

Návrh vstřikovací formy pro část signalizujícího zařízení na auto

Jakub Janků

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jakub Janků

Osobní číslo: T14668

Studijní program: B3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Forma studia: prezenční

Téma práce: Návrh vstřikovací formy pro část signalizujícího zařízení na auto

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma.**
- 2. Nakreslete 3D model vstřikovaného dílu.**
- 3. Vytvořte konstrukční návrh vstřikovací formy ve 3D pro zadaný plastový díl.**
- 4. Nakreslete řez sestavy formy a příslušné pohledy včetně kusovníku.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

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

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2017

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



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



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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 15.5.2017

..... Janků

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku 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 výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je vytvořit návrh konstrukce vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, kterým je část signalizačního zařízení na auto.

Teoretická část obsahuje rozdělení polymerů pro vstřikování, popis technologie vstřikování a především zásady konstrukce vstřikovacích forem.

Praktická část se zaměřuje na vytvoření 3D modelu vstřikovaného dílu a návrhu vstřikovací formy, včetně výkresové dokumentace. Pro konstrukci vstřikovací formy bylo použito programu CATIA V5R19 a normálií firmy HASCO.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, CATIA, konstrukce

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to create a design of injection mold for required plastic part, which is part of the signaling equipment on the car.

The theoretical part includes the distribution of polymers for injection molding, description of the injection technology and especially the principles of injection mold design.

The practical part focuses on creation a 3D model of injection molded part and design of injection mold including the drawing documentation. CATIA V5R19 program and standard parts from HASCO company were used for construct of injection mold.

Keywords: injection molding, injection mold, CATIA, design

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady a čas, který mi poskytl při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl také poděkovat mé rodině a přítelkyni za psychickou podporu a trpělivost, kterou mi věnovali.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	11
1.1 TERMOPLASTY	11
1.1.1 Amorfnní termoplasty	12
1.1.2 Semikrystalické termoplasty	12
1.2 REAKTOPLASTY.....	13
1.3 ELASTOMERY	13
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	14
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	14
2.2 POPIS JEDNOTLIVÝCH ČASŮ VSTŘIKOVACÍHO CYKLU	15
2.2.1 Strojní doby	15
2.2.2 Doba vstřikování	15
2.2.3 Doba dotlaku	16
2.2.4 Doba plastikace	16
2.2.5 Doba chlazení.....	16
3 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	17
3.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	18
3.1.1 Vstřikovací kapacita.....	19
3.1.2 Plastikační výkon	19
3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	20
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	21
4.1 KONSTRUKCE FORMY	22
4.1.1 Postup při konstrukci formy.....	22
4.2 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	23
4.3 SMRŠTĚNÍ.....	24
4.4 NÁSOBNOST FORMY	24
4.5 VTOKOVÉ SYSTÉMY	25
4.5.1 Studený vtokový systém	25
4.5.2 Vtokový kanál	26
4.5.3 Rozváděcí kanály	27
4.5.4 Vtokové ústí	28
4.5.5 Vyhříváné vtokové systémy.....	29
4.6 VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	31
4.6.1 Mechanické vyhazovací systémy	31
4.6.2 Hydraulické vyhazovací systémy.....	34
4.6.3 Pneumatické vyhazovací systémy.....	34
4.7 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	35
4.8 ODVZDUŠNĚNÍ DUTINY FORMY.....	36
4.9 MATERIÁLY FOREM.....	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	39

6	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	40
6.1	MATERIÁL VÝROBKU	40
7	VSTŘIKOVACÍ STROJ	42
8	POUŽITÝ SOFTWARE	43
9	KONSTRUKCE FORMY	44
9.1	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	45
9.2	NÁSOBNOST FORMY	46
9.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	47
9.4	PRAVÁ (VSTŘIKOVACÍ) ČÁST	49
9.5	LEVÁ (UZAVÍRACÍ) ČÁST	50
9.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	51
9.7	ODFORMOVÁNÍ.....	52
9.8	VTKOVÝ SYSTÉM	53
9.9	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	55
9.10	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	57
9.11	TRANSPORTNÍ A BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ	57
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

Plasty ve všech oblastech průmyslové výroby stále častěji nahrazují konvenční materiály jako je např. ocel nebo dřevo. První plasty se začaly objevovat v první polovině minulého století, avšak většího vývoje a zahájení výroby ve větším měřítku dosáhly až v 50. letech 20. století. Od té doby nastal rychlý rozvoj, jehož důsledkem je neustále se rozšiřující sortiment a kvalita těchto materiálů.

S rozvojem využití plastů ve společnosti se zvyšují nároky na technologie umožňující zpracování plastů. Mezi moderní technologie patří vstřikování termoplastů, kdy se do tvarové dutiny formy vstřikuje roztavená tavenina.

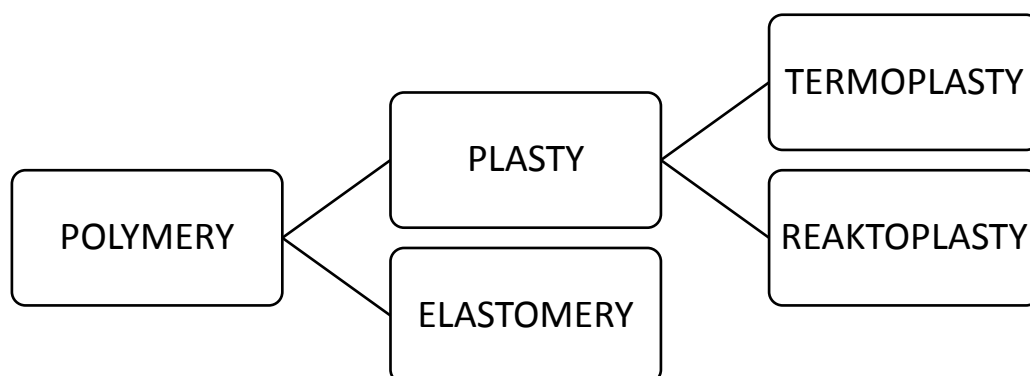
Na konstrukci a provedení forem jsou kladeny vysoké nároky a musí splňovat několik funkcí. Především by měly zachovat požadovanou funkčnost výrobku a zajistit celkovou stabilitu. Dále by měly odolávat vysokým tlakům, umožnit snadné vyhození a zajišťovat kvalitu vyhozených výstřiků.

