a nejméně nákladné jsou díly s matným povrchem. Výhodou je, že matný povrch může pokrýt některé vzhledové vady, jako jsou studené spoje nebo stopy po toku. Naopak lesklé povrchy jsou nejnáročnější a nejméně úsporné. Na takovém povrchu jsou znatelné veškeré nedostatky dutiny formy i samotné technologie výroby. [3]

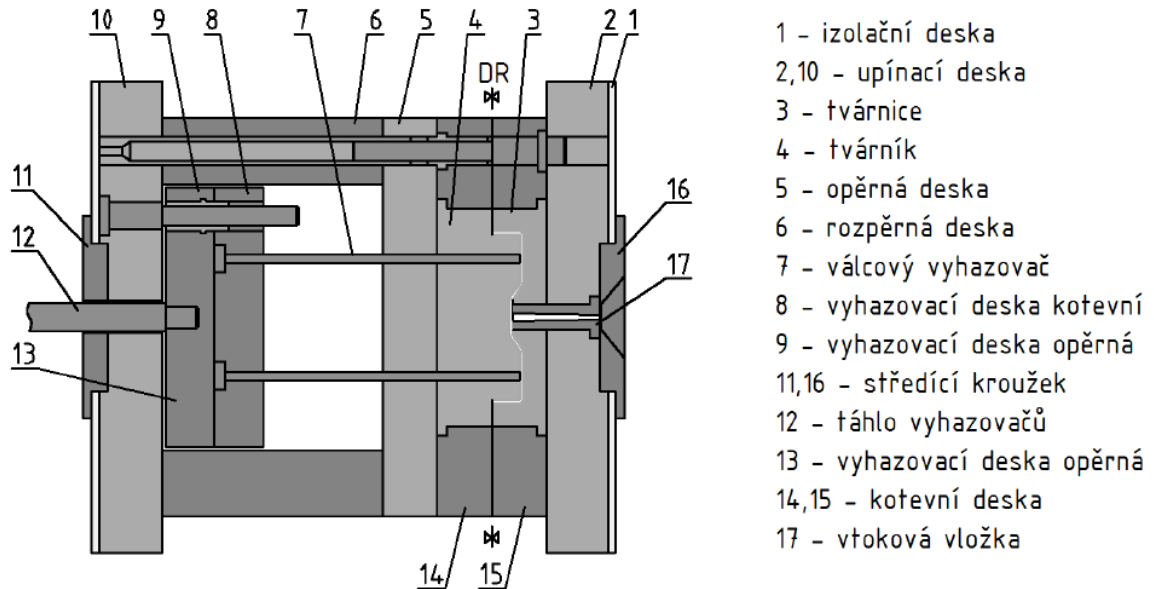
4 KONSTRUKCE FORMY

Vstřikovací forma je nástroj, který musí splnit mnoho požadavků vycházejících z procesu vstřikování. Základní funkce formy patří doprava zplastikovaného polymeru do tvarové dutiny formy a její naplnění. Tvar budoucího dílu odpovídá tvaru dutiny formy. Druhotní funkcí formy je účinný odvod tepla přivedeného taveninou polymeru. Dále musí vstřikovací forma zajistit bezpečné, rychlé a v krátké době opakující se vyjmutí dílu. [15]

Z konstrukčního hlediska vstřikovací forma musí vzdorovat vysokým tlakům, poskytovat výstřiky o přesných rozměrech a v požadované jakosti, forma musí mít ideální životnost, musí být produktivní, spolehlivá a to při maximální automatizaci výroby. Důležité je kromě vyhovující funkce, také ekonomická výhodnost výroby. Ideální volba je nízká pořizovací cena formy, která zaručí vysokou produktivitu práce, ale současně snadnou a rychlou výrobu. [13]

4.1 Popis vstřikovací formy

Nejdůležitější částí vstřikovací formy je tvárník a tvárnice, které společně svírají plochu nazývanou dělicí rovina (hlavní). Dělicí rovina tvoří hranice mezi levou pohyblivou a pravou nepohyblivou částí formy. Všechny díly tvořící dělicí rovinu musí být dostatečně přesně vyrobeny, aby nedocházelo k netěsnostem či deformacím. Upínací desky slouží k bezpečnému upnutí formy ke vstřikovacímu stroji. Na jejich povrch se nachází izolační desky bránící přestupu tepla z formy na vstřikovací stroj a šíření koroze ze vstřikovacího stroje na formu. Důležitou součástí jsou středící kroužky, jejichž funkcí je zabezpečení pozice vstřikovací formy na vstřikovacím stroji. Osa trysky plastikační jednotky musí být stejná s osou vtokové vložky, přes kterou teče polymerní tavenina do dutiny formy. Vnější průměr středícího kroužku musí odpovídat otvoru vstřikovacího stroje. Když je forma uzavřena, je prostor mezi tvárníkem a tvárnicí vyplněn taveninou, která vytvoří požadovaný tvar. Počet všech částí a desek tvořící formu je jednotlivý, ať už podle vtokového systému (horký, studený) nebo podle způsobu vyhazování (vyhazovače, stírací deska). Základní zástupce je vstřikovací forma ze studených vtokovým ústím a vyhazovači. Zpravidla se sestavuje ze šesti ocelových desek a ve většině případů i ze dvou izolačních desek pro omezení přestupu tepla mezi vstřikovacím strojem a formou. Jakmile se forma otevře, následuje vyhození dílu. Vysunutím táhla vyhazovačů dojde k pohybu vyhazovacího systému, což způsobí vysunutí vyhazovačů a dojde k vyhození výrobku z dutiny formy. Vedení jednotlivých desek umožňují válcové čepy uložené ve vodících pouzdrech.



Obr. 10. Základní části vstříkovací formy

Velké množství vstříkovacích forem se dnes sestavuje z dílu, které jsou u většiny forem podobné nebo stejné. Proto se mnoho firem začalo specializovat výhradně na výrobu normalizovaných součástí. [3,15]

4.2 Násobnost vstříkovací formy

Násobnost formy se rozumí počet tvarových dutin (počet vystříknutých dílu za jeden cyklus). Násobnost formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří jí ovlivňují. Násobnost se posuzuje z hlediska: [3,10]

- požadovaného množství výrobku;
- velikosti a kapacity vstříkovacího stroje;
- charakteru a přesnosti výstřiku;
- požadovaného termínu dodávky;
- ekonomiky výroby.

Tvarově obtížných součástí, které vedou ke složité formě nebo i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z ohledu kvality a přesnosti výstřiku je důležité, aby násobnost byla co nejmenší. [3]

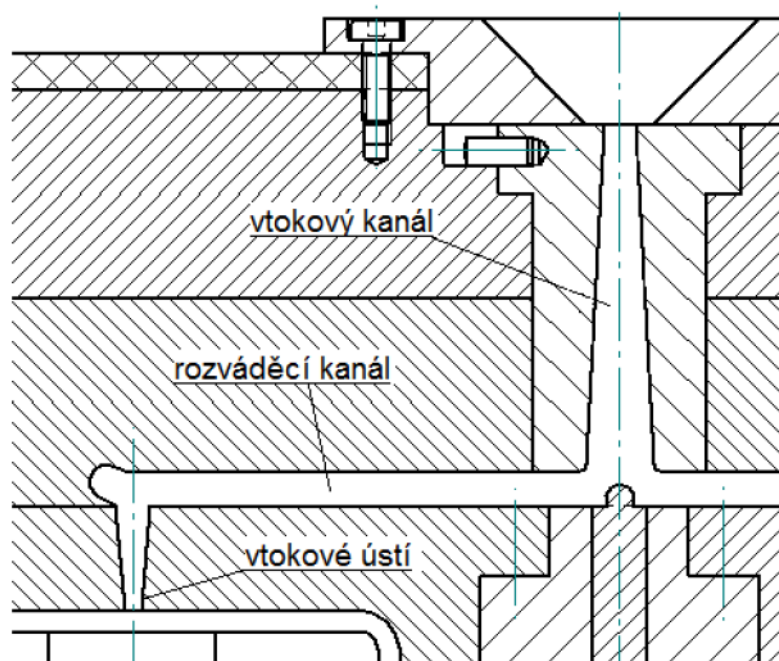
4.3 Vtokový systém

Úkolem vtokové soustavy je zajistit dopravu taveniny plastu z plastikační komory do dutiny vstříkovací formy. Musí zaručit správné rovnoměrné naplnění dutiny formy, snadné odtržení, nebo oddělení od výstřiku. Vtoková soustava je navrhována podle počtu tvarových dutin, jejich rozmístění, konstrukčního provedení výstřiku a vstříkovaného materiálu. Umístění vtoku má podstatný vliv na proudění taveniny a vytváření studených spojů. Vtok by měl být pokud možno směřován do nejtlustšího místa stěny výlisku. Realizace tohoto doporučení odstraní nebezpečí možného dřívějšího zamrznutí stěny výstřiku s menší tloušťkou se správně navrženým průřezem ústí vtoku, které stále umožňuje přísun taveniny, ale menší tloušťka stěny výstřiku již zamrzla. [15]

4.3.1 Studený vtokový systém

Při volbě vtokového systému se vychází z předpokladu, že se tavenina vstříkuje vysokou rychlostí do relativně chladné formy. Během průtoku viskozita taveniny na stěnách vtoků prudce stoupá. Vysoká viskozita potřebuje vysoké tlaky systému, které jsou mezi 40 až 200 MPa. [10]

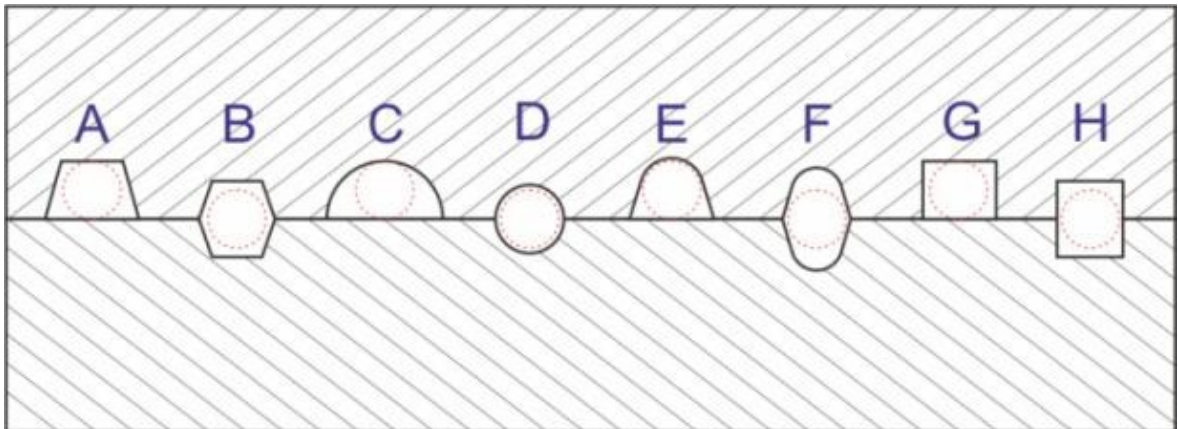
Studený vtokový systém má jednodušší konstrukci než horký vtokový systém, ale při jeho použití vznikají ztráty materiálu v podobě vtokových zbytků. Dráha toku taveniny musí být co nejkratší, z důvodu rychlého ochlazení taveniny v kontaktu s formou. [3,12]



Obr. 11. Studený vtokový systém [3]

Vtokové kanálky

Používají se různé tvary průřezu vtokového kanálu. Základním požadavkem je co největší průřez při minimálním povrchu, cílem je snížit ztráty teploty taveniny ochlazováním. Této podmínce odpovídá kruhový kanál, ale z výrobních důvodů je výhodnější volit lichoběžníkový průřez. V případě vícenásobné formy se používají odstupňované průřezy kanálů, dosáhne se tak vyšší rychlosti toku taveniny a rovnoměrnějšího plnění dutiny. Průřezy kanálků se zpravidla volí větší pro krystalické polymery než pro amorfní materiály. [3]

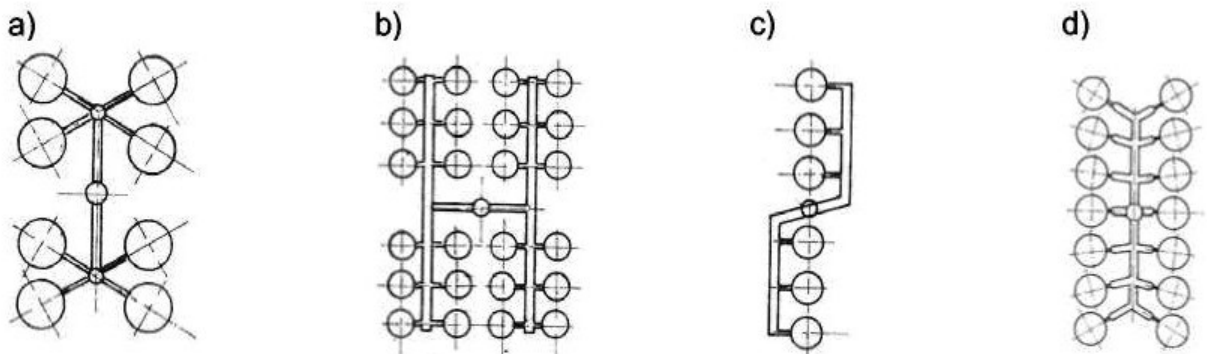


Obr. 12. Průřezy vtoků [23]

