

Návrh vstřikovací formy: Díl pro stahovací mechanismus okna

Petr Krejča

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Krejča**
Osobní číslo: **T12131**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy: Díl pro stahovací mechanismus okna**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete model plastového dílu ve 3D.
3. Nakreslete sestavu vstřikovací formy zadaného dílu.
4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Šenkeřík

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

30. ledna 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 9. února 2015

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Petr Krejča

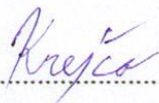
Obor: Technologická zařízení

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 14.5.2015



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k 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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

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

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl, který je díl pro stahovací mechanismus okna automobilu. Bakalářská práce je rozdělena na dvě části.

V teoretické části je popsána teorie vstřikovacích forem.

V praktické části je hlavním úkolem nakreslit 3D model dílu, zhotovit vstřikovací formu včetně výkresové dokumentace. Konstrukce byla provedena v programu CATIA V5R19 s použitím normalizovaných dílců od firmy HASCO.

Klíčová slova: vstřikování, forma, polymer, výrobek, CATIA V5R19

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is the design of injection molds for a plastic part, which is part of the mechanism for retractable windows. The thesis is divided into two parts. The theoretical part describes the theory of injection molds. In practical part the main task is to design a 3D model of part, and injection molds including drawings. The construction was done in CATIA V5R19 using standard components from HASCO Company.

Keywords: injection mold Form, polymer, product, CATIA V5R19

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Vojtěchovi Šenkeříkovi za vedení, rady týkající se jak konstrukce, tak legislativního zpracování a za čas který mi věnoval po dobu vzniku této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY, JEJICH ROZDĚLENÍ A PŘÍSADY	12
1.1 ELASTOMERY	12
1.2 PLASTY	12
1.2.1 Reaktoplasty	12
1.2.2 Termoplasty.....	13
1.3 PŘÍSADY	13
1.3.1 Vlastnosti jednotlivých přísad.....	14
2 VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	16
2.2.1 Vstřikovací jednotka	17
2.2.2 Ovládání a řízení stroje	20
2.2.3 Zavírací jednotka.....	20
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	22
3.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI.....	23
3.2 VYHAZOVANÍ VÝSTŘIKU	23
3.2.1 Mechanické vyhazování.....	24
3.2.2 Vzduchové vyhazování	26
3.3 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	26
3.4 TEMPERACE.....	27
4 VTOKOVÝ SYSTÉM	28
4.1 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY	28
4.1.1 Zásady studených vtokových systémů	29
4.1.2 Vtokový a rozváděcí kanál.....	31
4.1.3 Koncepce vtokových ústí	31
4.2 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY (VVS)	33
4.2.1 Isolované vtokové systémy	33
4.2.2 Vyhřívané trysky	33
4.2.3 Vytápěné rozvodové bloky	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	36
Zásady pro vypracování bakalářské práce:	36
6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	37
6.1 VÝROBEK.....	37
6.2 MATERIÁL VÝROBKU	38
7 VSTŘIKOVACÍ STROJ	39
8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	40

8.1	NÁSOBNOST FORMY	41
8.2	DĚLÍCI ROVINA	41
8.3	TECHNOLOGICKÁ ANALÝZA	42
8.4	PRAVÁ STRANA FORMY	43
8.5	HORKÝ VTOK	44
8.6	LEVÁ STRANA FORMY	45
8.7	TVÁRNÍK A TVÁRNICE	46
8.7.1	Temperace tvárníku a tvárnice	47
8.8	POSUVNÁ JÁDRA	49
8.9	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	51
8.10	ODVZDUŠNĚNÍ.....	52
8.11	ZŘÍZENÍ URČENÉ K TRANSPORTU FORMY.....	53
ZÁVĚR		54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		56
SEZNAM OBRÁZKŮ		57
SEZNAM TABULEK.....		59
SEZNAM PŘÍLOH.....		60

ÚVOD

Dnešní doba je dobou polymerní. Při ohlédnutí do historie vidíme, že si ji lidstvo rozděluje do epoch podle nejcharakterističtějšího materiálu. Minula doba kamenná, bronzová, železná, u níž jsme svědky postupného ústupu.

Polymerní materiály začínají nahrazovat tradiční materiály, jako jsou kov, sklo, dřevo. Se stále větší spotřebou, konkurenčním bojem a zdánlivě nezastavitelným růstem jsou na výrobu a výrobky kladeny mnohem větší nároky. Polymery jsou velice rychle rostoucím odvětvím. To díky růstu vědních oborů. Zejména fyziky a chemie. Jmenované vědní obory, se dokáží dostat až na samé stavební kameny polymeru a přetvořit je k obrazu jaký aktuálně požadují. Právě tyto obory stvořili tyto v přírodě neexistující látky.

V dnešní době polymery zaujímají pevné místo. A to především díky jejich specifickým vlastnostem jako je realizace velice složitých výrobků, relativně příznivá chemická odolnost a také jejich nízká hmotnost.

Zpracovávání polymerů je různé. Nejproduktivnější metodou je vstřikování. Vstřikováním lze vyrábět nejrozmanitější výrobky, co se tvaru týče. Tyto výrobky mají uplatnění především v automobilovém, potravinářském či elektromechanickém průmyslu. Polymery i vstřikování však zasahují i do dalších průmyslových odvětví.

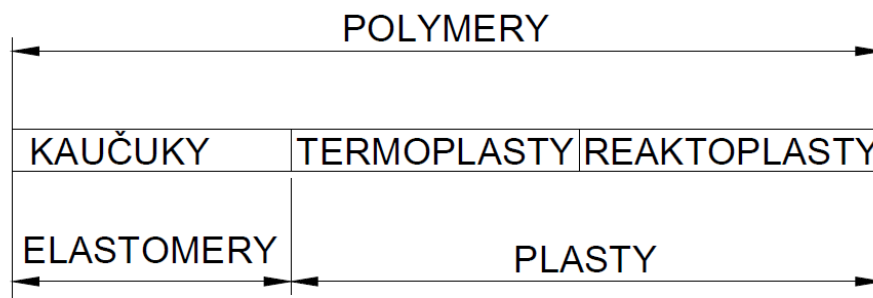
Vstřikování se provádí na vstřikovacích strojích. Vstřikovací stroj připravuje a také dopravuje polymer k formě. Forma je součástí vstřikovacích strojů. Forma udává konečný tvar a kvalitu povrchu. Musí být navržena tak, aby se dala naplnit polymerem, umožnit vyjmutí výrobku a zároveň odolávala tlakům i teplotám.

Forma je velice nákladná a složitá součást. Firmy používají k návrhu forem nejrůznější programy usnadňující práci. Tyto programy upozorňují na možné chyby už v návrhu. Také mají v sobě knihovny s předem navolenými existujícími díly, které usnadňují jak navrhování 3D modelu, tak následnou montáž. Tyto programy vedou ke značné časové úspoře při navrhování i finanční úspoře firmy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY, JEJICH ROZDĚLENÍ A PŘÍSADY

Polymery jsou chemické látky s velkými molekulami, které obsahují většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často dusíku, chloru a jiných prvků. V určitém stádiu zpracování se nachází v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucímu výrobku, jenž slouží v prakticky ustáleném stavu. [1]



Obr. 1 Základní klasifikace polymerů z hlediska jejich chování za běžné a zvýšené teploty [1]

1.1 Elastomery

Elastomer jak název napovídá, vysoce elastický polymer, který můžeme za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž deformace je převážně vratná. Nejčastější podmnožinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se vyrábí pryž. [1]

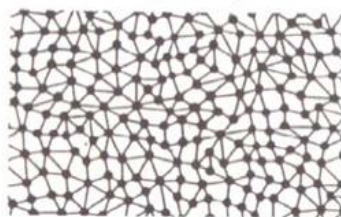
1.2 Plasty

Plasty jsou polymery za běžných podmínek většinou tvrdé, často křehké. Při zvýšené teplotě se stávají plastickými (odtud název) a tvarovatelnými. Jejich deformace bývá nevratná. [1]

Tyto plasty se dále rozdělují do podskupin v závislosti na jejich charakteristických vlastnostech.

1.2.1 Reaktoplasty

Plasty s pevně propojenými řetězci. Pokud je změna z plastického do tuhého stavu nevratná, protože je výsledkem chemické reakce (často za zvýšené teploty), mluvíme o reaktoplastech. [1,2]

Obr. 2 *Struktura reaktoplastu* [9]

1.2.2 Termoplasty

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější. Termoplasty jsou v podstatě polymerní materiály, které lze opakovaně roztavit a ochlazením přivést zpět do původního stavu. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na: [3,4]

- Amorfní – jejichž řetězce jsou prostorově uspořádány nepravidelně. Jejich využitelnost je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g)
- Semikrystalické – velká část řetězců je pravidelná. Jejich uspořádání je těsné a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání. Použití je v oblasti nad teplotou T_g .

Obr. 3 *Struktura termoplastu* [9]

1.3 Přísady

Poněvadž kladené nároky na polymery jsou různé a jejich základní vlastnosti omezené, tak si musíme dopomoci použitím různých přísad. Přísady mění vlastnosti zpracovatelské i konečné vlastnosti výrobku. Přidávají se do polymerních směsí v určité koncentraci (obvykle v hmotnostních dílech)

Patří k nim: [4]

Stabilizátory – tepelné, světelné

Změkčovadla

Maziva – vnitřní, vnější

Barviva – anorganická, organická

Antistatické přísady

Plniva – prášková, vláknitá

Nadouvadla

1.3.1 Vlastnosti jednotlivých přísad

Stabilizátory

Látky, které zvyšují odolnost polymeru proti účinkům teplot (tepelné stabilizátory) nebo účinkům světla (světelné stabilizátory).

Změkčovadla

Účelem plastifikace – změkčení – je snížení tuhosti a tvrdosti, zvýšení ohebnosti, tažnosti a houževnatosti zchladnutého polymeru, nejčastěji používány u PVC.

Maziva

Látky, které usnadňují zpracovatelnost hmot.

Barviva

Slouží k dosažení žádaného barevného odstínu.

Alkalické přísady

Látky, které izolační odpor výrobku snižují.

Plniva

Plniva prášková nebo vláknitá. Svým charakterem mění především fyzikální i mechanické vlastnosti plastů. Vláknitá plniva především vyztužují hmotu a zvětšují její pevnost.

Nadouvadla

Nadouvadla uvolňují při zpracování plyny a vytváří tak lehčenou strukturu plastu se svými zvláštními vlastnostmi. [2,3,4]

2 VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je nejrozšířenější způsobem výroby požadovaných dílu z plastu. Stále více se uplatňuje i při zpracování kaučukovitých směsí. V současné době se vstřikováním zpracovává velké množství polymerů a význam této technologie stále vzrůstá. Umožňuje ekonomicky produkovat kvalitní a rozměrově dostatečně přesné výrobky.

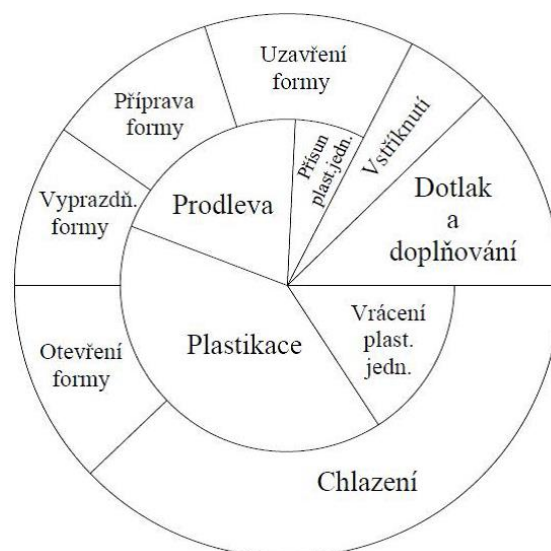
Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopraven do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. V jedné operaci se mění polymerní směs (prášek, granulát) ve zcela hotový výrobek. Vstřikované výrobky mohou vážit až 30 Kg [1,3]

Hotový výrobek je odrazem kvality formy, kvality a správné volby použitého plastu.

Požizovací cena formy a vstřikovacího stroje je velká, proto se tato technologie používá výhradě k velkosériové výrobě.

2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti, jedna se vztahuje k vstřikovací jednotce, druhá k formě.



Obr. 4 Vstřikovací cyklus [4]

Po uzavření formy ve stoji je plastifikovaná hmota požadované teploty vstříknuta do formy nastaveným tlakem při určité rychlosti. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Hned potom nastoupí dotlak, který skončí při částečném ochlazení plastu ve formě. Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky hmoty. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy pro další cyklus (prodleva) následuje další cyklus. [3]

Dotlak bývá stejný nebo nižší než vstřikovací tlak redukováný za dutinou formy. Dotlak má za účel částečně vyrovnat vliv smrštění. Doba doplňování je omezená zatuhnutím materiálu ve vtokovém systému. [4]

Cyklus je určen rychlostí funkce vstřikovacího a uzavíracího mechanismu a dobu uzavření a otevření formy. Trvá obvykle několik sekund až několik desítek sekund, podle tloušťky steny a celkové velikosti výrobku. [1]

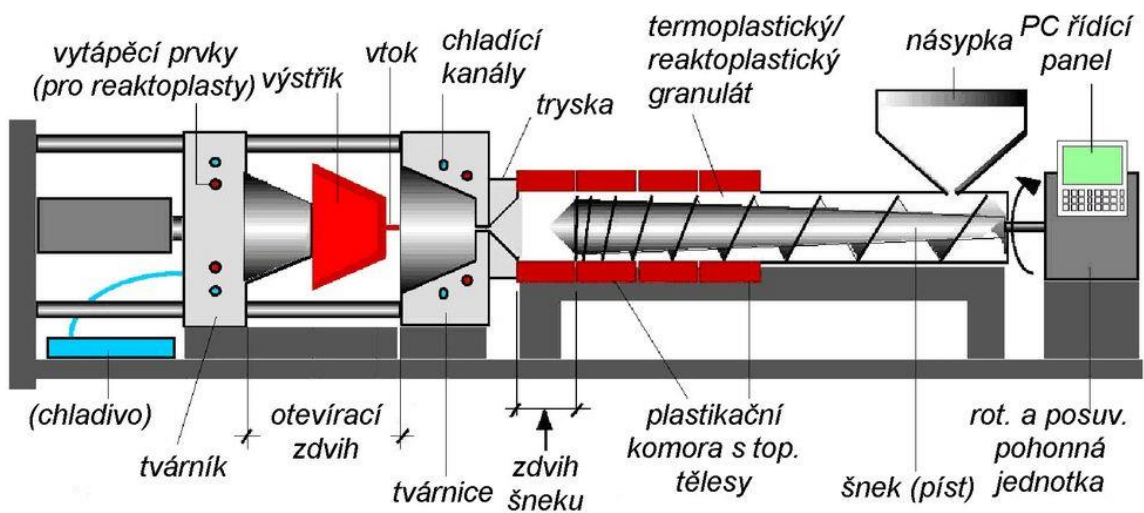
Celý vstřikovací cyklus realizují vstřikovací stroje.