Pro navrhování a konstrukci se používá celá řada softwarových řešení, díky kterým se konstrukce zjednodušují a urychlují. Tyto programy jsou schopné obsáhnout většinu konstrukce od počátečního návrhu až do finálního zpracování výkresové dokumentace.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

Polymery jsou chemické látky obsahující ve svých rozměrných molekulách většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, ale i dusíku, chloru a jiných prvků. Za normální teploty jsou ve stavu tuhém. Za zvýšené teploty přechází do kapalného stavu (taveniny), což umožňuje udělit polymerní tavenině tvar budoucího výrobku. [1]



Obr. 1. Základní rozdělení polymerů

1.1 Termoplasty

V současné době tvoří termoplasty asi 80 % všech plastů dostupných na trhu. Termoplasty jsou výhodné jak z hlediska ekonomického, tak i ekologického. Výrobky z termoplastů se dají lehce a téměř bez odpadu recyklovat, případně dále při recyklaci upravovat. Jedná se o materiály teplem tvárné, které se zpracovávají tvářením z taveniny. Z tvářecích technologií používaných pro velkosériovou výrobu plastových výrobků je převládající technologie vstřikování. [5]

Termoplasty se dělí na amorfnní a semikrystalické, což je z hlediska vlastního procesu vstřikování i z hlediska aplikačního použití velmi důležité, neboť se při zahřívání i následném vstřikování chovají obě skupiny odlišně a projeví se i ve vlastnostech finálních výrobků. Množství vyráběných amorfnních plastů je větší než semikrystalických, ale pro technicky náročné aplikace je tento poměr opačný. V konstrukčních termoplastech jsou semikrystalické polymery zastoupeny až 75 procenty. [5]

1.1.1 Amorfní termoplasty

Mnohé druhy amorfních termoplastů (např. PS, PMMA, PC, SAN) mají možnost transparentního provedení. Tyto polymery se vyznačují velmi nízkým smrštěním oproti dutině formy (asi pod 1 %), což je důležité při výrobě rozměrově přesných dílů. Z hlediska technologie vstřikování a z hlediska aplikačního je pro ně důležitá teplota T_g (teplota zesílení). Tato teplota určuje teplotu vyjímání výrobku z formy a hranici teplotního použití výstřiků. Pro technologii vstřikování je určeno asi 20 % z celkového množství vyráběných amorfních termoplastů. Kromě elektrotechnických aplikací a spotřebního zboží jsou tyto polymery nepostradatelné pro automobilový průmysl, kde převládající aplikací je světelná technika využívající jejich vynikajících optických i mechanických vlastností, především PMMA a PC. [5]

1.1.2 Semikrystalické termoplasty

Mezi charakteristické znaky semikrystalických termoplastů (např. PE, PP, PA, POM, PBT a další) patří schopnost vytvářet z taveniny krystalickou strukturu. V závislosti na chemické stavbě polymeru a technologických podmínkách vstřikování může obsah krystalického podílu dosáhnout až 80 %. To má za následek větší smrštění výstřiků proti formě, které se pohybuje od 1 do 2,5 %. V důsledku tvorby sférolitické struktury nemohou být výrobky ze standardních částečně krystalických polymerů transparentní na rozdíl od polymerů amorfních. [5]

Jejich specifické vlastnosti především tuhost, pevnost a houževnatost jsou závislé na obsahu krystalického podílu. Proto je značně ovlivňuje fáze ochlazování (z technologických parametrů hlavně teplota formy). Z hlediska procesu vstřikování je teplota T_g málo významná. Významnou teplotou pro tyto polymery je teplota bodu tání krystalického podílu (T_m). Tato teplota je hraniční pro zachování určité pevnosti a tuhosti výrobku. Nad touto teplotou je oblast taveniny (viskózně elastický stav), kde probíhá samotný proces vstřikování. Jednou z hlavních oblastí aplikace pro tyto polymery jsou technické výrobky více či méně mechanicky namáhané. Největší podíl tvoří různě modifikovaný PP, PA, PET, PBT a POM. [5]

1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou plasty, které procházejí během ohřevu chemickou reakcí a vytvářejí prostorovou síť. Během vytvrzování procházejí chemickou reakcí a jsou tvořeny silnými kovalentními vazbami. Po vytvrzení je není možné roztavit a tvářet jako termoplasty. Mají velmi vysokou pevnost v tlaku a další vlastnosti, výhodné zejména z hlediska využití v roli konstrukčních materiálů. Velmi obtížně se recyklují. Mezi reaktoplasty patří například syntetické polyesterové, formaldehydové a melaminové živice. [3]

1.3 Elastomery

Elastomery nebo kaučuky jsou materiály, které se vyznačují velkou pružností. Mají řídkou strukturní síť tvořenou lineárními makromolekulami propojenými mostky. Jsou schopné se výrazně deformovat a vrátit se do původního stavu bez porušení. Elastomery jsou tvořené volně zesíťovanými makromolekulami. U elastomerů nastává zesíťování při vulkanizaci. Vulkanizace probíhá za pomoci vulkanizačních činidel a po jejím ukončení je elastomer převedený na pryž. Po skončení tohoto procesu už není další tváření možné. [1] [3]

Kaučuky podle původu se rozdělují na přírodní a syntetické. Přírodní kaučuk se získává z latexu, který je obsažený v mléčných buňkách některých tropických stromů. Podstatou je polyisprene, doprovázený malým množstvím nekaučukovitých látek. Syntetické kaučuky se vyrábějí ve větším počtu druhů, z nichž každý vyniká specifickými vlastnostmi. Podobně jako přírodní kaučuk je možné syntetické kaučuky vulkanizovat. [3]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

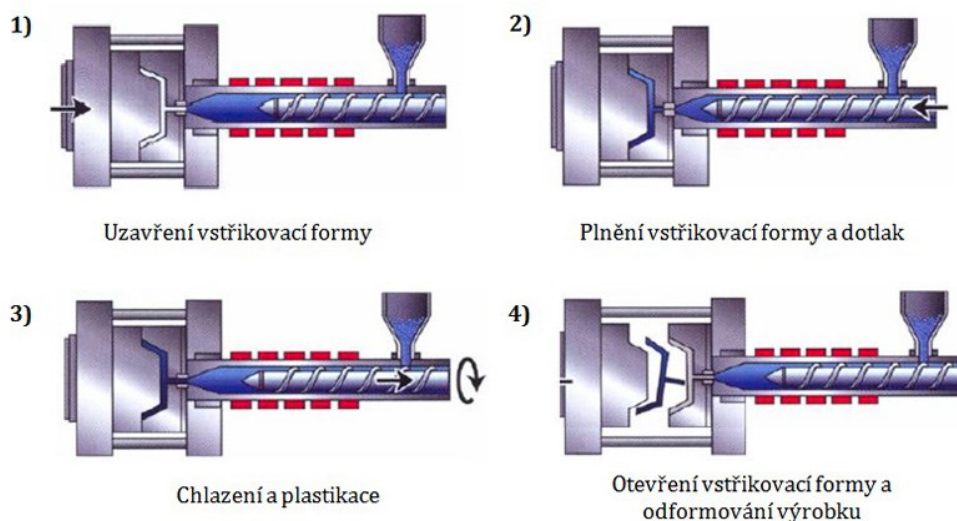
Jedná se o nejrozšířenější technologii na zpracování plastů. Vstřikování je způsob tváření plastů za tepla, při kterém je velkou rychlostí vstříknuta dávka zpracovávaného materiálu do uzavřené dutiny kovové formy. Takto zhotovené výrobky mají dobrou tvarovou i rozměrovou přesnost. Vstřikováním můžeme zpracovávat skoro všechny druhy termoplastů, ale i některé reaktoplasty a kaučuky.