A, C, E, G – Výrobně vhodný průřez vtoku, B, D, F, H – Výrobně nevhodný průřez vtoku

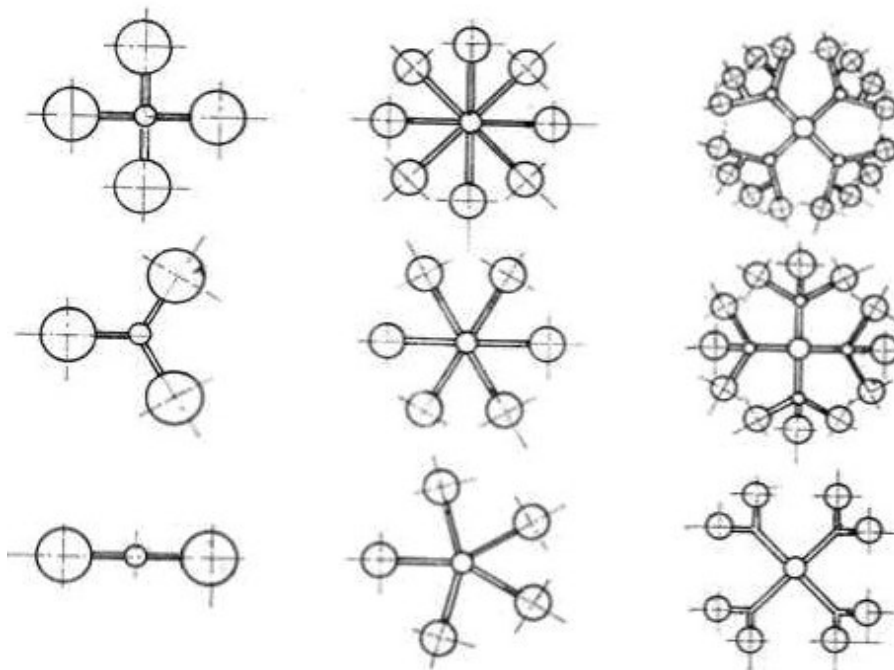
Uspořádání vtokových kanálků

Dráha toku polymeru vtokovým systémem by měla být co nejkratší a měla by působit co nejmenší odpor tavenině. Je důležité, aby byla dráha toku ke všem dutinám stejně dlouhá z hlediska rovnoměrného plnění. [3]



Obr. 13. Řadové uspořádání vtokové soustavy [3]

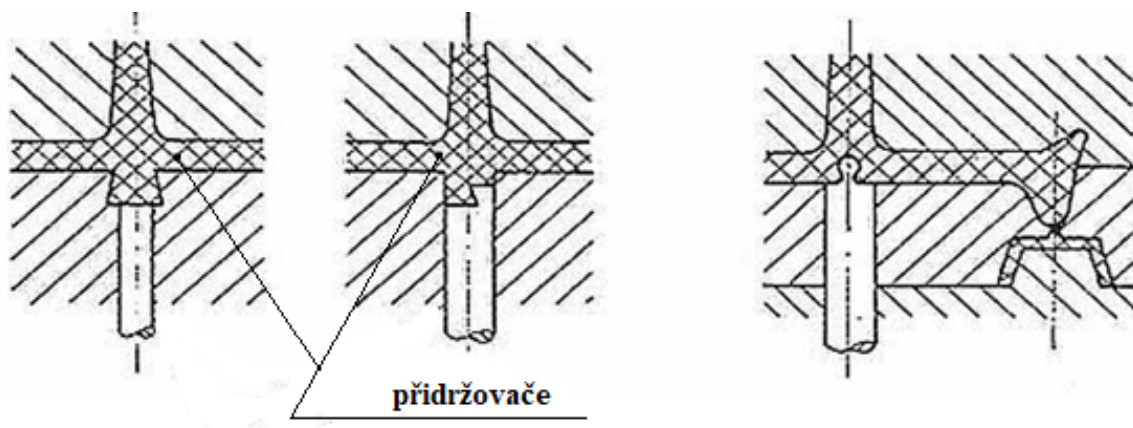
a) se stejnou délkou toku taveniny, b), c), d) s nesterjnou délkou taveniny



Obr. 14. Symetrie uspořádání vtokové soustavy [3]

4.3.2 Přidržovače vtoků

Po otevření formy může dojít k problému s vyjmutím vtokové soustavy z vtokové vložky. Mají za úkol, zanechat vtok na levé straně formy po jejím otevření. U více deskových forem je možné zajistit oddělení vtokového systému od výstřiků již při otevření formy. [9]



Obr. 15. Přidržovače vtoku [3]

4.3.3 Plný kuželový vtok

Používá se u jednonásobných forem a masivních výstřiků s velkou dobou dotlačení. Bez použití kuželu by hrozilo předčasné zatuhnutí vtoku či uvolnění při vyhazování. Naopak vysoké hodnoty kuželovitosti prodlužují ochlazovací dobu a zvětšují odpad. Použití čokovitého vybrání v dutině formy zlepšuje tokové vlastnosti. [15]

4.3.4 Bodový vtok

Nejpoužívanější ze zúžených vtoků. Průřez vtoku má kruhový, obdélníkový či půlkruhový tvar. Nejčastěji využíván je průřez kruhový. Tento vtok není vhodný používat u méně tekutých či plněných plastů. [3]

4.3.5 Tunelový vtok

Je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výrobek. Používá se u dvoudeskových forem a nahrazuje řešení forem třideskových. Vtokový zbytek se automaticky oddělí řeznou hranou při vyhození výstřiku. Komplikace tohoto vtoku je složitá výroba elektrojiskrovým hloubením. [3]

4.3.6 Srpkovitý vtok

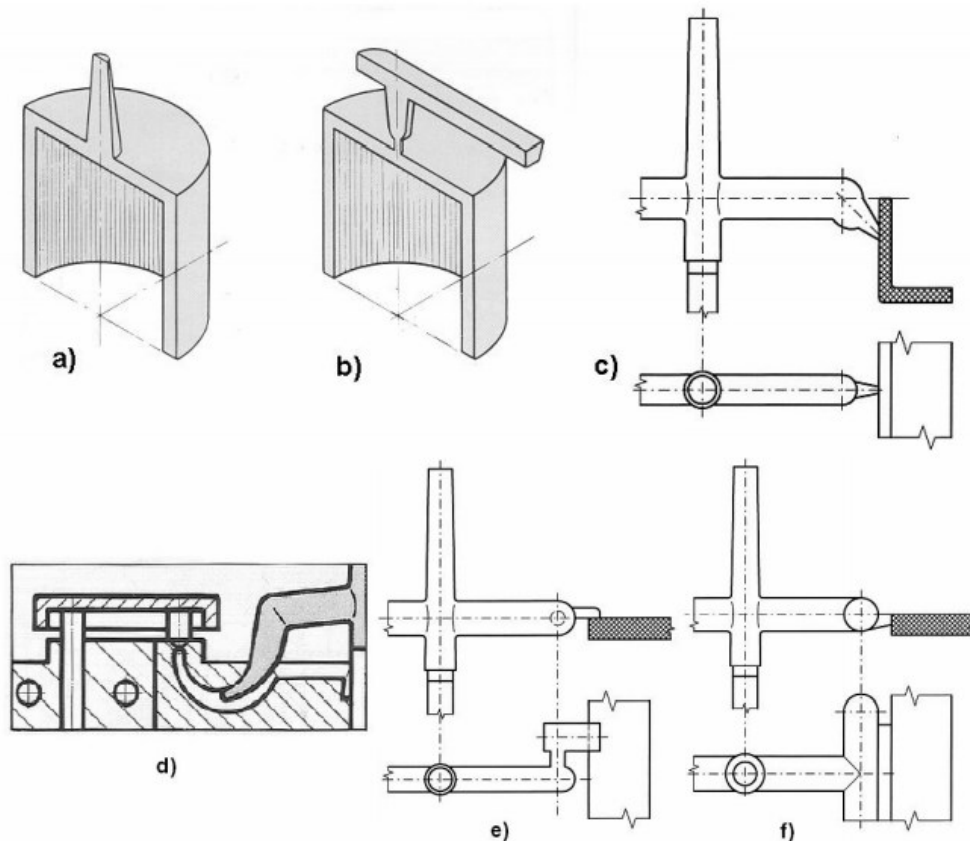
Je zvláštním typem tunelového vtoku, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, kde stopa po vtoku nesmí působit rušivě na pohledové části výrobku. Z důvodu rizika vytrhování materiálu při odformování není vhodný pro vstřikování křehkých polymerů jako je PS, SAN nebo PMMA. Je vhodný jen pro plasty s vysokou elasticitou. [3]

4.3.7 Boční vtok

Nejpoužívanější průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový). Vtokové ústí leží v dělicí rovině. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. [3]

4.3.8 Filmový vtok

Je ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě zařazují vtoky prstencové, diskové, deštníkové. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností rozváděcího kanálu. To se řeší proměnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu.[3]



Obr. 16. Základní typy vtokových ústí

a) plný kuželový vtok, b) bodový vtok, c) tunelový, d) srpkovitý vtok, e) boční vtok, f) filmový vtok

4.3.9 Vyhříváný vtokový systém

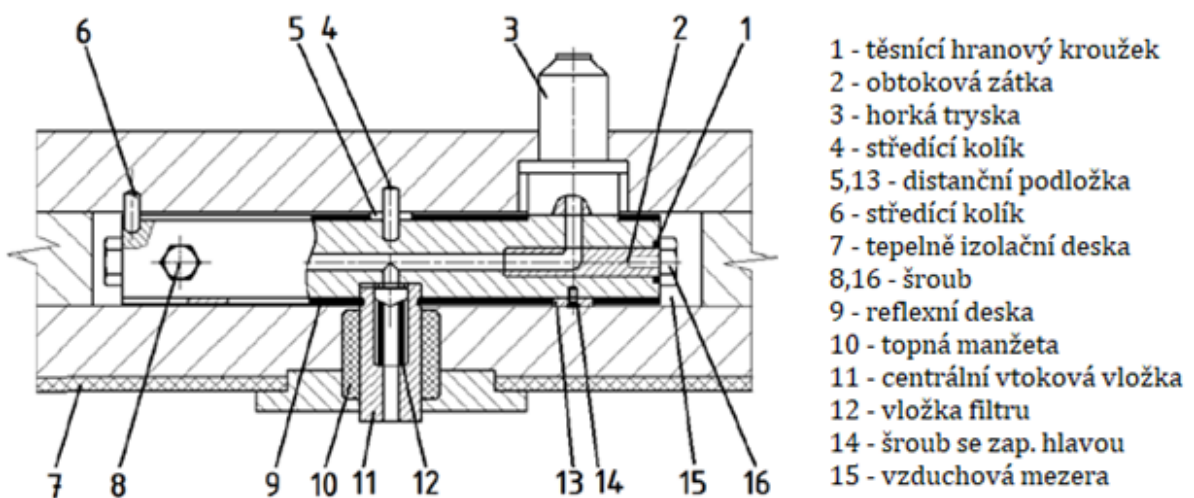
Kvůli technologickým i ekonomickým důvodům se začali používat vyhříváné vtokové soustavy. Jedná se o metodu vstřikování bez vtokového zbytku. Ušetří se tak materiál i práce. Provádí se za pomoci vyhříváných vtokových soustav, díky kterým dochází k minimálnímu snížení tlaku a tepla v systému s optimálním tokem taveniny, která po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku, až do ústí formy v plastickém stavu. U vyhříváných vtokových systému je nutné použít jen bodové vyústění s malým průřezem.[13]

Výhody proti studeným vtokovým soustavám:

- umožňují automatizaci výroby,
- podstatně zkrátily výrobní cyklus (chladicí čas),
- vyloučily odpad vtok. soustav,
- snižuje náklady na dokončovací práce, není potřeba odstraňovat vtokové zbytky,
- odpadá manipulace a regenerace vtok. zbytků, a problémy při jejich zpracování.

Nevýhody:

- všechny aplikace nelze realizovat s VVS, zvláště není efektivní při malých sériích a některých typech technických plastů,
- náročnost na technickou úroveň vstřikoven, její vybavení a technická úroveň lidí,
- podstatně složitější a nákladnější formy,
- ekonomickou výhodnost je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu.



