

Konstrukce Vstřikovací Formy pro výrobu krytu konektoru

David Pohůnek

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Pohůnek**

Osobní číslo: **T13107**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu krytu konektoru**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílu.
3. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovací formy.
4. Nakreslete 2D sestavu formy s kusovníkem.

prof. Ing. Jaroslav Hájek, Ph.D.



doc. Ing. František Štáhl, Ph.D.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího BP.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

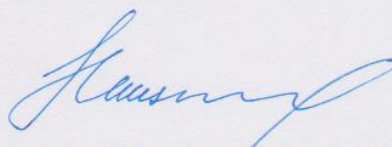
Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 29. ledna 2016



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



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

Příjmení a jméno: Pohůnek David

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 17.5.2016

Pohůnek David

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 nevydělečně 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 předpisy vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro zadaný plastový výrobek. První část je teoretická, která se zabývá polymerními materiály a problematikou postupu při konstrukci vstřikovacích forem. Zahrnuje popis technologie vstřikování, vstřikovací stroj a vstřikovací formu. Druhá část je praktická, která je zaměřena na samotnou konstrukci formy. Obsahuje popis vstřikovaného výrobku, volbu vstřikovacího stroje a popis funkce konstrukčního řešení vstřikovací formy.

Klíčová slova: vstřikování, konstrukce formy, 3D model

ABSTRACT

This bachelor thesis is dealing with the construction of the injection mold for particular plastic product. The first part is theoretical and is connected with polymeric materials and with rules of construction of the injection molds. It includes description of the injection technology, injection molding machine and injection mold. The second part is practical that is focused at the construction of injection mold itself. It contains a description of the injection-molded product, choice of the injection molding machine and description of function resolution of the injection mold.

Keywords: injection molding, mold design, 3D model

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval Panu Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D. za odborné rady a profesionální přístup a mé rodině za trpělivost.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY A JEJICH ROZDĚLENÍ	12
1.1 ELASTOMERY	12
1.2 PLASTY	12
1.2.1 Reaktoplasty	13
1.2.2 Termoplasty.....	13
2 VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2.1.1 Tok taveniny.....	16
3 VSTŘIKOVACÍ STROJ	17
3.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	17
3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	18
3.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE	18
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	20
4.1 ZÁSADY PRO KONSTRUKCI VYSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	20
4.2 NÁSOBNOST FOREM.....	20
4.3 SMRŠTĚNÍ.....	20
4.4 VYHAZOVCÍ SYSTÉMY.....	21
4.4.1 Vyhadzování pomocí kolíků	22
4.4.2 Pneumatické vyhadzování.....	23
4.4.3 Vyhození pomocí stíracích kroužků a desek.....	24
4.4.4 Vyhození vtokového zbytku	24
4.5 TEMPERACE FORMY	24
4.5.1 Temperační prostředky.....	25
4.6 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	26
4.7 VTKOVÝ SYSTÉM	26
4.7.1 Studené vtokové systémy	26
4.7.2 Vyhřívané vtokové systémy	30
4.8 RÁM FORMY	30
4.9 MATERIÁLY FOREM.....	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	34
6 POUŽITÉ PROGRAMY	35
6.1 CATIA V5R19	35
6.2 HASCO DAKO MODUL.....	35
7 SPECIFIKACE VÝROBKU	36
8 VSTŘIKOVACÍ STROJ	37
9 KONSTRUKCE FORMY	38

9.1	NÁSOBNOST	38
9.2	VOLBA DĚLÍCI ROVINY A TVAROVÝCH DUTIN.....	38
9.3	VYHOZENÍ VÝROBKU	40
9.4	VTOKOVÝ SYSTÉM	43
9.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	45
9.6	ODVZDUŠNĚNÍ.....	47
9.7	PRAVÁ STRANA FORMY	47
9.8	LEVÁ STRANA FORMY	49
9.9	MANIPULACE S FORMOU	50
9.10	SESTAVA FORMY	51
ZÁVĚR		54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		56
SEZNAM OBRÁZKŮ		58
SEZNAM TABULEK.....		60
SEZNAM PŘÍLOH.....		61

ÚVOD

V současné době se výrobky z polymerních materiálů stávají neodmyslitelnou součástí ve všech odvětvích průmyslu (zvláště pak v automobilovém a leteckém), ale i v aplikacích všedního života. Je to dáno faktem, že spousta výrobků, jež byly dříve vyráběny z konvekčních materiálů jsou nahrazovány právě polymerními materiály. Plasty konkurují zejména nízkou cenou, mechanickými a fyzikálními vlastnostmi a zpracovatelskými technologiemi. Mezi zpracovatelské technologie patří zejména vytlačování, válcování, lisování, odlévání, tvarování a v největším rozsahu technologie vstřikování, které byla věnována tato bakalářská práce.

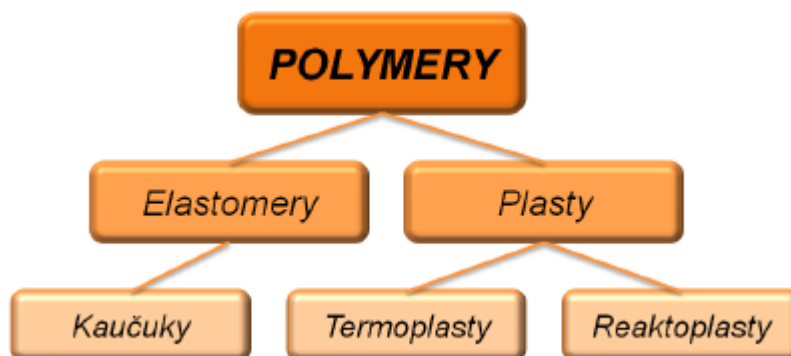
Vstřikování je zpracovatelský proces pro tváření plastických hmot za pomoci tepla a tlaku. Tento proces již ve velké míře nahradil řadu způsobů výroby tvarově složitých a těžce zhotovitelných výrobků, kterých by bylo obtížné dosáhnout jinými technologiemi. Provádí se na zařízení, jehož součástí je vstřikovací stroj, forma a uzavírací mechanismus. Forma obsahuje dutinu, jejíž tvar je negativem budoucího výrobku. Měla by být dostatečně tuhá, umožnit snadné vyjmutí, odolávat vysokým tlakům a zachovat rozměrovou i tvarovou stálost výrobku.

Návrh a konstrukce formy je velmi složitý a náročný technologický postup a je řešen pro každý výrobek individuálně. Jedním z hlavních kritérií je druh vstřikovaného plastu, tvarová složitost výrobku, násobnost a mnoho další. Pro zjednodušení konstrukce vstřikovací formy se používá mnoho druhů softwaru na modelování a simulaci vstřikovacího cyklu. Tím se předchází chybám ve výrobě, které by se promítly do ekonomické stránky výroby.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY A JEJICH ROZDĚLENÍ

Polymery patří mezi chemické látky, které mají díky svým obrovským molekulám, řadu různých vlastností. Základní rozdělení polymerů je na elastomery a plasty viz. obr.1. [1]



Obr. 1 Základní rozdělení polymerů

1.1 ELASTOMERY

Elastomer je vysoce elastický polymer, za běžných podmínek jej lze malou silou deformovat bez porušení. Tato deformace je z velké části vratná. Převládající skupinou elastomerů jsou kaučuky. Jedná se o polymerní materiály, které též v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, nicméně jen omezenou dobu. V průběhu dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. [2]

1.2 PLASTY

Plasty jsou syntetické nebo přírodní makromolekulární látky s přísadami (stabilizátory, maziva, plniva, barviva, změkčovadla, nadouvadla atd.) regulované do výchozí podoby pro zpracování - např. prášku, granulátu atd. Účinkem tepla je možné plast tavit na taveninu a následně například vstřikováním do formy tvarovat na plastový výrobek nebo u reaktoplastů vytvrdit chemickou reakcí a teplem. [1]

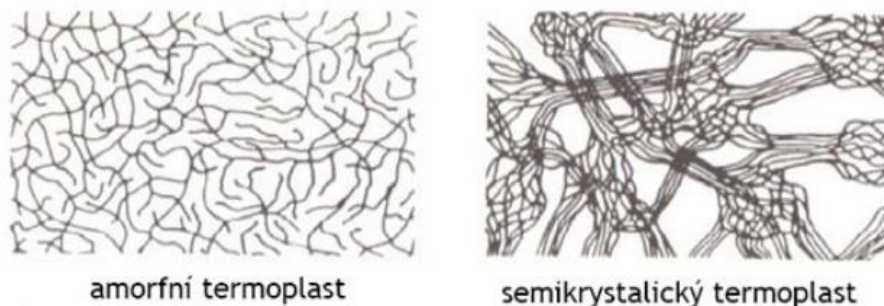
1.2.1 Reaktoplasty

Tyto plasty se vytvrzují chemickou reakcí a vzniklým teplem. Oproti tomu od termoplastů není možnost reaktoplasty opětovným zahříváním roztavit a uvést do fáze taveniny. Jsou to velmi tvrdé polymery, protože vytvářejí velmi husté prostorové struktury monomerů. Jejich recyklace je nesnadná. [1]

1.2.2 Termoplasty

Zahříváním následně měknou až na taveninu, jenž je možné vstříkovat. Následným zchlazením se dosáhne pevného výrobku, který je eventuálně opětovným zahříváním transformovat na taveninu a tu znovu zpracovat. Tento postup lze aplikovat vícekrát. Termoplasty se dále rozděluje podle struktury na: [1]

- Amorfni: prostorové uspořádání řetězců je nepravidelné.
- Semikrystalické: většina řetězců je pravidelně uspořádaná a tvoří krystalické útvary, zbytek má amorfni uspořádání.

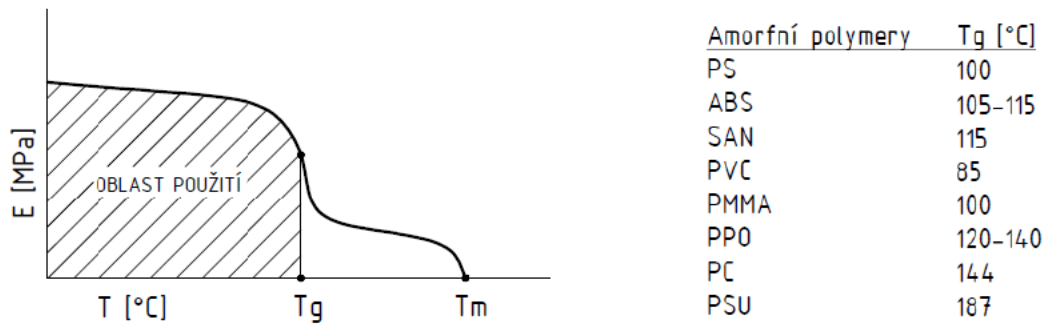


Obr. 2 Struktury termoplastů

Amorfni termoplasty:

Jejich řetězce jsou různorodě prostorově uspořádány. Jsou příznačné tvrdostí, vysokou pevností, křehkostí, modulem pružnosti a vzhledem k nízkému indexu lomu (1,4 až 1,6) jsou průhledné, respektive podle propustnosti světla čiré (92 % propustnosti světla), transparentní anebo průhledné (60 % propustnosti světla).

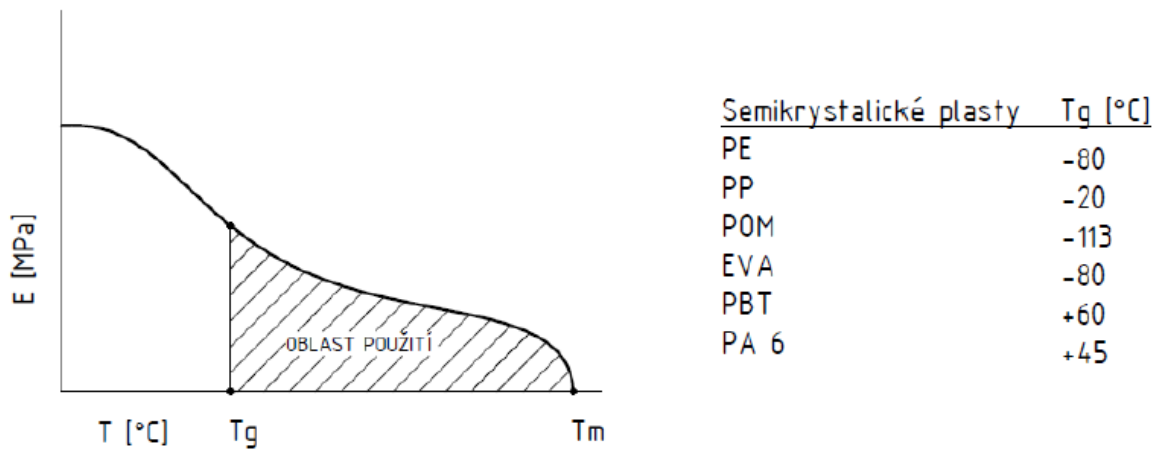
Koeficient teplotní roztažnosti je menší než u semikrystalických termoplastů. Aplikovatelnost amorfni termoplastů je do teploty zeskenění T_g . [2], [3]



Obr. 3 Oblast použití amorfních plastů

Semikrystalické termoplasty:

Jsou polymery, kde je významná část řetězců těsně a pravidelně organizována a tvoří krystalické formace. Zůstatek má amorfní uspořádání. Podíl mezi amorfní a krystalickou částí se formuluje jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 40 do 90 %). Nemůže nikdy dosáhnout 100 %, proto se krystalické plasty označují jako semikrystalické. Patří sem PE, PP, PA, PTFE, POM, atd. Jsou mléčně zakalené, index lomu je větší a jsou charakterizovány houževnatostí materiálu, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je do teploty tání T_m. [2],[3]



Obr. 4 Oblast použití semykryštalických plastů

2 VSTŘIKOVÁNÍ

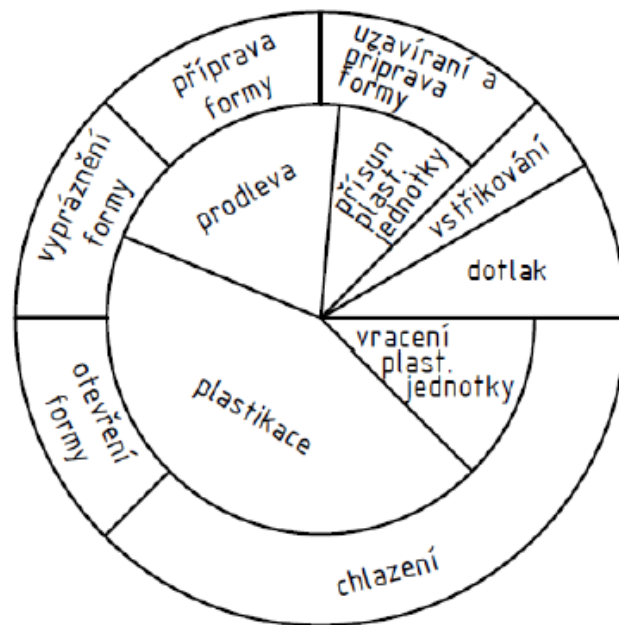
Technologie vstřikování je nejrozšířenější způsob výroby plastových dílů. Poměrně často se prosazuje i při zpracování kaučukovitých směsí. V nynější době se vstřikováním zpracuje spousta polymerů a smysl této technologie stále stoupá. Dovoluje produkovat kvalitní, levné a rozměrově přesné výrobky.