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj je jeden z hlavních činitelů výroby má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něho, aby kvalitou svých parametrů dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. V současné době existuje velký počet různých strojů. [3]

Konstrukce stroje je charakterizovaná podle: [3]

- vstřikovací jednotky,
- ovládání a řízení stroje,
- uzavírací jednotky.



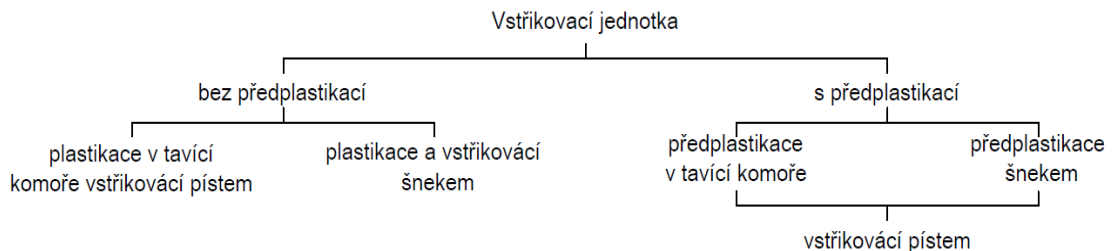
Obr. 5 Schéma vstřikovacího stroje [9]

Vstřikovací stoj pro přesné výstřiky vyžaduje aby: [3]

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

2.2.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a zajistí požadované množství roztaveného plátu s předepsanými technologickými parametry do formy. Vstřikovací jednotka musí zajistit dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny a dostatečně vysoký vstřikovací tlak. Max. vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80 %. [3,5]



Obr. 6 Vstřikovací jednotky [5]

Vstřikovací jednotce bez předplastikace probíhá plastikace v tavící komoře (pístová plastikace) nebo v pracovním válci (šneková plastikace.)

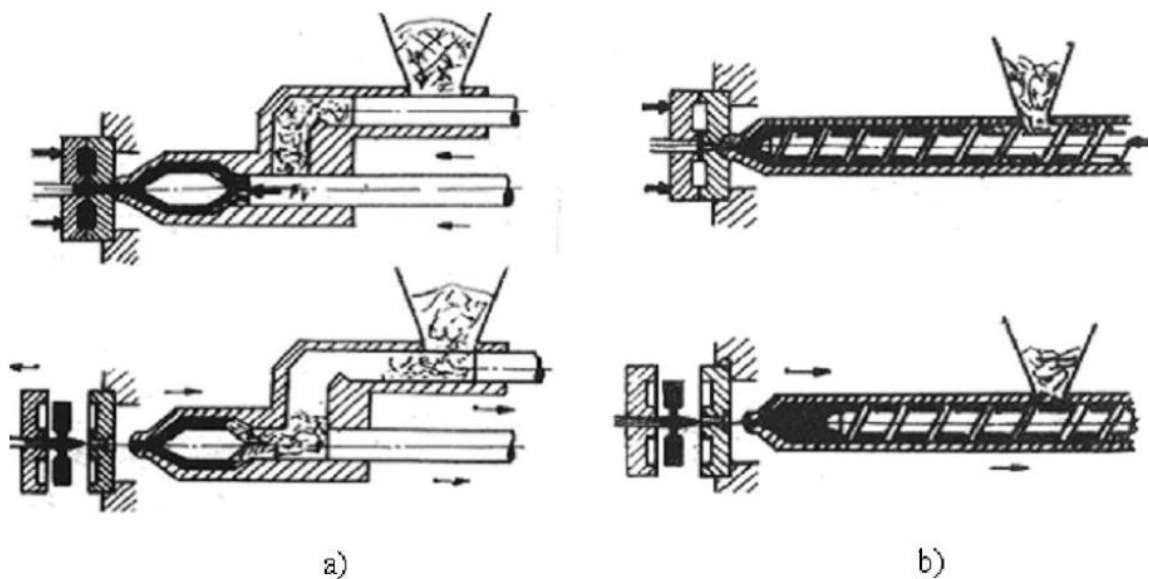
Výhodou vstřikovacích jednotek s pístovou plastifikací je jednoduchá konstrukce a snadné docílení poměrně vysokých vstřikovacích tlaků (přes 100MPa). Nevýhodou je horší homogenizace taveniny.

Šneková plastikace dává větší výkony než pístová. Také rovnoměrnost prohřevu a homogenizace taveniny je lepší.

Vstřikovací jednotka s předplastikací

Zajištění dostatečného plastikačního výkonu a dokonalé homogenizace taveniny vedly k rozdělení vstřikovací jednotky na část plastifikační a část vstřikovací. Zpracováváný materiál se plastikuje v oddělené plastifikační jednotce a tato připravená tavenina se dopravuje do vstřikovacího válce, odkud se pak vstřikuje pístem do formy. Toto uspořádání umožňuje i výrazné zkrácení vstřikovacího cyklu.

Šneková předplastikace, i když je složitější, se vyskytuje častěji. Dosahuje se rychle a dokonalejší plastikaci materiálu a vysokých vstřikovacích tlaků a výkonů. [5]



Obr. 7 Principy vstřikování [4]

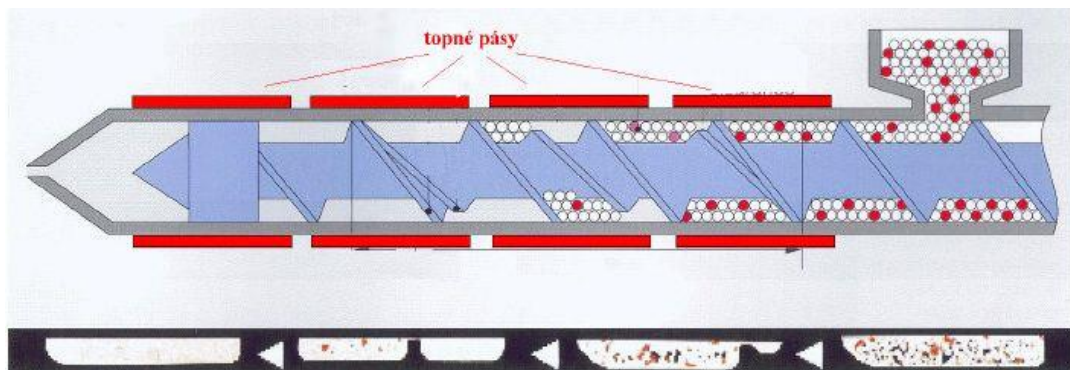
a) pístová plastikace b) šneková plastikace

Vstřikovací šneková jednotka bez předplastikací

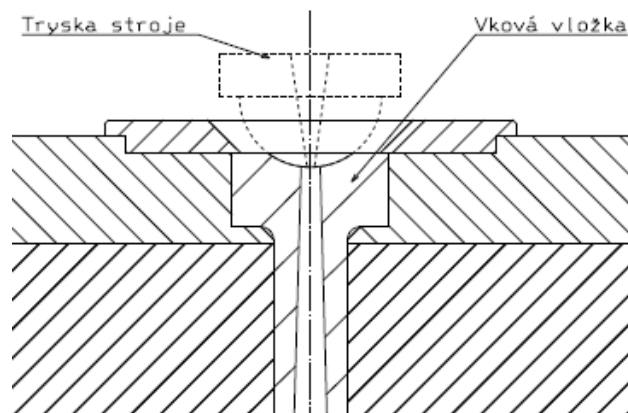
Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a shromáždí před šnekem. Současně ho dotlačuje do zadní polohy.

U nízkoviskózních materiálů má tavenina tendenci vracet se zpět do šnekového kanálu. Z těchto důvodů je na čele šneku zabudován zpětný uzávěr. Umožňuje dosažení vysokých vstřikovačích tlaků. Teplotní režim stejně jako geometrie šneku závisí na druhu zpracovávaného materiálu.

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové formy. [3,5]



Obr. 8 Plastifikace – topné pásy [9]



Obr. 9 Dosednutí trysky stroje na trysku formy [3]

2.2.2 Ovládání a řízení stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiku. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. Nejnovější koncepce vstřikovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesní techniky.

Koncepčně je takové seřízení rozděleno na:

- sestavení grafu vstřikovacího stroje,
- definice a nastavení parametrů,
- kontrola procesu.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno.

Na přesnosti a jakosti výstřiku má řízení stroje rozhodující vliv, tím že určuje přesnost:

- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují přesnost a toleranci výstřiku,
- nastavení doby a výšky teploty taveniny, její homogenizaci jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti.

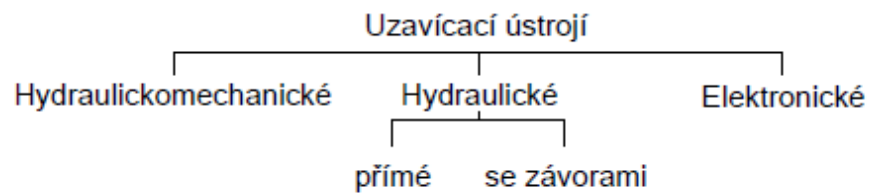
Vedle stroje a plastu ovlivňuje tyto hodnoty i forma, její teplota a doba chlazení. [3]

2.2.3 Zavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je nastavitelná.

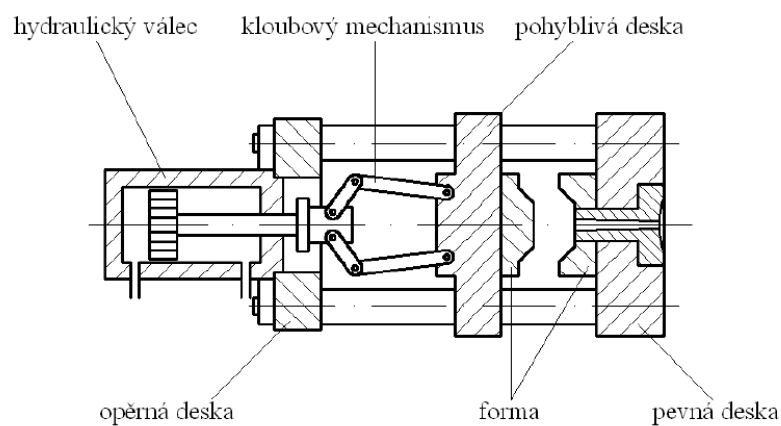
Hlavní části uzavírací jednotky jsou: [3]

- opěrná deska pevná,
- upínací deska,
- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus.



Obr. 10 Uzavírací jednotky [5]

Nejčastěji používaná u malých gramáží je jednotka hydraulicko-mechanická. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání s potřebným zpomalením před uzavřením formy a dostatečnou tuhostí. [3]



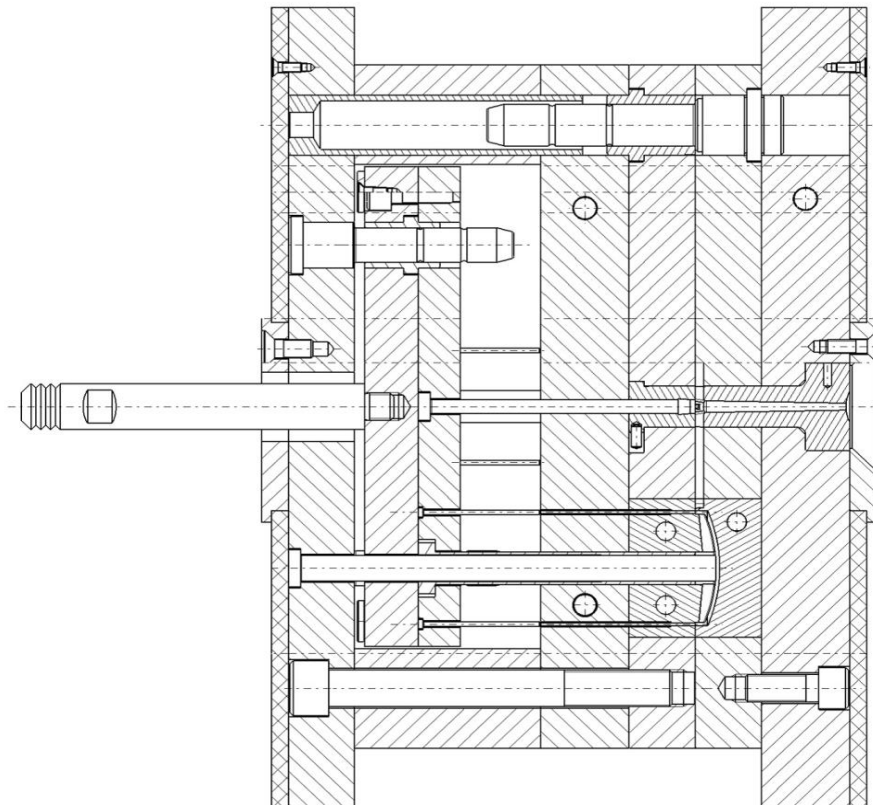
Obr. 11 Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [3]

Významnou součástí uzavírací jednotky je vstřikovací forma, jejíž úlohou je dát tavenině konečný tvar výstříku. [5]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma dává tavenině po ochlazení příslušný tvar a rozměry výrobku při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Formy se řeší vždy s ohledem na technologicky projekt příslušného výstřiku. Při řešení třeba je vzít v úvahu především druh vstřikovaného materiálu a velikost výrobní série. V závislosti na velikosti série se posuzuje stupeň mechanizace forem, aby případné dokončovací operace podstatně neovlivnily ekonomii výroby.