Obr. 17. Vyhříváná vtoková soustava [25]

4.3.10 Vyhříváné trysky

Konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy. Tryska má vlastní topný článek s regulací. Lze je rozdělit na přímo a nepřímě vyhříváné. [3]

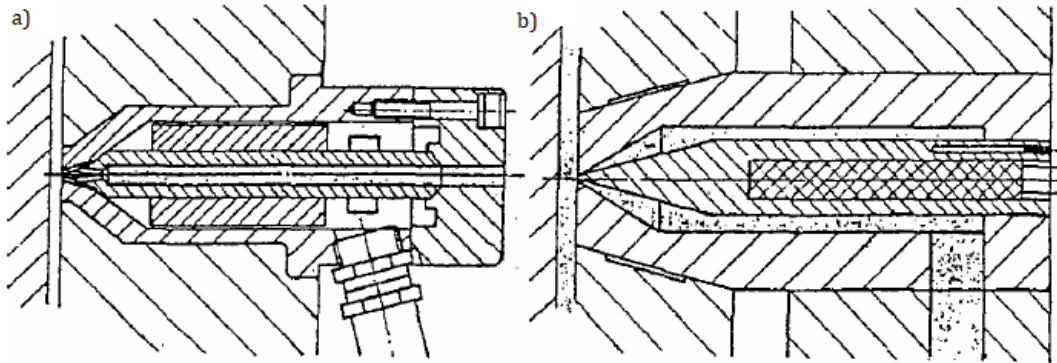
Nepřímě ohříváné trysky

Nepřímě ohříváné trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit, se vyznačuje přenosem tepla z vyhříváného rozvodu na trysku. U toho způsobu je vhodnější dodržovat rychlejší pracovní cyklus.

Přímě ohříváné trysky

Konstrukční řešení přímě ohříváných trysek je charakterizováno dvěma základními principy:

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení.
- Trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložkou (torpédo).



Obr. 18. Vyhřívané trysky

a) - tryska s vnějším vytápěním, b - tryska s vnitřním vytápěním

4.3.11 Vyhřívané rozvodné bloky

Slouží k rozvodu taveniny do dutiny formy, při vícenásobných formách. Mají podle dislokace dutin, různá uspořádání a tvar. Vyrábí se ve tvaru: I, H, X, Y atd. Bloky jsou vyhřívané elektrickými odporovými vodiči, které jsou umístěny v drážkách na povrchu bloku. Pro správnou funkci je nutné rovnoměrné rozmístění vodičů na rozvodovém bloku. Aby nedocházelo k tepelným ztrátám, jsou vodiče vyrobeny z vysoce tepelně vodivých materiálů (měď, mosaz). Aby nedošlo k přenosu tepla z rozvodového bloku na okolní komponenty formy, je mezi rozvodovým blokem a komponenty formy vzduchová mezera. [13]



Obr. 19. Rozvodný blok I, H, X [24]

4.4 Temperace vstřikovacích forem

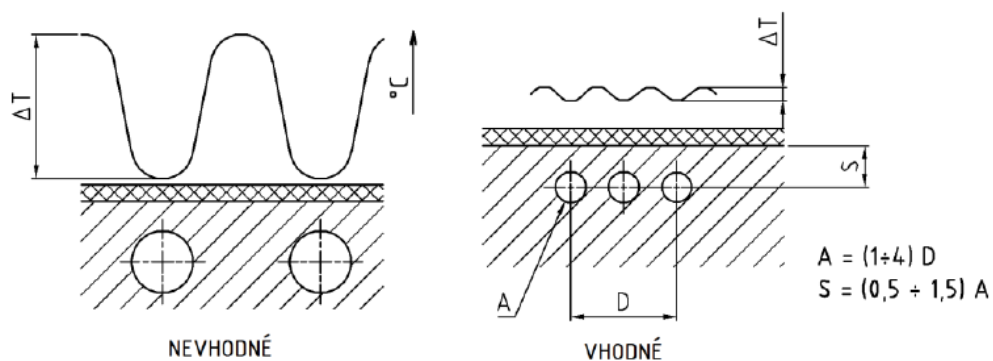
Temperování forem je dalším důležitým systémem vstřikovacích forem. Během vstřikovacího cyklu dochází k periodicky se opakující změně teploty na vnitřní teplotě tvarové dutiny. Temperační systém má za úkol přivádět nebo odvádět dostatečné množství tepla tak, aby vyrovnal rozdíl mezi teplem přivedeným taveninou plastu do formy a teplem odváděným do okolí. To zaručuje kontrolované a stabilní teplotní podmínky uvnitř formy vedoucí k bezproblémové výrobě výstřiků. [7,5]

4.4.1 Návrh temperačního média

Při návrhu rozvodu temperačních kanálků je potřeba dbát na jistá pravidla. Pro nejvyšší účinnost je potřeba umístit kanálky co nejbližší tvarové dutině formy. Ovšem je třeba dbát na tuhost formy, aby nemohlo dojít k deformaci. Kapalina by měla odvádět teplo nejintenzivněji na začátku kanálku, neboli průtok by měl být o místa nejteplejšího k nejchladnějšímu. Obvykle se tento systém skládá z následujících částí: [14]

- Temperační a řídicí jednotka.
- Temperační kanály.
- Spojovací prvky.
- Temperační médium.

Doporučený průměr kanálků by se měl pohybovat v rozmezích 6 – 20 mm a průtoková rychlost chladicí kapaliny by měla být 0,5 – 4 m/s. Obě poloviny formy by měly mít své vlastní temperační okruhy. [14]



Obr. 20. Volba temperačního média [5]

4.5 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození vylisků z otevřené dutiny formy a svojí funkcí by měl zajišťovat převážně automatický výrobní cyklus. [15]

Má dvě fáze:

- dopředný pohyb slouží k vyhození,
- zpětný pohyb je zajišťován pomocí vraccích kolíků.

Základní podmínkou dobrého vyhazování se musí při konstrukci brát ohledy na několik parametrů. Výrobek musí mít hladký povrch a úkos stěn větší než $0,5^\circ$ ve směru vyhazování. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a vzniku trvalých deformací. Výběr rozmístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení je velmi rozmanité.

Po vyhazovacích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou-li nepřijatelné, vyhazovače se umístí na stranu, kde vzhledu nevadí. Mimo výstříku se vyhazuje i vtokový zbytek a to dohromady anebo zvlášť. [3,5]

4.5.1 Vyhazovací síla

Patříčný vyhazovací systém, který je třeba použít, musí vyvodit potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstříku z formy. [3]

Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na:

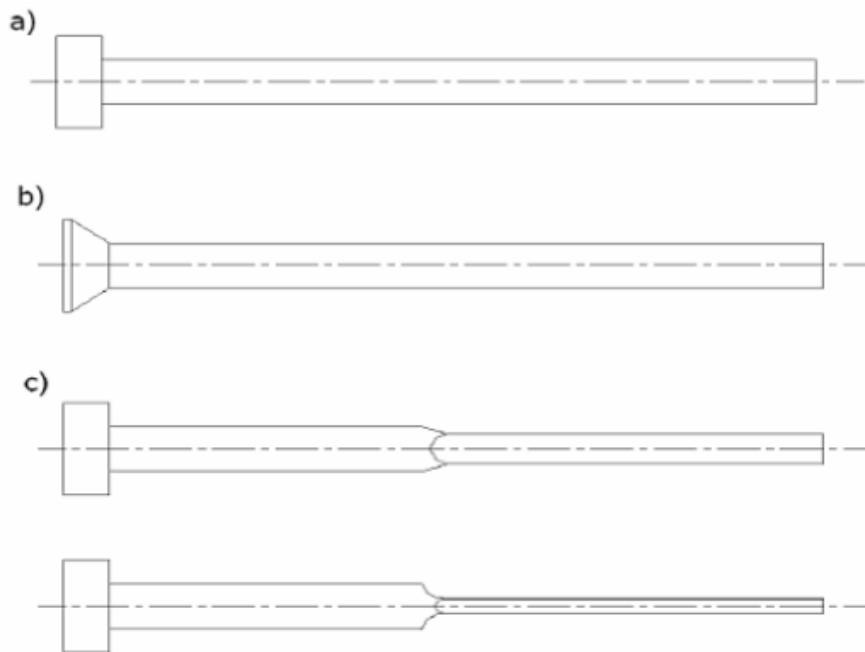
- velikosti smrštění výstříku ve formě,
- členitosti výstříku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku,
- technologických podmínkách vstřikování,
- pružných deformacích formy.

4.5.2 Mechanické vyhazování

Je to nejvíce používaný vyhazovací systém, který se používá kvůli své konstrukční jednoduchosti a ceně. Je to velmi spolehlivý systém. Jeho konstrukce má různá provedení, která tvoří: [5]

a) Vyhazovací kolíky

Jde často o používaný způsob mechanického vyhazování výrobků. Umisťuje se tam, kde je plocha výstřiku ve směru vyhození. Kontakt mezi vyhazovacím kolíkem a stěnou výrobku či žebrem by měl být na nepohledové straně nebo na žebro výrobku, které se však nesmí při vyhazování bortit. Ovládání vyhazovacích kolíků zajišťuje vyhazovací desky s táhlem, ve kterých jsou kolíky upevněny. Množství, velikost a způsob rozmístění vyhazovacích kolíků bývá často omezeno temperačním systémem. Vyhazovače musí být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Vyskytují se různé konstrukce pro dané použití. Univerzální je válcový vyhazovač, v případě kde se na povrchu nachází mezikruží, je výhodné použít trubkový vyhazovač U výrobků se žebry lze využít prizmatický vyhazovač s obdélníkovým čelem, kde je styčná plocha větší, než při použití více válcových vyhazovačů. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7g6, H7h6, H7/j6 podle viskozity polymeru. Vůle v uložení slouží jako odvodušnění formy. [5]

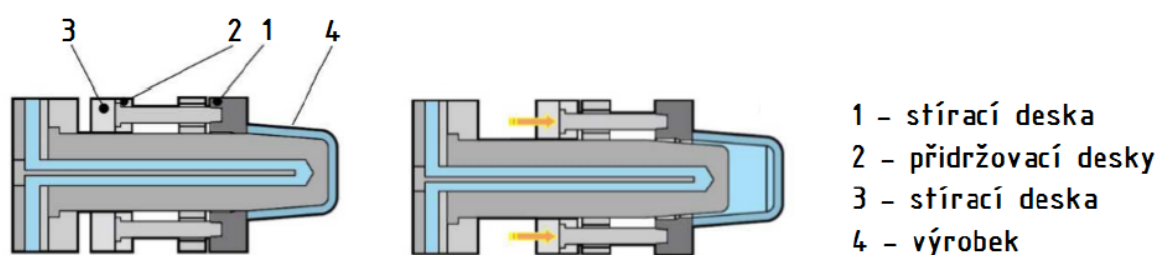


Obr. 21. Vyhazovací kolíky [9]

a) – s válcovou hlavou, b) – s kuželovou hlavou, c) – prizmatický vyhazovač

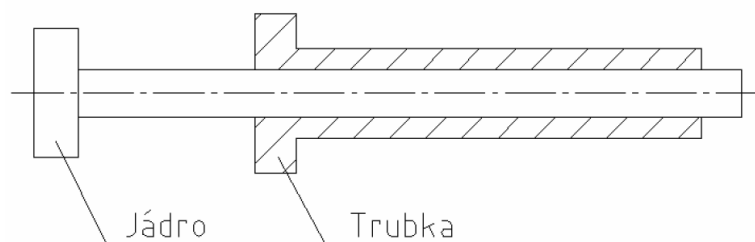
b) *Stírací deska a trubkový vyhazovač*

Vyhazování stírací deskou představuje stahování (setření) výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Díky tomu se na výstřiku nezaněchávají stopy po vyhazování. Deformace výstřiku jsou proto minimální a stírací síla velká. Toto vyhazování se používá především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace nebo u rozměrných výstřiků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Vyhazování stírací deskou se používá i pro vícenásobné formy. Pohyb stírací desky je ovládán tlakem vyhazovacího trnu, který působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. [5]



Obr. 22. Princip funkce stírací desky [14]

Zvláštním případem stírací desky je trubkový vyhazovač. Plní funkci stírací desky, ale pracuje jako vyhazovací kolík. Vlastní vyhazovací kolík je pevně ukotven v desce. Ten se nepohybuje a tvoří pevné jádro. [5]