Vstřikování je poměrně složitý fyzikální proces, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. Během procesu vstřikování se roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopravuje do dutiny formy a tam je ochlazen na tvar požadované součásti. Vše je uskutečněno během jedné operace kdy se polymerní směs (granulát, prášek) mění v požadovaný hotový výrobek. [2] [3]

Technologie vstřikování se používá výhradně u velkosériové výroby, jelikož cena vstřikovacího stroje a formy je vysoká.

2.1 Vstřikovací cyklus

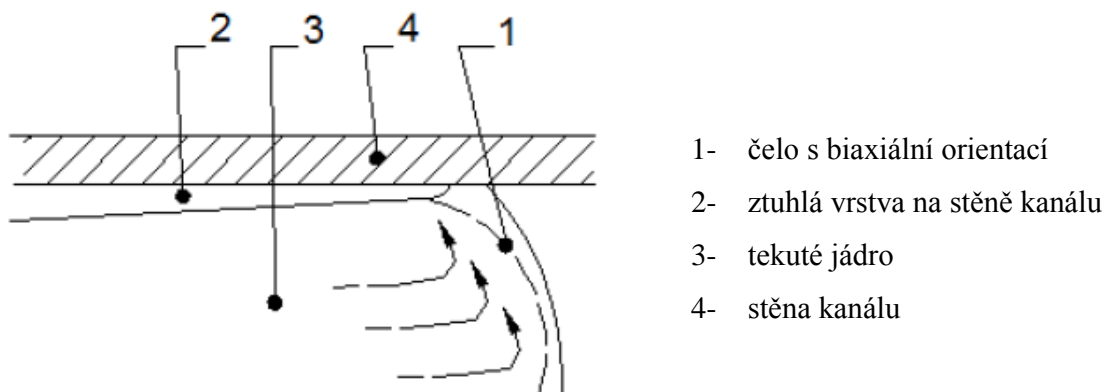
Vstřikovací cyklus obsahuje dvě oblasti, první zahrnuje plastikační jednotku a druhá formu. K uzavřené formě je přisunuta plastikační jednotka, ze které je vstříknut roztavený materiál do dutiny formy. Doba, během které se plní dutina formy, je nazývána doba plnění. Když je dutina formy zaplněná materiálem, působí se tlakem a tento jev je označován jako dotlak. Doba, během které působí dotlak, je nazývána jako doba doplňování. Účelem dotlaku je zabránit unikání materiálu z dutiny formy a částečně vyrovnat vliv smrštění. Vstřikovací jednotka se po dokončení dotlaku oddálí od formy, aby v ní mohla začít plastikace další dávky. Po dostačujícím ochlazení výstřiku, dutina formy se otevře a výstřik se vyhazuje. Následuje očištění a příprava formy pro další cyklus. Ochlazení výstřiku probíhá částečně ve formě a i mimo ni.[3]



Obr. 5 Vstřikovací cyklus

2.1.1 Tok taveniny

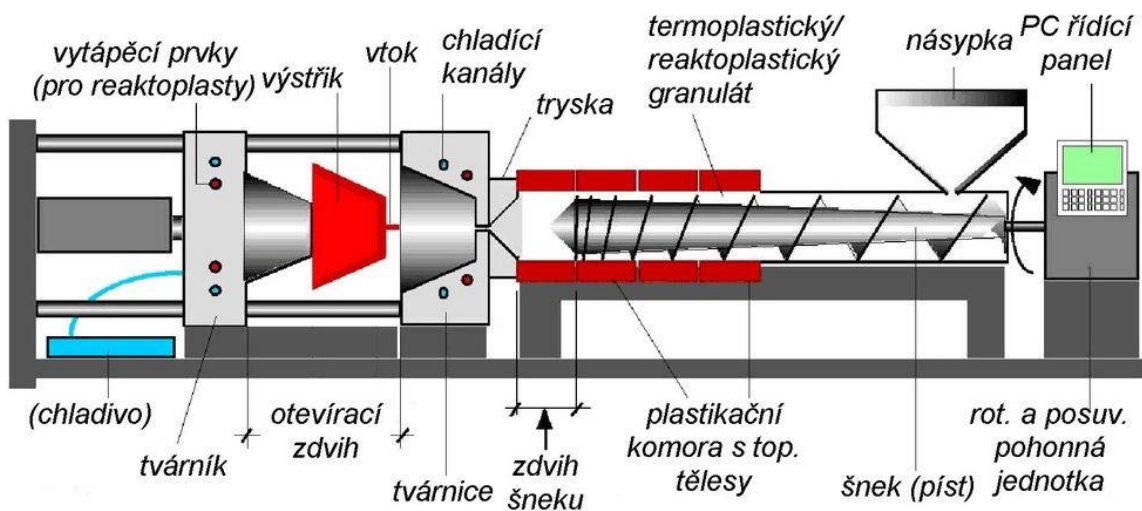
Při vyplňování dutiny formy nedochází ke skluzu taveniny po stěně, ale dochází k tzv. valení taveniny. Tento laminární tok bývá také označován jako „fontánový tok“. Je nutnost aby byl vtokový systém vyvážený, zejména u forem s několika dutinami (tzv. vícenásobné formy) je třeba řešit tak, aby byly všechny dutiny formy zaplněny rovnoměrně. Následným problémem, který může vyvolat komplikace a ovlivnit kvalitu výstřiku je kontakt dvou proudů taveniny, např. v důsledku obtečení překážky ve dráze toku. V působišti sjednocení dvou proudů taveniny vzniká tzv. studený spoj, který má za důsledek zhoršení mechanických vlastností. Problém je obvykle řešen příčným uspořádáním vtoků nebo jejich rozmístěním tak, ať studený spoj vznikne v neovlivňujícím místě výrobku. [4] [9]



Obr. 6 Schéma zaplňování formy taveninou

3 VSTŘIKOVACÍ STROJ

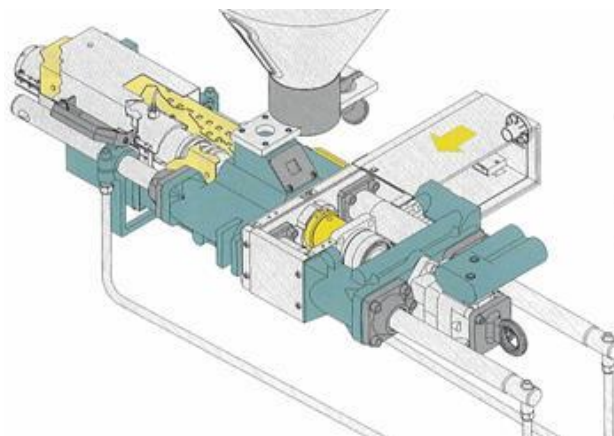
Moderní stroje zvládnou vstřikovací proces zcela automaticky, díky tomu je zde dosaženo vysoké produktivity práce. Cena vstřikovacího stroje je však stále vysoká, a proto je technologie vstřikování vhodná hlavně pro hromadnou a velkosériovou výrobu. Na vstřikovacích strojích lze vyrábět tvarově velmi složité výrobky v úzkých časových intervalech, následné výrobky mají široké využití ve spoustě odvětvích průmyslu [5]



Obr. 7 Schéma vstřikovacího stroje

3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka vykonává dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. [2]



Obr. 8 Vstřikovací jednotka [2]

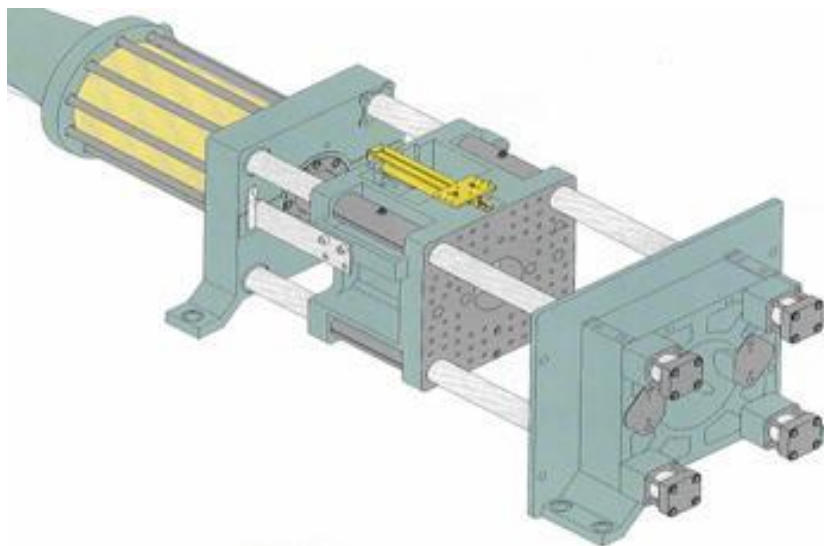
3.2 Uzavírací jednotka

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

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

- upínací deska s otvorem pro trysku stroje,
- opěrná deska pevná spojená s ložem stroje,
- uzavírací mechanismus,
- vodící sloupky.

Uzávěrací systém je indikátorem kvality uzavírací jednotky. Má mnoho druhů provedení. Vstřikovací stroje v současné době používají různé druhy uzavíracích systémů. [2]



Obr. 9 Uzavírací jednotka [2]

3.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Snadná obsluha a stupeň ovladatelnosti stroje je příznačným znakem kvality. Nepřetržitá reprodukovatelnost výrobků je význačným faktorem. V případě že tyto parametry, mají velkou proměnlivost, ukáží se tyto nerovnoměrnosti na kvalitě a přesnosti výroby vstřikovaných součástí. [3]

Zpětná vazba řídicí jednotky kontroluje nastavení stroje. Pomocí dotykového displeje probíhá celá konfigurace a ovládání stroje. Přesnost a jakost výstřiku ovlivňuje především řízení stroje. Řízení určuje a dodržuje přesnost vstřikování:

- Nastavení velikosti a délky vstřikovacího tlaku, rychlosti vstřiku, dotlaku a chlazení. Uvedené parametry určují v první řadě toleranci a přesnost výstřiků.
- Nastavením teploty taveniny. Správnou homogenitou taveniny jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

Kromě vstřikovacího stroje a zpracovaného materiálu ovlivňuje uvedené hodnoty také vstřikovací forma. [3]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Je to nástroj, který rozhoduje o finální podobě vstřikovaného výrobku, jaké bude mít rozměrové tolerance a jak bude vypadat ekonomika výroby. Je nutnost, aby forma odolávala vysokým tlakům, umožňovala snadné vyhození výstřiku z dutiny formy a pracovala automaticky po celou své životnosti. Konstrukce i výroba vstřikovací formy je velice nákladná záležitost a závisí na zkušenostech a znalostech konstruktéra. [3]

4.1 Zásady pro konstrukci vstřikovacích forem

- Konstrukční návrh a řešení výrobku z hlediska na vybraný materiál, jeho toleranci rozměrů a vzhled.
- Smrštění výrobku – objemová změna výrobku při tuhnutí taveniny.
- Ekonomika výroby – počet výrobku, násobnost.
- Maximální využití kapacity stroje – vstřikovací tlak, plastikační výkon, uzavírací síla, vstřikovací kapacita, temperační systém.
- Materiál, který je ve styku s polymerem by měl být z nástrojové oceli.
- Velikost a složitost výrobku. [3]

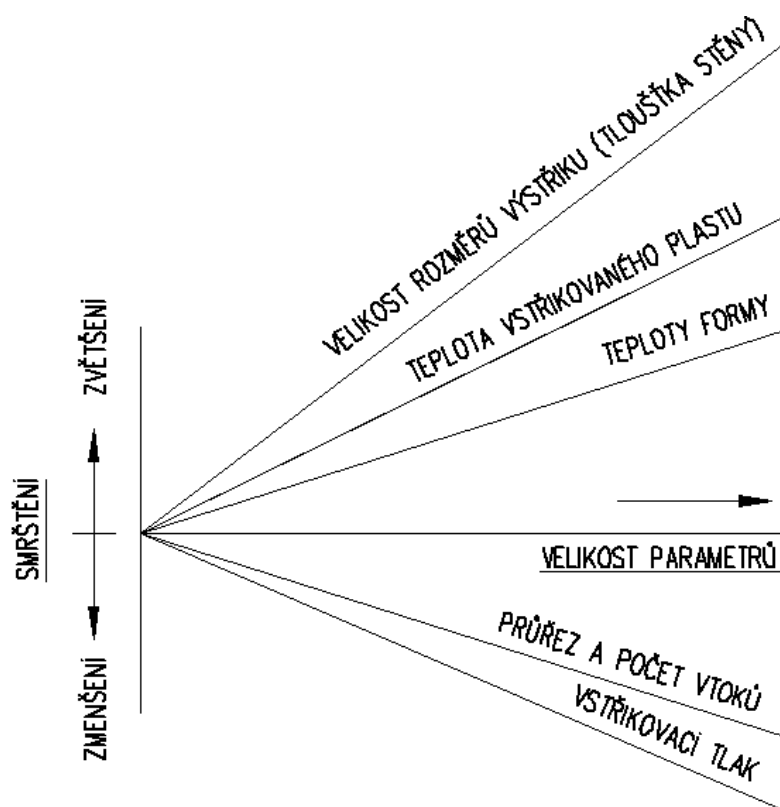
4.2 Násobnost forem

Rozhoduje o tom, kolik výrobků se vyhotoví na jeden vstřikovací cyklus, hlavní podmínkou která rozhoduje o násobnosti formy je požadované množství výrobků za čas, složitost daného výrobku a také rozměry, jelikož je vycházeno ze vzdálenosti mezi vodícími sloupky vstřikovacího stroje. Z pohledu technologa platí, že násobnost formy je přímo úměrná zhoršující se kvalitě výrobku, je zde také potřeba vyšších vstřikovacích tlaků a následným problémem konstrukce vyváženého vtokového systému kvůli stejným mechanickým vlastnostem výrobku. Oproti tomu zde převládá ekonomický pohled na věc a s tím spojený čas na zhotovení zakázky. [3]

4.3 Smrštění

Jeho velikost je dána rozdílem mezi skutečným rozměrem výsledného výstřiku a rozměrem dutiny formy. Je uváděno v %. Velikost je ovlivněna jak druhem plastu, tak tvarem výstřiku, technologií vstřikování, ale i vstřikovací formou (vtokovou soustavou a teplotou temperace). Vliv některých činitelů je na Obr. 10. Při zjišťování přesné velikosti smrštění je třeba tyto faktory brát v úvahu. Od jeho velikosti se odvíjí konstrukce formy

(vtoková soustava, temperace formy apod.). Její stanovení je velmi obtížné, proto se využívá tabulek, ve kterých je pro jednotlivé druhy plastů smrštění již vypočítané. Stanovení smrštění z těchto tabulek však není vždy dostačující. U přesných výstřiků je třeba dutinu formy dimenzovat tak, aby jí bylo možné v případě nutnosti opravit (tvárník vyrobit větší, tvárnici menší). Smrštění se dělí do dvou fází. První fáze tj. provozní smrštění stanovené 24 hodin po výrobě výstřiku. Představuje až 90% celkového smrštění. Druhá fáze smrštění je dodatečné smrštění, které probíhá v delším časovém intervalu lze jej urychlit temperací formy.[8]



Obr. 10 Vliv činitelů na velikost smrštění

4.4 Vyhazovací systémy

Vyhození výstřiku z formy je akce, při které se z tvárníku nebo z dutiny otevřené formy vytlačí nebo vysune zhotovený vstřikovaný výrobek. K tomu záměru je určeno vyhazovací zařízení, které je součástí formy a zajišťuje automatický výrobní cyklus.