Různorodost požadavků způsobuje, že vstřikovací formy se používají v mnoha různých typech. Zpravidla však vždy můžeme nalézt provedení a kombinace jejich hlavních částí, které představují tvářecí části, vtokový systém, temperanční nebo topný systém, vyhazovací zařízení pro výstřiky, vtokový zbytek a posléze vodící a upínací elementy. [3,7]



Obr. 12 Řez vstřikovací formou [10]

Dobrá kvalita formy plní požadavky: [3]

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má splňovat podmínky snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí,
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů, vysoké produktivitě a také vysokým využitím plasty,
- společensko-estetické, které vyžadují dodržení bezpečnostních zásad při konstrukci.

3.1 Postup při konstrukci

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra. Vlastní konstrukce má postup: [3]

- posouzení výkresu z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek, je třeba znovu zkontrolovat rozměry, tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na prolákliny. Upravit ostré hrany a rohy, které vyvolají velké pnutí a potíže s plněním formy,
- upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoku a vyhazování z dutiny formy.
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezu, tvaru a délku hlavního a rozváděcího kanálu i ústí toku,
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperančního systému i odvzdušnění dutin formy,
- návržení rámu formy s ohledem na danou typizaci,
- uspořádání středění a upínání formy na stroj s využitím dostupných prostředků,
- zkontrolování funkčních parametrů formy.

3.2 Vyhazování výstříku

Po ochlazení výstříku ve formě následuje otevření formy vyhozením a výstříkem z dutiny formy. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svoji funkci má zajišťovat automaticky cyklus. [6,7]

Má dvě fáze: [6]

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat do vyhazovací polohy.

Podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkoso mají být větší než 30'. Vyhazovací systém musí vstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení. Po vyhazovačích zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. [6]

3.2.1 Mechanické vyhazování

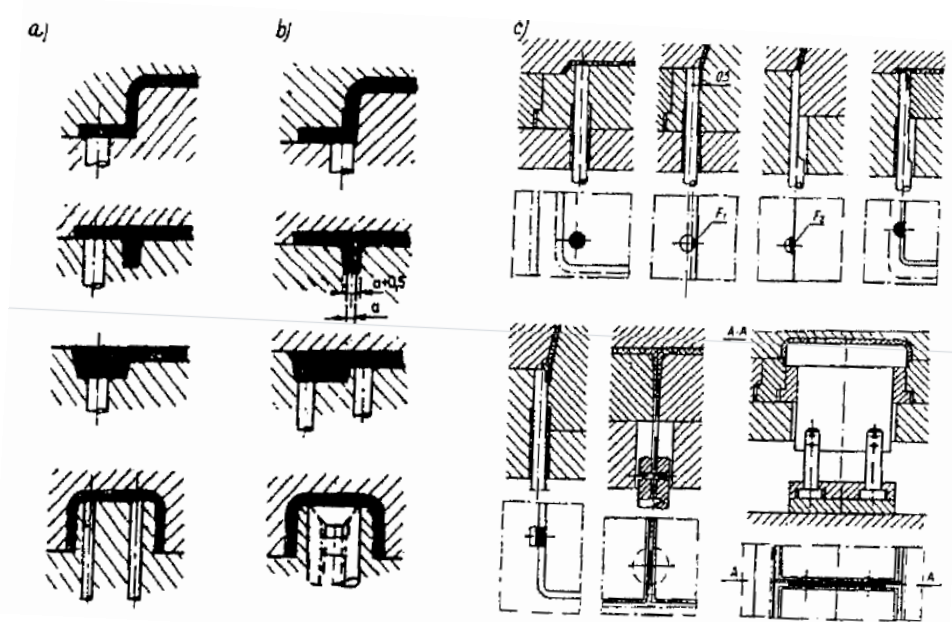
Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování.

Vyhazování pomocí kolíků

Nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiku. Ustálený systém lze použít všude tam, kde jsou možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození.

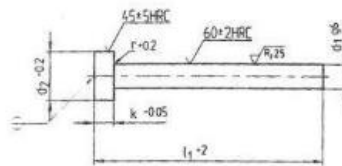
Kolík se má opírat o stěnu ale nesmí se při vyhazování bortit. Mohla by nastat trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Není vhodné je umístit na vzhledových plochách.



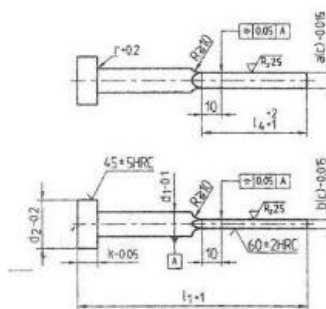
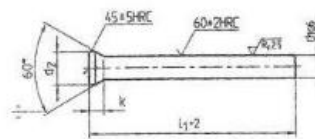
Obr. 13 Umístění vyhazovacích kolíků [6]

a) Chybně, b) správně, c) různé způsoby

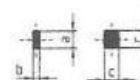
Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcované. Tvar i způsob ukotvení má nejrůznější podobu. [6]



VÁLCOVÉ



PRIZMATICKÉ



Obr. 14 Vyhazovací kolíky [6]

U tvarových vyhazovačů musí být zajištěny kolíkem. Vyhazovací desky slouží k ukotvení a ovládní vyhazovacích kolíků. Desky s většími průměry kolíků nemusí být vedeny. Tyto desky dosedají na dosedky.

3.2.2 Vzduchové vyhazování

Vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměru ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kelímek) velmi vhodný.

Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím se umožní rovnoběžné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetržení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Použití tohoto typu je omezeno jen na některé tvary výstřiků. [6]

3.3 Odvzdušnění forem

Zdánlivě nepatří k dominantním problémům navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení nástroje. Může být příčinou nekvalitního vzhledu či nízkých mechanických vlastností.

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit unik vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). To většinou není ze vzhledových nebo pevnostních důvodů přípustné. Proto odvzdušnění musí být účinné. [6]

Způsob odvzdušnění: [2]

- hlavní dělicí rovinou formy, vedlejšími rovinami,
- vůlemi mezi tvarovými pevnými částmi formy,
- vůlemi mezi pohyblivými částmi formy,
- odvzdušňovacími kanálky,
- speciálními prostředky do formy vložené (obvykle jako poslední záchrana).

Obecně platí, bez ohledu na vstřikovací materiál, že při požadavku na funkční odvzdušnění by jeho tloušťka neměla být větší než 0,018 až 0,02mm při správné délce odvzdušnění. Při tloušťce 0,02mm musí být délka odvzdušnění minimálně 23,4 mm. [2]

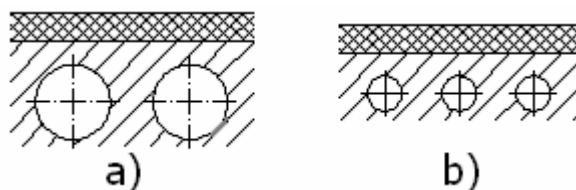
3.4 Temperace

Temperací forem rozumíme jejich udržování na požadované teplotě, ta je zpravidla vyšší než pokojová a nižší než vstřikovací. Teploty formy při vstřikování termoplastu bývají zpravidla mezi 30 a 120 °C. Temperace má vliv na smrštění a tvarové rozměry, jakost povrchu a mechanické vlastnosti výstřiku, jakož i naplňování dutiny formy a tedy též délku vstřikovacího cyklu. Podstatným kritériem je rovnoměrné rozdělení teploty formy. [7]

Na řešení temperančního systémů má vliv více faktorů, z nichž je nutno uvést zejména: [7]

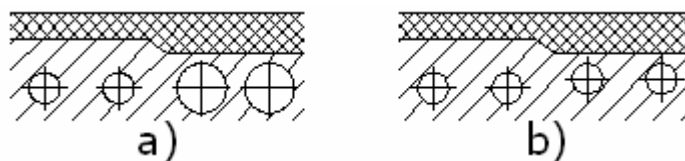
- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku,
- požadavky na přesnost výstřiku,
- materiál formy.

Kanálky se umísťují zpravidla tak, aby medium přicházelo do nejteplejšího místa ve formě a aby se teplotní rozdíl ve směru toku zmenšoval. Dají se vyrobit vrtáním, frézováním nebo soustružením. V některých případech je vhodné použít měděných trubek uložených do drážek, případně zalitých kovem s nízkou teplotou tání. Průtoková rychlost media bývá 0,5-0,4m/s. [7]



Obr. 15 Vliv rozmístění temperačních kanálů [6]

a) chybně, b) správně



Obr. 16 Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [6]

a) chybně, b) správně

4 VTKOVÝ SYSTÉM

Jedním z velmi důležitých problémů v konstrukci vstřikovacích forem je řešení vtokové soustavy. Vtokový systém zprostředkuje průtok taveniny ze vstřikovací trysky do dutiny formy. Ztuhlý materiál ve vtokovém systému se pak nazývá vtokový zbytek. Obecná tendence je tento vtokový zbytek minimalizovat. [7,8]

Naplnění dutiny má proběhnout s minimálními odpory a v co nejkratším čase.

Vtokové systémy dělíme na dvě skupiny.

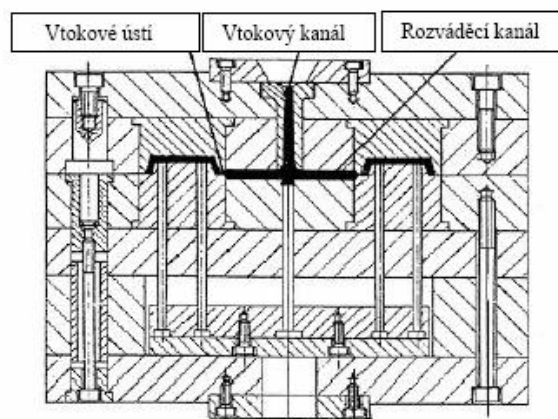
4.1 Studené vtokové systémy

Při tvorbě vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstříkuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny

Průtok taveniny vtokovým systémem je provázen složitým tepelně-hydraulickými poměry. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jeho ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plasty,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby.

Zásadní rozdíl v uspořádání vtokového systému je dán konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně (nevyvážené vzorky). [3]

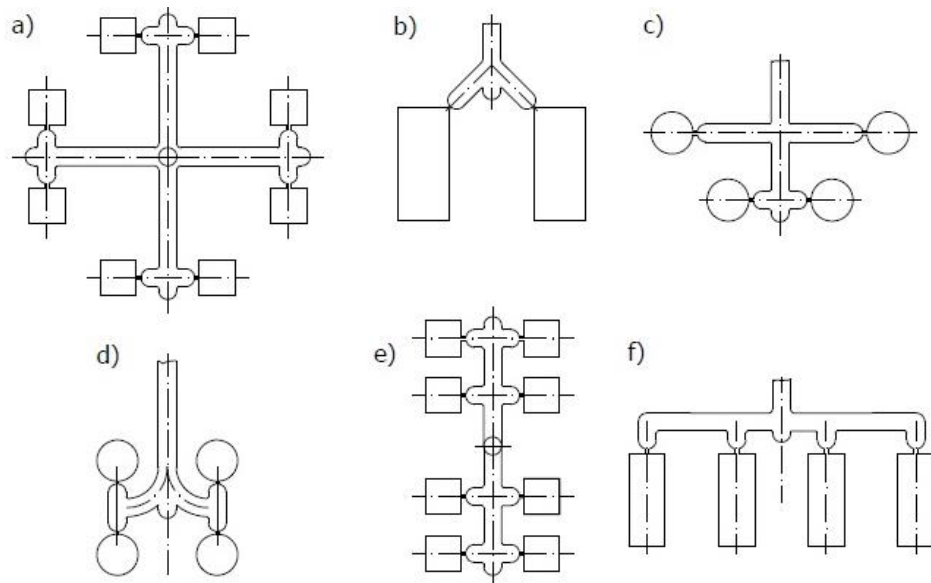


Obr. 17 Vtokový systém formy [3]

4.1.1 Zásady studených vtokových systémů

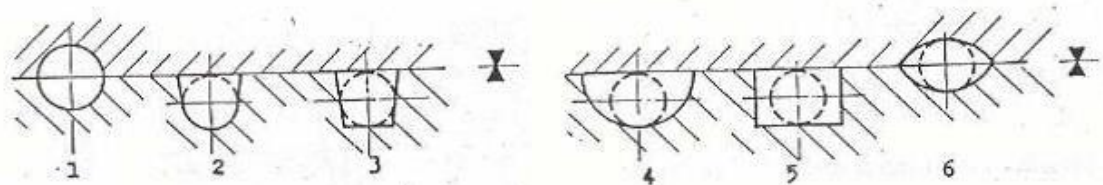
Zásady pro řešení studených vtokových systémů musí zabezpečit: [3]

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku by měla ke všem tvářecím dutinám být stejné dlouhá a tím se zajišťovala rovnoměrné plnění,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně veliký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. V závislosti na spotřebu musí mít kanál při minimálním povrchu co největší průřez,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňovat průřezy kanálu,
- zaoblení všech hran vtokových kanálů min. $R=1\text{ mm}$,
- stanovit úkusovitost všech vtoků, pro jejich deformování. Min. úkopy jsou $1,5^\circ$,
- leštit povrch ve směru vyjímání. Drsnost nemá klesnout pod $0,2 R_a$,
- řešit zachycená čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím sražení povrchových vad. Vytváří se, jen pokud to situace dovolí,
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem, ale někdy naopak pod úhlem větším, než 90° ,
- průřezy vtokových systémů pro krystalické polymery jsou zpravidla větší, než pro amorfni.