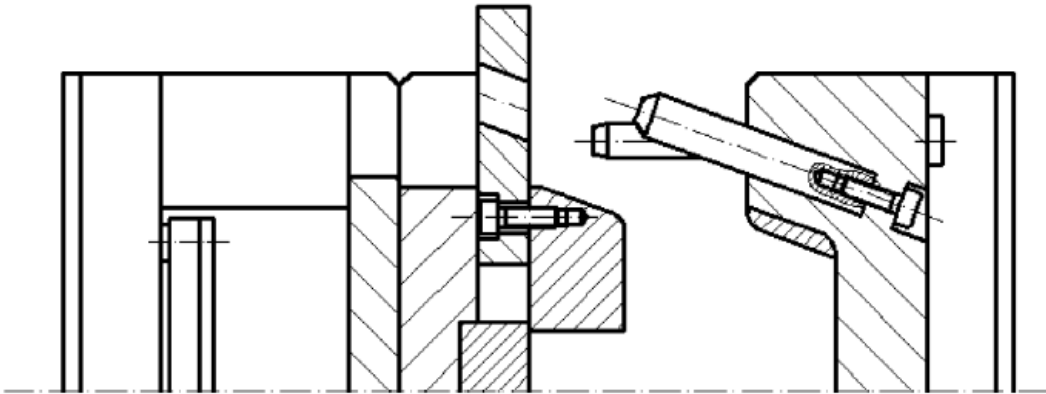


Obr. 23. Trubkový vyhazovač

c) *Šikmé vyhazování*

Jeden ze speciálních typů mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky jsou uloženy pod různými úhly a nejsou kolmé k dělicí rovině. Rozpětí úhlů, ve kterých lze šikmé čepy používat je od 15° až 25° ve speciálních případech až 30°. Využívá se po odformování tvarově složitějších výrobků, které nelze odformovat standardním způsobem. Šikmý kolík provádí především otevírací pohyb. Otevřená poloha se zajišťuje např. kuličkou nebo jinou západ-

kou. Uzavření je provedené opět šikmým kolíkem, který je v čelisti veden v otvoru s vůlí. [5]



Obr. 24. Odformování pomocí šikmých čepů [9]

4.5.3 Pneumatické vyhazování

Jeho využití je zejména pro vyhazování tenkostěnných výrobků o větších rozměrech ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výrobek a tvárník formy. Tím se umožní rovnoměrné oddělení výstříku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstříků. Vzduch se přivádí přes ventil talířový, jehlový nebo různé kolíky. Ventil se otvírá tlakem vzduchu a zavírá pružinou. [5]

4.5.4 Hydraulické vyhazování

Využívá se k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Hydraulické vyhazování je zabudované přímo ve formě. Také se využívá k ovládní bočních posuvných čelistí pro svou jednoduchou konstrukci. Hydraulické systémy mají kratší a pomalejší zdvih ale velkou vyhazovací sílu a setkáváme se s nimi jen výjimečně. [5]

4.6 Odvzdušnění dutiny vstříkovací formy

Při plnění formy taveninou je nutno zajistit únik vzduchu, který je v ní obsažen. Čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušňování dutiny formy. Samotná doba plnění má značný vliv na optimální vlastnosti výstříků a proto ji nelze přizpůsobovat chybám v odvzdušňování. Rychlé plnění vyžaduje zvláště výlisky s malou tloušťkou stěny, kde není dovolené zamrznutí čela taveniny a tím způsobit nedostříknutí, nebo nutnost zvýšení vstříkovacího tlaku. Příkladem jsou slabostěnné výlisky typu kelímků, vyráběné v cyklech

2-4 s, s rychlosti vstřiku několik desetin sekundy. Tyto výlisky vyžadují kontinuální odvzdušnění celého horního obvodu výlisku při použití vysoké vstřikovací rychlosti, jež zabrání zamrznutí čela taveniny. Nemůže-li vzduch z dutiny formy uniknout, dojde jeho stlačení v příslušném místě tokové dráhy buď k jeho zatlačení do výlisku, při větších tloušťkách stěny, nebo častěji k jeho spálení – tzv. Dieselův efekt. [15]

4.7 Materiály forem

Na konstrukci vstřikovacích forem jsou kladeny velké nároky s cílem dosáhnout požadované kvality vyráběných dílů, s ohledem na opotřebení, vysoké životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Důležitým faktorem ovlivňujícím tyto podmínky je materiál vstřikovacích forem, který se volí na základě druhu zpracovaného polymeru, přesnosti výrobků a technologických podmínek. Formy a jejich součásti se nejvíce vyrábějí z kovových materiálů, mezi nimiž převládají oceli vhodných vlastností, neželezné slitiny Cu, slitiny Al nebo izolační a nevodivé materiály. [5]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto hlavní cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu
- navrhnout 3D model vstřikovací formy pro zadaný díl
- nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo přiblížit poznatky týkající se procesu vstřikování, vstřikovacího stroje, konstrukce formy a základních požadavků na zpracování polymerních materiálů.

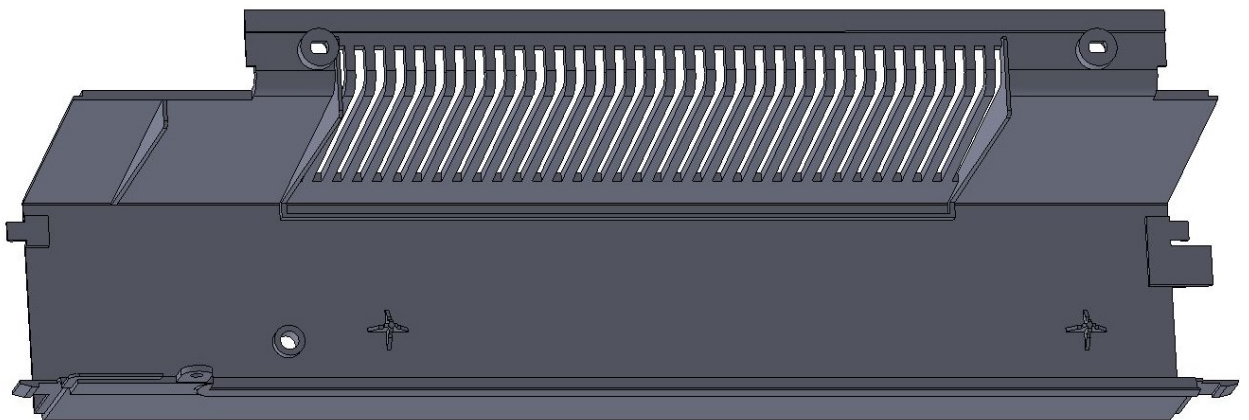
V praktické části bakalářské práce se při tvorbě 3D modelu vychází ze zadaného plastového dílu. Následně, po vymodelování plastového dílu, se zkonstruuje sestava vstřikovací formy včetně výkresové dokumentace a kusovníku, která bude dvojnásobná se studeným vtokovým systémem.

Vstřikovací forma je zhotovena v programu SOLID Works a model plastového výrobku je nakreslen pomocí programu CATIA V5R19. Normalizační díly jsou využity z digitálního katalogu od společnosti HASCO a Meusburger.

6 SPECIFIKACE VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

6.1 Popis výrobku

Pro konstrukční návrh vstřikovací formy byla zvolena součást krytu kopírovacího stroje, která slouží k zakrytování, ochraně před různým poškozením a celkovému vzhledu kopírovacího stroje. Tento výrobek byl zvolen z důvodu své konstrukční zajímavosti a složitosti. Celý díl je složen z jednoho kusu, který je opatřen otvory a bočními úchyty pro upevnění do kopírovacího stroje. Z konstrukčních důvodů je výrobek navíc zpevněn žebry, aby nedocházelo ke zborcení stěn. Výrobek je vytvořen z tlustostěnného profilu o tloušťce 3mm a celkové délce výrobku 397mm.



Obr. 25. 3D model výrobku



Obr. 26. Fotografie výrobku

6.2 Volba materiálu výrobku

Vzhledem k funkční povaze plastového dílu nejsou nároky na materiál nijak vysoké. Výrobek nebude používán na venkovním prostředí před nepříznivými vlivy např. déšť, sníh, sluneční záření, které by degradovalo plast.

Požadavky na materiál jsou následující:

- nízká hmotnost,
- rozměrová stálost,
- pevnost,
- neprůhlednost.

Aby byly splněny předešlé materiálové požadavky, tak byl zvolen akrylonitril butadien styren. Tento materiál se značí jako ABS.

6.2.1 Vlastnosti ABS

Je to amorfnní termoplastický kopolymer. Vlastnosti akrylonitril butadien styrenu patří vysoká pevnost v tahu, rozměrová stálost, tvrdost povrchu a tuhost v širokém rozsahu teplot. Vykazuje dobrou rázovou pevnost při nízkých teplotách od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. ABS je nenasákavý a zdravotně nezávadný. Styren dodává plastu lesklý a nepropustný povrch. Butadien je kaučukovitá látka a poskytuje ABS pružnost i při nízkých teplotách. Díky jeho chemické odolnosti plastu nevadí soli, naopak koncentrované kyseliny, organické rozpouštědla a aromatické uhlovodíky mu mohou uškodit. Neupravený plast z ABS má neprůhlednou bílou nebo krémovou barvu, lze jej snadno obarvit různými pigmenty a barvivy. [20]

6.2.2 Použití ABS

ABS je díky své univerzálnosti světově nejpoužívanější technický plast, je využíván pro široký okruh produktů. Používá se jako konstrukční plast ve strojírenství, automobilovém průmyslu (pro interiérové a exteriérové díly), při stavbě lodí, ve stavebnictví, v kancelářském a spotřebním průmyslu (např. skříně počítačů, monitorů, tiskáren, domácích spotřebičů, rádiové a televizní přijímače, fotoaparáty apod.) [20]

| Název materiálu | Akrylonitrilbutadienstyren |
|----------------------------|----------------------------|
| Hustota | 1,04 g/cm ³ |
| Napětí na mezi kluzu | 45 MPa |
| Tažnost | 10 % |
| E - Modul pružnosti v tahu | 2300 MPa |
| Pevnost v ohybu | 65 MPa |
| Pevnost v tahu | 37-110 MPa |
| Smrštění | 0,4 – 0,7 % |
| Teplota tání | 110°C |
| Zpracovatelnost | 280°C |
| max. teplota krátkodobá | 100 |
| max. teplota dlouhodobá | 95 |

Tab. 2. Vybrané vlastnosti materiálu ABS

7 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Vzhledem k technickým parametrům a rozměrům vstřikovací formy byl zvolen vstřikovací stroj hydraulický ALLROUNDER 720 S vyráběný společností ARBURG. [21]

| Parametr | Hodnota |
|--|---------------------|
| Maximální uzavírací síla | 3000 kN |
| Maximální délka otevření | 850 mm |
| Maximální světlost mezi upínací deskou | 1250 mm |
| Minimální výška formy | 400 mm |
| Vzdálenost mezi vodícími sloupky | 720 x 720 mm |
| Velikost upínací desky | 1040 x 1040 mm |
| Maximální vyhazovací síla | 76 kN |
| Celkový výkon stroje | 63 kW |
| Průměr šneku | 60 mm |
| Maximální objem vstřikované dávky | 904 cm ³ |
| Maximální vstřikovací tlak | 240 MPa |
| Maximální krouticí moment | 1920 N.m |

Tab. 3. Vybrané parametry vstřikovacího stroje ALLROUNDER 720 S

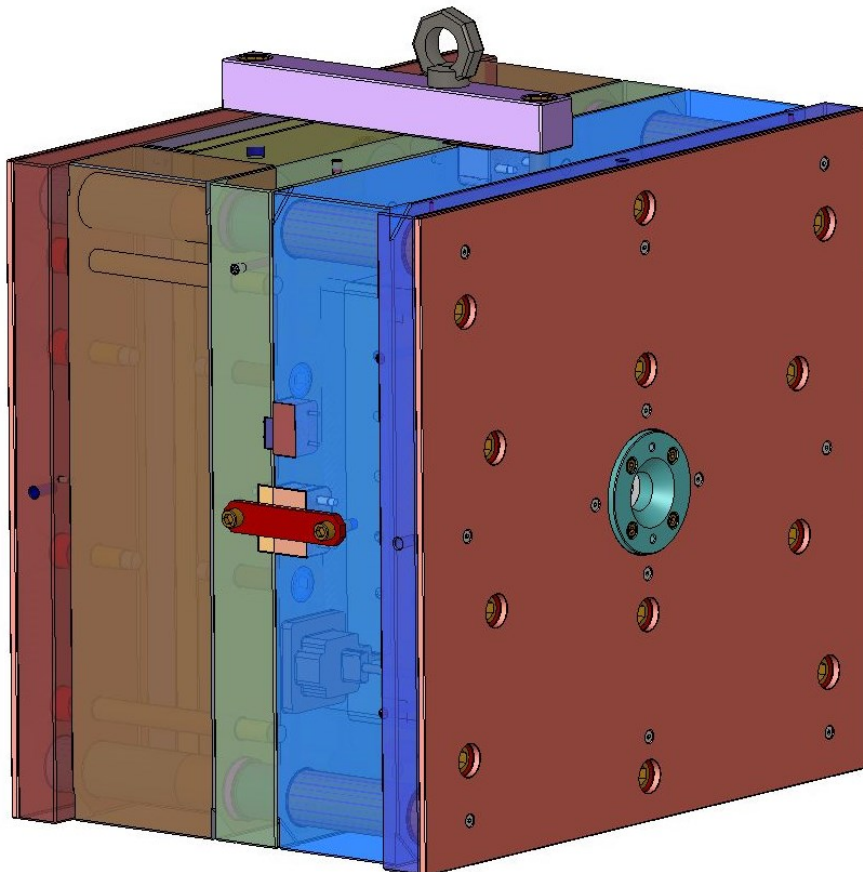


Obr. 27. Vstřikovací stroj ALBURG ALLROUNDER 720 S [21]

8 KONSTRUKCE FORMY

Vstřikovací forma byla navržena dle rozměrů a geometrie daného výrobku. Forma je dvounásobná, což znamená, že během jednoho pracovního cyklu dojde ke vstříknutí polymeru do dvou tvarových dutin formy zároveň. Během konstrukce bylo využito co nejvyšší množství normalizovaných součástí od společnosti HASKO a Meusburger, díky čemuž došlo k urychlení celé konstrukce. Materiál, z něhož jsou zhotoveny desky, je nástrojová ocel 1.2085. Základní rozměry rámu vstřikovací formy jsou 646 x 696 x 494.