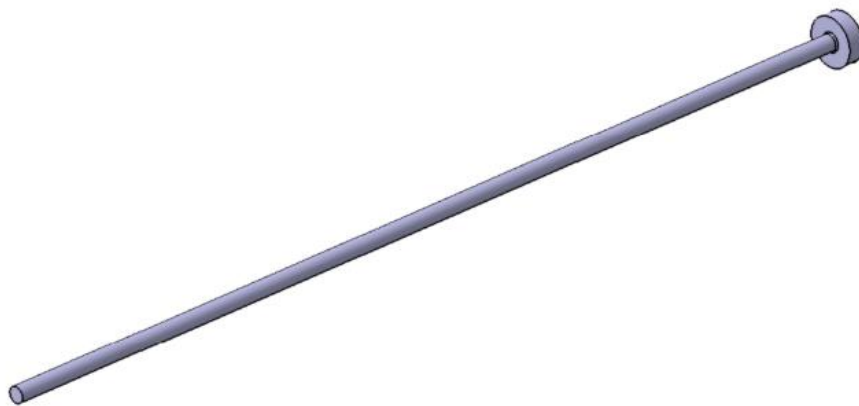
Má dvě fáze:

- dopředný pohyb, vlastní vyhození
- zpětný pohyb, navrácení vyhazovacího systému do prvotní polohy.

Hlavní podmínkou správného vyhození výstřiku z dutiny formy je hladký nejlépe broušený povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhození. Úkosy nesmí být menší než $0,5^\circ$. Vyhazovací systém je nucen výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho vzpříčení, a následně ke vzniku nechtěných trvalých deformací, nebo k jinému poškození. [6]

4.4.1 Vyhazování pomocí kolíků

Vyhazovací kolíky jsou častokrát válcové o průměru 2 – 20 mm. Uložené vyhazovací kolíky ve vyhazovacích deskách musí být zajištěny proti pootočení. Jsou usazeny v horní desce vyhazovače. Vyhazovací kolík je lícován pouze v horní části tvarové vložky; na všech ostatních místech je uložen s vůlí v desetinách mm. Zdvih rámu požaduje být větší o 5 – 10 mm než minimální zdvih nezbytný pro vyhození výstřiku. Polohu vyhazovače omezují narážky, které se poupraví na korektní rozměr až při seřizování formy. Do zpětné polohy vrací vyhazovací desku vratný kolík. Nejčastějším, nejlevnějším a nejjednodušším vyhození výstřiku z dutiny formy je za použití kolíků. Může se použít kdykoli, stačí když je možno, je umístit proti ploše vstřikované součásti. [7]



Obr. 11 Válcový vyhazovací kolík

Nejpoužívanější a nejjednodušší vyhazovací kolík. Využívají se obvykle v hojném počtu, vzhledem k rozložení tlaku na plochu vstřikované součásti. Zanechává stopy na výstřiku, a proto jsou situovány na nepohledovou část vstřikované součásti.



Obr. 12 Příklad trubkového vyhazovače

Jedná se o speciální případ stírací desky, kdy na výrobek účinkuje plocha mezikruží. Tlak je pravidelně rozložen na jeho plochu a vzhledem k tomu není výrobek namáhán tolik, jako kupříkladu u válcových kolíků.



Obr. 13 Prizmatický vyhazovací kolík

Prizmatické vyhazovací kolíky se využívají při potřebě malé styčné plochy mezi vyhazovacími kolíky a vstříkované součástí. Spadají zde i vyhazovače, jenž na výrobek působí bodově.

4.4.2 Pneumatické vyhazování

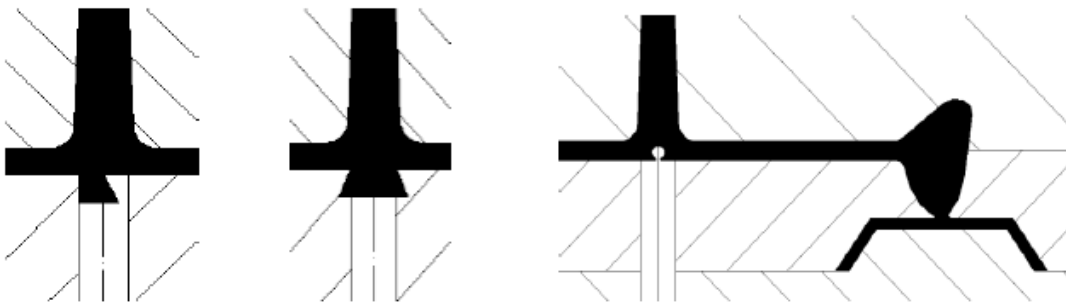
Tento případ vyhození spočívá na zavedení stlačeného vzduchu mezi výstřik a líc formy. Tím se dosáhne rovnoměrné oddělení výstřiku, vyřadí se lokální přetížení, eliminují se stopy po vyhazovačích na vstříkované součásti. Nevýhodou je omezení použití pneumatického vyhazování jen na některé typy tvarů vstříkovaných součástí. [7]

4.4.3 Vyhození pomocí stíracích kroužků a desek

Typy vyhození vtokového zbytku jsou buďto pevné, nebo odpružené. Po otevření dutiny formy, zůstane vtokový zbytek na pohyblivé části formy a následným pohybem se vyhodí účinkem pružiny nebo nárazky. Při vyhazování je možnost současně oddělovat vtokový zbytek od vstřikované součásti. Vstřikovanou součást je možno odtrhnout přidržením vtokového zbytku nejčastěji v přidržovací vložce, eventuálně odsunutím výstřiku nebo vtokového zbytku šikmými čepy. Další možností je zachycení vtokového zbytku v kanále tvaru (U). [7]

4.4.4 Vyhození vtokového zbytku

Při otevření formy je nutno zajistit, aby vtokový zbytek zůstal na levé straně formy, dokud není vytažen vtok z vtokové vložky, následně je vyhazovacím kolíkem vyhozen vstřikovaný výrobek s vtokovým zbytkem. Použití jednotlivých způsobů je odvozen dle návrhu formy.[8]



Obr. 14 Způsob přidržení a vyhození vtokového zbytku [8]

4.5 Temperace formy

Záměrem temperace je udržet stálý teplotní režim formy. Cíl je dosažení ideálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při dodržení všech technologických nároků na výrobu. Toho se dosáhne ochlazováním, eventuálně vyhříváním celé formy nebo její části. V průběhu vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v dutině formy ochlazuje až na teplotu vhodnou pro vyhození výstřiku. Temperace má vliv na zaplnění formy a zaručuje optimální tuhnutí a chladnutí polymeru. Opětovným vstřikováním polymeru do dutiny formy, se forma opakovaně a více ohřívá. Proto je nezbytné nadbytečné teplo odvést temperačním systémem. Opačným příkladem je tomu při zpracování některých plastů, které vyžadují vyšší teplotu formy. V podobných případech jsou tepelné ztráty vyšší než je

teplota ohřáté formy od vstřikované taveniny a formu je třeba naopak ohřívat. Taktéž při zahájení výroby, je nutno formu nejprve nahřát na provozní teplotu. Rozdílnou teplotou jednotlivých částech formy, narůstají rozměrové a především tvarové úchytky výstřiku. V některých situacích se však úmyslně temperují různé části formy rozdílně, tím se eliminují tvarové deformace zapříčiněné anizotropií smrštění plastu. Teploty formy a taveniny pro zpracování některých plastů jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1 Smluvní teploty taveniny a formy

Termoplast	Teplota Taveniny [°C]	Teplota Formy [°C]
PC	280-320	85-120
ABS	190-250	50-85
HDPE	180-270	20-60
PMMA	200-250	50-80
PA 6	230-290	40-120
LDPE	180-270	20-60
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC	190-220	30-60
SAN	200-260	50-85
PSU	340-400	120-160
PAEK	380-430	160-220
LCP	310-360	65-95

Úkolem temperčního systému je:

- obstarat rovnoměrnou teplotu (dle daného plastu) po celém povrchu dutiny formy,
- odevzdat teplo z dutiny formy naplněné roztaveným polymerem, tak aby celý cyklus měl ekonomickou délku.

4.5.1 Temperační prostředky

Volba temperačního prostředku závisí především na tvaru dutiny a technologii vstřikování, firemních standartech apod. Temperační prostředky bychom mohli rozdělit do dvou sku-pin:

- aktivní- jsou činným přenašečem tepla ve formě - kapaliny, topné patry
- pasivní – fyzikálními vlastnostmi ovlivňují odvod tepla z formy -tepelné trubice, různé teplovodivé materiály

4.6 Odvzdušnění formy

Před vstřikováním je dutina formy naplněna vzduchem. Při následném plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a potenciálních zplodin. Čím vyšší je rychlost plnění, tím efektivnější musí být řešeno odvzdušnění tvarové dutiny. [6]

Při rychlém plnění dutiny formy je nejčastějším jevem stlačení vzduchu, který se působením vysokého tlaku ohřívá a může způsobovat tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). Ten obvykle není z pevnostních nebo vzhledových důvodů přípustný. [6]

Mimoto místní vysoké teploty a tlaky nepotřebně přetěžují formu. Aby následné případy nenastaly, je zapotřebí, aby byla dutina formy odvzdušněna. Toho se dosahuje tak, že se v dělicí rovině vytvářejí drážky. K odvzdušnění lze mimo jiné použít vyhazovacích kolíků, které se zploští broušením po části průřezu. Vzniklá vůle následně přispěje k unikání vzduchu, avšak nikoliv taveniny. Odvzdušňovací drážky se ve formě umísťují tak, aby se nevytvořily uzavřené vzduchové kapsle. Když následná místa nelze spojit s vnější okolní atmosférou, vsunují se tam porézní vložky ze slinutých kovů, které se eventuálně následně propojují s odvzdušňovacími kanálky. K podobnému záměru se využívá podtlaku v chladičím systému. [6]

4.7 Vtokový systém

Jeden z velmi významných problémů během konstrukce vstřikovací formy je vyřešení vtokové soustavy. Vtokový systém udává cestu a směr roztaveného plastu ze vstřikovací trysky do dutiny formy. Materiál, který se nedopraví do dutiny formy, a zůstane ve vtokovém systému se poté nazývá vtokový zbytek. Obecně by měl být vtokový zbytek co nejmenší. [7] [2]

Naplnění dutiny má proběhnout v minimálním možném čase a s co nejmenšími odpory.

Vtokové systémy se dělí na dvě skupiny.

4.7.1 Studené vtokové systémy

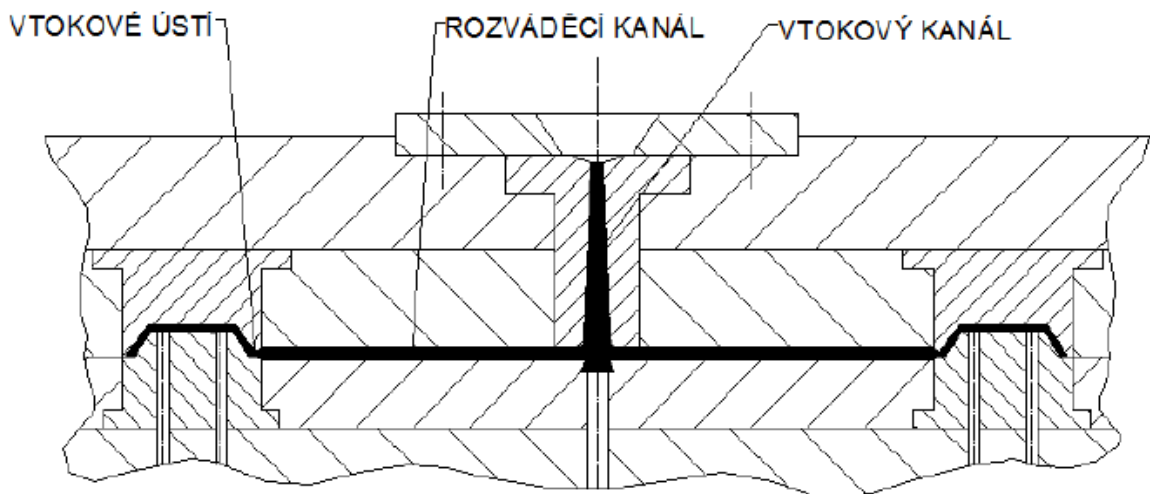
Při návrhu vtokového systému se vychází z toho, že se tavenina vstřikuje obrovskou rychlostí do relativně studené formy. Viskozita taveniny v průběhu průtoku studeným vtokovým systémem na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je naopak uprostřed. Ztuhlá vrstva na povrchu taveniny tvoří tepelnou izolaci stále tekutému vnitřnímu proudu taveniny.

Tok taveniny ve vtokovém systému doprovází složité tepelně-hydraulické poměry. Tvar a rozměry vtoku ovlivňují spolu s umístěním jeho ústí:

- tvar, vzhled, rozměry i vlastnosti výstřiku,
- materiálovou spotřebu plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou i ekonomickou náročnost výroby.

Konstrukce formy i její násobnost udává podstatný rozdíl v uspořádání vtokového systému. U vícenásobných forem je nutnost aby tavenina dorazila ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně. [3]

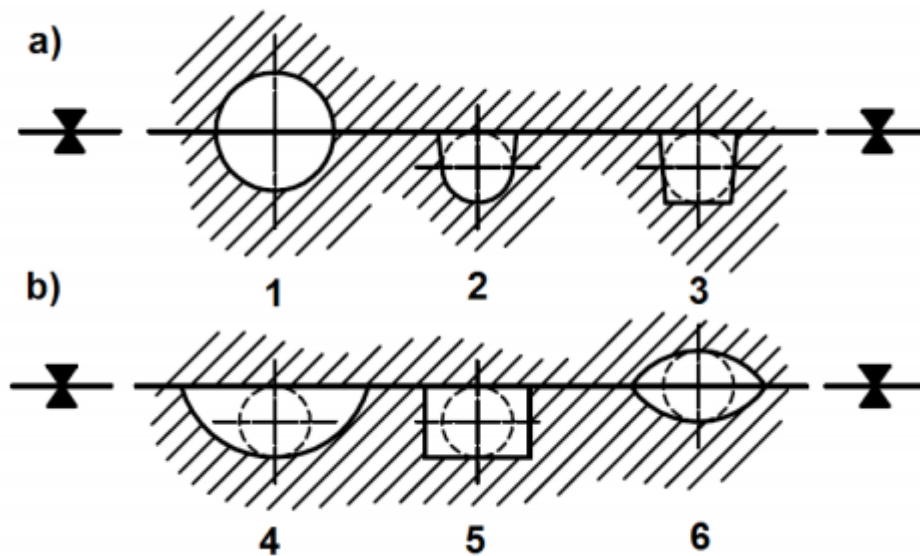
Vtokový systém obsahuje 3 části, hlavní vtokový kanál, rozváděcí kanál a vtokové ústí.