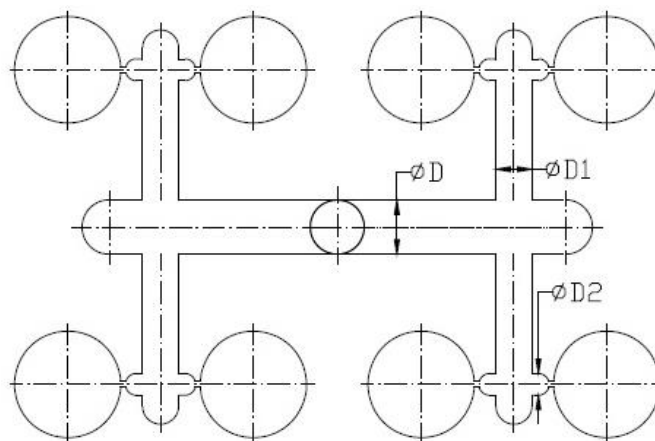
Obr. 18 *Obecné zásady volby vtokového systému [3]*

a, b, c, d - vhodné řešení e, f – nutná korekce vtokových ústí

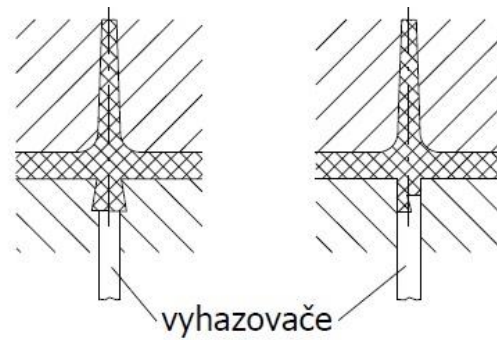


Obr. 19 *Obecné zásady volby vtokového systému – průřezy vtokových kanálů [3]*

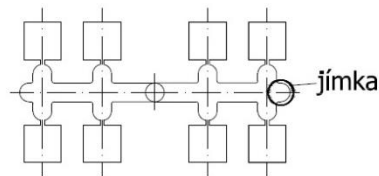
1, 6 – výrobně nevhodné, 2, 3, 4, 5 – výrobně vhodné



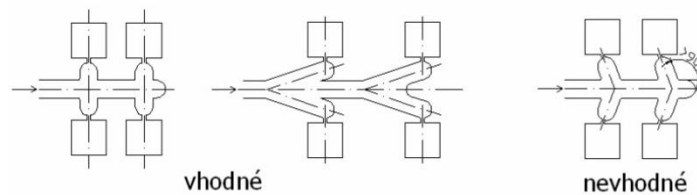
Obr. 20 *Obecné zásady volby vtokových systému – odstupňovaný průřez vtoku (stejná rychlost taveniny) [3]*



Obr. 21 Přidržovač vtoku [3]



Obr. 22 Zachycení čela proudu taveniny [3]



Obr. 23 Větvení toků [3]

4.1.2 Vtokový a rozváděcí kanál

Nejobvyklejším vtokovým kanálem je kuželový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Průměr vtokového kanálu na straně trysky je minimálně 0,5 až 1 mm větší, než je průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje. Je leštěný na Ra 0,1 a s min. úkosem 1,5°.

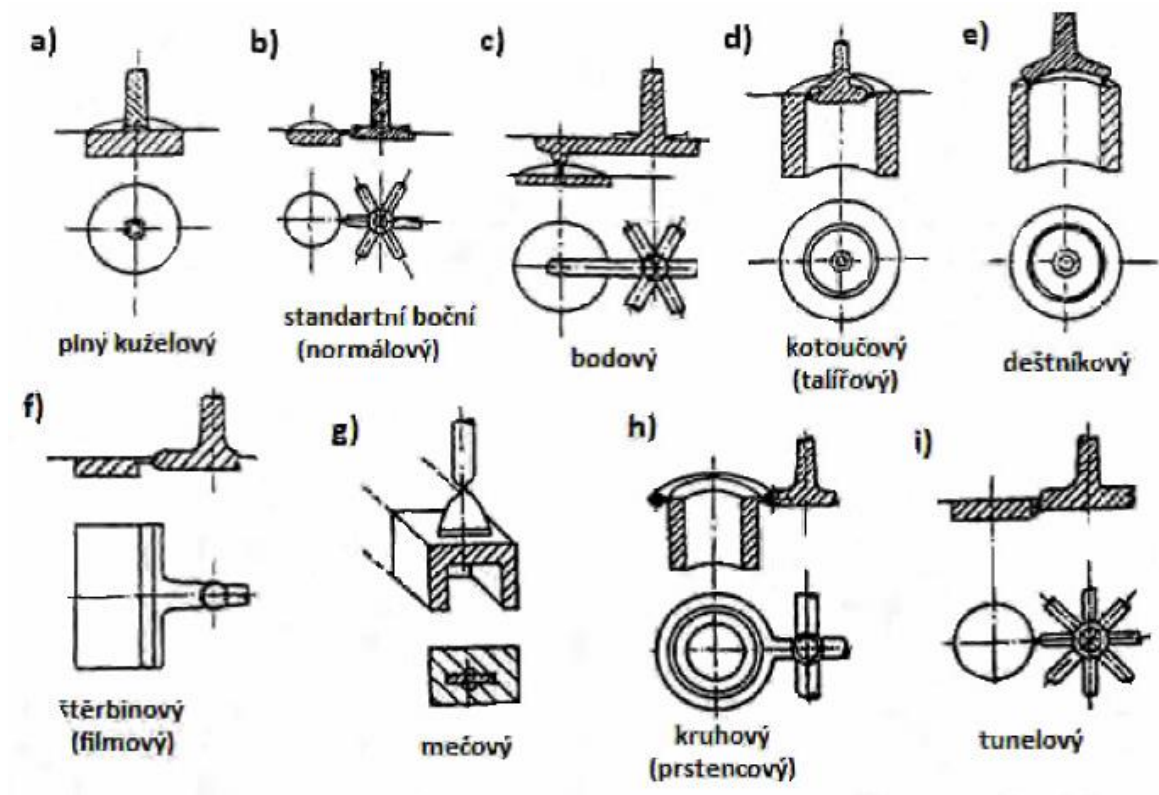
Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím výtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy. S vahou výstřiku roste průřez vtoku. Rozváděcí kanálek by měl být nejméně tak tlustý jako nejtlustší stěna výrobku.

Velikost jejich průřezu je celá řada. [3,8]

4.1.3 Koncepce vtokových ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením vtokového kanálu. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Volí se co nejmenší průřez v závislosti na výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Umožní snadné začištění.

Důležité je vhodné umístění vtokového ústí na výstřiku. Má rozhodující vliv na jeho vzhled a požadovanou kvalitu. Nevhodnou volbou se udělá nejvíce chyb. [3]



Obr. 24 Základní typy vtokových ústí [3]

Plný kuželový vtok - používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Pro menší tloušťky je vhodné čočkovité zahloubení.

Bodový vtok – nejznámější typ zúženého ústí. Leží, mimo i v dělicí rovině. Vyžaduje systém třídeskových forem.

Tunelový vtok – zvláštní případ bodového vtoku. Není nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami

Boční vtok – vhodné pro rychle plnění tvarových dutin formy a pro tlustostěnné výstřiky.

Filmový vtok – nejpoužívanějším ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. [3,8]

4.2 Vyhřívání vtokové soustavy (VVS)

Snaha po úsporách plastu i práce vede k metodě vstřikovacích forem bez vtokového zbytku. Dříve předcházela rada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Dnešní VVS mají vyhřívání trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých jejich dalších dílů.

Použití VVS stále narůstá, protože:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoku a problémy při jejich zpracování.

VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti toku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes způsob bezvtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahlobení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval nad jeho úroveň. [3]

VVS vyžaduje složitější a výrobně náročnější formy. Jsou zde potřeba snímače. Součástí systémů je regulace teploty formy i VVS. Je zde zvýšena energetická náročnost.

4.2.1 Isolované vtokové systémy

U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. Její teplotu udržuje buď větší vrstva tepelné izolace, nebo je ohřívána nepřímou. Nejjednodušší a dnes málo používané jsou takové, kde vtoková vložka s rozváděcími kanály má, až k vtokovému ústí takový průřez, aby v celém systému nedošlo během zpracovatelského cyklu k ztuhnutí. U většiny těchto systémů nelze vyloučit občasné strhávání ztuhle taveniny z okrajových vrstev do výstřiku. Proto se nepoužívají pro vzhledově náročné výstřiky. [3]

4.2.2 Vyhřívání trysky

Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vtokové soustavy VVS si obvykle nakupujeme od specializovaných firem. Výhodou tohoto vtoku je odstranění stopy po vtoku na výstřiku, zvětšení ústí vtoku a tím rychlejší plnění dutiny

formy a menší zatuhnutí hmoty v ústí vtoku. Lze aplikovat i na velice složité a náročné výstřiky. Nevýhodou jsou velké nároky na údržbu a materiál. [3]

4.2.3 Vytápěné rozvodové bloky

Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. Rozvodový blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Je zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici. Jeho tvar a je konstrukce přizpůsoben poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i uložení trysek. Nejčastěji je vytápěn elektrickým odporovým proudem pomocí topných hadů. [3]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zásady pro vypracování bakalářské práce:

1. Vypracovat literární studii.
2. Nakreslit model plastového dílu ve 3D.
3. Nakreslit sestavu vstřikovací formy zadaného dílu.
4. Nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy.

Vypracovaná bakalářská práce má dvě části. Část teoretickou a praktickou. Teoretická část má obsaženou obecnou problematiku vstřikování.

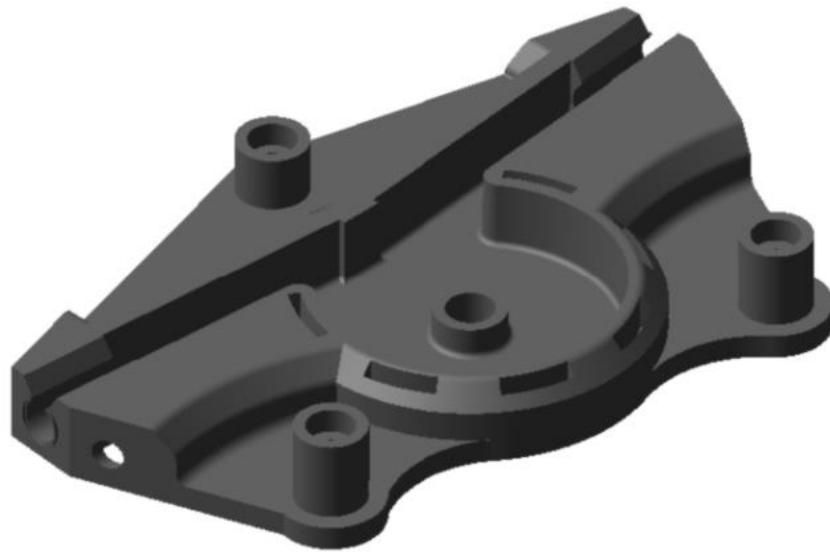
Praktická část se zaměří na zadaný plastový díl. Zde je úkolem vytvořit 3D model plastového dílu. Vychází se se z reálného výrobku. Na základě vytvořeného 3D modelu se dále musí vytvořit 3D sestava vstřikovací formy. Tato sestava se převede do 2D výkresové dokumentace.

Při návrhu a konstrukci vstřikovací formy je využito program CATIA V5R19. Normalizované součásti byly čerpány z normálí HASCO.

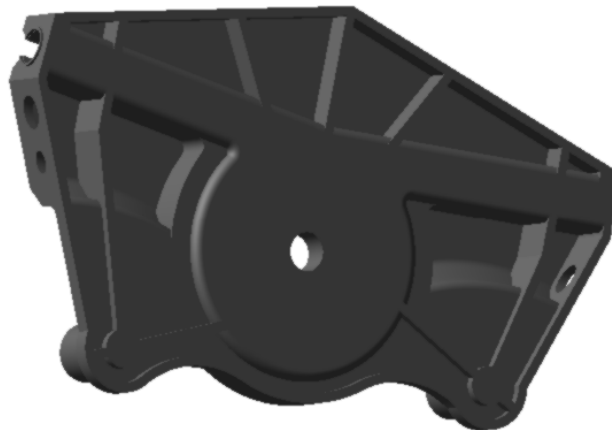
6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

6.1 Výrobek

Zadaný plastový díl vychází z reálného výrobku. Výrobek se nacházel v automobilu Škoda Fabia. Tento plastový díl byl umístěn ve dveřích řidiče, kde v soustavě dalších součástí, zabezpečoval pohyb okýnka řidiče. Hmotnost výrobku 0,05Kg a celkový povrch 0,034 m²



Obr. 25 Výrobek s vloženým materiálem v CATII



Obr. 26 Výrobek pohled ze zdola

6.2 Materiál výrobku

Materiál zadaného výrobku je Polyamid 6 plněný 15% skelných vláken.

Polyamidy jsou částečně krystalické termoplasty, patří do skupiny konstrukčních plastů. Jsou jedním z nejpoužívanějších plastů ve strojírenství. Používají se k výrobě namáhaných technických součástí. Vyznačují se vysokou mechanickou pevností a to jak při statickém tak dynamickém namáhání, nízkým tečením při dlouhodobém zatížení, použitelností v širokém rozsahu teplot. Vynikají elektroizolačními vlastnostmi, jsou odolné proti oděru, mají dobrou biologickou odolnost. Vlastnosti výrobku závisí na % vody ve výrobku. Polyamid je náchylný k nasákavosti vody. Před vstřikováním se musí vysoušet. Vstřikuje se při teplotách okolo 200 až 280 °C. Forma se chladí na teploty 40 až 120 °C. V tomto případě teplota formy by neměla přesáhnout 85 °C, protože chladicím médiem byla zvolena voda a nad tuto teplotu nelze zajistit její 100% vlastnosti. Výrobky z polyamidu se vyrábí v různých modifikacích jak s plnivý tak v různém barevném provedení.

Vstřikovaný materiál je vyztužen z 15% skelných vláken. Skleněná vlákna mají průměr (5 - 20 μm). Díky této výztuze se stává obrobek zesílenějším vůči tlaku, ohybu a stárnutí.