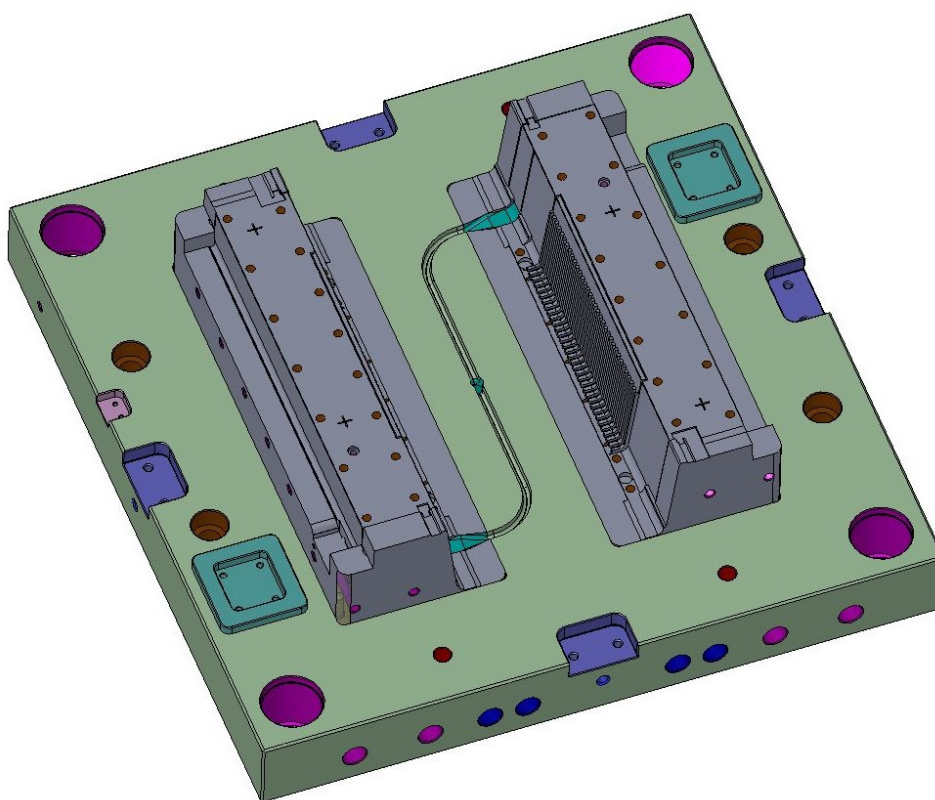
Jednotlivé desky formy a jejich rozměry byly navrženy tak, aby odpovídaly rozměrům vstřikované součásti a poskytovaly dostatečnou tuhost celé formy. Tyto desky jsou vystředěny čtyřmi bočními středíči plochými a do funkčních celků spojeny pomocí šroubů.



Obr. 28. Celková sestava vstřikovací formy

8.1 Násobnost formy

Při navrhování násobnosti formy, je třeba si uvědomit hned několik faktorů, které mohou ovlivnit výstřik. Odvíjí se především o přesnost, velikost, složitost tvarové dutiny formy, množství výrobků, ekonomičnost výroby, parametry vstřikovacího stroje a další okolnosti. Pro součásti složitých tvarů jsou nejvhodnější jednonásobné formy a naopak pro jednodušší výstřik s masovou spotřebou se navrhují formy několikanásobné. Na základě zvoleného výrobku, který byl s ohledem na velikost a složitost tvaru, byla navržena dvounásobná forma.

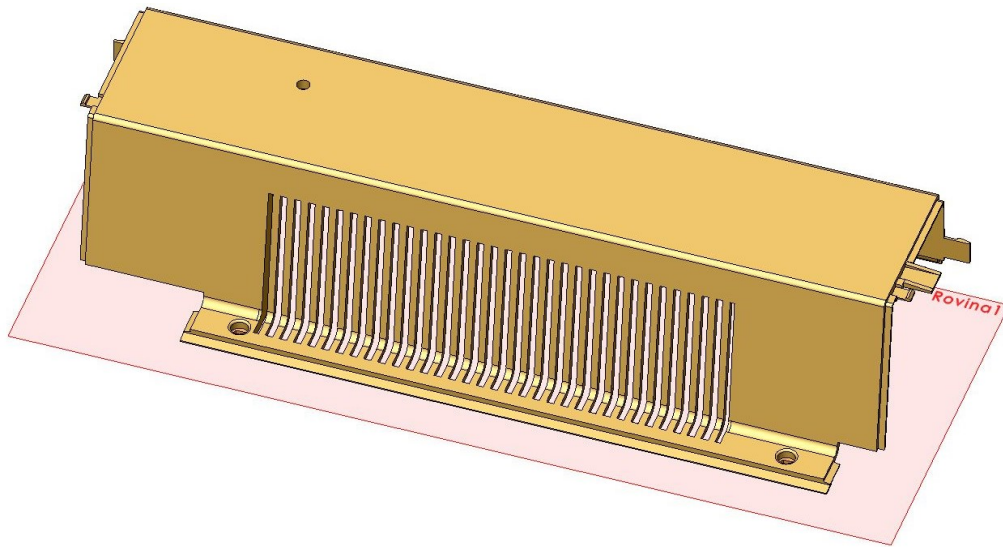


Obr. 29. Násobnost formy, pohled do levé strany formy na tvárník

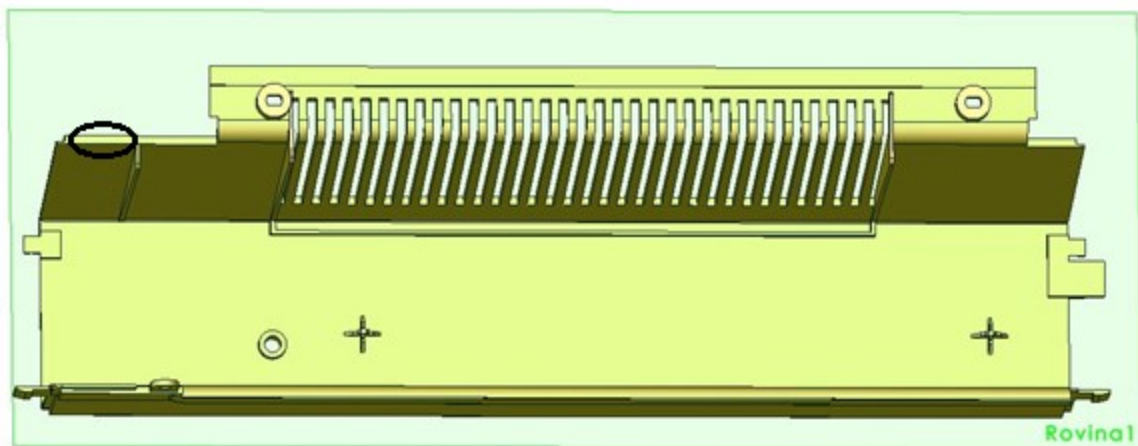
8.2 Zaformování výstřiku

Při konstrukci vstřikovací formy je hlavním krokem určit dělicí rovinu celého postupu. K zaformování výstřiku byla použita jedna dělicí rovina s ohledem na vytvoření díry. Na díru byl použit boční posuvný tvárník. Vstřikovací bod nebyl určený na dezénovou pohledovou plochu z důvodu optické vady na povrchu výrobku, kde by mohl zůstat vtokový zbytek. Původní umístění vtoku jsem zachoval s originálem, který byl z boku výrobku. viz.

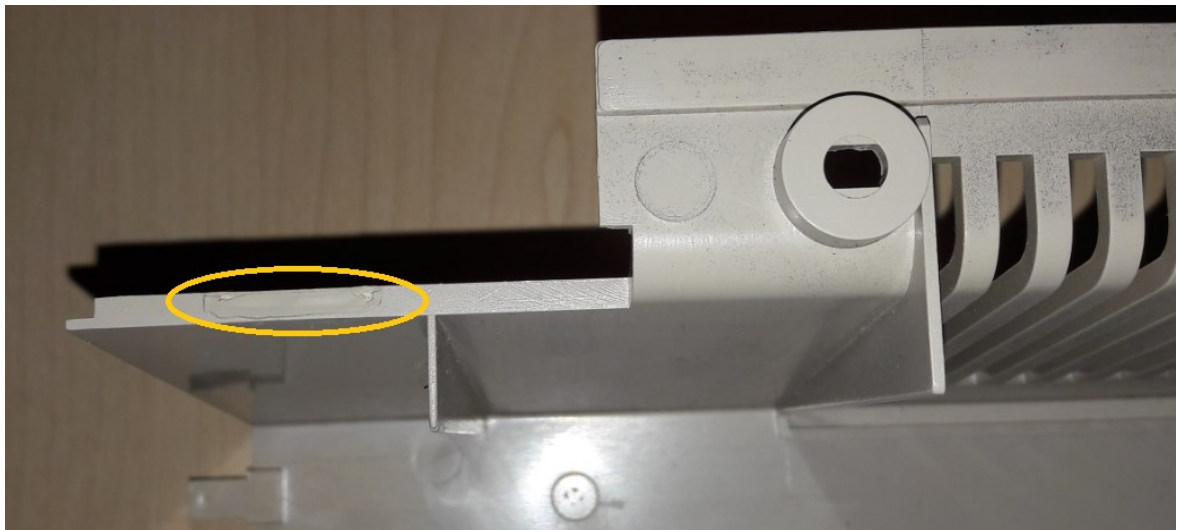
(Obr. 30). Tento vtok je evidentně mechanicky odstraněn jistým řezným nástrojem. Na odstraněném vtokovém zbytku jsou patrné stopy po řezném kotouči nebo noži.



Obr. 32. Pohled na dělicí rovinu a vrchní pohledovou stranu dezénovou, kde nebyl umístěn vtokový bod



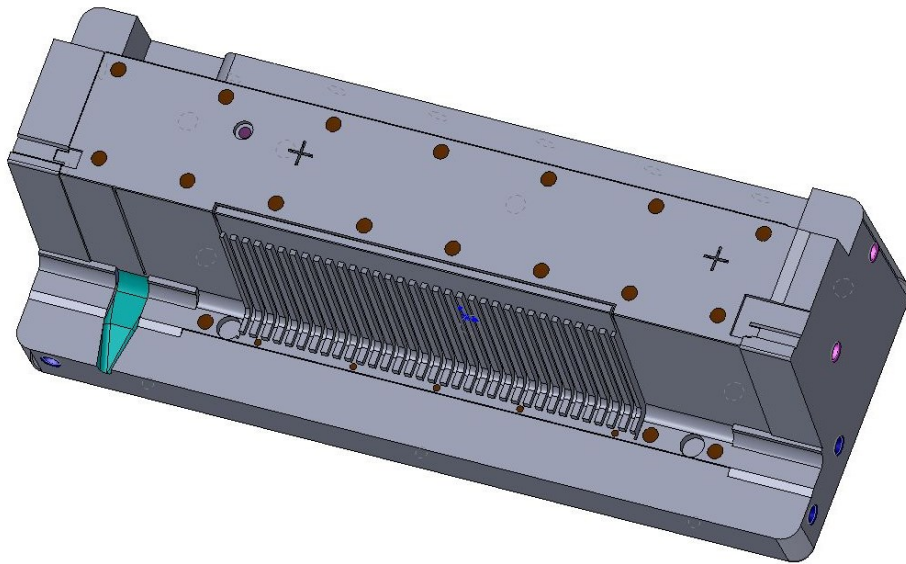
Obr. 31. Dělicí rovina a vtokový bod



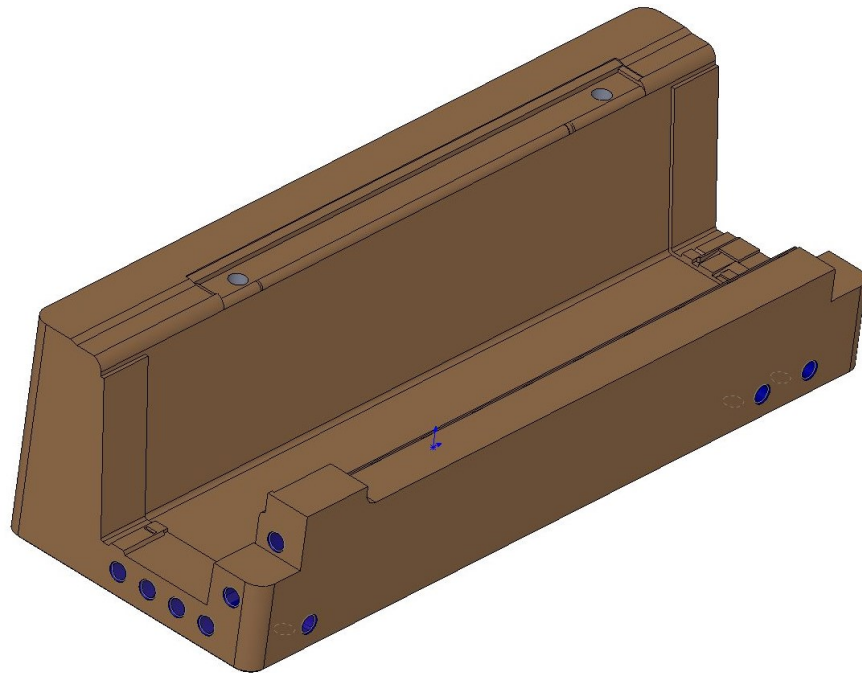
Obr. 30 Původní umístění vtoku a stopy po řezném nástroji

8.3 Tvarové díly formy

Pro tvárník a tvárnici byl použit materiál 1.2343, jedná se o nástrojovou ocel, ta je zakalena na tvrdost 50 ± 2 HRC. Dutina pak byla zvětšena o udávanou hodnotu smrštění materiálu. Tvárník je umístěn v levé pohyblivé části formy a tvárnice je v pevné pravé části formy.