Obr. 15 Studený vtokový systém formy [8]

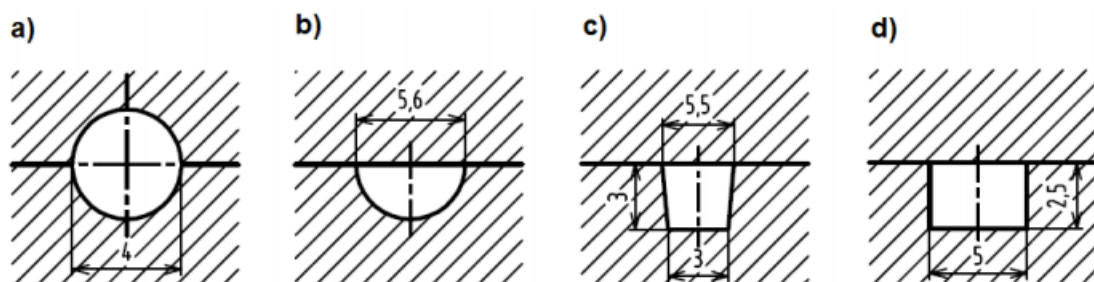
Vtokový kanál navazuje na trysku vstřikovacího stroje, konstruuje se jako kuželový s rozšířeným ústím přímo do výstřiku nebo do rozváděcího kanálu. Vtoková část je větší o 0,5 až 1 mm větší než průměr trysky. Úkosovitost kuželu bývá $1,5^\circ$. [8]

Rozváděcí kanál slouží k dopravě roztaveného plastu do dutin formy. Při minimálním povrchu by měl mít co největší průřez. Nejpoužívanějším a nejvhodnějším je kanál průřezu kruhového, který je i snadný na výrobu. [8]



Obr. 16 Průřezy vtokových kanálů; 1,2,3 – vhodné; 4,5,6 - nevhodné [8]

Zda je průřez vhodný či nikoli je posuzováno dle tzv. smáčivého čísla a_s , jenž vyjadřuje poměr průtočného průřezu ke smáčenému povrchu. Čím je číslo vyšší, tím je průřez vhodnější, srovnání je vyobrazeno na následujícím obrázku.[8]



Obr. 17 Srovnání základních typů kanálů dle smáčivého čísla [8]

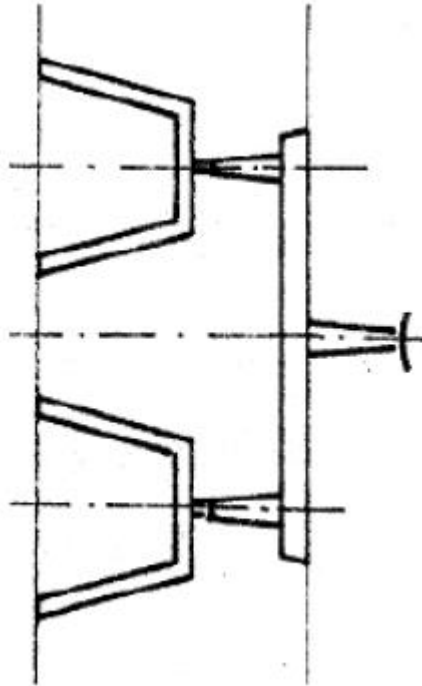
$a_s = a)$ 1; $b)$ 0,86; $c)$ 0,84; $d)$ 0,83; čím vyšší tím vhodnější

Vtokové ústí je zúžená část rozváděcího kanálu. Zúžením se zvyšuje teplota roztaženého plastu před vstupem do dutiny formy. Velikost vtokového ústí by měla být co nejmenší, kvůli následnému snadnému začišťování vtoků, na druhou stranu také musí zajistit naplnění dutiny formy. [8]

Základními typy vtokových ústí jsou:

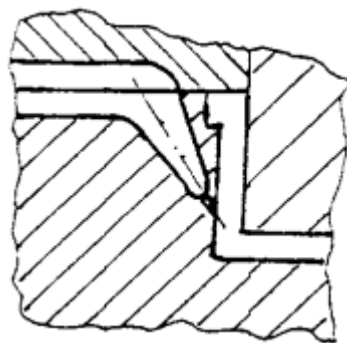
- bodový vtok,
- tunelový vtok,
- boční vtok.

Bodový vtok je jedním z nejpoužívanějších. Většinou má kruhový průřez a používá se jako ústí z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Při použití tohoto typu vtoku je zapotřebí použít třideskového systému formy, aby se zajistilo že se nejdříve odtrhne vtokové ústí a následně se forma otevře. [8]



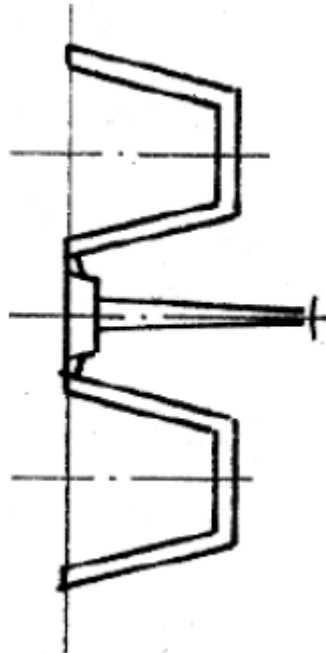
Obr. 18 Bodový vtok

Tunelový vtok je mimořádný případ bodového vtoku. Hlavní výhoda spočívá v tom, že vtokový zbytek leží v dělicí rovině s výstřikem, čímž je ušetřeno za složitou a nákladnou třideskovou formu. Oddělení vtokového zbytku od výstřiku probíhá při otevření nebo vyhození výstřiku. Nutností je ostrá hrana, která obstará ono oddělení. [8]



Obr. 19 Tunelový vtok

Boční vtok je zvláštní tím, že při otevření dutiny formy, zůstává vtokový zbytek spojen s výstřikem. Následné oddělení se provádí zvláštním odřezávacím zařízením, mimo to v praxi se odděluje ručním odlamováním. [8]



Obr. 20 Boční vtok

4.7.2 Vyhříváné vtokové systémy

Vyhříváné vtokové systémy spočívají v tom, že tavenina po naplnění dutin formy setrvává v celé oblasti toku formy, v plastickém stavu. To poskytuje použití pouze bodového vyústění malého průřezu, který je vyhovující pro širokou oblast vstříkovaných součástí. Při použití bezvtokového vstříkování je žádoucí, aby v místě jeho vyústění bylo provedeno zahloubení na výstřiku a tím se zamezilo, aby případný vtokový zbytek nevystoupal nad jeho úroveň.

VVS je vhodný pro složitější a výrobně náročnější formy, jsou zde potřeba snímače. Systém obsahuje i regulaci teploty formy. Je zde zvýšena energetická náročnost. [3]

4.8 Rám formy

Rám formy je složen z nosné konstrukce tvářecích dílců a ovládacího mechanismu formy, představující zejména vzájemně spojené desky, vodící, spojovací a středící prvky. Při navrhování pravé i levé strany formy je potřeba dbát na tuhost celé soustavy. Sjednoce-

ný celek obsahuje tvarové vložky, jenž jsou vloženy do kotevních desek. Uspořádání a velikost rámu formy je volena podle potřeby. Pro usnadnění konstrukce i výroby jsou v dnešní době používány nejrůznější typizace a normálie jednotlivých dílů. [3]

4.9 Materiály forem

Vstřikovací forma je nákladný nástroj sestaven z funkčních a pomocných dílců. Při vstřikování se od ní požaduje přesnost a kvalita výstřiku, bezchybný provoz, vysoká životnost a nízké pořizovací náklady. Důležitý faktor jenž ovlivňuje tyto podmínky je materiál formy, který je ovlivněn následujícími provozními podmínkami výroby:

- typem vstřikovaného plastu,
- přesností a kvalitou výrobku,
- vstřikovacími podmínkami,
- strojem. [6]

Materiály, které jsou určeny na výrobu forem, musí splňovat provozní požadavky v optimální míře. Tím pádem se užívají materiály které mají široký rozsah užitných vlastností. Tyto druhy představují:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (např. Al, Cu, ...),
- ostatní materiály (tepelně izolační, nevodivé, ...). [6]

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Od užitých materiálů na formy je vyžadováno:

- dobrá mechanická pevnost,
- dobrá obrobiteľnosť.

Materiál funkčních dílců musí zajistit speciální požadavky na kvalitu struktury, kterou charakterizuje:

- kvalitní broušitelnost a leštiteľnosť,
- zvýšená odolnosť proti otěru,
- odolnosť proti korozi,
- kaliteľnosť a prokaliteľnosť,
- stálost rozměrů a minimální deformace při kalení. [6]

Pro výrobu forem se z hlediska jakosti oceli nejčastěji používají následující skupiny:

- snadno opracovatelné a tvažitelné oceli, zušlechťování a cementování,
- uhlíkové oceli k zušlechťování,
- oceli určené k nitridování,
- nástrojové oceli legované. [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílce,
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovací formy,
- nakreslit 2D sestavu formy s kusovníkem,

Teoretická část bakalářské práce obsahuje znalosti polymerních materiálů, technologie vstřikování, vstřikovacího stroje a konstrukce vstřikovací formy.

Praktická část je věnována 3D konstrukci zadaného plastového dílce, kde se vychází z fyzického výrobku, zadaného vedoucím práce. Jedná se o kryt konektoru užívaný v automobilovém průmyslu. Dále byla značná část věnována 3D konstrukci vstřikovací formy a také 2D sestavě s kusovníkem. Při návrhu i konstrukci vstřikovací formy bylo užito programu CATIA V5R19 a normálí firmy HASCO.

6 POUŽITÉ PROGRAMY

K vytvoření modelů vstřikovací formy byly použity níže uvedené programy.

6.1 CATIA V5R19

CATIA V5 je software pro 3D počítačové konstruování v oblastech CAD/CAM a dále nejrozšířenější konstrukční systém v automobilovém a leteckém průmyslu na světě, je schopen pokrýt kompletní životní cyklus výrobku, tzn. od koncepce návrhu designu, přes vlastní konstrukci, různé analýzy, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu. (Technodat, 2016) [10]

6.2 HASCO DAKO Modul

Jedná se o katalog firmy HASCO, kde jsou všechny normalizované prvky nezbytné ke konstrukci vstřikovacích forem. Umožňuje ukládání v různých formátech, rychlý náhled ve 3D návrh, informace o rozměrech a umístění jednotlivých komponent.

7 SPECIFIKACE VÝROBKU

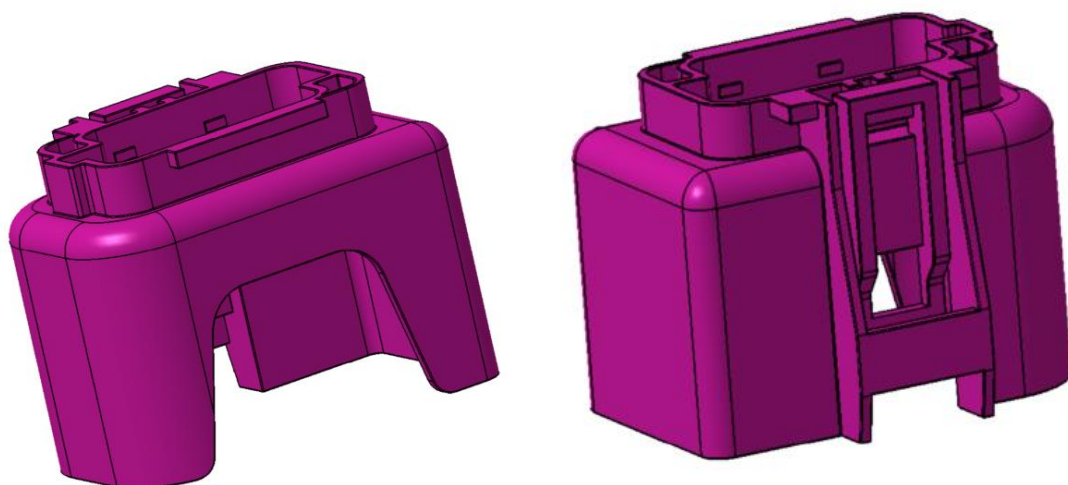
Vstřikovaným výrobkem je kryt konektoru užívaným v automobilovém průmyslu. Dle označení na pohledové straně výrobku se jedná o PA66 GF13 což je Polyamid 66 plněn ze 13% skleněnými vlákny, mezi jeho největší výhody patří vhodnost pro vstřikování. Obchodní název je Ultramid 1403-2 NF3001. Obchodní název materiálu byl dohledán v katalogu firmy BASF, která je známou chemickou společností.

Tab. 2 Základní rozměry výrobku

	Jednotka	Hodnota
Délka	mm	35
Šířka	mm	24
Výška	mm	28
Objem	Cm ³	3,1



Obr. 21 Reálný výrobek



Obr. 22 Model výrobku vytvořen v programu CATIA V5

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro navrženou formu byl na základě parametrů zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 320s od německé firmy ARBURG.



Obr. 23 ALLROUNDER 320s

Tab. 3 Základní informace o stroji

	Jednotka	Hodnota
Max. otevírací zdvih	mm	350
Vzdálenost mezi sloupky	mm	320x320
Velikost upínacích desek	mm	446x446
Max. výška formy	mm	320
Průměr šneku	mm	18
Vstřikovací tlak	bar	2500
Uzavírací síla stroje	kN	1200

Tab. 4 Základní informace o formě

	Jednotka	Hodnota
Rozměry formy	mm	296x296x254
hmotnost formy	kg	40,55

9 KONSTRUKCE FORMY

Konstrukce formy je řešená co nejjednoduši s ohledem na požadovanou kvalitu a přesnost. Při konstrukci je použita co nejvíce normalizovaných dílů firmy HASCO. Některé díly jsou upraveny dle potřeby jako například délky vyhazovacích prvků.

Návrh a konstrukce modelu byla vytvořena v programu CATIA V5R19 v modulu Part Design. Konstrukce Tvarových vložek byla vytvořena v modulu Core & Cavity Design a následně v modulu Part Design. Celková sestava byla vytvořena v modulu Mold Tooling Design, normální a speciální součásti byly přidány z přídatného modulu HASCO DAKO.

9.1 Násobnost

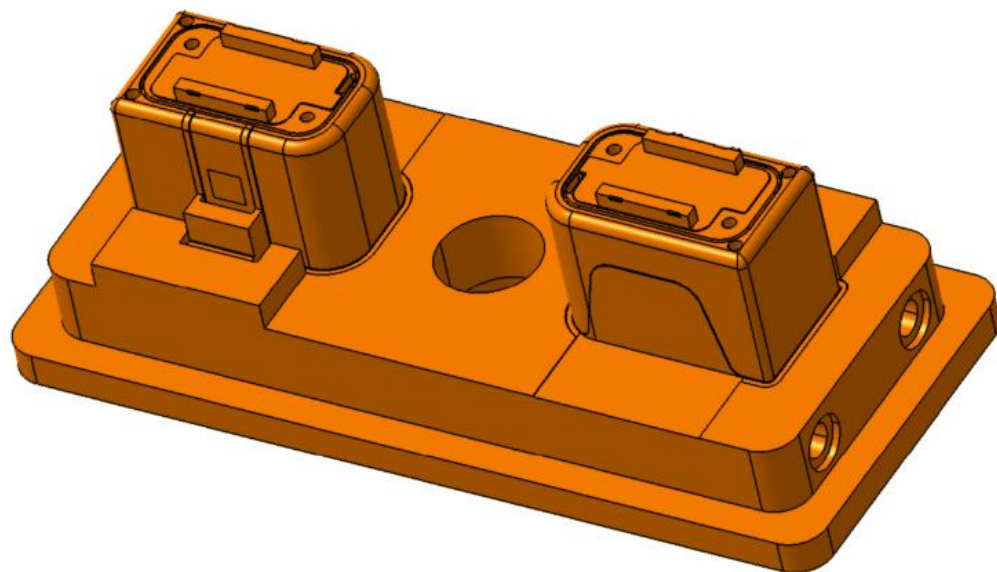
Při volbě násobnosti formy je třeba dbát na několik důležitých faktorů které ji ovlivňují, jedná se zejména o:

- složitost a přesnost výrobku,
- kapacitu zvoleného vstřikovacího stroje,
- ekonomická stránka (náklady na výrobu formy, použitý materiál, počet sérií.)