Hustota	1,31 (g/cm ³)
Modul pružnosti v tahu	4,85 (GPa)
Teplota měknutí	214 (°C)
Bod tání	223 (°C)
Provozní teplota	-70 až 105 (°C)
Tepelná vodivost	0,26 (W/mK)
Teplota sušení	80 (°C)
Vlhkost	0,15%

Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálu PA6 [12,13]

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstřikování byl vybrán školní hybridní vstřikovací stroj od německé firmy Arburg typ Allrounder 470 H



Obr. 27 Vstřikovací stroj typ Allrounder 470 H [11]

Maximální uzavírací síla	1000 (kN)
Maximální objem dávky	188 (cm ³)
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	470 x 470 (mm)
Velikost upínací desky	637 x 637 (mm)
Celkový příkon stroje	31 (kN)
Maximální vyhazovací síla	40 (kN)

Tab. 2 Základní parametry stroje typu Allrounder 470 H

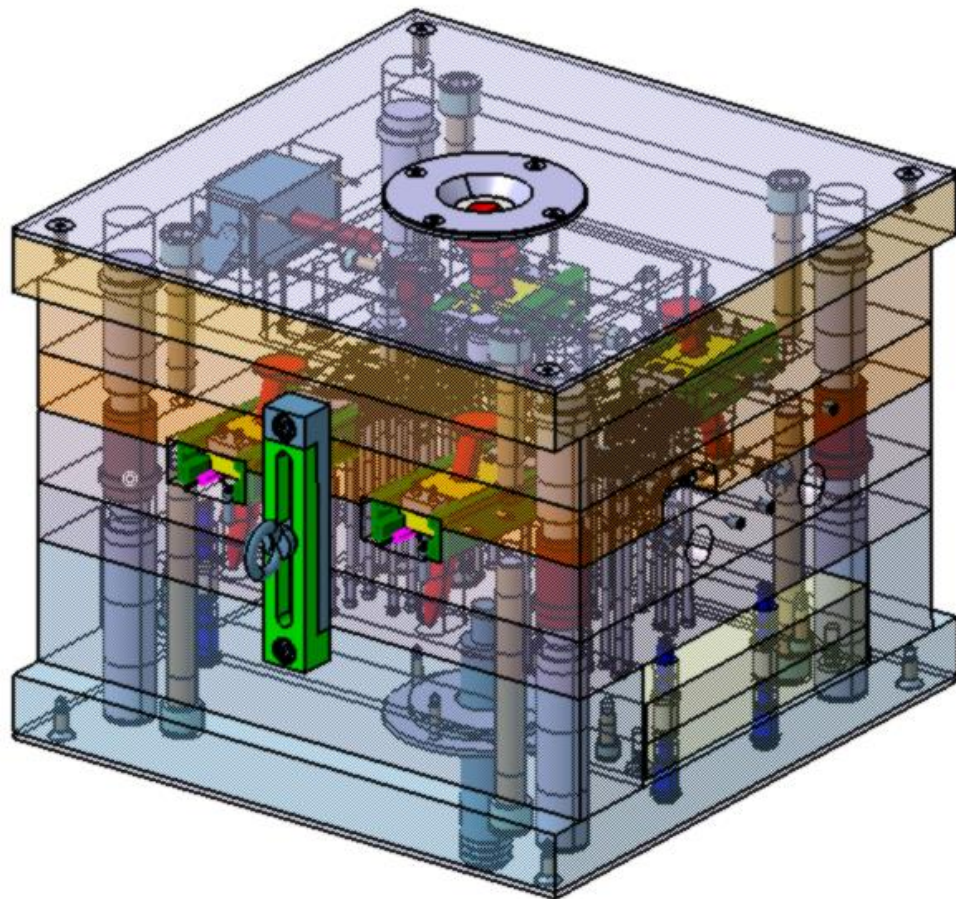
8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma by měla být konstruována s ohledem na přesnost, jednoduchost a ekonomičnost. Tvoření formy se provádělo v programu CATIA V5R19. Normalizované díly jsem si vypůjčil od firmy HASCO. Díky normalizovaným dílům se krátí čas výroby, snižuje její cena a do jisté míry usnadňuje montáž.

Forma se skládá ze sedmi desek. Základ formy byly zvoleny desky 396 x 396 x 320 mm.

Vstřikovací forma se skládá ze tří hlavních částí:

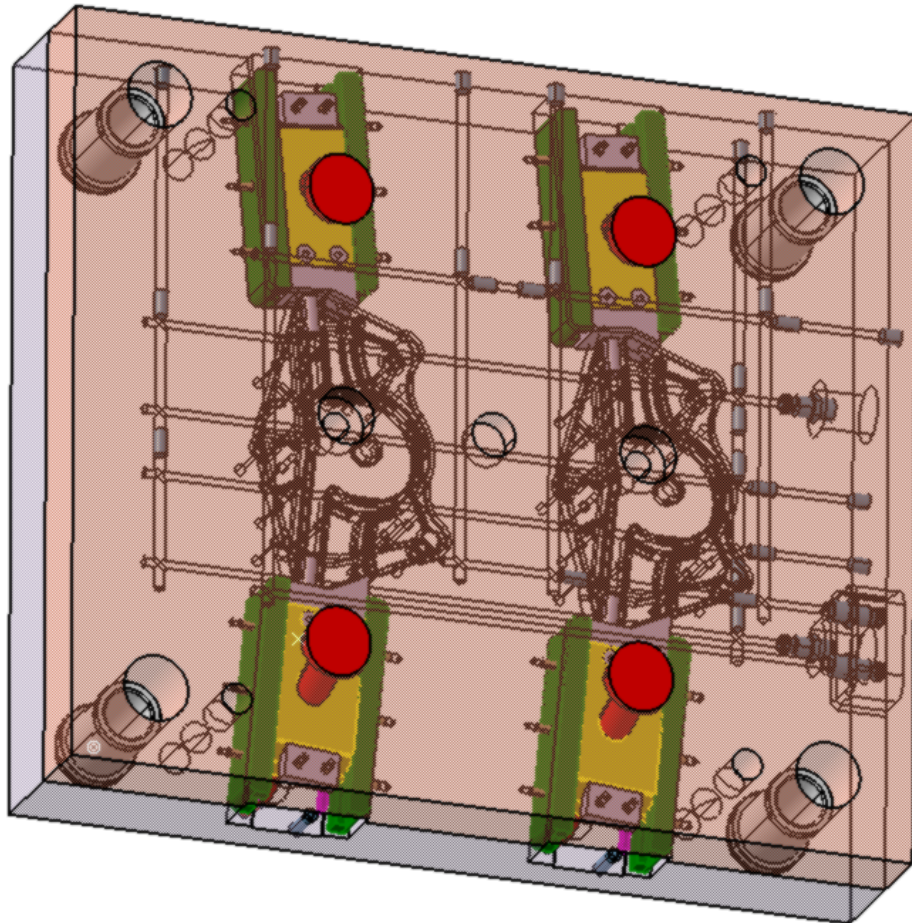
- Vstřikovací část – pravá strana formy.
- Uzavírací část – levá strana formy.
- Odformovací část – vyhazovací systém.



Obr. 28 Pohled na uzavřenou formu

8.1 Násobnost formy

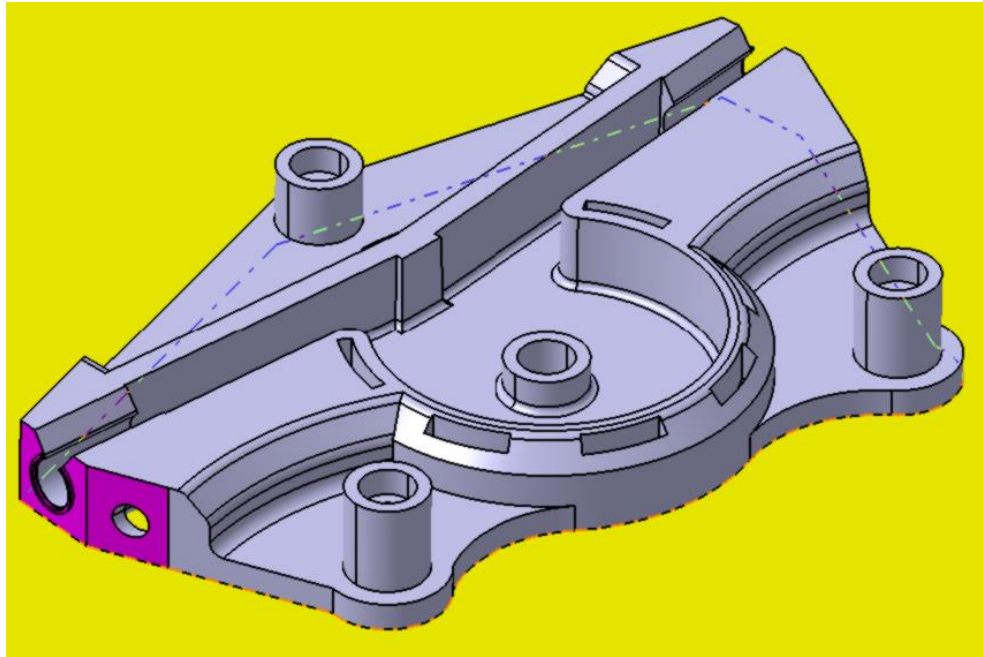
Násobnost formy byla rozhodnuta z hlediska ekonomického. Byla zvolena dvojnásobná forma. Při úvahách o násobnosti by měly být brány v potaz parametry stroje, rozměry a složitost výrobku. Z hlediska kvality výrobku je nejlepší co nejmenší násobnost formy.



Obr. 29 Násobnost formy

8.2 Dělicí rovina

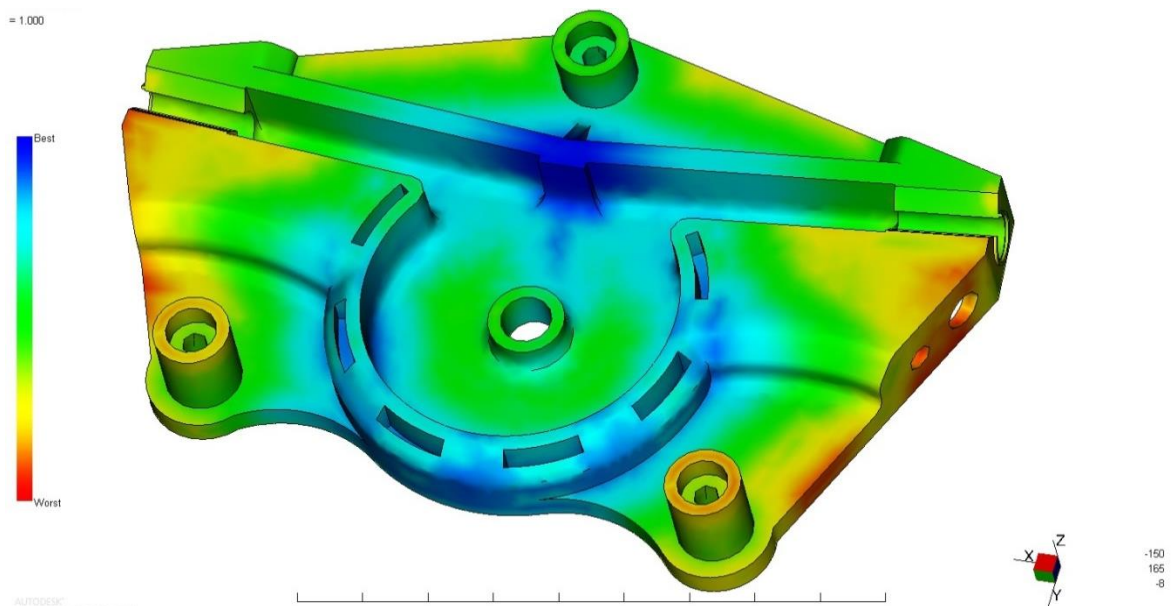
Dělicí rovina patří k rozhodujícím krokům a má na výslednou podobu formy značný vliv. Musí se rozhodnout tak, aby šel se dodržet tvar výrobku, doformování výrobku, ekonomičnost výroby i jednoduchost formy. Dělicí rovina je navržena, aby větší část výrobu zůstala v tvárnici (levá strana formy). Po otevření formy bude výrobek vyhozen za pomoci vyhazovačů.



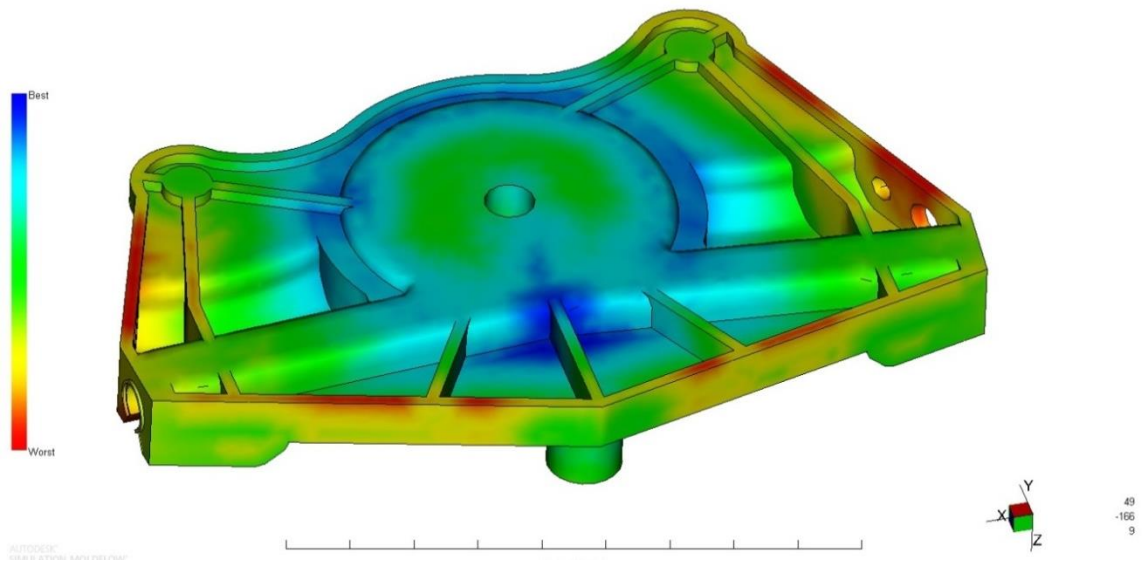
Obr. 30 Hlavní dělicí rovina (žlutě) rovina posuvných jader (fialově)

8.3 Technologická analýza

Zde je hlavní úkol analýza vtoku, čili nejlepší umístění vtoku pro zadanou součást. Simulace vstřikování byla provedena v programu Autodesk Moldflow 2014. Pro úspěšnou analýzu byl do programu nahrán vytvořený 3D výrobkem, zadán materiál a jeho parametry.