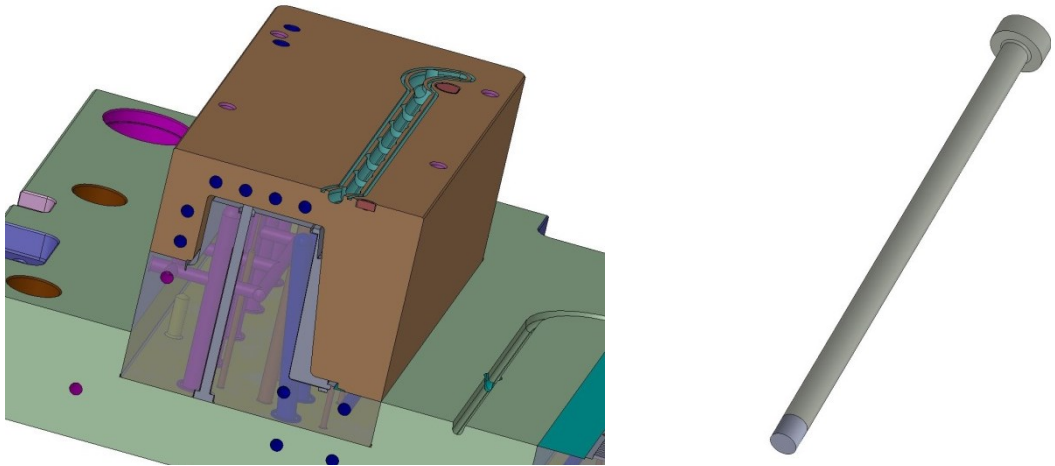
Obr. 34. Tvárník



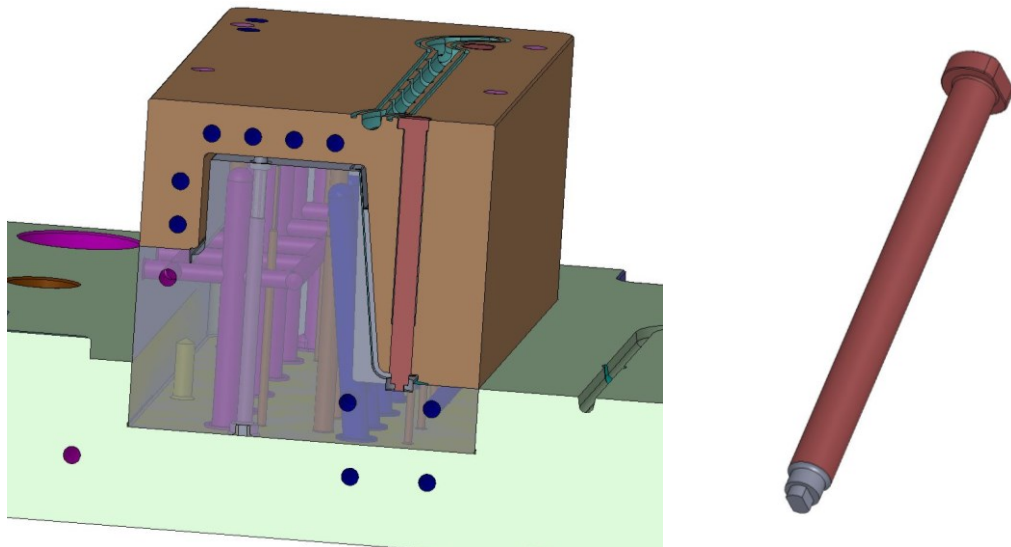
Obr. 33. Tvárnice

8.3.1 Tvarové kolíky

V tvarových částech byli udělané výměnné tvarové kolíky pro vytvoření díry na výrobku. Slouží z důvodu delší životnosti formy tak, aby nedocházelo k vymačkávání a zabránění následných zástřiků. Tvárník i tvárnice byla rozdělena na další tvarové díly, které jsou v kontaktu kov na kov. Tvarové kolíky jsou z normálie HASCO a Meusburger.



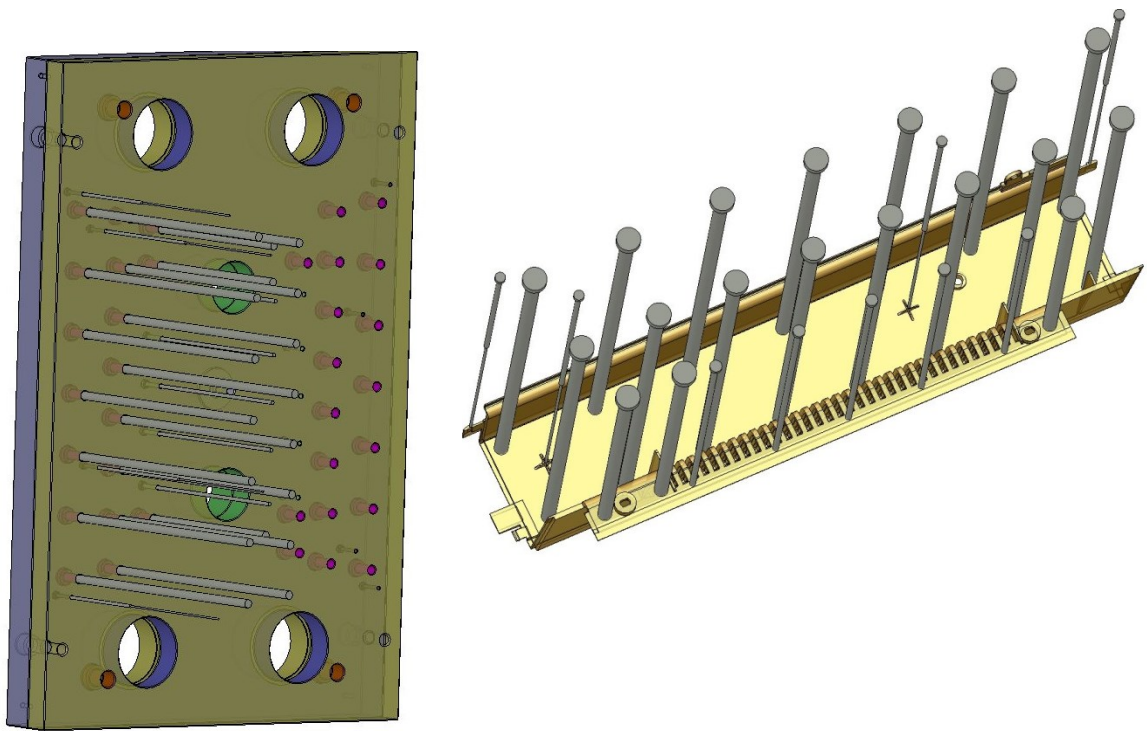
Obr. 35 Řez přes tvarový kolík tvárníku a samotný tvarový kolík



Obr. 36 Řez přes tvarový kolík tvárnice a upravený tvarový kolík

8.4 Vyhození výstřiku

Vyhození ochlazeného výstřiku je provedeno pomocí válcových vyhazovačů. Podnět rozmístění vyhazovacích kolíků bylo znatelné na původním výstřiku. Podle toho jsem rovnoměrně na plochu vyhazovaného dílu rozmístil vyhazovací kolíky. Na některých místech jako jsou úchyty byli přidány vyhazovače, aby nedošlo k deformaci. Válcové vyhazovače byly vybrány z normálie firmy HASCO. Byly použity průměry vyhazovačů 1,5; 3,5 a 8mm. Pro jednu dutinu je navrženo symetricky 27 válcových vyhazovačů. Ukotvení těchto vyhazovačů zajišťuje opěrná a kotevní deska vyhazovací. Pomocí táhla se pohybuje celý vyhazovací systém, který je zašroubován do opěrné vyhazovací desky. Spojení s vyhazovacími deskami je zajištěno závitovým kolíkem mezi táhlem a opěrnou vyhazovací deskou. Pak systém obsahuje vodící pouzdra, které zásluhou se můžou pohybovat na vodících čepích, které jsou upevněny v levé upínací desce. Ke zvýšení tuhosti byly přidány rozpěné desky i po stranách formy.

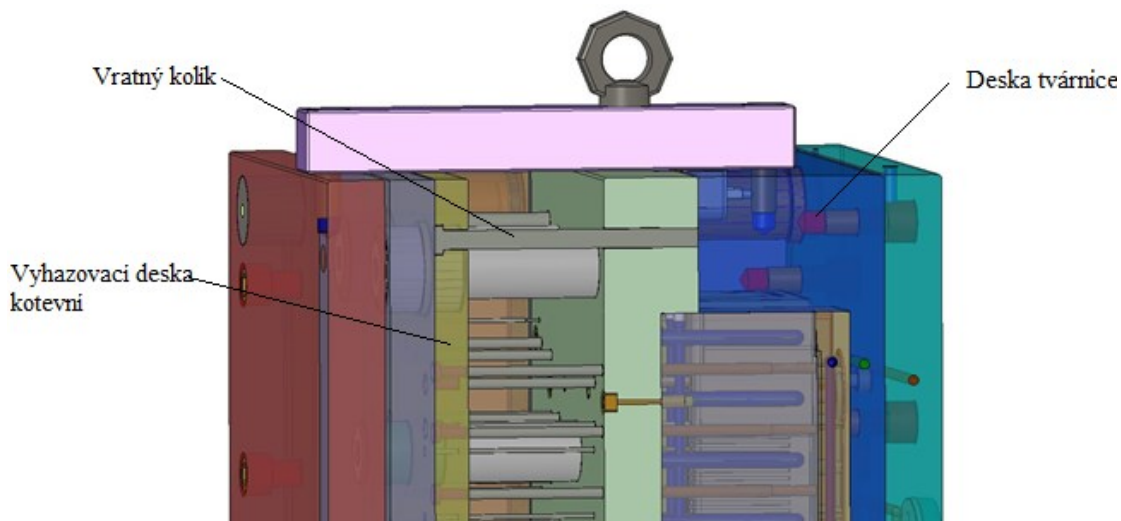


Obr. 37. Vyhazovací systém a rozmístění vyhazovacích kolíků na výrobku

8.4.1 Vratný kolík

Vyhazovací systém je zabezpečen proti poškození tím, že je použit vratný kolík většího průměru, který zajistí zajištění všech vyhazovačů, aby nedošlo k jejich poškození o tvárnici. To následuje jen v případě, kdyby se systém táhla poškodil. Pracuje to tak, že vratný kolík

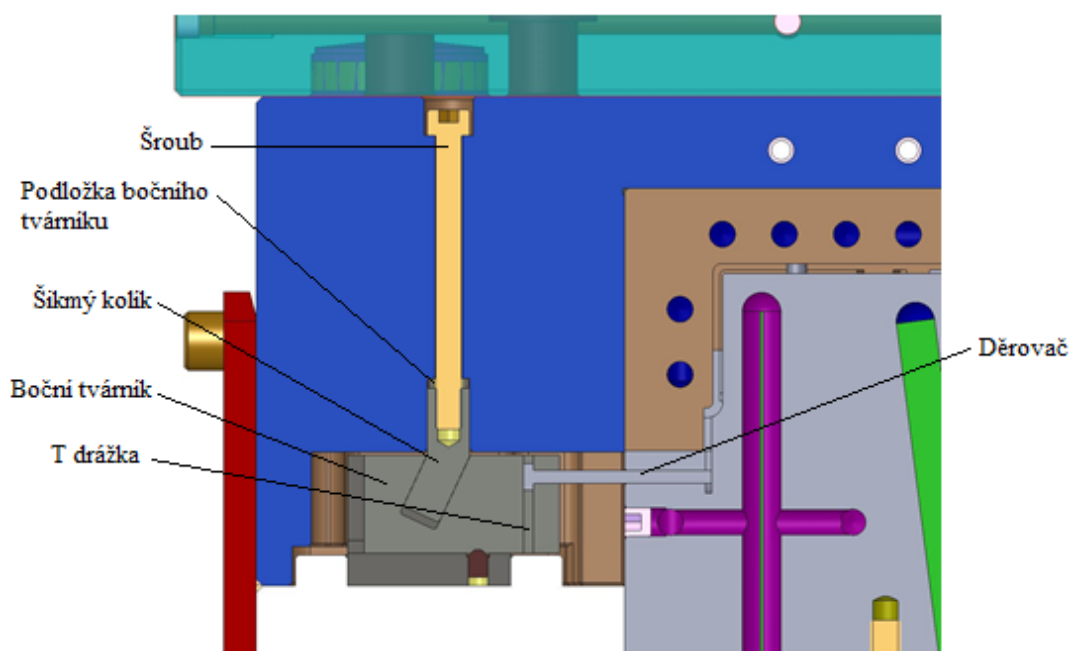
se zkontaktuje s deskou tvárnice, která upevněný vratný kolík ve vyhazovací kotevní desce zarazí na zpět. Normálie je použita typická od dodavatele HASCO Z40_15x250. Vratný kolík je zkrácen na požadovanou délku a celá plocha byla odlehčena, aby nedocházelo k zadírání.