Jedná se o proces cyklický. Výhodou vstřikování je krátký čas cyklu, možnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu. Hlavní nevýhodou jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké a drahé v porovnání s vyráběným dílem. Proto je tato technologie ekonomická jen pro velkosériovou výrobu. [6]

2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jde o proces neizotermický, během něhož materiál prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek, za který lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy.

Plast je v podobě granulí vsypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu transportuje do tavicí komory. Za současného účinku tření a topení se plast taví a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje dotlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Poté se forma otevře a výrobek je vyhozen a celý cyklus se znovu opakuje. [6]



Obr. 2. Princip vstřikování plastů [7]

2.2 Popis jednotlivých časů vstřikovacího cyklu

Jednotlivé úseky vstřikovacího cyklu trvají různě dlouho a jsou mimo jiné ovlivněny například geometrií výstřiku a technologickými podmínkami vstřikování. [6]

2.2.1 Strojní doby

Z ekonomického hlediska je snaha zkrátit strojní časy na minimum. Toho se dá dosáhnout zrychlením pohybující se formy. U moderních strojů není tato rychlost po celé dráze stejná, ale z počátku se forma pohybuje rychle a zpomalí až těsně před dosednutím, aby na sebe obě části formy dosedly „měkce“ a nepoškodily se. [2] [6]

Podobně funguje i otevírání formy, kde je rychlost zpočátku vysoká, ale sníží se před dojezdem na doraz, aby vyhození výstřiku z formy probíhalo pomalu. [2] [6]

2.2.2 Doba vstřikování

Jedná se o dobu, kterou zabere plnění dutiny formy polymerní taveninou. Doba plnění dutiny formy se odvíjí od rychlosti vstřikování, potažmo pohybu šneku vpřed. Nejdůležitějšími faktory ovlivňující dobu vstřikování jsou vstřikovací tlak a teplota polymerní taveniny. Vliv však má i teplota formy, řešení vtokové soustavy, druh vstřikovaného plastu, ale i objem výstřiku a jeho tvar. Doba plnění dutiny formy má být co nejkratší, protože polymer se stykem s chlazenou formou ochlazuje a ztrácí svoji tekutost. [6]

2.2.3 Doba dotlaku

Po naplnění tvarové dutiny formy polymerní taveninou následuje stlačování materiálu. U dotlaku prudce stoupne tlak a rychlost náhle klesne. Pokud by tlak zůstal na původní hodnotě, došlo by ke vzniku tlakové špičky, ke zvětšení hmotnosti a rozměrů výstřiku a k vysokému namáhání formy. Aby se zabránilo těmto jevům je nutné v určité době snížit vstřikovací tlak, tzn. přepnout na dotlak. Při předčasném přepnutí dochází k opačným jevům a je zde až možnost nedostříknutého výrobku. K přepnutí na dotlak lze dojít buď podle dráhy šneku, vstřikovacího času, nebo podle tlaku ve formě nebo v hydraulice. Doba dotlaku závisí hlavně na průřezu vtokového kanálu a zpravidla činí několik sekund až desítky sekund. Účelem je zabránění vzniku propadlin, staženin a kompenzování smrštění. [6]

2.2.4 Doba plastikace

Doba plastikace je čas, který je potřebný k zplastikování a následnému zhomogenizování dávky plastu. Velikost zplastikované dávky musí zabezpečit naplnění tvarové dutiny formy a vtokového systému, ale i kompenzovat změnu objemu vyvolanou smrštěním. Je nutné si uvědomit, že posuvem šneku vzad se snižuje účinná délka šneku, a proto musíme zpětný tlak zvyšovat. Teplo k roztavení jedné dávky, je zhruba z jedné třetiny dodáváno z elektricky odporového topení a asi ze dvou třetin z tření materiálu. [6]

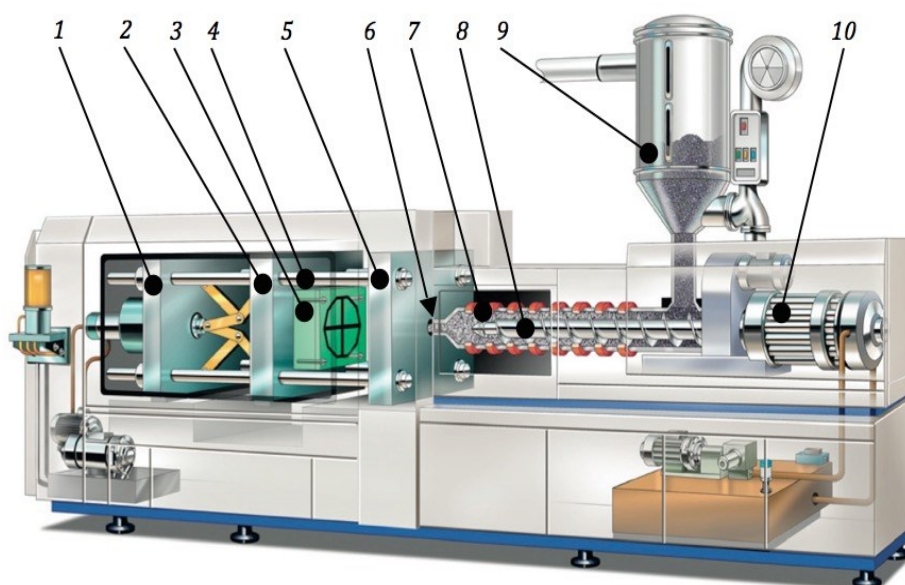
2.2.5 Doba chlazení

Doba chlazení představuje zpravidla nejdélší část cyklu. Závisí na určující tloušťce stěny výstřiku, druhu vstřikovaného plastu, teplotě taveniny, teplotě formy a na vyhazovací teplotě výstřiku. Je snaha ji zkrátit na minimum účinným chlazením formy, především míst kde materiál chladne nejpomaleji. Fáze chladnutí ovlivňuje nejenom strukturu, krystalizaci a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu, zejména lesk. [6]

3 VSTŘIKOVACÍ STROJE

V dnešní době je proces vstřikování už plně automatický, díky čemuž se dosahuje vysoké produktivity práce. Technologie je vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu, protože pořizovací cena vstřikovací formy a především strojního zařízení je značně vysoká.