Obr. 31 Technologická analýza – pohled ze shora

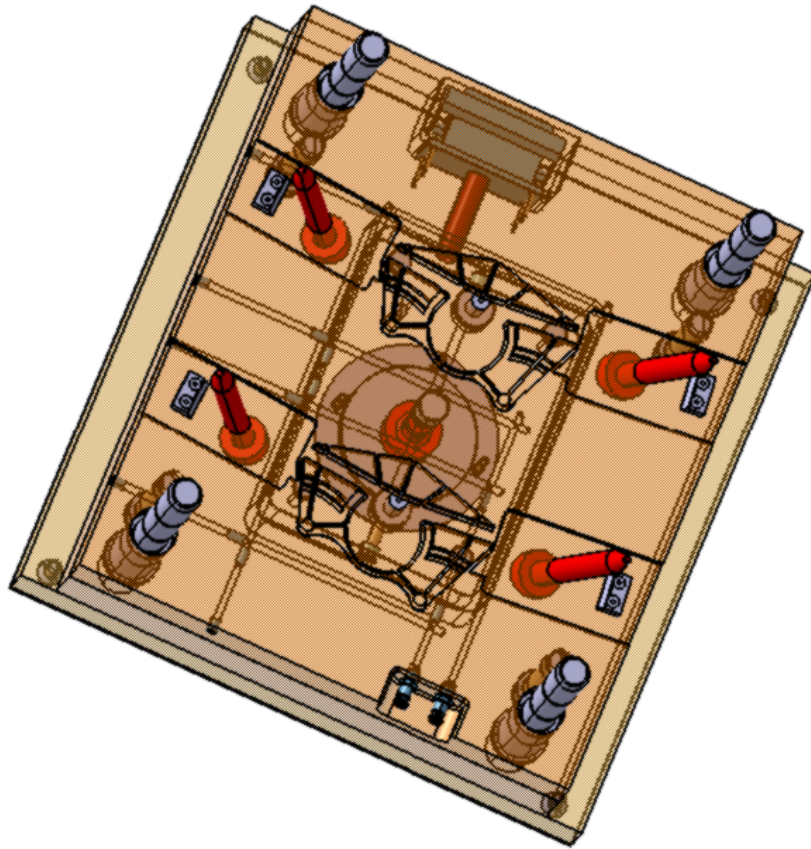


Obr. 32 Technologická analýza – pohled ze spodu

Z obrázků analýzy lze vyčíst nejlepší i nejhorší místa umístění vtoku. Nejlepší pozice je (označená modrou barvou) uprostřed výrobku. Nejméně vhodné místo pro vtok je označeno červeně.

8.4 Pravá strana formy

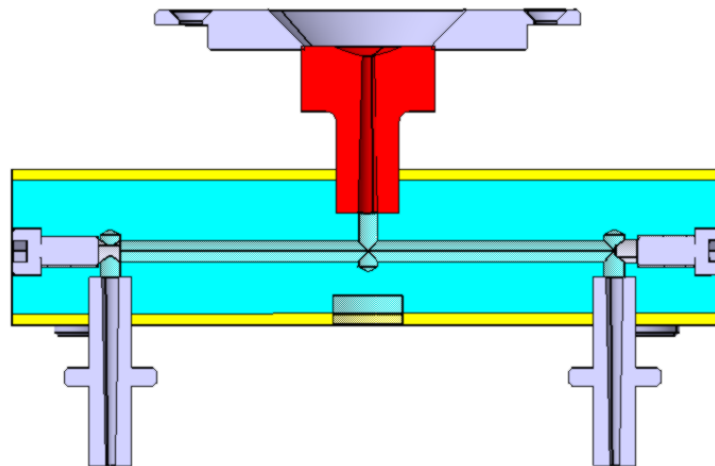
Z této strany se do formy vstříkuje polymer. Pravá strana se skládá z tvárníku, mezidesky v ní je umístěn vyhřívaný vtok, upínací a izolační deska. Desky jsou vystředěny vodícími čepky a sešroubovány šrouby. Dále zde máme středící kolík, dosedky, zámky, šikmé čepky, horké vtokové trysky, středící kroužek, vtokovou vložku, zásuvku, kabeláž, připojovací nátrubky, uzavírací šrouby, uzavírací zátky.



Obr. 33 Pravá strana formy

8.5 Horký vtok

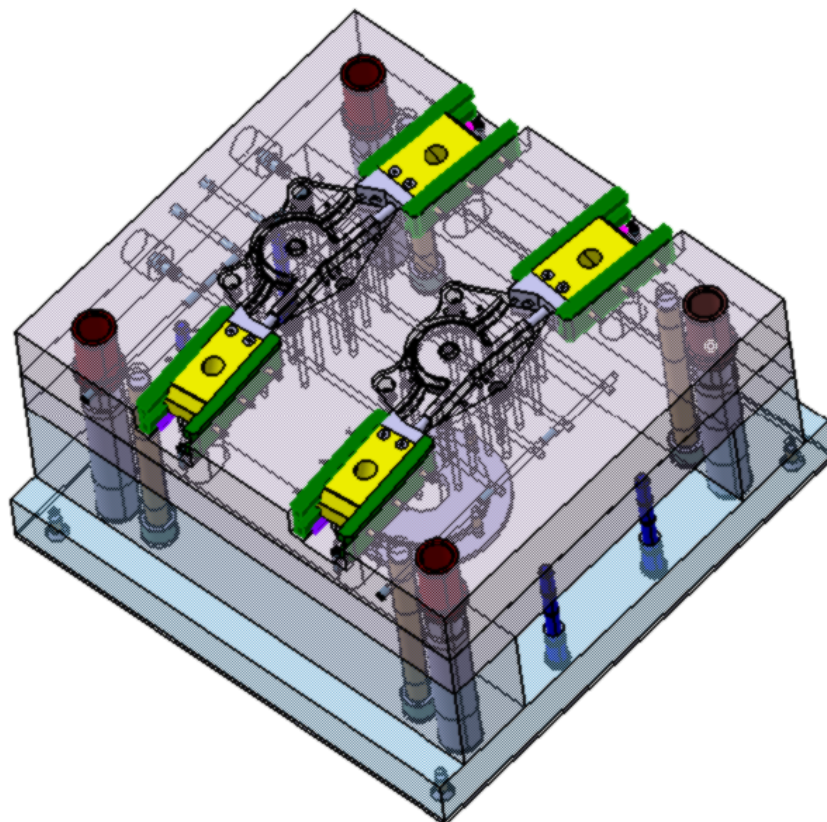
Horký vtok nám umožňuje velice ekonomicky příznivou výrobu, nevzniká odpad díky nulovému vtokovému zbytku. Umístění tohoto bloku je v mezidesce. Je vystředěn pomocí středícího a pomocného kolíku, který nám brání pootočení. Do jisté míry je i vystředěn pomocí vstříkovacích trysek. Vtokový blok je provrtán skrz na zjednodušení případného čištění. Zabezpečení proti případnému úniku polymeru je dosaženo dvěma šrouby. Dále zde je centrální vtoková vložka, středící kroužek pravý, dosedky a izolační desky přišroubovány šrouby.



Obr. 34 Řez blokem horkého vtoku

8.6 Levá strana formy

Levá strana se skládá z tvárnice, opěrné desky, rozpěrných desek, upínací a izolační deska. Desky jsou vystředěny středící trubkami a sešroubovány šrouby. Dále zde máme středící kroužek, vodící kolíky, vodící pouzdra, temperační prvky, posuvná jádra a kostky, vodící lišty, kluzné desky a pojistné kuličky.

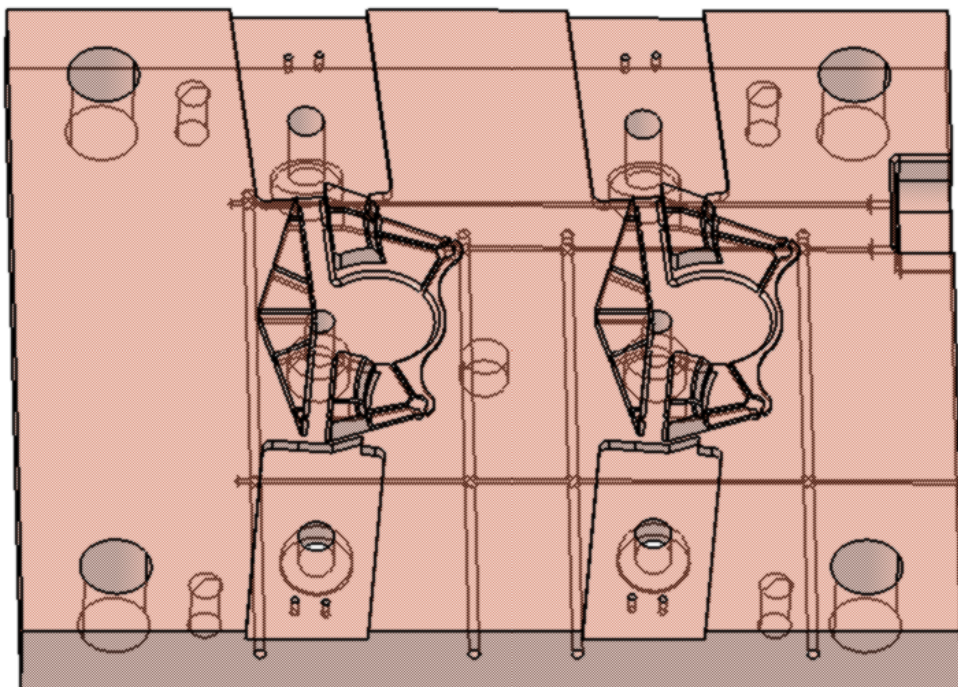


Obr. 35 Levá strana formy

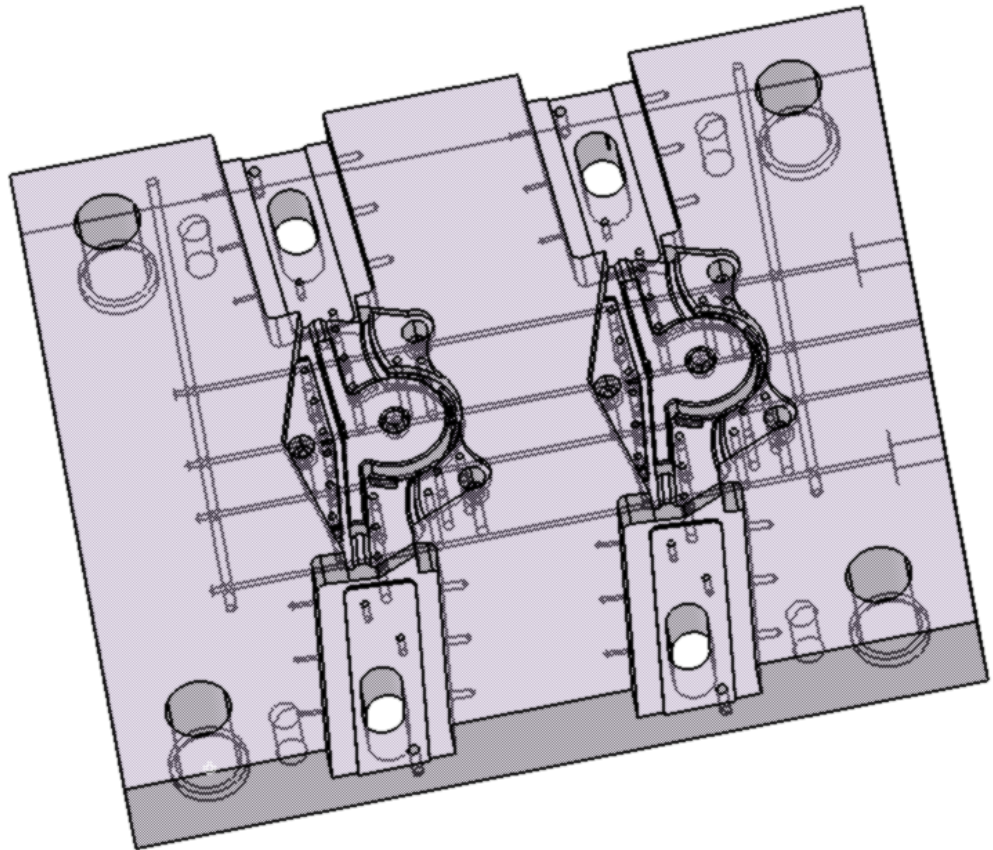
8.7 Tvárník a tvárnice

Tvárník, tvárnice nám tvoří dutinu ve formě. Musí odolávat vysokým tlakům a teplotám, které jsou na ně kladeny. Po vstříknutí polymeru udávají konečný tvar výrobku. Tvarové část tvárnice a tvárníku jsou vytvořeny negativem součásti a zvětšeny o hodnotu smrštění polymeru.

Konstrukční řešení bylo zvoleno takové, aby při otevírání formy zůstal materiál v levé části formy. Z tvárnice bude pak vyhozen za pomoci čtyřiceti vyhazovačů.