Obr. 38. Řez přes vratný kolík

8.5 Boční posuvový tvárník

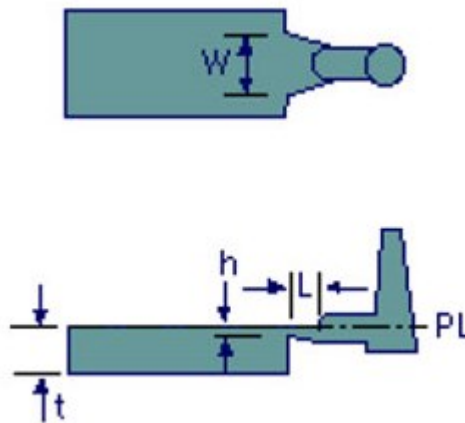
Složitější části výrobků, které by nebylo možné odformovat běžným způsobem, je zapotřebí odformovat prostřednictvím bočních posuvných tvárníků a šikmých kolíků. Slouží k odformování díry, která neleží ve směru dělicí roviny.



Obr. 39. Řez bočním posuvovým tvárníkem

8.6 Vtokový systém

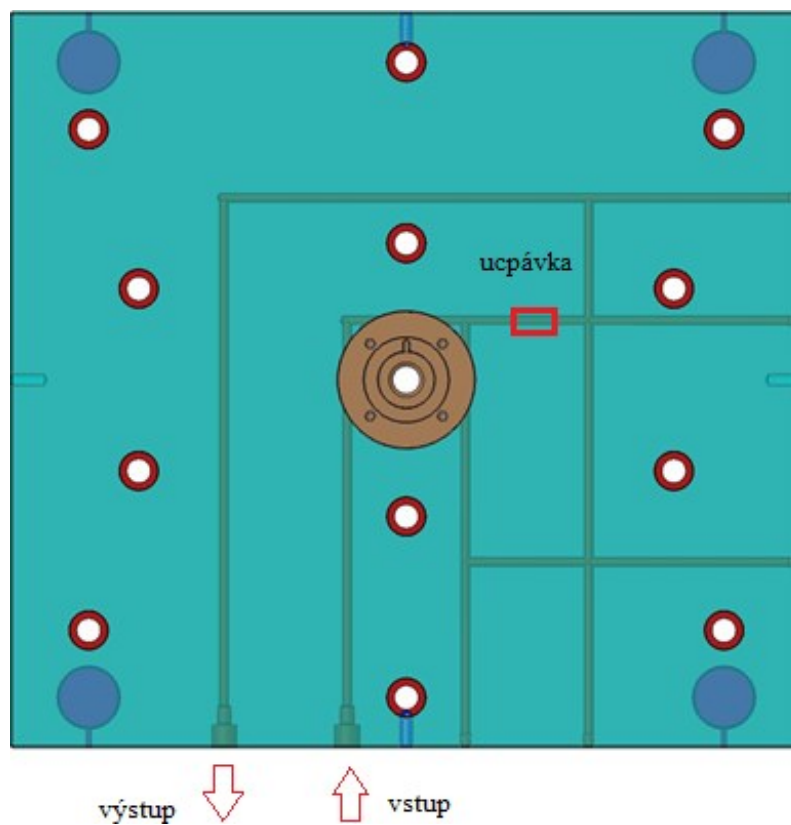
Forma byla navržena se studeným vtokovým systémem. Studená soustava je energeticky nenáročná a pro zvolený výrobek je vhodným řešením. Dráha vtokového systému byla sestavena tak, aby tavenina bez zbytečné prodlevy dorazila do dutiny formy v co nejkratším čase. Použito bylo lichoběžníkových rozvodných kanálů. Vtokové ústí jsem zvolil pomocí stopy velkého vtokového zbytku a samotného rozšíření vtoku, které mi navrhl fan gate neboli vějířovou bránu. Jak naznačuje název, má tvar jako vějíř, umožňuje průtok polymeru do dutiny širokým otvorem. Používá se k vytvoření stabilního toku do širokých částí, má výhodu, že se vyvaruje deformacím a udržuje rozměrovou stabilitu. Přidržovač vtoku jsem použil naproti kuželovému vtoku z důvodu přidržení celého studeného systému na levé straně formy., který bude vyhozen ve stejnou chvíli jako výrobek.



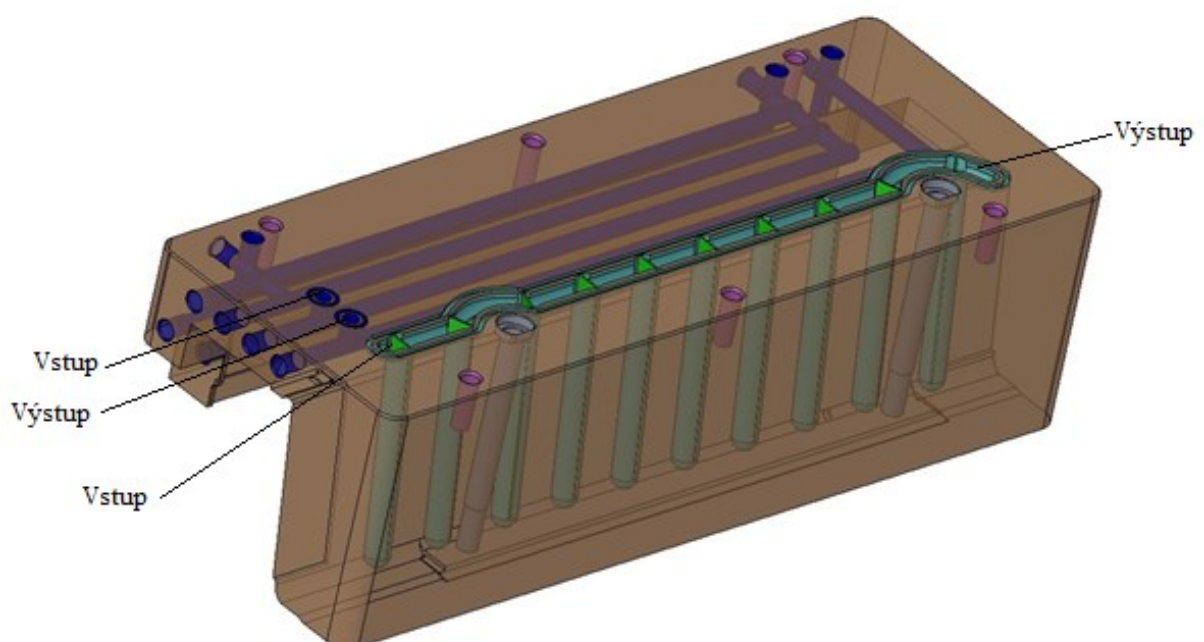
Obr. 40. Vějířový vtok [26]

8.7 Chlazení formy

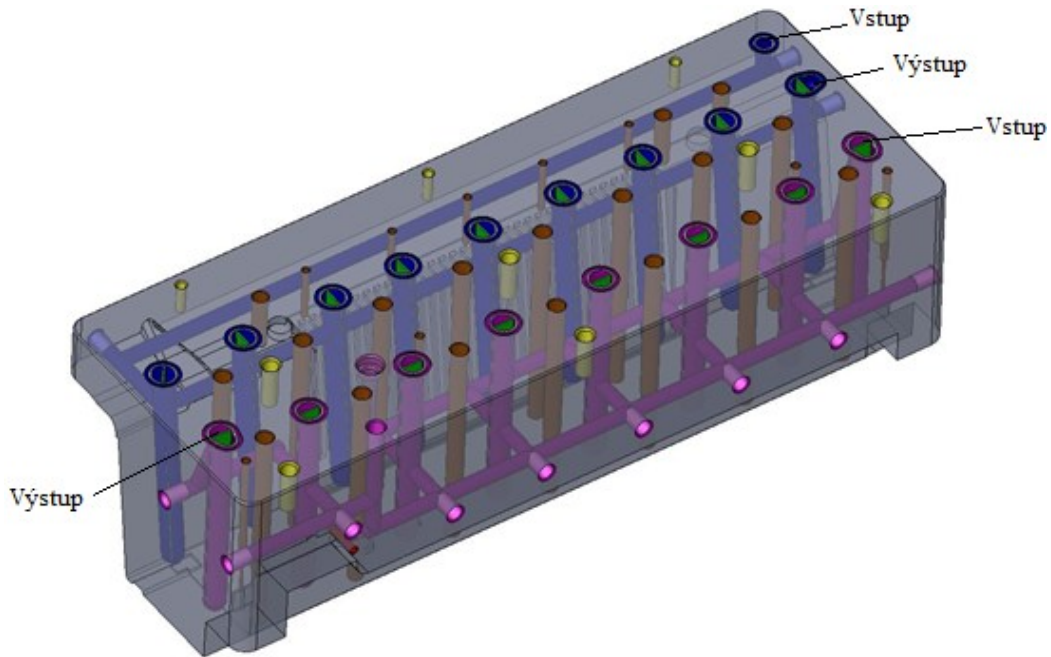
Hlavním úkolem chladicího kanálu je schladit co v nejkratší možné době výstřik na vyhazovací teplotu. Vyhazovací teplota je taková, která udrží výstřik v jistém tvaru, aby neměnil tvar a nebyli vidět stopy po vyhazovačích. Chlazení formy je provedeno v přední upínací desce a na obou tvarových deskách. U tvarových desek byl zvolen plochý přepážkový systém chlazení. Umožňuje rozvod chladicího média do míst, která by zůstala klasickými chladicími kanály nepokryta. Přechody chladicích kanálů mezi deskami tvarovými jsou opatřeny těsníci O kroužky k zamezení nežádoucích úniku chladicího média mimo okruh. K vymezení a utěsnění dráhy toku média, bylo užito vnitřních a vnějších zátek od firmy HASCO. Součásti chladicího systému jsou i rychlospojky, které umožňují přestup vody z desek do chladicích hadic. Jako temperanční médium bude použita voda.



Obr. 41. Chlazení přední upínací desky



Obr. 42. Chlazení tvárnice



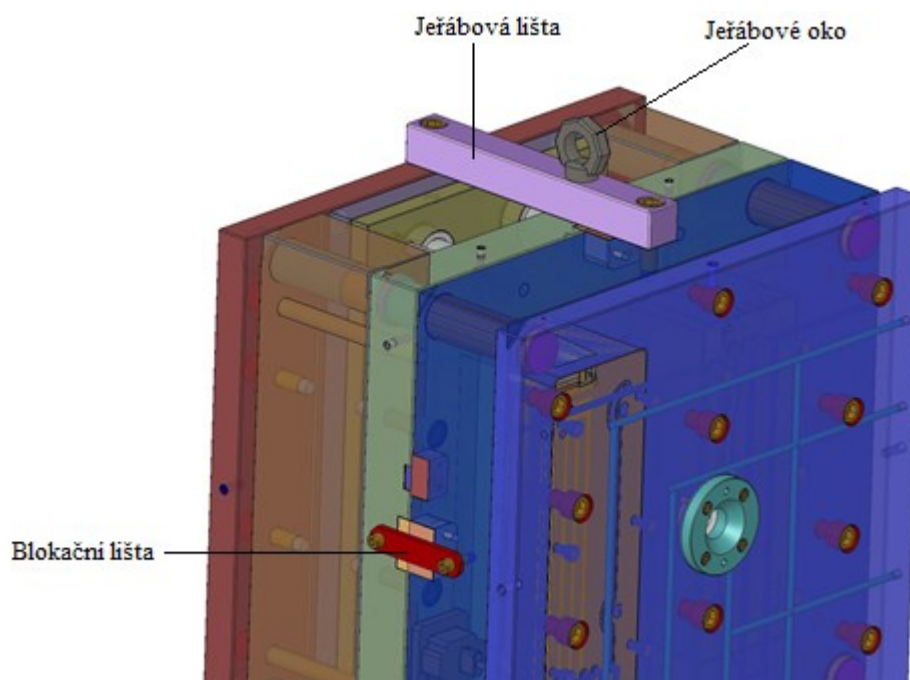
Obr. 43. Chlazení tvárniku

8.8 Odvzdušnění formy

Vzduch, který je uzavřen v dutinách tvarových desek je při vstřikování stlačován, čímž se jeho teplota zvyšuje. Teplota může dosáhnout kritických hodnot a může dojít k spáleným místům na výstřiku. K odvodu vzduchu se v dělicí rovině zhotovují odvzdušňovací kanálky. V tomto konstrukčním případě bude stačit únik vzduchu při uzavření dělicí roviny a zbytek vzduchu unikne vůlemi mezi jednotlivými vyhazovači.