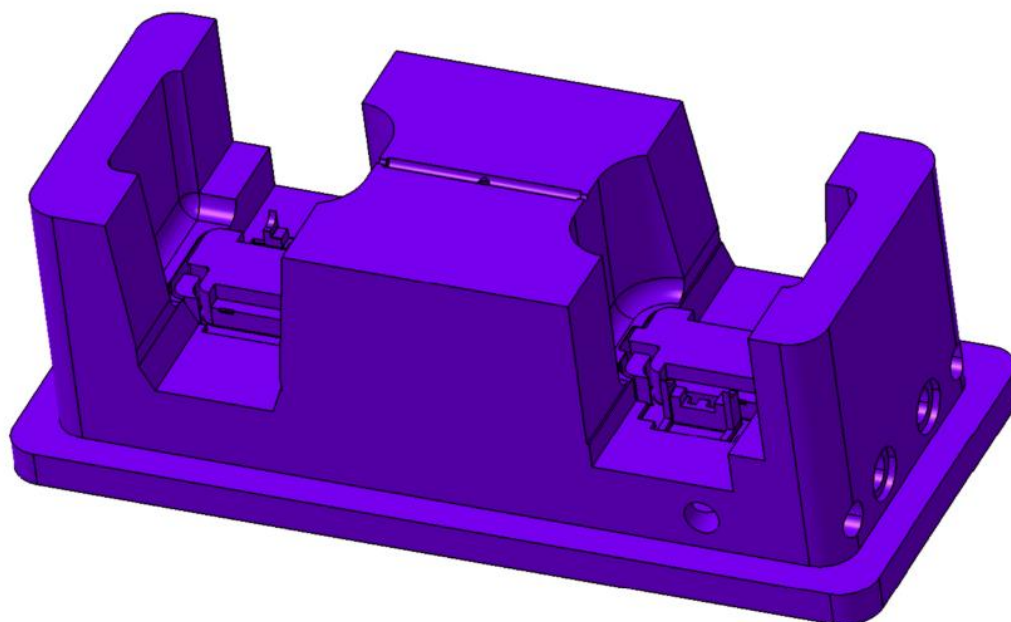
Na základě výše zmíněných požadavků byla zadavatelem zvolena dvojnásobná forma. Násobnost zde nijak neovlivní kvalitu ani rozměry vstřikovaného výrobku.

9.2 Volba dělicí roviny a tvarových dutin

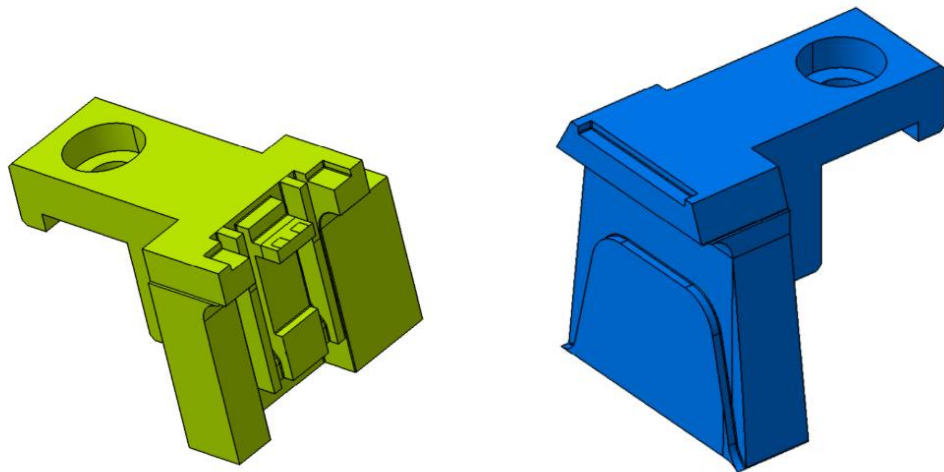
Již z tvarové složitosti výrobku lze usoudit že bude zapotřebí více než jedna dělicí rovina. Hlavní dělicí rovina a vedlejší rovina je zde řešena přesně podle viditelně zanechaných stop na výrobku. Na odformování hlavní dělicí roviny bude stačit použití tvárníku a tvárnice, kdežto k odformování vedlejší dělicí roviny bude zapotřebí použít šikmé čepy, šoupátek (šíbrů). Pro tvorbu tvárníku, tvárnice a bočního odformování byl využit modul Core & Cavity Design.



Obr. 24 Izometrický pohled na tvárník



Obr. 25 Izometrický pohled na tvárnici



Obr. 26 Izometrický pohled na boční tvarové vložky

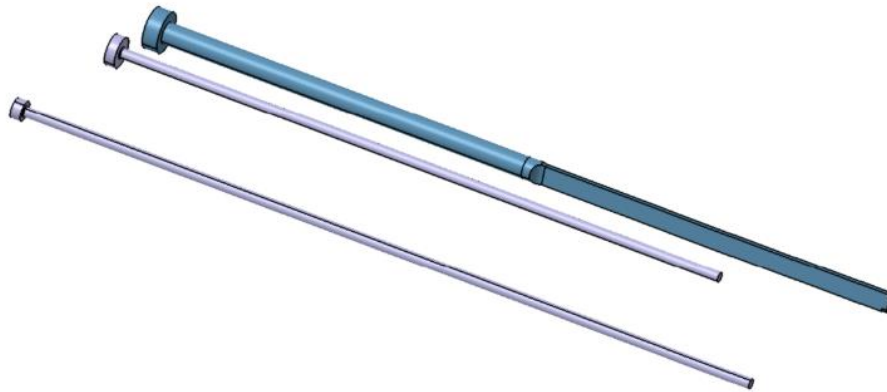


Obr. 27 Zaformování výrobku

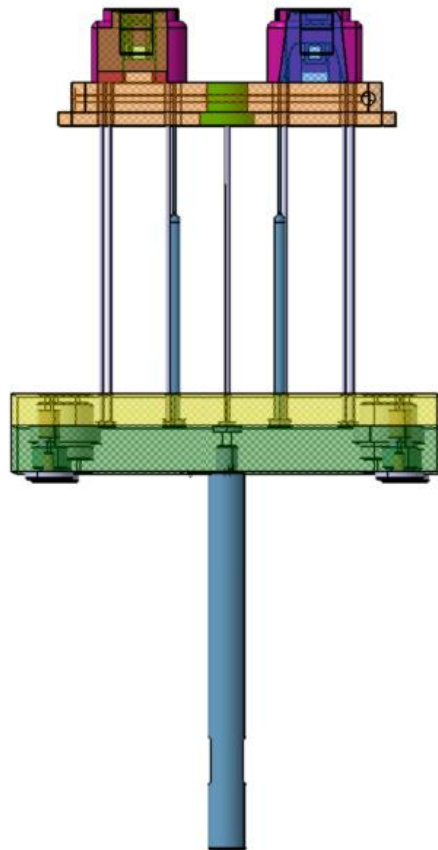
9.3 Vyhození výrobku

Při otevření formy výrobek zůstane v levé části formy, zároveň boční tvarové vložky vyjždí za pomoci šikmých čepů umístěných v pevné části formy, až na konec čepů kde zůstanou zachyceny pojistnou kuličkou na pružině, aby nedošlo k porušení při následném zavírání formy, kdy se cyklus vstřikování opakuje. K vyhození výrobku z formy je použit jeden prizmatický a čtyři válcové vyhadzovače, které vyhodí výrobek na jeden pracovní zdvih.

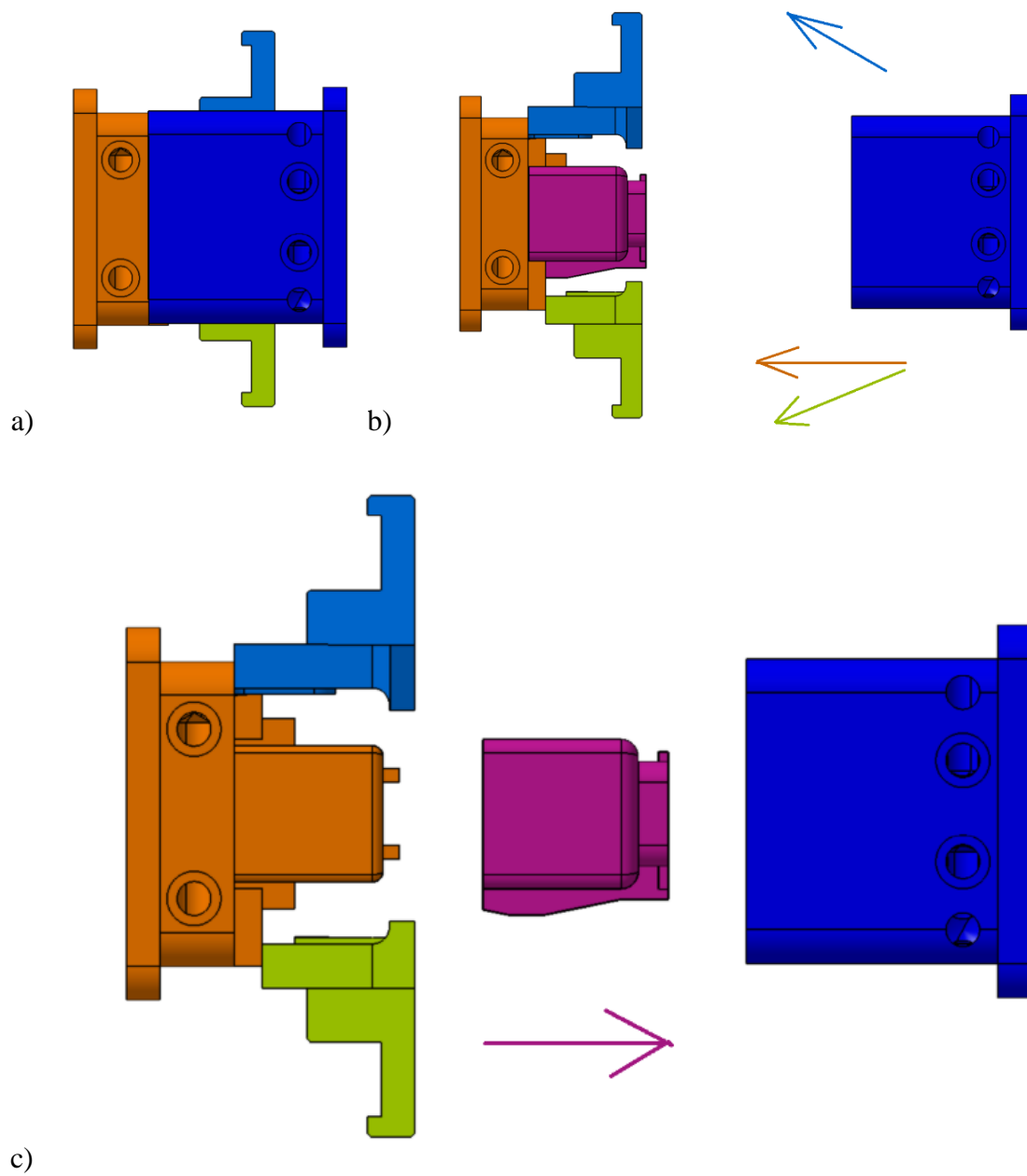
Dále je třeba zajistit vyhození vtokového zbytku za pomoci jednoho válcového vy-
hazovače umístěného ve středu vstřikovací formy s pomocí středící vložky, která vtokový
zbytek přidržuje. Pohyb vyhazovacích desek, na kterých jsou umístěny vyhazovače, je
ovládán pomocí hydraulického systému vstřikovacího stroje.



Obr. 28 Použité vyhazovače (válcový, válcový přidržovací a prizmatický)



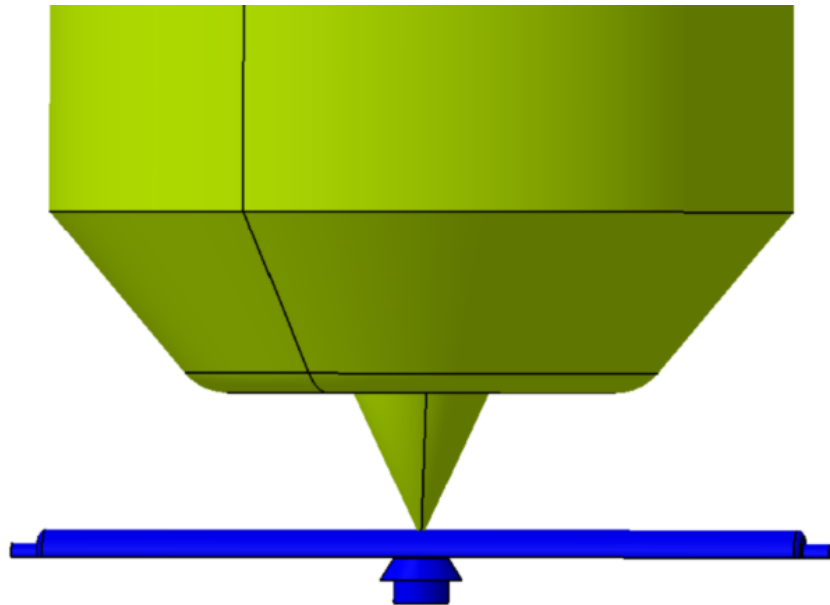
Obr. 29 Vyhazovací systém



Obr. 30 Pracovní cyklus vyhození

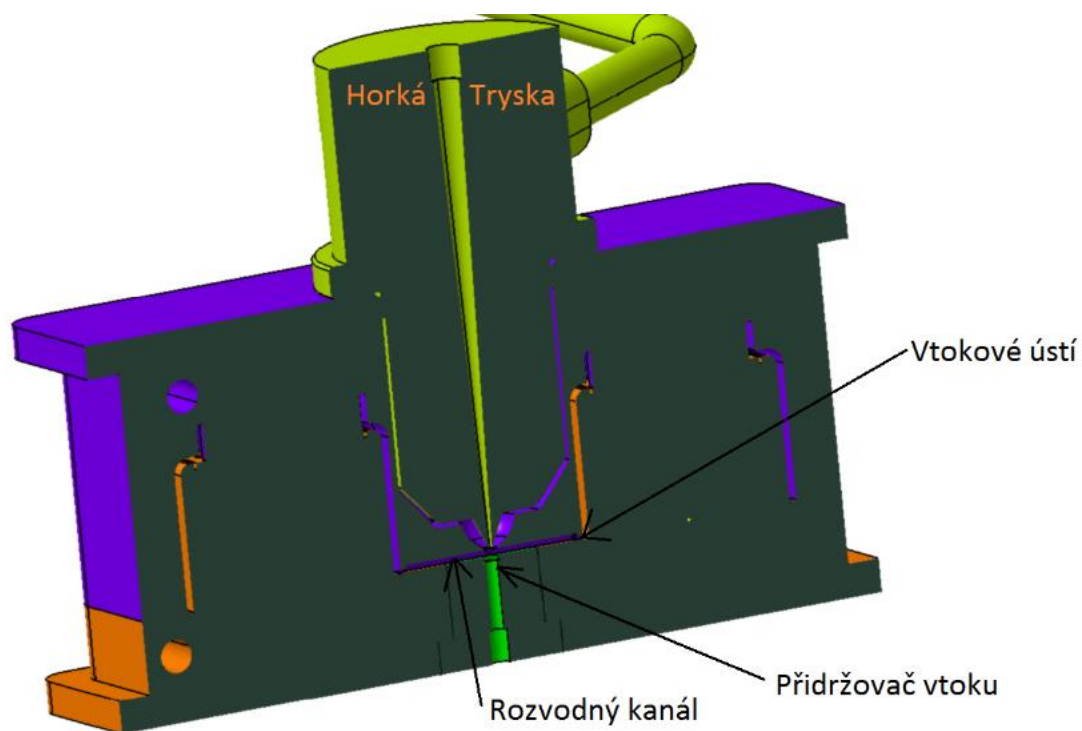
a) uzavřená dutina, b) otevření dutiny, c) vyhození výstřiku