Obr. 36 Tvárník



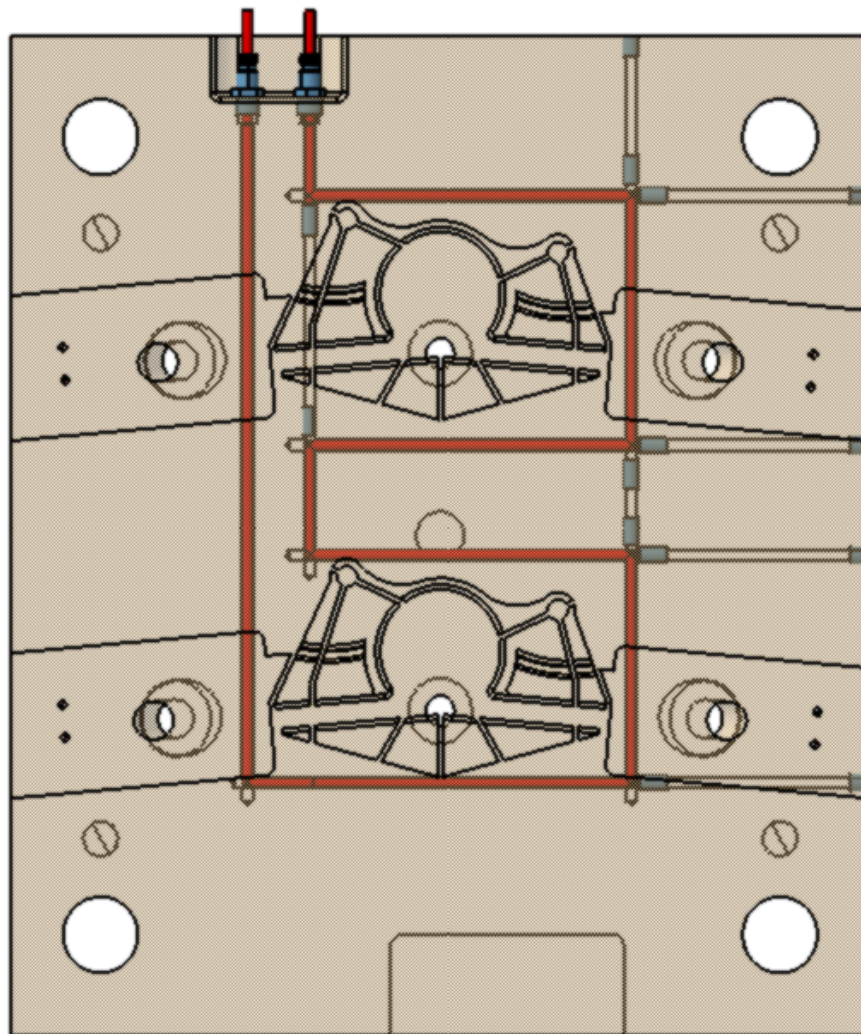
Obr. 37 Tvárnice

8.7.1 Temperace tvárníku a tvárnice

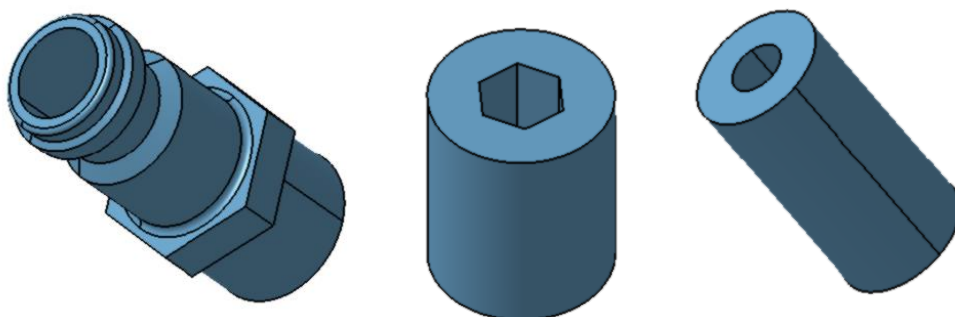
Temperace slouží k udržení konstantního režimu formy. Díky ní se dosahuje kratšího pracovního cyklu, tedy časové a ekonomické úspore. Předem určená oscilace teplot musí být zajištěna, aby se zajistily stejné podmínky pro všechny díly. Temperace nám ovlivňuje jak plnění dutiny polymerem, tak zajišťuje optimální chladnutí a tuhnutí plastu.

V tomto případě bylo rozhodnuto zvolit jako chladicí médium vodu. Z důvodu ekonomičnosti, ekologické nezávadnosti a vysokému přestupu tepla.

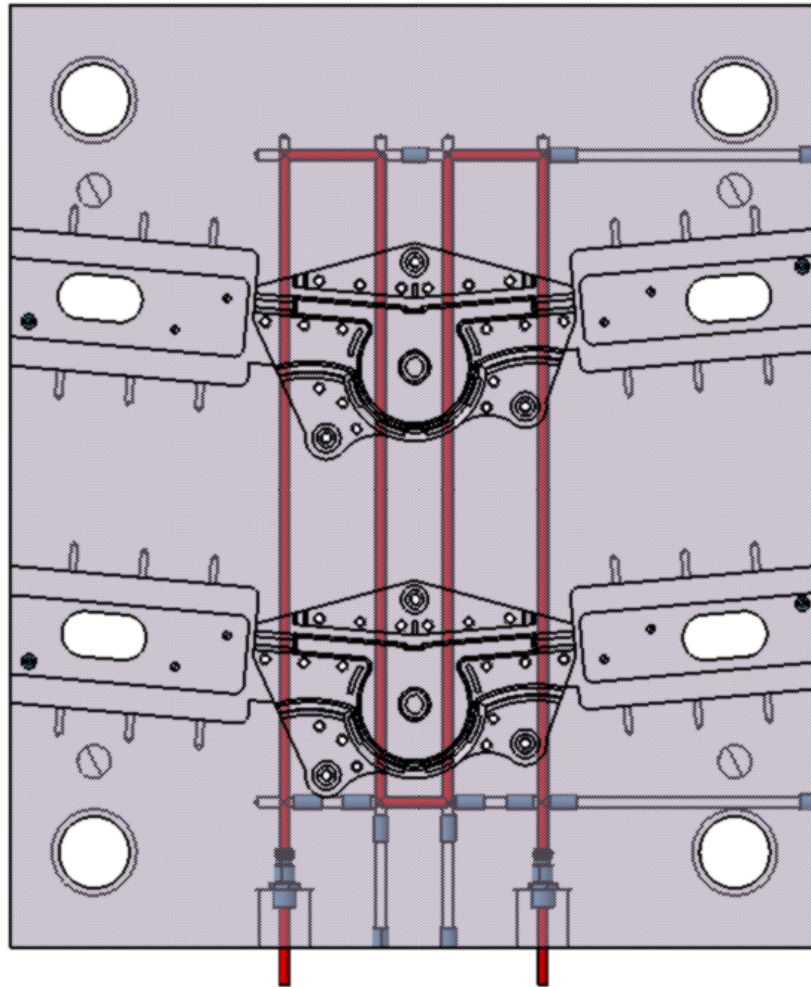
Nedílnou součástí temperací jsou temperační prvky. Jako temperační prvky byly použity připojovací nátrubky, uzavírací šroub, uzavírací zátka.



Obr. 38 Tok kapaliny v tvárniku



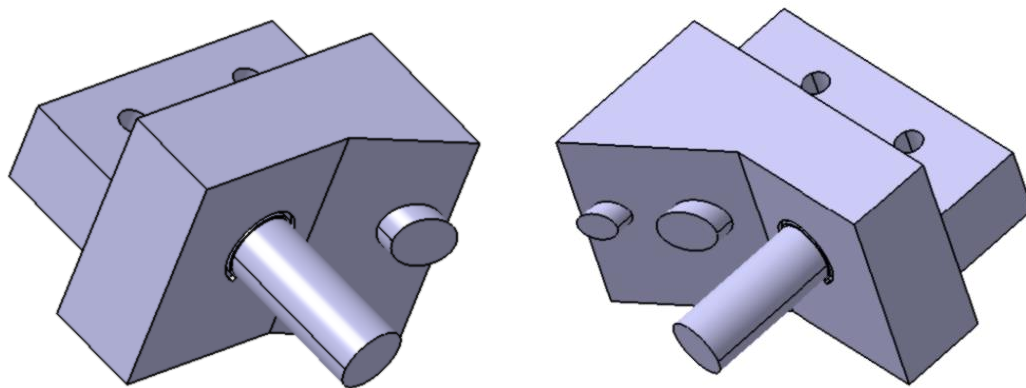
Obr. 39 Temperační prvky (připojovací nátrubek, uzavírací šroub, uzavírací zátka)



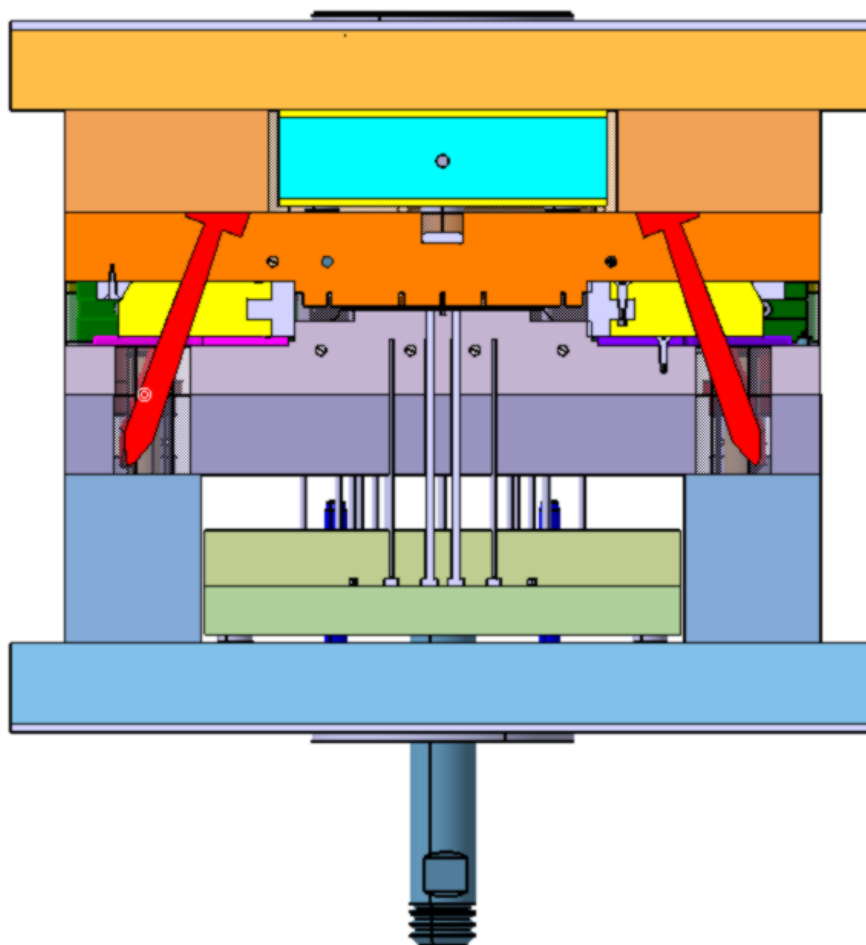
Obr. 40 Tok kapaliny v tvárnici

8.8 Posuvná jádra

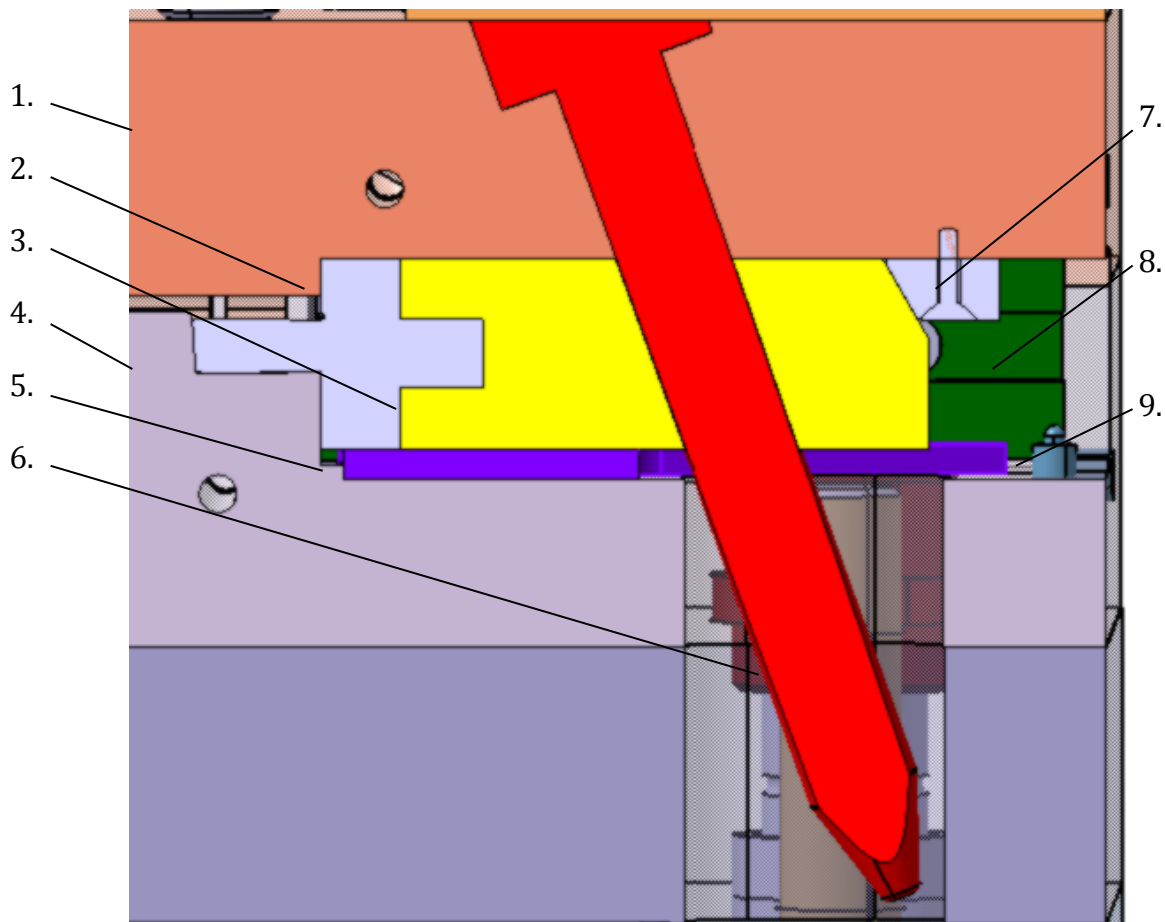
Posuvná jádra slouží k doformování bočních dutin na výrobku. Toto doformování bočních otvoru se dá vyřešit šikmými, lomenými čepy, tahači (posuvnými kastami) a vedením. Na tento výrobek bylo zapotřebí dvou páru posuvných jader i kostek. Posuvné kostky jezdí po osmi vodících lištách. Tyto lišty jsou přišroubovány k tvárnici za pomoci dvaceti čtyř šroubů. Ze spodní části jezdí kostky po kluzných deskách (které jsou přišroubovány k tvárnici) a jejich konečnou polohu zaručuje pojistná kulička. Ta při mezní poloze zaskočí do posuvné kostky. Silou uzavírání zase vyskočí. Posuvná kostka se pohybuje posuvně vratným pohybem za pomoci šikmých kolíků umístěných v pravé straně formy. Kolíky jsou pod úhly. Zámek nám slouží jako konečné vystředění polohy při zavření formy.