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řídicí jednotky. Téměř každý výrobce vstřikovacích strojů je schopen dovybavit stroj manipulátory, roboty, dávkovacím a mísícím zařízením, temperačním zařízením, sušárnami, dopravníky pro výrobky a vtoky, mlýny, atd. [4]



Obr. 3. Vstřikovací stroj [7]

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

Vstřikovací stroj pro přesnou výrobu musí splňovat tyto parametry:

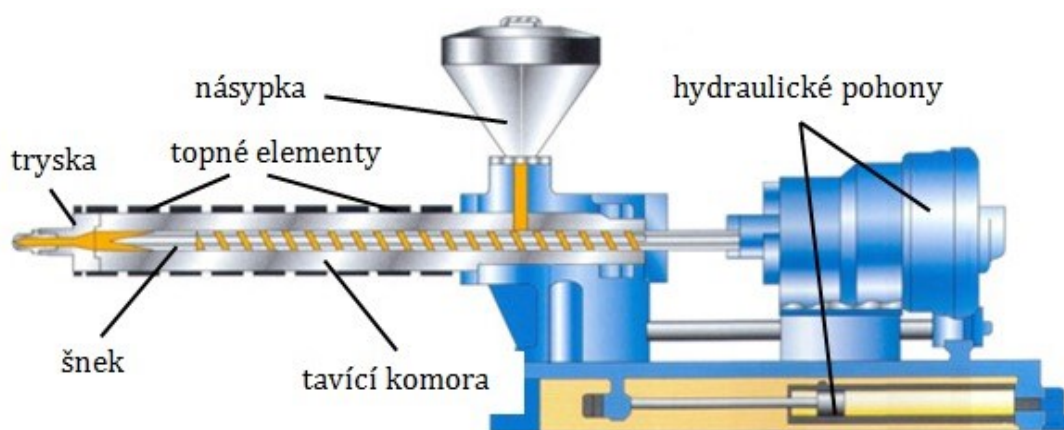
- pevnost a tuhost při vstřiku,
- konstantní tlak, teplota, rychlost a časování,
- přesná reprodukovatelnost technologických parametrů. [1]

3.1 Vstřikovací jednotka

Jedním z hlavních úkolů vstřikovací jednotky je převedení tuhého termoplastu na homogenní taveninu a následný přesun taveniny vysokou rychlostí a pod velkým tlakem do tvarové dutiny formy. V dnešní době je nejrozšířenějším typem vstřikovací jednotka se šnekem.

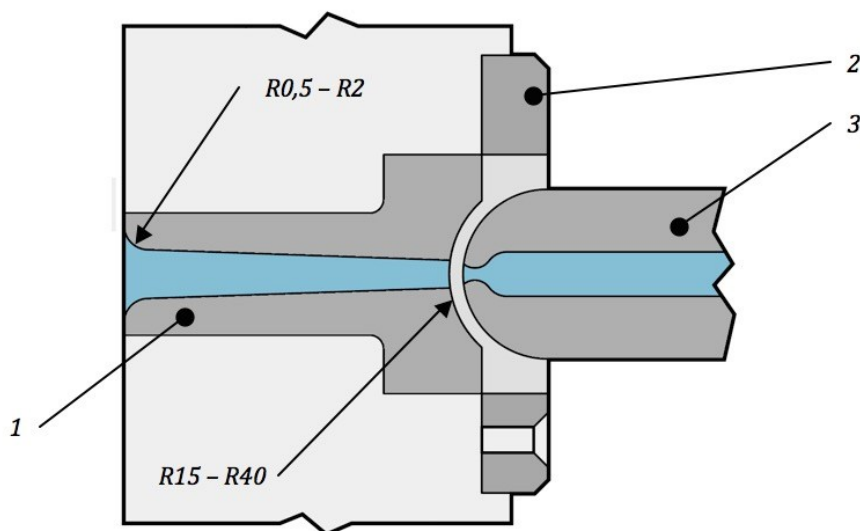
Mezi největší přednosti šnekových strojů patří:

- spolehlivá plastikace a dobrá homogenizace roztaveného plastu,
- zamezení přehřívání materiálu v tavicí komoře,
- vysoký plastikační výkon i velký zdvihový objem,
- odstranění potíží při čištění komory při výměně materiálu,
- zaručené přesné dávkování materiálu,
- nízké ztráty tlaku během pohybu materiálu,
- vyšší účinnost zásahu do vstřikovacího procesu, např. řízením dotlaku. [6]



Obr. 4. Vstřikovací jednotka [7]

Granulát z hrdla násypky je nabírán otáčejícím se šnekem do tavicí komory. V tavicí komoře se postupně plastikuje, homogenizuje a hromadí se před čelem šneku, který v průběhu otáčení ustupuje dozadu. Tavicí komora je vyhřívána pomocí topných pásů a je zakončena tryskou s vlastním vyhříváním. Tryska nám také spojuje vstřikovací jednotku s formou. Zakončení trysky kulového tvaru zaručuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky. Jejich sousost, menší poloměr trysky a průměr otvoru než je u sedla vtokové vložky je podmínkou správné funkce stroje. [1]



Obr. 5. Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku formy [7]

1 – vtoková vložka, 2 – středící kroužek, 3 – čelo trysky vstříkovacího stroje

3.1.1 Vstříkovací kapacita

Představuje jednu ze základních charakteristik vstříkovací jednotky a je to maximální objem taveniny, který je možné na daném stroji vystříknout z tavicí komory do volného prostoru při jednom pracovním zdvihu šneku. Je to maximální objem tavicí komory vymezené čelem šneku v jeho krajních polohách a je udávána v cm^3 . Vstříkovací kapacita poskytuje informaci o maximálním objemu výrobku, který je možné na dané vstříkovací jednotce vyrobit. Do objemu výrobku je nutné připočítat i objem vtokového systému. [7]