9.4 Vtokový systém

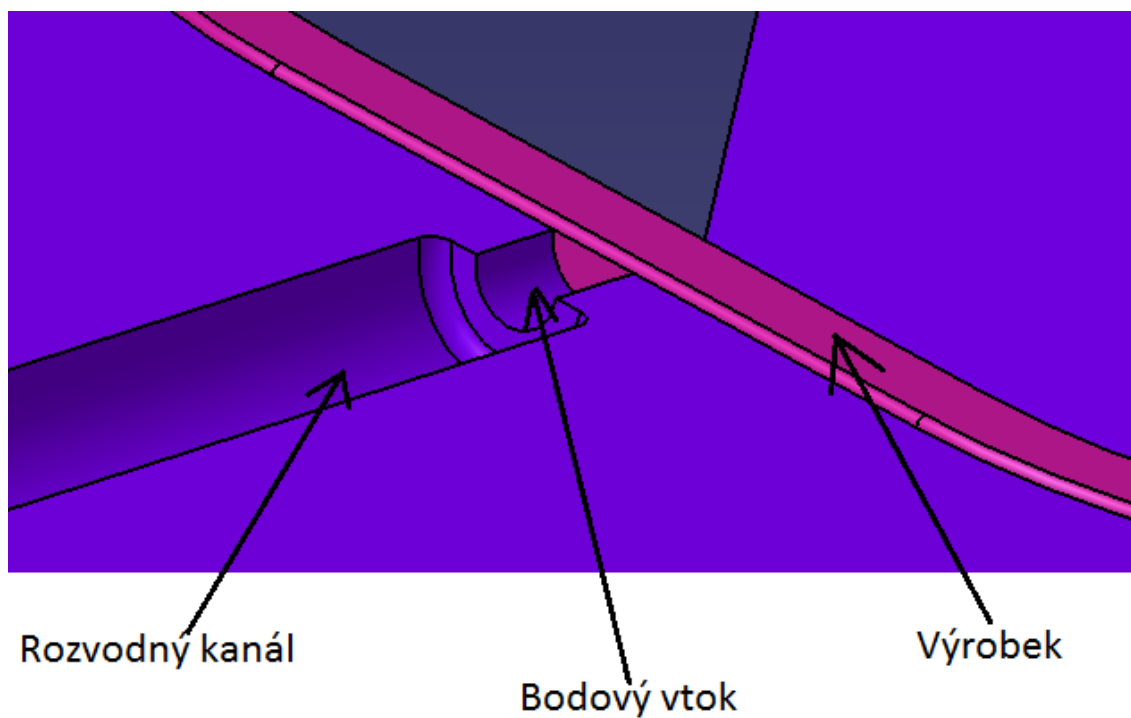


Obr. 31 Vtokový systém

Vtokový systém formy je tvořen kombinací VVS a SVS, rozváděcím kanálem, vtokovými ústími a přidržovačem vtoku (viz. Obr. 31). Do horké trysky je ze vstříkovací jednotky stroje veden polymer, který následně tryskou už roztavený vstupuje do půlkruhového rozvodného kanálu, který vtokovým ústím půlkruhového tvaru vstupuje až do dutiny formy kterou zaplní. Vtokový systém zahrnuje také jeden přidržovač vtoku, který zajišťuje že po otevření formy zůstanou výrobky i zbytky vtokového systému v pohyblivé části formy, a následně je vyhazovací prvky z formy vyhodí.



Obr. 32 Řez horkou tryskou

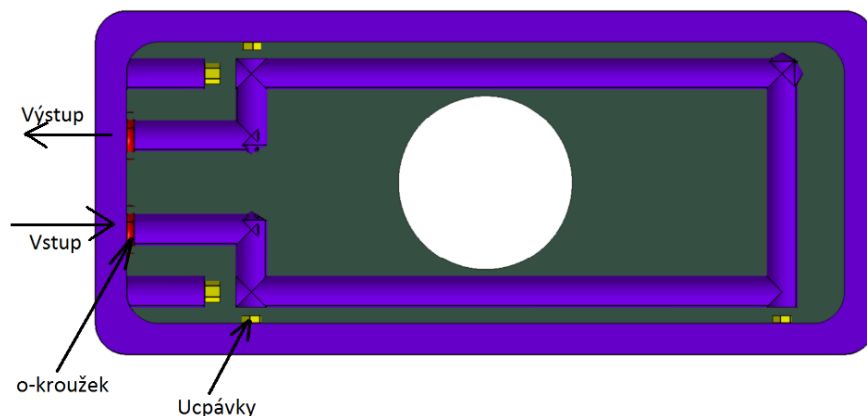


Obr. 33 Detail bodového vtoku

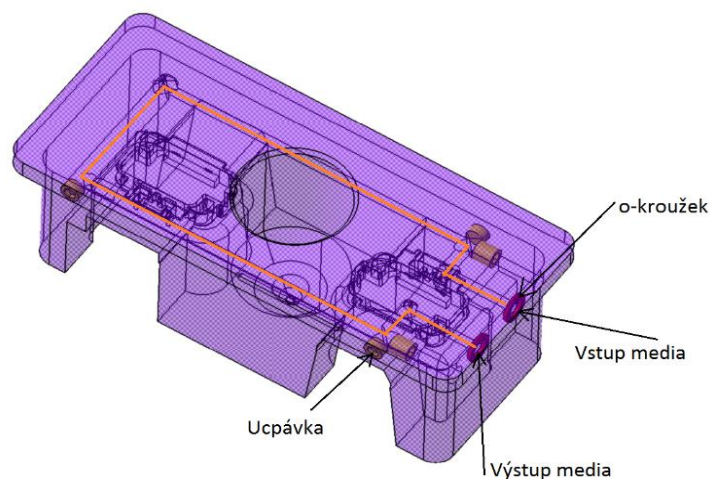
9.5 Temperační systém

Temperační systém je nedílnou součástí technologie vstřikování. Po přivedení roztaženého polymeru do dutiny formy je nezbytné odvést přebytečné teplo z dutiny formy a ochladit tak výstřik na teplotu odformování. Jako temperační médium byla zvolena voda. Pro ověření správné funkčnosti by bylo vhodné podrobit model analýze v programu MOLDFLOW. Pro naše požadavky by ale měla být temperace dostatečná. Na vstupu a výstupu temperačního média jsou upevněny nátrubky pro spojení s hadicí, mezi tvarovými deskami a kotevními deskami jsou o-kroužky jenž zabezpečují těsnost spojení, a pro správný chod temperačního média jsou na požadovaných místech ucpávky.

Temperační systém tvárnice je tvořen dvěma o-kroužky, zabezpečující těsnost spojení s pravou kotevní deskou, vrtanými kanálky o průměru 5 mm a ucpávky zajišťující správný směr pohybu temperačního média.

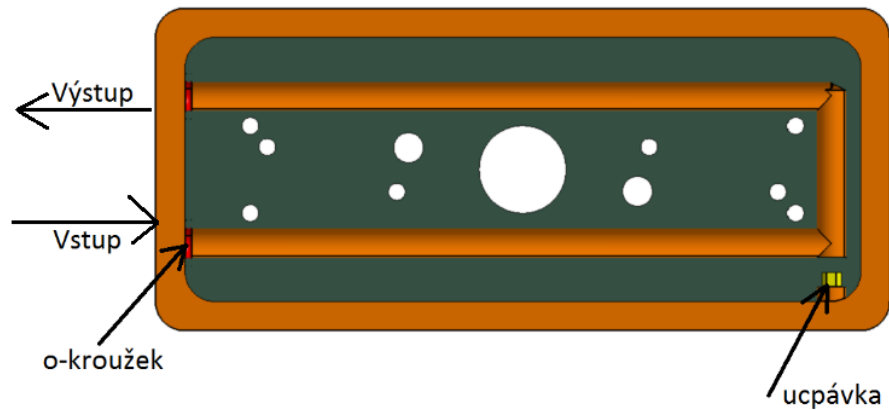


Obr. 34 Temperační systém - řez tvárnici

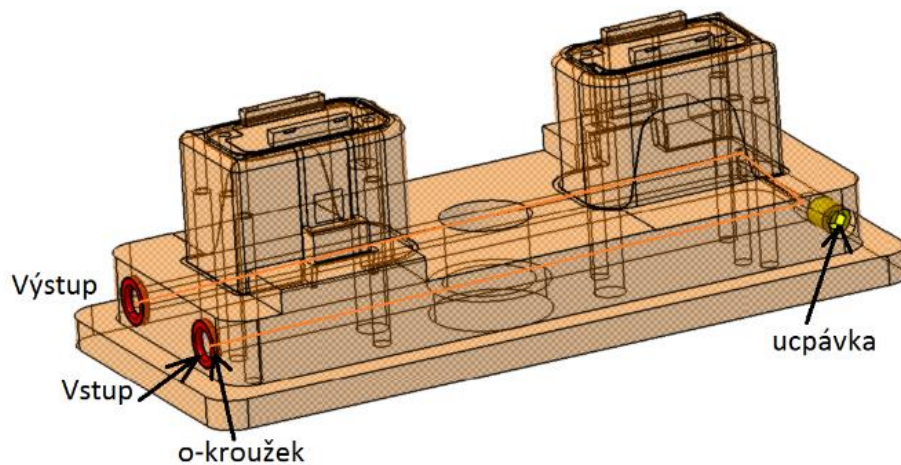


Obr. 35 Temperační systém - izometrický pohled na tvárnici

Temperační systém tvárníku je tvořen dvěma o-kroužky, zabezpečující těsnost spojení s pravou kotevní deskou, vrtanými kanálky o průměru 5 mm a ucpávky zajišťující správný směr pohybu temperačního média.

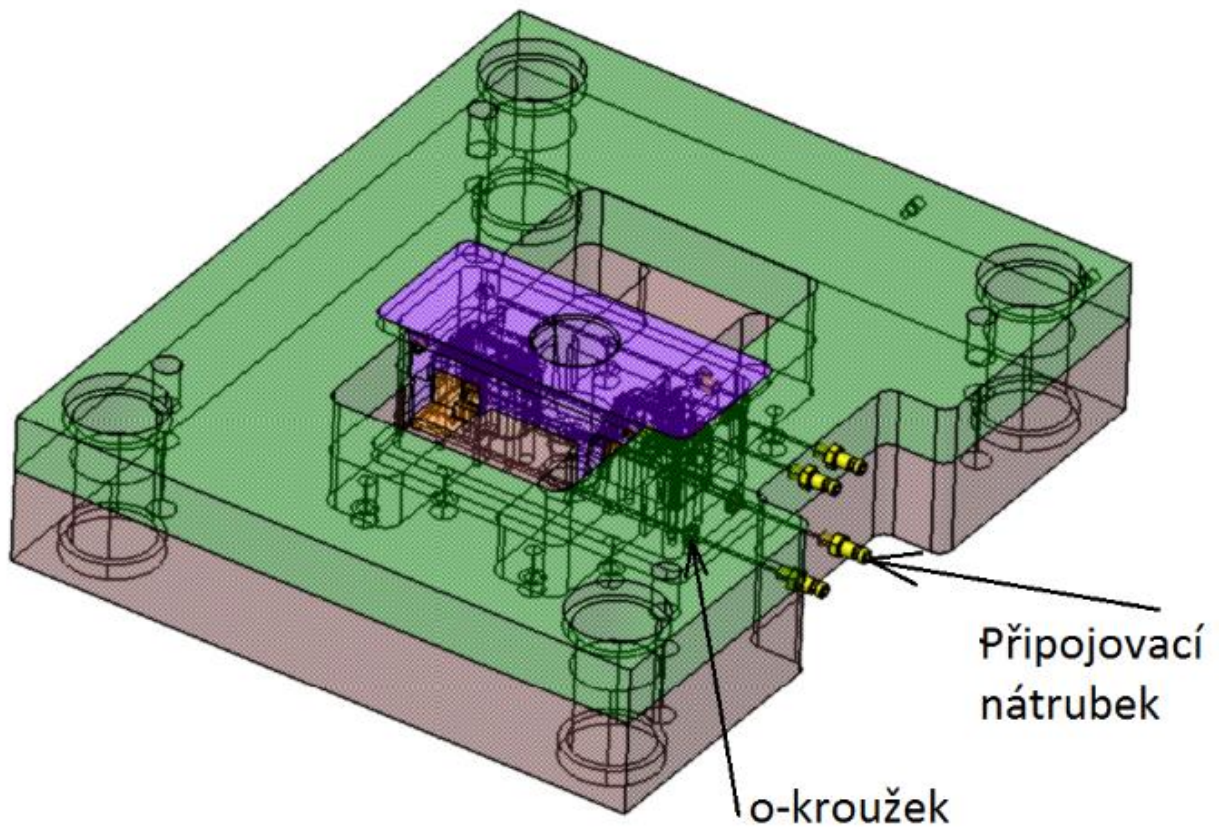


Obr. 36 Temperační systém - řez tvárníkem



Obr. 37 Temperační systém - izometrický pohled na tvárník

Temperační systém tvárníku a tvárnice navazuje na vrtané kanálky průměru 5 mm v pravé i levé kotevní desce. V místě spoje je zde kvůli těsnosti umístěn o-kroužek a díra je opatřena připojovacím nátrubkem pro připojení hadic s temperačním médiem. Pro ochranu před poškozením např. při přesunu formy do skladu, jsou připojovací nátrubky zapařeny do kotevních desek a nevyčnívají mimo formu.



Obr. 38 TěpovačnÍ systém v kotevních deskách

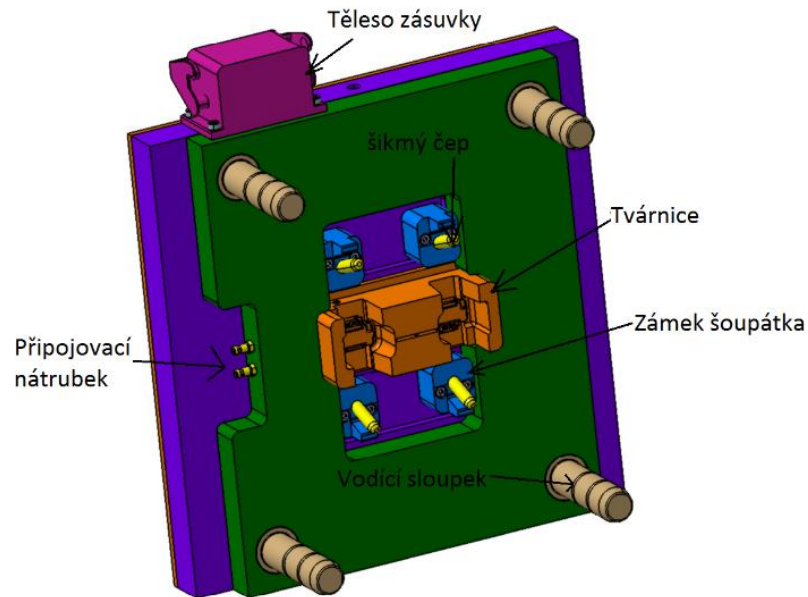
9.6 Odvzdušnění

Dutina formy je při vstřikování taveniny naplněna vzduchem, ten bývá při vstřikování stlačován a jeho tlak narůstá. Tento růst tlaku může mít za následek neúplné naplnění dutiny formy eventuálně vznik spálenin plastu, tento jev se nazývá Dieselův efekt. V navrhovaném případě stačí vzduch uniknout přes mezery v dělicích rovinách a přes vůle ve vyhazovacím systému.