Obr. 41 Posuvná jádra



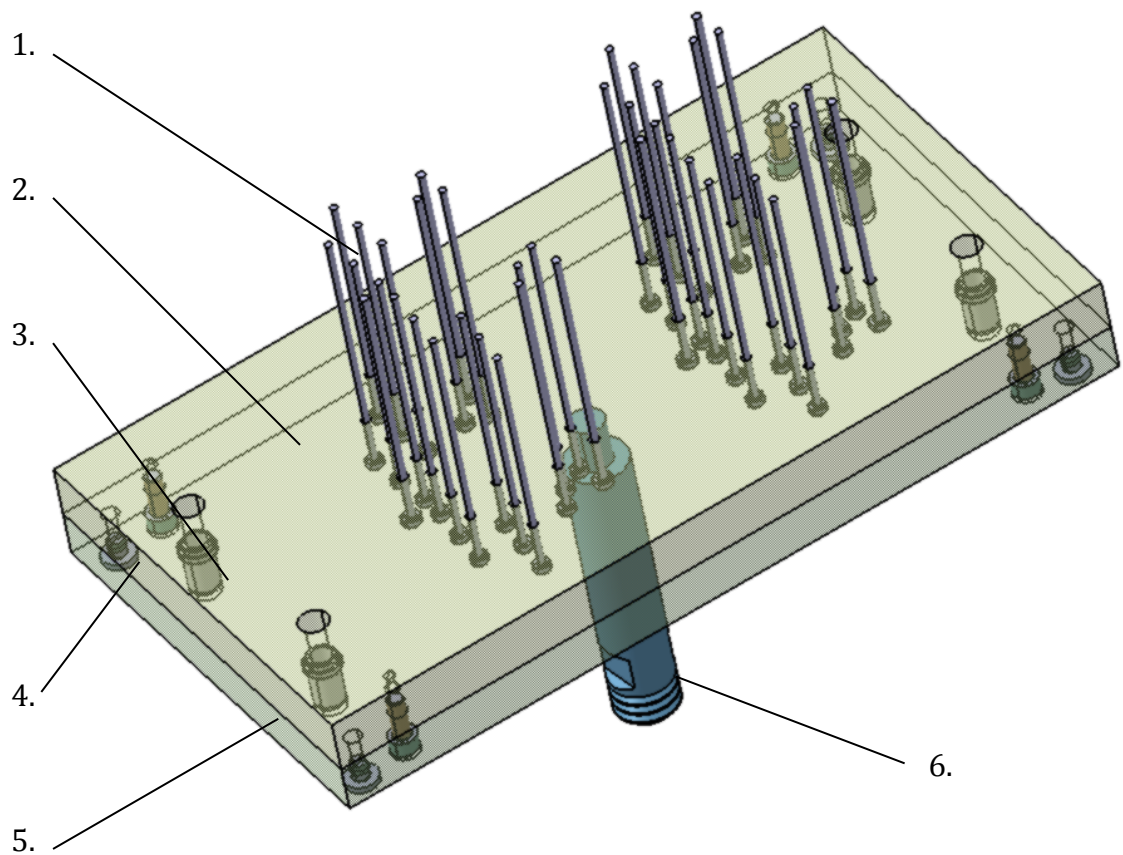
Obr. 42 Řez formou se zaměřením na posuvná jádra



Obr. 43 Detail posuvného jádra (1. Tvárník, 2. Posuvné jádro, 3. Posuvná kostka, 4. Tvárnice, 5. Kluzná deska, 6. Šikmý kolík, 7. Zámek, 8. Vodící lišta, 9. Pojistná kulička)

8.9 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém umožňuje vyhození výrobku. V tomto případě za pomoci válcových vyhazovačů (počet 40 kusů). Vyhazovače jsou usazeny mezi vyhazovací a opěrnou deskou. Vedení při pohybu zajišťují kolíky (v právě straně formy) a středící kroužky vystředěny stejným způsobem. Pohyb soustavy zajišťuje táhlo přimontované k opěrné desce. Pro snížení hluku a zpříjemnění obsluhy na dílně se na spodní stranu opěrné desky umísťují dosedky. Opěrná a kotevní deska jsou sešroubovány šrouby.



Obr. 44 Vyhazovací systém (1. Vyhazovače, 2. Kotevní deska, 3. Vodící pouzdro, 4. Dosedka, 5. Opěrná deska, 6. Táhlo)

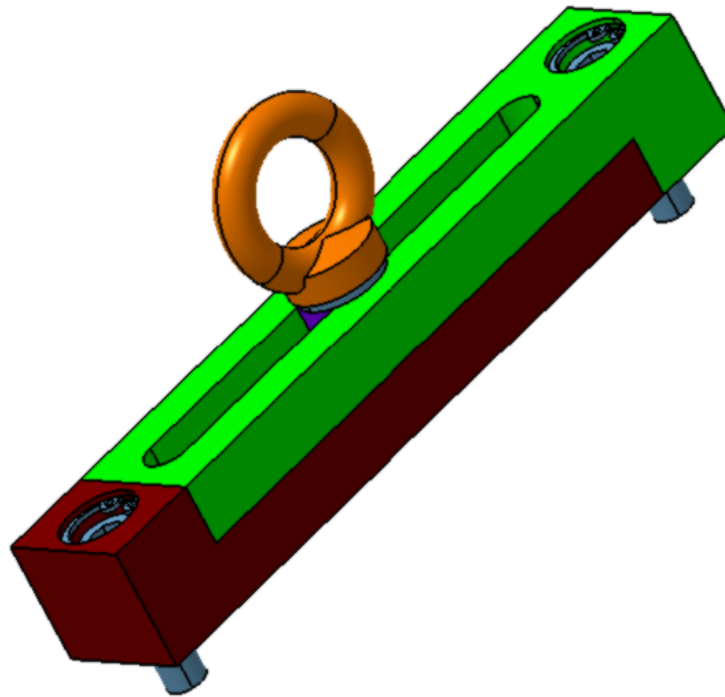
8.10 Odvzdušnění

Po uzavření formy dochází k uvěznění vzduchu v tvarové dutině. V dutině narůstá teplota a tlak při vstřikování, vzduch se ohřívá a rozpíná. Musí se dostat ven, jinak by mohlo dojít k výrobním chybám (spálená místa na výrobku).

Pro tento případ je odvzdušnění možné díky postačujícím vůlím mezi tvárnici a tvárníkem, tvárnici a vyhazovacím systémem; tvárnici a posuvnými jádry.

8.11 Zřízení určené k transportu formy

Potřebujeme s formou manipulovat při upínání do stroje. Na to nám slouží zařízení, které je na to určeno, takzvaný transportní můstek. Toto zařízení je sešroubováno s levou i pravou stranou formy. Toto opatření eliminuje otevření formy během přepravy.



Obr. 45 Transportní můstek

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit vstřikovací formu pro nám zadaný plastový výrobek a teoreticky popsat problematiku konstrukce vstřikovacích forem a jejich částí. Pro vstřikovaný výrobek byl použit materiál PA6 s 15 % skla. Vymodelování modelu v 3D, návrh formy v 3D i sestavy ve 2D byly realizovány v programu CATIA V5R19. Použité normalizované díly byly využity z normálíí HASCO.

Při návrhu formy bylo využito poznatků shromážděných v teoretické části. Hlavním úkolem bylo vytvořit formu pro zadaný díl. Násobnost formy byla zvolená dvojnásobná. Rozměry formy se uzpůsobily výrobku a jeho doformování. Bylo využito horkého vtoku. Dělicí rovina je navržena, aby větší část výrobu zůstala v tvárnici (levá strana formy). Po otevření formy bude výrobek vyhozen za pomoci vyhazovačů. Tvárník a tvárnice jsou negativem tvaru výrobku. Posuvná jádra slouží k doformování bočních dutin na výrobku. Temperace je zajištěná soustavou kanálku, jejíž průřez a rozmístění bylo voleno tak, aby se zajistilo dostatečné chlazení formy. Odvzdušnění formy se zajišťuje pomocí vůle vyhazovačů a dělicí roviny. Vyhození výstřiku z formy se děje mechanicky za použití vyhazovacího systému, kde jsou válcové vyhazovače. Pro případnou přepravu formy byl zvolen transportní můstek.

Všechny řezy a výkresy jsou přiloženy ve fyzické podobě, nahrány na portálu a také uloženy na CD, které je vloženo přední v kapse vazby. Pro efektivnější a ekonomičtější i rychlejší realizaci formy byl zvolen stavebnicový systém. Forma se skládá ze sedmi desek. Konečné rozměry formy jsou 396 x 396 x 320 mm. Forma je konstruována pro stroj od firmy Arburg typ Allrounder 470 H. Při návrhu vstřikovací formy se nevyskytly omezení typu velikost rámu, velikost objemu vstřikované taveniny a velikost tvarových desek. Zvolený stroj všechny kritéria splňuje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, V. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*, 2. vyd. Praha: VŠCHT, 206. 278 str.
- [2] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů*, 2. vyd. BEN, 2009. 247 str.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl- Vstřikování termoplastů*, 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 134 str.
- [4] TOMIS, F., *Základy Gumárenské a, plastikářské technologie*. 1. vyd. vyd. VUT Brno 1975. 278 str.
- [5] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení – Gumárenské a, plastikářské stroje II*. 1. vyd. VUT Brno 1990. 199 str.
- [6] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl- Vstřikování termoplastů*, 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 212 str.
- [7] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985. 374 str.
- [8] Kulhánek Jan a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1966. 224 str.
- [9] LENFELD, P. *Technologie II. - Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupná na [www](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm):
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [10] STANĚK, M. *přednášky T5KO*
- [11] www.elmia.sa Dostupná na [www](http://www.ensinger.cz/cz/odlevani-polyamidu/nyrim-technologie-a-vyrobky/technicka-data/):
<http://www.ensinger.cz/cz/odlevani-polyamidu/nyrim-technologie-a-vyrobky/technicka-data/>
- [12] www.ensinger.cz Dostupná na www:
<http://www.elmia.se/Global/Externa-nyheter/1365/423a79f8-c817-4622-bc29-2c1c6c8daa47.jpg>
- [13] www.matbase.com Dostupná na www:
<http://www.matbase.com/material-categories/natural-and-synthetic-polymers/engineering-polymers/material-properties-of-polyamide-6-nylon-6-pa-6.html#mechanical-properties>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T _g	Teplota skelného přechodu, udává se v [°C]
K _g	Vyjádření hmotnosti.
MPa	Vyjádření tlaku.
mm	Vyjádření délky.
°C	Vyjádření teploty ve stupních celsia.
W/m*K	Jednotka tepelné vodivosti
m/s	Vyjádření rychlosti.
R _a	Parametr vyjádření drsnosti, jde o střední aritmetickou úchylku profilu.
2D,3D	Zkratky z výrazu dvoudimenzionální a trojdimenzionální rozměru.
PA6	Označení Polyamidu
H	Označení hybridního vstřikovacího stroje.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Základní klasifikace polymerů z hlediska jejich chování za běžné a zvýšené teploty [1]	12
Obr. 2 Struktura reaktoplastu [9]	13
Obr. 3 Struktura termoplastu [9]	13
Obr. 4 Vstřikovací cyklus [4]	15
Obr. 5 Schéma vstřikovacího stroje [9]	17
Obr. 6 Vstřikovací jednotky [5]	17
Obr. 7 Principy vstřikování [4]	18
Obr. 8 Plastifikace – topné pásy [9]	19
Obr. 9 Dosednutí trysky stroje na trysku formy [3]	19
Obr. 10 Uzavírací jednotky [5]	21
Obr. 11 Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [3]	21
Obr. 12 Řez vstřikovací formou [10]	22
Obr. 13 Umístění vyhazovacích kolíků [6]	25
Obr. 14 Vyhazovací kolíky [6]	25
Obr. 15 Vliv rozmístění temperačních kanálů [6]	27
Obr. 16 Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny [6]	27
Obr. 17 Vtokový systém formy [3]	28
Obr. 18 Obecné zásady volby vtokového systému [3]	30
Obr. 19 Obecné zásady volby vtokového systému – průřezy vtokových kanálů [3]	30
Obr. 20 Obecné zásady volby vtokových systému – odstupňovaný	30
Obr. 21 Přidržovač vtoku [3]	31
Obr. 22 Zachycení čela proudu taveniny [3]	31
Obr. 23 Větvení toků [3]	31
Obr. 24 Základní typy vtokových ústí [3]	32
Obr. 25 Výrobek s vloženým materiálem v CATII	37
Obr. 26 Výrobek pohled ze zdola	37
Obr. 27 Vstřikovací stroj typ Allrounder 470 H [11]	39
Obr. 28 Pohled na uzavřenou formu	40
Obr. 29 Násobnost formy	41
Obr. 30 Hlavní dělicí rovina (žlutě) rovina posuvných jader (fialově)	42
Obr. 31 Technologická analýza – pohled ze shora	42

<i>Obr. 32 Technologická analýza – pohled ze spodu</i>	43
<i>Obr. 33 Pravá strana formy.....</i>	44
<i>Obr. 34 Řez blokem horkého vtoku</i>	45
<i>Obr. 35 Levá strana formy.....</i>	45
<i>Obr. 36 Tvárník.....</i>	46
<i>Obr. 37 Tvárnice.....</i>	47
<i>Obr. 38 Tok kapaliny v tvárníku</i>	48
<i>Obr. 39 Temperační prvky (připojovací nátrubka, uzavírací šroub, uzavírací zátka).....</i>	48
<i>Obr. 40 Tok kapaliny v tvárníku</i>	49
<i>Obr. 41 Posuvná jádra.....</i>	50
<i>Obr. 42 Řez formou se zaměřením na posuvná jádra.....</i>	50
<i>Obr. 43 Detail posuvného jádra (1. Tvárník, 2. Posuvné jádro, 3. Posuvná kostka, 4. Tvárnice, 5. Kluzná deska, 6. Šikmý kolík, 7. Zámek, 8. Vodící lišta, 9. Pojistná kulička).....</i>	51
<i>Obr. 44 Vyhazovací systém (1. Vyhazovače, 2. Kotevní deska, 3. Vodící pouzdro, 4. Dosedka, 5. Opěrná deska, 6. Táhlo)</i>	52
<i>Obr. 45 Transportní můstek.....</i>	53

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 <i>Vybrané vlastnosti materiálu PA6</i> [12,13]	38
Tab. 2 <i>Základní parametry stroje typu Allrounder 470 H</i>	39

SEZNAM PŘÍLOH

PI Sestava

PII Kusovník

PIII Kusovník

PIV CD obsahuje:

- 3D model formy
- Výkresová dokumentace
- Bakalářská práce