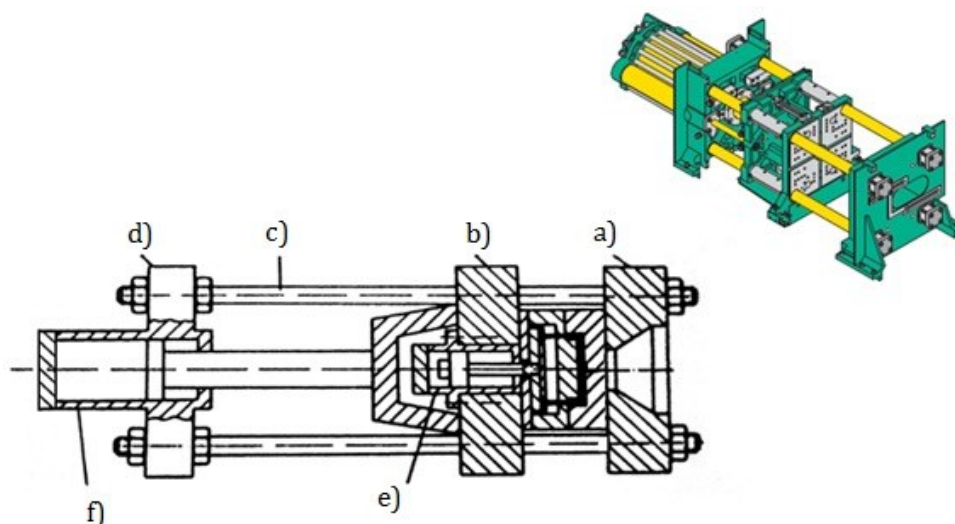
3.1.2 Plastikační výkon

Udává maximální množství taveniny, kterou je stroj schopen za jednotku času převést do plastického stavu. Nejčastěji je udávána v kilogramech za hodinu ($\text{kg} \cdot \text{hod}^{-1}$). Jde o množství materiálu, které je při určitých otáčkách šneku, vytlačeno před čelo šneku a do volného prostoru pouze rotačním pohybem šneku. Udávaná hodnota má spíše orientační charakter a bývá používána pouze jako přibližný údaj pro provedení hrubé kalkulace doby potřebné pro plastikaci daného množství materiálu. Další faktory, které efektivní rychlost plastikace ovlivňují, je kromě otáček šneku i typ zpracovávaného polymeru, teplota, které je ve vstříkovací jednotce vystaven a také geometrie šneku. [7]

3.2 Uzavírací jednotka

Hlavním úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu podle procesu vstřikování. Musí zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela. Při činnosti formy se rozlišuje síla přisouvací, a síla uzavírací. U moderních strojů se dají libovolně programovat rychlosti a síly uzavírání a otevírání vstřikovací formy. [6]

Základními částmi jsou vodící sloupy, pevná a pohyblivá upínací deska stroje s potřebným upínacím systémem a uzavírací mechanismus, který umožňuje otevírání a uzavírání formy a vytváří uzamykací sílu, která působí proti vstřikovacímu tlaku a drží formu uzavřenou během fází vstřiku a dotlaku. Uzavírací systémy mohou být konstruovány jako mechanické, hydraulické nebo kombinace obou systémů. Podle pohonu se uzavírací jednotky dělí na elektrické (zdrojem pohybu je elektromotor) nebo hydraulické (hydraulický píst). Hydraulický píst může být napojen přímo na pohyblivou upínací desku (hydraulický uzavírací systém), nebo stejně jako u elektromotoru je síla přenášena přes další mechanický systém. Tyto systémy jsou potom nazývány hydraulicko-mechanické nebo elektro-mechanické. [7]



Obr. 6. Hydraulická uzavírací jednotka [7]

(a) pevná část formy, (b) pohyblivá část formy, (c) vodící sloupy, (d) rám stroje, (e) hydraulický vyhazovač, (f) hydraulický válec pro ovládání pohyblivé části formy

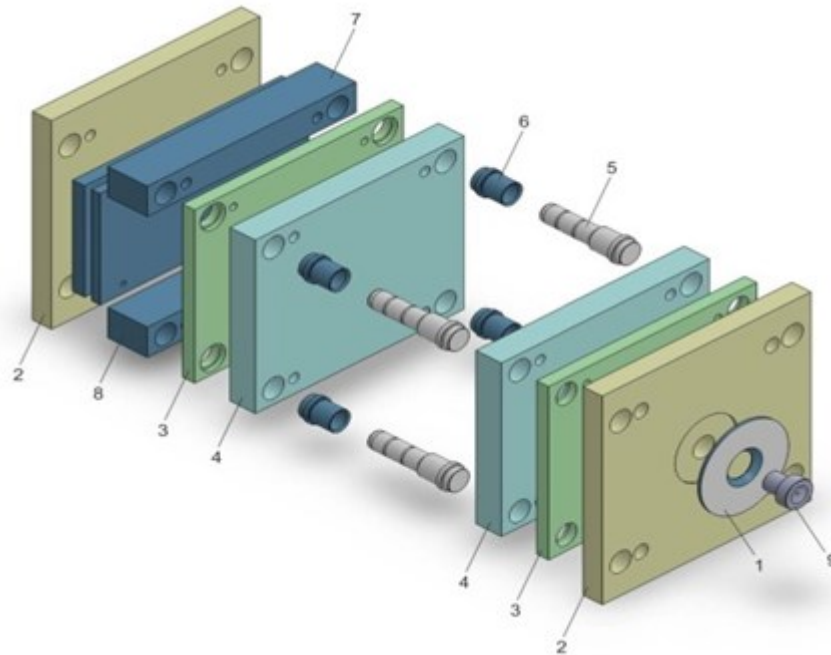
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma se upíná na vstřikovací stroj a vedle plastikační jednotky je nejdůležitější částí stroje. V průběhu vstřikovacího cyklu je forma naplněna roztavenou taveninou. Po zchladnutí vzniká výstřik s požadovaným tvarem a funkčními vlastnostmi. Vstřikovací forma jako celek se skládá z mnoha dílů, které lze rozdělit na tvářecí části, temperační, vtokový a vyhazovací systém, upínací a vodící elementy. Ty části, které zabezpečují správnou činnost nástroje se nazývají konstrukčními a částem stýkající se s tvářeným materiálem říkáme funkční. Během své životnosti musí splňovat tyto požadavky:

- odolávat vysokým tlakům,
- zajistit požadovaný rozměr a kvalitu výstřiku,
- snadné vyhození výstřiku,
- snadná obsluha a automatický provoz,
- nízká pořizovací cena,
- snadná a rychlá výroba,
- vysoké využití zpracovávaného plastu.