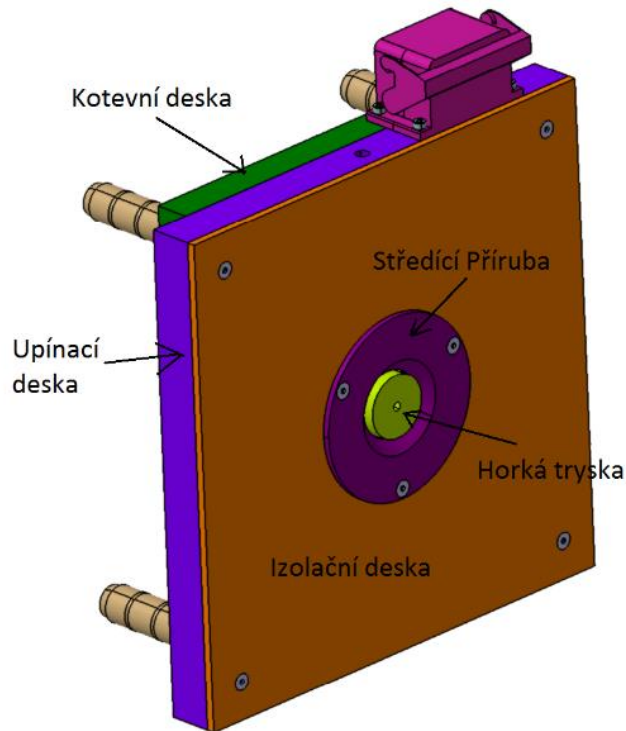
9.7 Pravá strana formy

Pevná část formy je tvořena třemi deskami – kotevní, upínací, izolační. Izolační deska slouží k izolaci tepla mezi formou a vstřikovacím strojem. Izolační deska je k upínací desce připevněna pomocí šroubů M5, dále je k upínací desce pomocí šroubů M5 připevněna středící příruba. Upínací deska slouží k upnutí do čelistí stroje, obsahuje vyfrézovanou drážku pro kabeláž od horké trysky k zásuvce, vyvrtanou díru pro horkou trysku a díry se závity pro zámkové šoupátky, funkce šoupátek byla popsána ve vyhazovací části práce. Dále obsahuje upínací deska díru se závitem pro nosný prvek. Kotevní deska obsahuje vy-

frézovanou drážku pro lehké vsazení tvarové vložky (tvárnice), dále obsahuje vyfrézovanou drážku, kde jsou umístěny připojovací nátrubky. Dále obsahuje pevná část vodící čepy, které slouží aby při otevírání a zavírání formy vše dosedlo jak má. Tvárnice je vyrobena z nástrojové oceli 19 512 a zpracována kalením na tvrdost 55HRC, jelikož je s polymerem v kontaktu a toto zpracování zaručuje delší životnost.



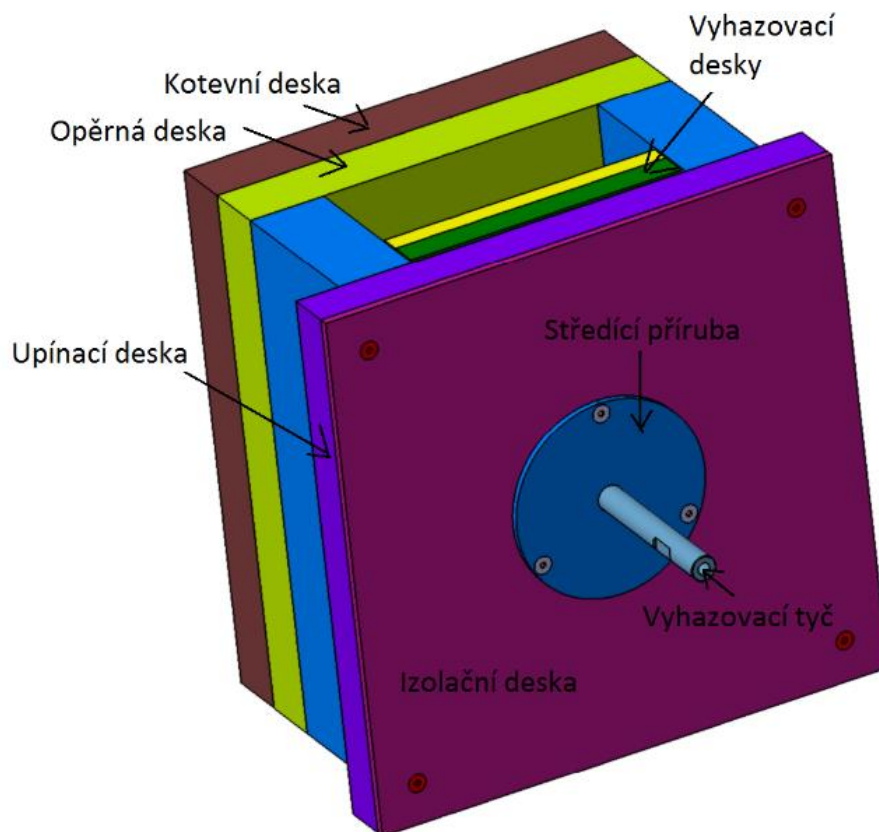
Obr. 39 Pravá strana- izometrický pohled - zevnitř



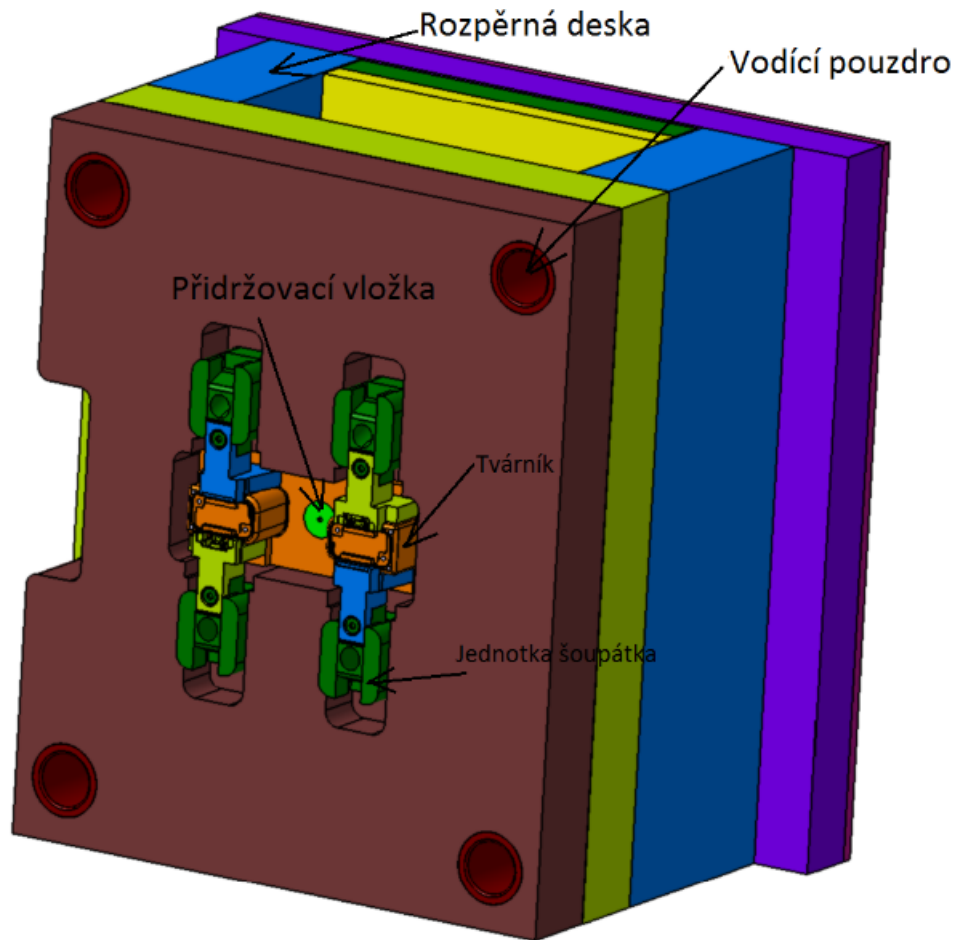
Obr. 40 Pravá strana - izometrický pohled - zvenku

9.8 Levá strana formy

Pohyblivá část formy je tvořena pěti deskami – izolační, upínací, rozpěrná, opěrná a kotevní. Izolační deska slouží k izolaci mezi formou a vstřikovacím strojem. Izolační deska je k upínací desce připevněna pomocí šroubů M5, dále je k upínací desce pomocí šroubů M5 připevněna středící příruba. Upínací deska slouží k upnutí do čelistí stroje, obsahuje vyvrtanou díru pro vyhazovací tyč. Opěrná, rozpěrná a upínací deska jsou vůči sobě vycentrovány pomocí čtyř trubek. Upínací deska a rozpěrné desky jsou sešroubovány pomocí šroubů M12. Upínací deska je osazena čtveřicí vodících čepů které zaručují správnou funkčnost posuvu vyhazovacích desek společně s vodícími pouzdry. Kotevní a opěrná deska jsou osazeny vodícími pouzdry, které zaručují správnou funkčnost celého procesu otevírání a zavírání pohyblivé části vůči pevné části formy. Kotevní deska má vyfrézovanou část pro osazení tvarové vložky (tvárníku). Tvárník obsahuje vyfrézovanou část pro osazení přídržovací vložky. V kotevní desce jsou vyvrtané závity pro osazení jednotky šoupátka s tvarovými bočními vložkami. Tvárník a boční tvarové vložky jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 512 a zpracované kalením na tvrdost 55HRC, jelikož je s polymerem v kontaktu a toto zpracování zaručuje delší životnost.



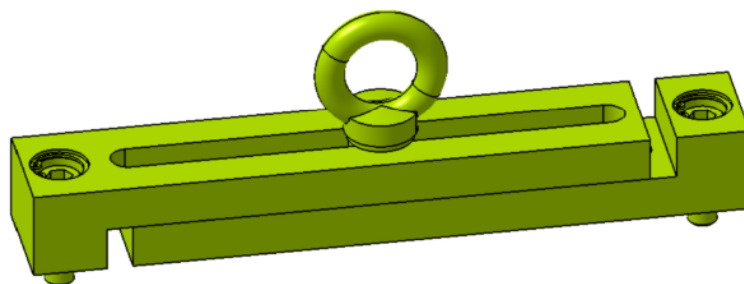
Obr. 41 Levá strana - izometrický pohled - zvenku



Obr. 42 Levá strana - izometrický pohled - zevnitř

9.9 Manipulace s formou

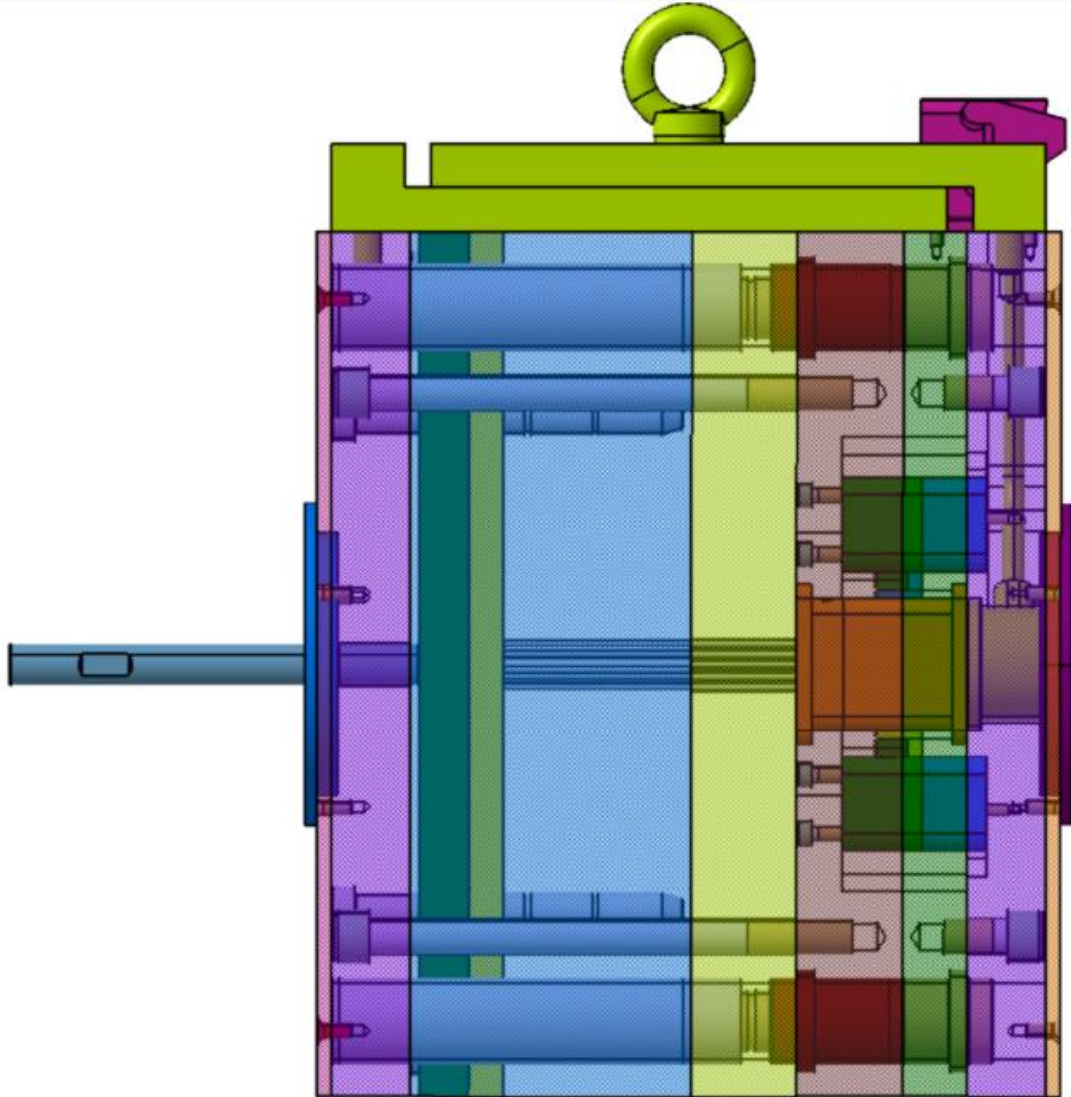
Forma obsahuje transportní můstek, jenž zaručuje jednodušší přesuny a manipulaci. Formu lze přemístit na zvedacím zařízení pomocí zavěšení. Můstek je k formě připevněn do upínacích desek na pohyblivé i pevné části pomocí šroubů M10. Transportní můstek byl generován z přídatného modulu HASCO DAKO.