8.9 Manipulační a blokovací zařízení formy

Po okrajích je forma sevřena blokačními lištami proti otevření a vysunutí. Blokační lišty se využívají pouze při převozu s formou mimo vstřikovací stroj. Na horní straně formy je upevněna nosná část jeřábové lišty s okem, která se používá při manipulaci formy do stroje a taktéž plní funkci sevření formy. Jeřábová lišta by měla být v těžišti, aby nedocházelo k nerovnováze formy.



Obr. 44. Jeřábová lišta s okem pro manipulaci

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření návrhu a zkonstruování vstřikovací formy pro zadanou součást z polymeru. Vstřikovaný díl představuje součást krytu kopírovacího stroje, která byla vyrobena z akrylonitrilu butadien styrenu neboli ABS.

Teoretická část práce se zaměřuje na základní rozdělení polymerních materiálů, technologie vstřikování a jejich využití a konstrukcí vstřikovacích forem s popisem jednotlivých částí.

V praktické části práce byla uskutečněna konstrukce 3D modelu vstřikovaného dílu, kde jako předloha posloužil reálný výrobek. Na tento díl pro výrobu vstřikovací formy byla koncipovaná 3D sestava vstřikovací formy spolu s výkresovou dokumentací a kusovníkem. Model plastového výrobku je nakreslen pomocí programu CATIA V5R19. Vstřikovací forma je zhotovena v programu SOLID Works 2014. Normalizační díly jsou využity z digitálních katalogů od společnosti HASCO a Meusburger. Tímto došlo k velkému ulehčení práce s návrhem a k značnému výběru normálií ze dvou katalogů.

Navržena vstřikovací forma je dvojnásobná. Z toho vyplývá, že během jednoho vstřikovacího cyklu dojde k vyhození dvou dílů. Forma je složena ze tří hlavních částí, pravá strana, levá strana a vyhazovací systém. Dle celkových rozměrů formy a dalších procesních parametrů byl zvolen vstřikovací stroj typu ALLROUNDER 720S, vyráběný firmou ARBURG. Forma byla navržena ze studeného vtokového systému. Vtokové kanálky společně s vtokovým ústím byly umístěny tak, aby tavenina dorazila do všech dvou tvarových dutin zároveň za stejný čas. K odformování díry na boční straně výrobku byla použita sestava bočních posuvových tvárníků se šikmými čepy. Před vytvářením modelu vyhazovacího systému byl navržen a zhotoven chladicí systém v podobě chlazení vodou pomocí chladících kanálků, které jsou rozmístěny v přední upínací desce a ve dvou tvarových deskách. Následně byl vytvořen vyhazovací systém s válcovými kolíky, které jsou vloženy mezi dvěma deskami. Manipulace vstřikovací formy je umožněn prostřednictvím jeřábové lišty s okem.

Výkresová dokumentace byla zhotovena na normalizovaný výkresový formát A1 a připojena k bakalářské práci. Obsahuje pohled na formu směrem od vstřikovací strany. Tento pohled obsahuje čtyři řezy celou formou. Jednotlivé řezy jsou označeny příslušným názvem (ŘEZ A-A, ŘEZ B-B, ŘEZ C-C, ŘEZ D-D). Všechny součásti, ze kterých se forma skládá, jsou náležitě opozicovány a zapsány v kusovníku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, V. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*, 2. vyd. Praha: VŠCHT, 2006. 280 s. ISBN 80-7080-617-6
- [2] PTÁČEK, L a kol. *Nauka o materiálu I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 505 s.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl I*. 2.upr. vyd. – Brno: Uniplast, 1999, 134 s.
- [4] Ing. Jiří Bobek, Ph.D. www.publi.cz. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. [online] [cit. 2018-12-03]. <https://publi.cz/books/194/03.html>.
- [5] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II. Díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vydání – Brno: Uniplast, 1999, 214 s.
- [6] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování plastů*. 1.vyd Praha: BEN - technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [7] LENFELD, P. *Technologie II. Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupná z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vy-uka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [8] GUMEX [online]. Dostupný z WWW: <http://www.gumex.cz>
- [9] STANEK, M. *Konstrukce forem (přednášky)* UTB Zlín, 2017
- [10] TOMIS, F., HELŠTÝN, J., KAŇOVSKÝ, J. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1979, 278 s.
- [11] VLČEK, Jiří; MAŇAS, Miroslav. *Aplikovaná reologie*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2001. 144 s. ISBN 8073180391.
- [12] BRUMMEL, M. a kol. *Rozměrově přesné výrobky z plastů*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977, 278 s.
- [13] ŠTĚPEK, J., ZELINGER J. a KUTA A. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989, 637 s.
- [14] Ing. Jiří Bobek, Ph.D. www.publi.cz. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. [online] [cit. 2018-04-04]. <https://publi.cz/books/194/03.html>.
- [15] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: Polymery*. 1. vydání – Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 228 s. ISBN 978-80-7204-833-5

- [16] TOMIS, F., Základy Gumárenské a, plastikářské technologie. 1. vyd. vyd. VUT Brno 1975. 278 str.
- [17] www. publi.cz. Dostupná na www: <https://publi.cz/books/184/03.html>
- [18] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [19] NEUHÄUSL, Emil. Polymery *amorfní a semikrystalické z hlediska vstřikování* [online]. MM: Průmyslové spektrum 2012, 2012(1): 26. ISSN 1212-2572. Dostupné také z <https://www.mmspektrum.com/clanek/polymery-amorfni-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani.html>
- [20] [online] Dostupné z WWW: <http://tiefziehen.com/cz/ABS>
- [21] ARBURG [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com>
- [22] MAŇAS, Miroslav; HELŠTÝN, Josef. *Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikářské stroje. Díl 2. VUT Brno, 1987. 199s*
- [23] [online] Dostupné z WWW: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>
- [24] HASCO [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupný z WWW: <http://hasco.com>
- [25] OSSWALD A, Tim. *Injection molding handbook*. 2nd edition. Munich: Hanser Publishers, 2008. 764 p. ISBN 978-3446-40781-7.
- [26] [online] Dostupné z WWW: www.acomold.com/injection-molding-gate-types.html

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-------|--|
| T_m | Teplota tání [°C] |
| T_g | Teplota skelného přechodu [°C] |
| T_f | Teplota viskózního toku [°C] |
| PS | Polystyren |
| PMMA | Polymethylmethakrylát |
| PC | Polykarbonát |
| SAN | Styren-akrylonitril |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| PE | Polyetylen |
| PP | Polypropylen |
| POM | Polyoxymethylen |
| PA6 | Polyamid 6 |
| E | Modul pružnosti v tahu [MPa] |
| T | Teplota [°C] |
| PF | Fenolformaldehydová pryskyřice |
| EP | Epoxidová pryskyřice |
| UP | Polyesterová pryskyřice |
| % | Procento |
| [°C] | Stupeň celsia |
| VVS | Vyhřívaný vtokový systém |
| SVS | Studený vtokový systém |
| LCD | Liquid crystal display (displej z tekutých krystalů) |
| ° | Stupeň |
| HRC | Stupeň podle Rockwella |

MPa Megapascal

ABS Akrylonitrilbutadienstyren

Cu Med'

Al Hlinik

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|-----------|
| <i>Obr. 1. Základní rozdělení polymerů [1].....</i> | <i>12</i> |
| <i>Obr. 2. Oblast využití u amorfních a semikrystalických plastů [3].....</i> | <i>13</i> |
| <i>Obr. 3. Kruhový diagram vstřikovacího cyklu 1 [16].....</i> | <i>17</i> |
| <i>Obr. 4. Vstřikovací cyklus [17].....</i> | <i>17</i> |
| <i>Obr. 5. Hlavní části vstřikovacího stroje [18].....</i> | <i>18</i> |
| <i>Obr. 6. Vstřikovací stroj od firmy ARBURG [21].....</i> | <i>19</i> |
| <i>Obr. 7. Dosednutí vstřikovací trysky na vtokové vložce [3].....</i> | <i>20</i> |
| <i>Obr. 8. Uzavírací jednotka [22].....</i> | <i>21</i> |
| <i>Obr. 9. a) technická b) technologická [3].....</i> | <i>24</i> |
| <i>Obr. 10. Základní části vstřikovací formy.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Obr. 11. Studený vtokový systém [3].....</i> | <i>28</i> |
| <i>Obr. 12. Průřezy vtoků [23].....</i> | <i>29</i> |
| <i>Obr. 13. Řadové uspořádání vtokové soustavy [3].....</i> | <i>29</i> |
| <i>Obr. 14. Symetrie uspořádání vtokové soustavy [3].....</i> | <i>30</i> |
| <i>Obr. 15. Přidržovače vtoku [3].....</i> | <i>30</i> |
| <i>Obr. 16. Základní typy vtokových ústí.....</i> | <i>32</i> |
| <i>Obr. 17. Vyhřívaná vtoková soustava [25].....</i> | <i>33</i> |
| <i>Obr. 18. Vyhřívané trysky.....</i> | <i>34</i> |
| <i>Obr. 19. Rozvodný blok I, H, X [24].....</i> | <i>34</i> |
| <i>Obr. 20. Volba temperačního média [5].....</i> | <i>35</i> |
| <i>Obr. 21. Vyhazovací kolíky [9].....</i> | <i>37</i> |
| <i>Obr. 22. Princip funkce stírací desky [14].....</i> | <i>38</i> |
| <i>Obr. 23. Trubkový vyhazovač.....</i> | <i>38</i> |
| <i>Obr. 24. Odformování pomocí šikmých čepů [9].....</i> | <i>39</i> |
| <i>Obr. 25. 3D model výrobku.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Obr. 26. Fotografie výrobku.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Obr. 27. Vstřikovací stroj ALBURG ALLROUNDER 720 S [21].....</i> | <i>46</i> |
| <i>Obr. 28. Celková sestava vstřikovací formy.....</i> | <i>47</i> |
| <i>Obr. 29. Násobnost formy, pohled do levé strany formy na tvárník.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Obr. 30. Původní umístění vtoku a stopy po řezném nástroji.....</i> | <i>49</i> |

| | |
|--|-----------|
| <i>Obr. 31. Dělicí rovina a vtokový bod</i> | <i>49</i> |
| <i>Obr. 32. Pohled na dělicí rovinu a vrchní pohledovou stranu dezénovou, kde nebyl umístěn vtokový bod.....</i> | <i>49</i> |
| <i>Obr. 33. Tvárnice.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Obr. 34. Tvárník.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Obr. 35 Řez přes tvarový kolík tvárníku a samotný tvarový kolík.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Obr. 36 Řez přes tvarový kolík tvárnice a upravený tvarový kolík</i> | <i>51</i> |
| <i>Obr. 37. Vyhazovací systém a rozmístění vyhazovacích kolíků na výrobku.....</i> | <i>52</i> |
| <i>Obr. 38. Řez přes vratný kolík</i> | <i>53</i> |
| <i>Obr. 39. Řez bočním posuvovým tvárníkem.....</i> | <i>53</i> |
| <i>Obr. 40. Vějířový vtok [26]</i> | <i>54</i> |
| <i>Obr. 41. Chlazení přední upínací desky</i> | <i>55</i> |
| <i>Obr. 42. Chlazení tvárnice</i> | <i>55</i> |
| <i>Obr. 43. Chlazení tvárníku.....</i> | <i>56</i> |
| <i>Obr. 44. Jeřábová lišta s okem pro manipulaci.....</i> | <i>57</i> |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|-----------|
| <i>Tab. 1. Základní informace pro výběr termoplastů [19]</i> | <i>14</i> |
| <i>Tab. 2. Vybrané vlastnosti materiálu ABS.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Tab. 3. Vybrané parametry vstřikovacího stroje ALLROUNDER 720 S.....</i> | <i>46</i> |