Vstřikovací formy jsou z hlediska konstrukčního velmi rozmanité a můžeme je rozdělit do následujících skupin:

- podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné,
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení na dvoudeskové, třideskové, etážové, čelist'ové, vytáček, apod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu nebo do dělicí roviny. [6] [8]



Obr. 7. Hlavní části formy

1 – středící kroužek, 2 – upínací desky, 3 – opěrné desky, 4 – tvarové desky, 5 – vodící čepy, 6- vodící pouzdra, 7, 8 – rozpěry, 9 – vtoková vložka

4.1 Konstrukce formy

Vstříkovací formy jsou speciálně konstrukční zařízení používané na výrobu dílů vstříkovaním, za působení vysokého tlaku a teploty a dalších potřebných parametrů. Jejich konstrukce a výroba je finančně nákladná a náročná na odborné znalosti. Z toho vyplývají základní požadavky na formu:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních částí,
- tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování apod.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou. [1]

4.1.1 Postup při konstrukci formy

Hlavním podkladem pro konstruktéra forem je výkres výrobku společně s dalšími doplňujícími údaji jako je typ stroje, rozsah produkce, materiál atd.

Konstrukce má následující postup:

- Posouzení výkresu výrobku z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek s ohledem na tloušťku stěn, toleranci rozměrů. Nesmí se zanedbat ani úpravy ostrých hran a rohů, které způsobují velké pnutí a obtížné plnění dutiny.
- Určení dělicí roviny součásti a způsob zaformování. Je nutné respektovat funkci a vzhled výrobku, také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy.
- Stanovení násobnosti formy a uspořádání ve formě s ohledem na opotřebení, výrobní toleranci a smršťení. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoků.
- Stanovení vhodného vyhazovacího a temperančního systému i odvodu vzduchu dutin formy.
- Volba vhodného vstřikovacího stroje, zajištění středění a upínání formy na stroji z hlediska správné funkce i bezpečnosti práce, kontrola funkčních parametrů s ohledem na doporučený typ stroj. [1]

4.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování a vhodná volba dělicí roviny nám umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomičnost výroby. Dělicí rovina bývá zpravidla rovnoběžná s upínáním formy. Může být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí roviny. Takovým tvarům se ale snažíme vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedosednutí formy během plnění, což má za následek vznik přetoků. Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyhození výrobku z formy,
- byla pravidelná, snadno vyrobitelná a měla jednoduchý geometrický tvar,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla vhodně umístěna, aby splňovala výrobu přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u většího počtu dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet. [1]

4.3 Smrštění

Smrštění plastu proti formě je objemová změna, která je vyvolaná fyzikálními nebo chemickými ději probíhající při procesu tváření. Projevuje se hlavně v průběhu tuhnutí taveniny polymeru a v čase bezprostředně následujícím po vyjmutí tvářeného výrobku z formy. Rozeznává se přitom tzv. výrobní a dodatečné smrštění, které je v důsledku orientace makromolekul a plniva rozdílné v podélném a příčném směru. [9]

Výrobní smrštění je rozdíl mezi rozměrem tvarové dutiny formy a odpovídajícím rozměrem výrobku, vyjádřený v procentech z rozměru formy. [9]

Dodatečné smrštění je změna rozměru tvářeného výrobku z plastu po jeho vystavení zvýšené teplotě. Pod pojmem dodatečné smrštění se také někdy rozumí rozměrová změna, která proběhla ve výrobku při normální teplotě, avšak po delším časovém odstupu od jeho vyrobení. [9]

4.4 Násobnost formy

Násobnost formy vyjadřuje množství výrobků, které vyprodukuje forma během jednoho vstřikovacího cyklu. Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení několika činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska:

- charakteru a přesnosti výstřiku,
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje,
- požadovaného množství výrobků,
- požadovaného termínu dodávky,
- ekonomičnosti výroby. [1]

Z hlediska kvality a přesnosti výstřiků je žádoucí, aby byla násobnost vstřikovací formy co nejmenší. Tím se nám zjednoduší konstrukce formy, vyloučí se rozdíly v rozměrech tvarových dutin a v teplotách a tlacích mezi jednotlivými dutinami formy. Při větším počtu dutin je volena násobnost formy tak, aby dráha toku taveniny ve vtokové soustavě a v dutinách formy byla u všech výstřiků stejně dlouhá. [2] [9]

4.5 Vtokové systémy

Účelem vtokové soustavy je zajistit dopravu taveniny ze vstřikovacího stroje do dutiny formy. Skládá se obvykle z vtokového kanálu, rozváděcího kanálu a vtokového ústí.

Funkční vtokový systém má zabezpečit, aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší,
- ke všem tvářecím dutinám byla dráha toku stejná (kvůli rovnoměrnému plnění),
- byl dostatečně velký průřez vtokových kanálů (aby bylo zaručeno, že po naplnění dutiny zůstane jádro taveniny plastické a umožní působení dotlaku),
- vyústění vtoků do dutiny formy, jeho průřez, poloha a počet zajistily kvalitní spojení a ochlazení proudů taveniny (tyto spoje jsou tzv. studené spoje a mají sníženou pevnost),
- u vícenásobných forem byla zachována stejná rychlost taveniny (odstupňovaný průřez kanálů). [8]

4.5.1 Studený vtokový systém

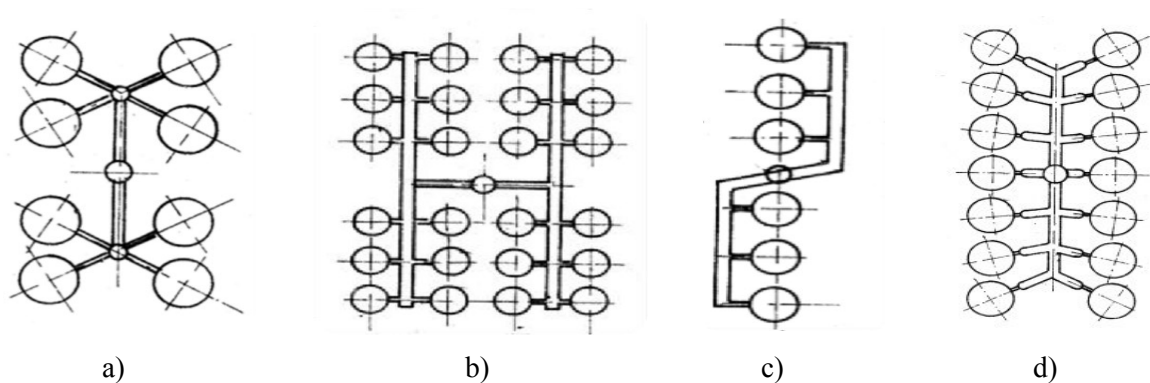
Pro používání termoplastických materiálů je studený vtokový systém umístěn ve formě, kde je po vstříknutí taveniny ochlazen a vyhozen s výstřikem během každého vstřikovacího cyklu. [1]

Naplnění dutiny formy musí proběhnout v co nejkratším čase s minimálním odporem.