Obr. 43 Transportní můstek

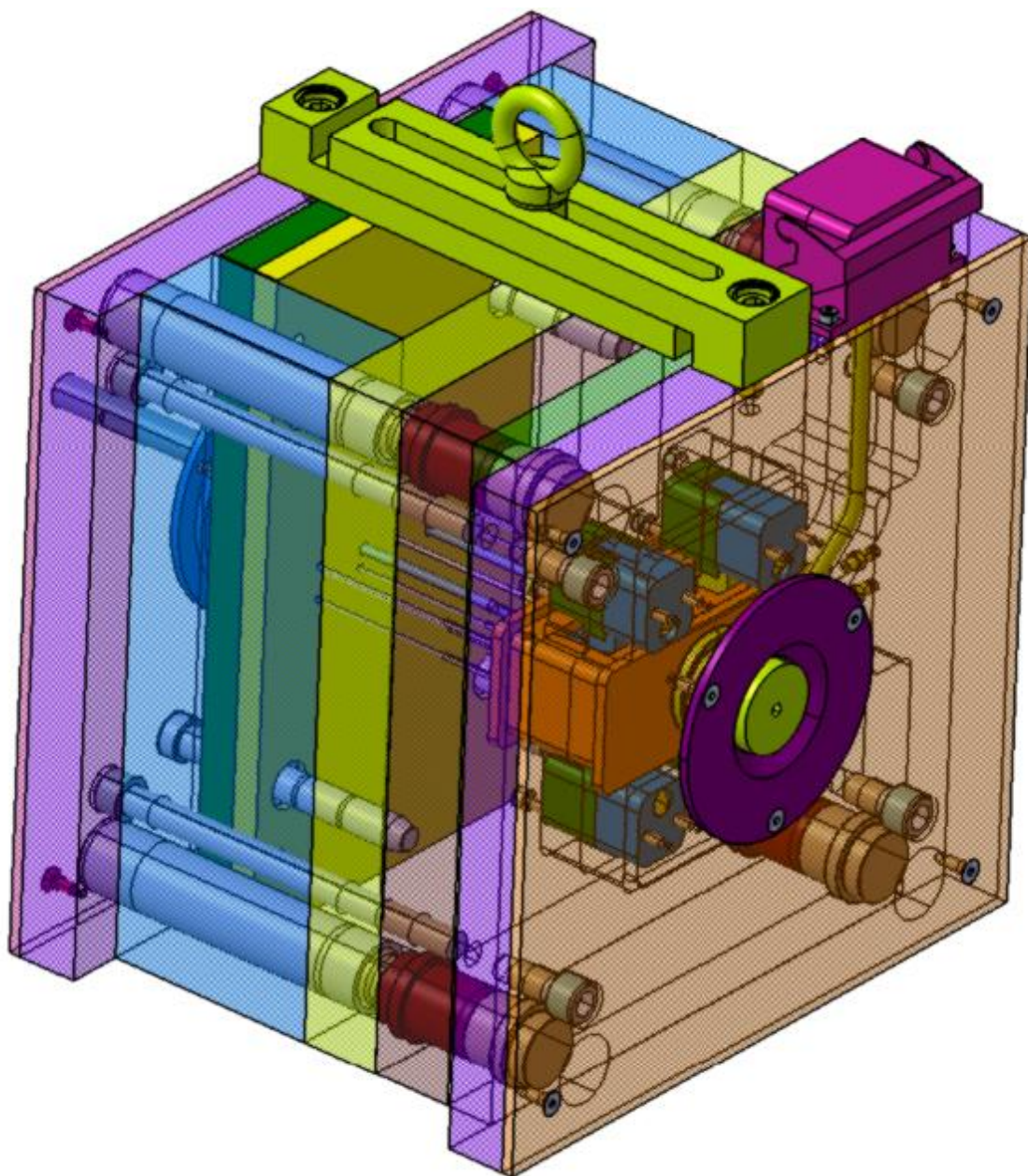
9.10 Sestava formy

Bokorys formy, na kterém je vidět sestavení jednotlivých desek, vodičích a spojovacích součástí, vyhazovacího systému a transportního zařízení.



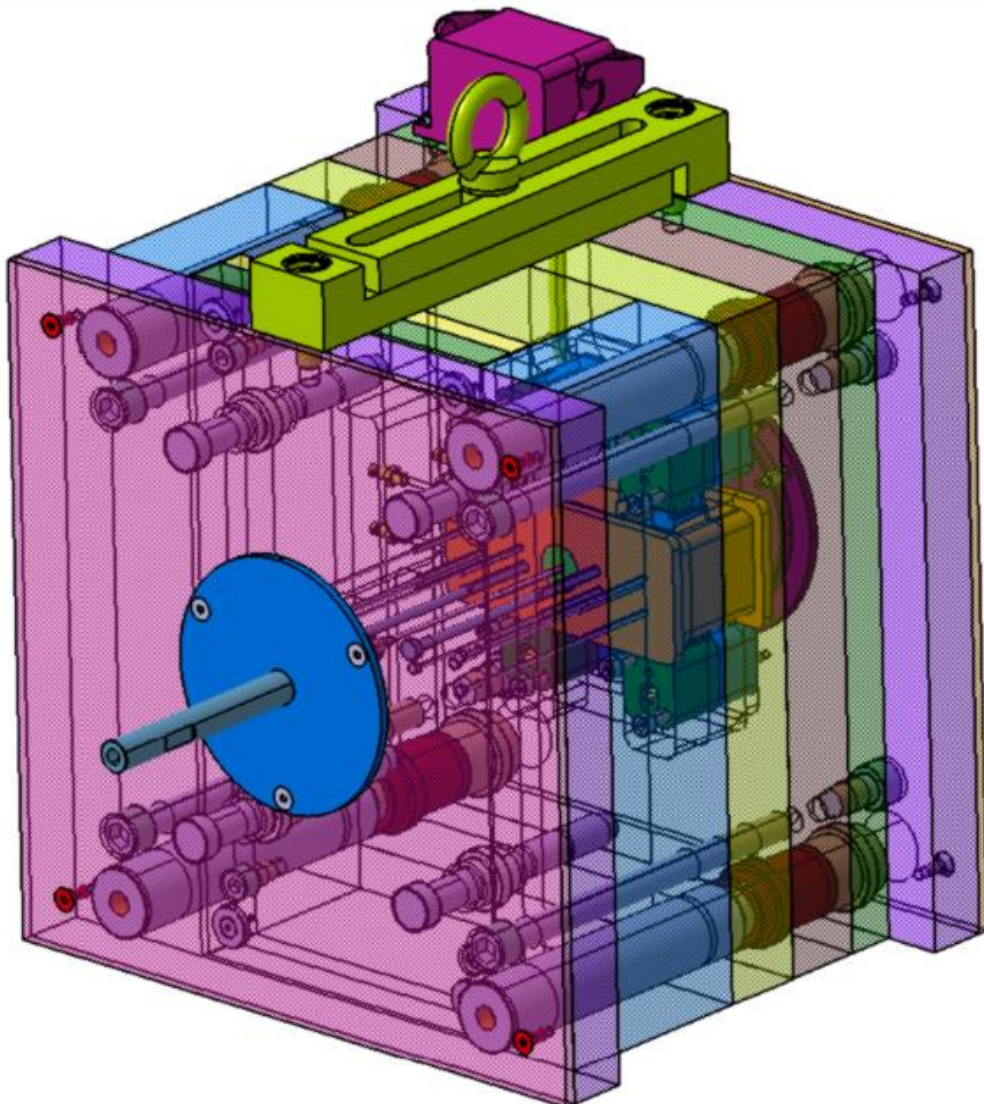
Obr. 44 Bokorys formy

Izometrický pohled ze strany vstřikovací části, nabízí pohled na sestavení jednotlivých desek, uspořádání vodičích a spojovacích součástí, zásuvku jako zdroj elektrické energie napojený na horkou trysku a transportní můstek.



Obr. 45 Izometricky pohled ze vstřikovací strany

Izometrický pohled z vyhazovací strany nabízí pohled sestavení desek, vyhazovací tyč, transportní můstek a vodící a spojovací součásti.



Obr. 46 Izometrický pohled z vyhazovací strany

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a vymodelovat dvojnásobnou formu pro zadaný plastový výrobek včetně 2D řezu sestavu a kusovníku, zadaný výrobek byl kryt konektorem.

Veškerá práce s výkresy a modely byla provedena v programu CATIA V5R19. Nejprve se vymodeloval 3D model v modulu Part Design, aby se následně vytvořila tvárnice a tvárník. Vzhledem ke složitosti výrobku se musely řešit i boční tvarové vložky. To vše bylo řešeno v modulu Core & Cavity Design, dokončení tvarových vložek poté probíhalo v modulu Part Design. Když byly tvarové vložky hotové, začalo se pracovat na konstrukci formy. Ze všeho nejdůležitější bylo zjistit velikost odformovacího systému, který byl zakomponován do kotevních desek formy. Požadavkem zadavatele bylo použití horké trysky, čemuž bylo vyhověno. Horkou trysku, zásuvku a kabeláž bylo zapotřebí vygenerovat z přídatného modulu HASCO DAKO. Z důvodu použití bočního odformování bylo potřeba vygenerovat z přídatného modulu HASCO DAKO jednotku šoupátka, zámek šoupátka a šikmé čepy. Všechny ostatní normálie (vodící součásti, spojovací součásti, středící a vyhazovací součásti) byly generovány z katalogu modulu Mold tooling design. Poslední generovanou částí byl transportní můstek přišroubovaný k upínacím deskám, sloužící ke zjednodušení přenášení a manipulaci s formou.

Veškerá práce na konstrukci formy byla řešena v modulu Mold Tooling Design za pomoci přídatného modulu HASCO DAKO.

Veškerá výkresová dokumentace je zhotovena na normalizovaný výkresový formát A1. Výkresová dokumentace obsahuje dva řezy (A-A), (B-B), částečný řez (C-C) a dva izometrické pohledy vždy na pevnou nebo pohyblivou část, dále obsahuje kusovník včetně označení materiálu, norem a tepelného zpracování.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MÉZL, Milan. *Základy technológie vstrikovania plastov* Mapro spol.s.r.o., Olo-mouc: 2012. 301 s. ISBN 978-80-970749-7-5
- [2] LENFELD, Petr. *Technologie II. - Vstřikování plastů* [online]. Technická univerzita Liberec. [cit. 2015-01-09]. Dostupný z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [4] MANAS, M., VLCEK, J. *Aplikovaná reologie*. Zlín: UTB, 2001. 144 s. ISBN 80 7318-039-1.
- [5] MAŇAS, Miroslav. HELŠTÝN, Josef. *Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikařské stroje II*. Vysoké učení technické v Brně, 1990. 199 s.
- [6] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vydání – Brno: Uniplast, 1999. 214s.
- [7] TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef; KAŇOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1979. 278s.
- [8] [online][cit.2015-01-09]. http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf
- [9] [online][cit.2016-04-20]. <http://lisovaniplastu.cz/tag/lisovani-plastu/>
- [10] [online][cit.2016-04-20]. <http://www.technodat.cz/catia>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T _g	Teplota skelného přechodu
°C	Stupeň celsia
3D	Trojrozměrný prostor
2D	Dvojrzměrný prostor
a _s	Smáčivé číslo
%	Procento
g	Gram
mm	Milimetr
°	Stupeň
HRC	Tvrđost podle Rockwella
cm ³	Kubický centimetr
Al	Hliník
Cu	Měď
PA6	Polyamid 6
PMMA	Polymethylmethakrylát
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PSU	Polysulfon
PC	Polykarbonát
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
HDPE	Polyethylen s vysokou hustotou
LDPE	Polyethylen s nízkou hustotou
POM	Polyacetát
PS	Polystyren

PVC	Polyvinylchlorid
SAN	Styren-acrylonitrile
PAEK	Polyaryletherketones.
PA66	Polyamid 66
bar	Tlak
kN	KiloNewton
kg	Kilogram

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Základní rozdělení polymerů	12
<i>Obr. 2</i> Struktury termoplastů	13
<i>Obr. 3</i> Oblast použití amorfních plastů	14
<i>Obr. 4</i> Oblast použití semykrystalických plastů.....	14
<i>Obr. 5</i> Vstřikovací cyklus	16
<i>Obr. 6</i> Schéma zaplňování formy taveninou	16
<i>Obr. 7</i> Schéma vstřikovacího stroje	17
<i>Obr. 8</i> Vstřikovací jednotka [2]	17
<i>Obr. 9</i> Uzavírací jednotka [2]	18
<i>Obr. 10</i> Vliv činitelů na velikost smrštění.....	21
<i>Obr. 11</i> Válcový vyhazovací kolík.....	22
<i>Obr. 12</i> Příklad trubkového vyhazovače.....	23
<i>Obr. 13</i> Prizmatický vyhazovací kolík	23
<i>Obr. 14</i> Způsob přidržení a vyhození vtokového zbytku [8]	24
<i>Obr. 15</i> Studený vtokový systém formy [8]	27
<i>Obr. 16</i> Průřezy vtokových kanálů; 1,2,3 – vhodné; 4,5,6 - nevhodné [8]	28
<i>Obr. 17</i> Srovnání základních typů kanálů dle smáčivého čísla [8]	28
<i>Obr. 18</i> Bodový vtok	29
<i>Obr. 19</i> Tunelový vtok.....	29
<i>Obr. 20</i> Boční vtok	30
<i>Obr. 21</i> Reálný výrobek	36
<i>Obr. 22</i> Model výrobku vytvořen v programu CATIA V5.....	36
<i>Obr. 23</i> ALLROUNDER 320s	37
<i>Obr. 24</i> Izometrický pohled na tvárník	39
<i>Obr. 25</i> Izometrický pohled na tvárnici	39
<i>Obr. 26</i> Izometrický pohled na boční tvarové vložky.....	40
<i>Obr. 27</i> Zaformování výrobku	40
<i>Obr. 28</i> Použité vyhazovače (válcový, válcový přidržovací a prizmatický)	41
<i>Obr. 29</i> Vyhazovací systém	41
<i>Obr. 30</i> Pracovní cyklus vyhození	42
<i>Obr. 31</i> Vtokový systém	43
<i>Obr. 32</i> Řez horkou tryskou	44

<i>Obr. 33 Detail bodového vtoku</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 34 Temperační systém - řez tvárnici</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 35 Temperační systém - izometrický pohled na tvárnici</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 36 Temperační systém - řez tvárníkem</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 37 Temperační systém - izometrický pohled na tvárník</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 38 Temperační systém v kotevních deskách</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 39 Pravá strana- izometrický pohled - zevnitř</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 40 Pravá strana - izometrický pohled - zvenku</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 41 Levá strana - izometrický pohled - zvenku</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 42 Levá strana - izometrický pohled - zevnitř</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 43 Transportní můstek</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 44 Bokorys formy</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 45 Izometrický pohled ze vstříkovací strany</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 46 Izometrický pohled z vyhazovací strany</i>	<i>53</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Smluvní teploty taveniny a formy</i>	25
<i>Tab. 2 Základní rozměry výrobku</i>	36
<i>Tab. 3 Základní informace o stroji</i>	37
<i>Tab. 4 Základní informace o formě</i>	37

SEZNAM PŘÍLOH

- PI Výkresová dokumentace
PII CD