Tvar, umístění a rozměry vtokového systému ovlivňují:

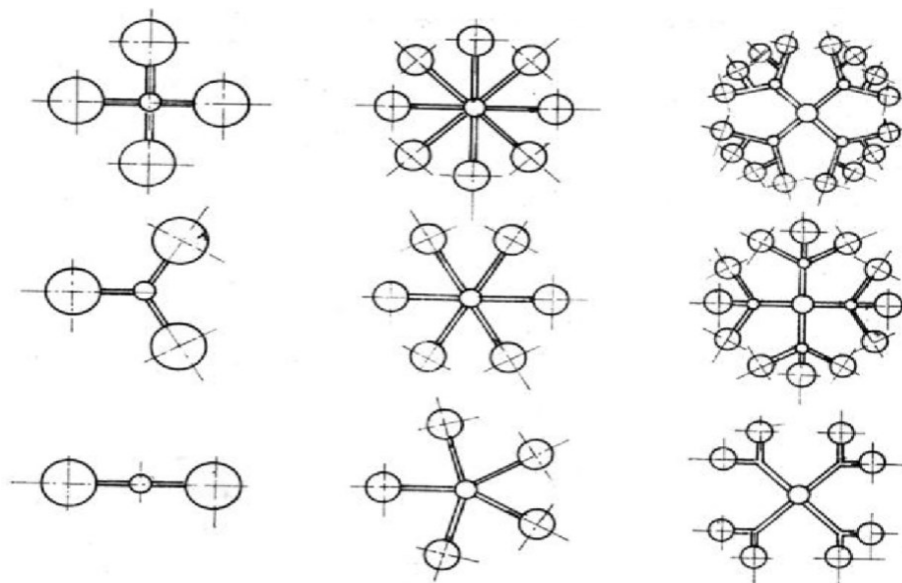
- rozměry, vzhled i vlastnosti výrobku,
- spotřebu materiálu,
- náročnost opracování a začištění výrobku,
- energetickou náročnost na výrobu. [10]

Hlavní rozdíly studených vtokových systémů v celkovém uspořádání jsou dány především konstrukcí vstřikovací formy a její násobností. Tavenina u vícenásobných forem musí dorazit ke všem dutinám ve stejnou chvíli a mít stejný tlak. U vícenásobných forem mohou být typy uspořádání vtokové soustavy buď řadové, nebo symetrické. [10]



Obr. 8. Řadové uspořádání vtokové soustavy u vícenásobných forem [8]

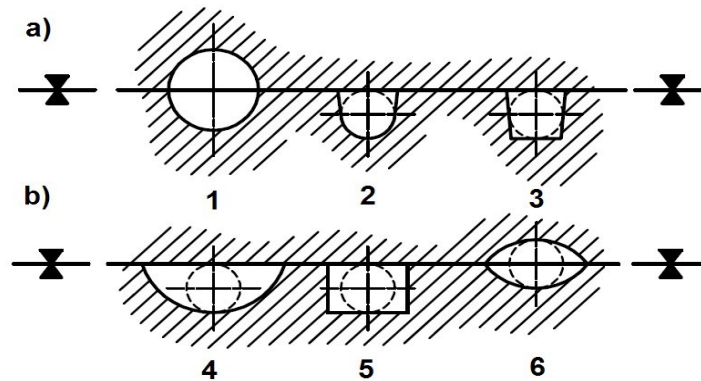
a) se stejnou délkou toku taveniny, b), c), d) s nestejnou délkou toku taveniny (nevhodné bez korekce ústí vtoku)



Obr. 9. Příklad symetrického uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [8]

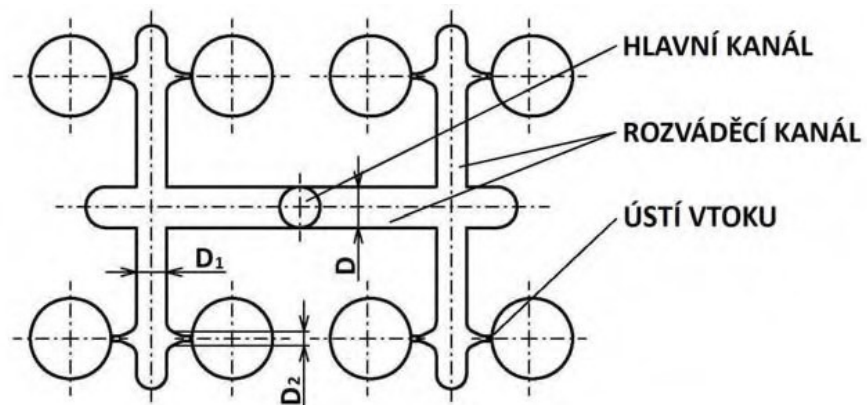
4.5.2 Vtokový kanál

Vtokový kanál navazující na trysku vstřikovacího stroje se nejčastěji konstruuje jako kuželový a ústí do rozváděcího kanálu nebo přímo do výrobku. Vtoková vložka je vyrobena z otěruvzdorné nástrojové oceli s úkosem $0,5 - 1,5^\circ$. Dosedací plocha pro trysku stroje má o 1 mm větší poloměr s ostrými hranami. Vtoková část kanálu bývá o 0,5 - 1 mm větší než je průměr otvoru vstřikovacího stroje. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. U vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů z důvodu rychlosti taveniny a rovnoměrnému plnění dutin formy. [10]



Obr. 10. Průřez vtokových kanálů [10]

a) funkčně výhodné, b) funkčně nevýhodné, 1,6 – výrobně nevýhodné, 2,3,4,5 – výrobně výhodné

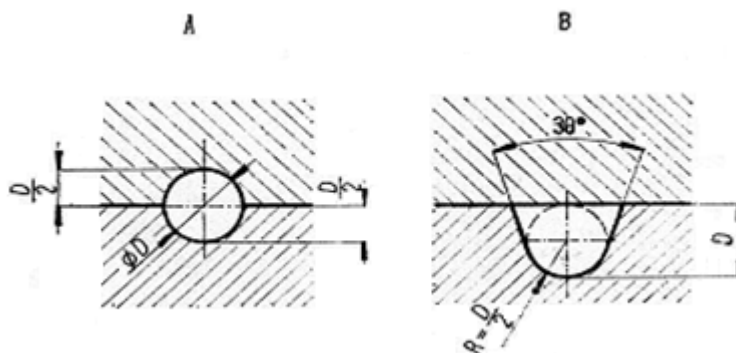


Obr. 11. Odstupňování průřezů kanálů [1]

4.5.3 Rozváděcí kanály

Rozváděcí kanály spojují vtokové kanály s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Musí mít stejnou délku a mají být co nejkratší. Velikost průřezu ovlivňuje řada činitelů a volí se s ohledem na:

- charakter výrobku, především jeho tloušťka stěn a doba dotlaku,
- tepelné a reologické vlastnosti taveniny, hlavně viskozitu, tepelnou vodivost apod.,
- parametry vstřikovacího stroje, vstřikovací rychlost, tlak atd. [10]

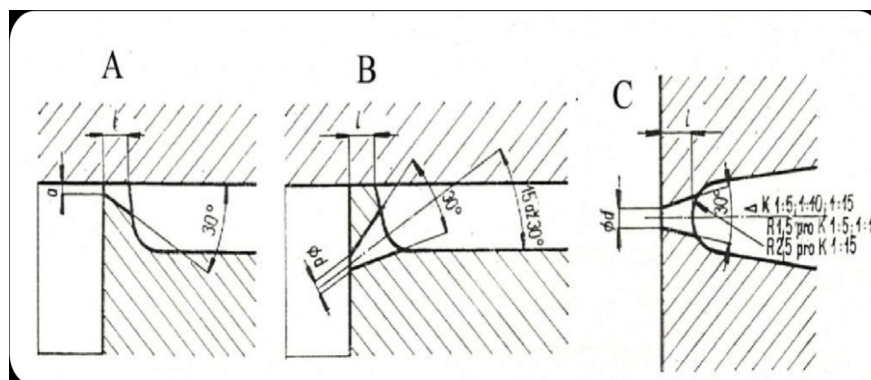


Obr. 12. Typy průřezů rozvodných kanálů [6]

A – kruhový průřez, B – lichoběžníkový průřez

4.5.4 Vtokové ústí

V tokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jeho zúžením se zvyšuje klesající teplota taveniny, omezuje strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím vytváření povrchových defektů. Umístění vtokového ústí má rozhodující vliv na vzhled a požadovanou kvalitu vstříkovaného výrobku. Vtokové ústí se volí co nejmenší kvůli snadnému začištění vtoku, ale také musí zabezpečit naplnění dutiny formy. [10]

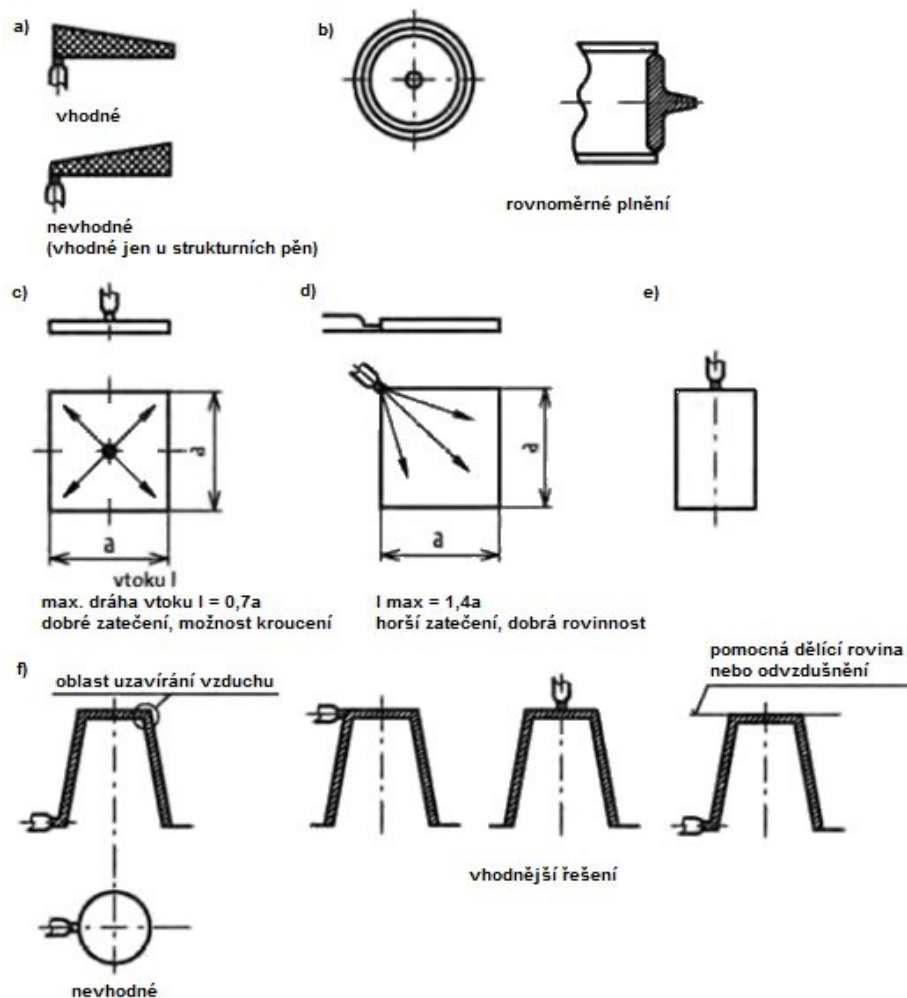


Obr. 13. Ústí vtoku [2]

A – boční štěrbinové ústí, B – tunelové ústí, C – přímé bodové ústí

Ústí vtoku se umísťuje:

- do nejtlustšího místa stěny výrobku,
- do geometrického středu dutiny, aby se zajistilo správné naplnění dutiny formy,
- ve směru orientace žeber,
- s ohledem na možnost úniku vzduchu z tvarové dutiny,
- aby stopa po vtoku neměla vliv na estetickou hodnotu výstřiku,
- ve směru delší strany u obdélníkových tvarů. [10]



Obr. 14. Umístění vtokového ústí [10]

4.5.5 Vyhřívání vtokových systémů

Výhodou vyhřívání vtokových systémů je úspora materiálu i práce, protože při jejich použití nezůstává vtokový zbytek. Současným vyhříváním systémům předcházela řada jednodušších systémů (např. izolované vtokové soustavy s předkomůrkami, zesílené vtoky apod.). V dnešní době se nejvíce používají vyhřívání vtokové trysky nebo vyhřívání rozvodné bloky. Rozváděcí blok je vložen mezi tvarovou a upínací desku formy a jsou v něm vyvrtány rozváděcí kanálky, kterými proudí tavenina. Teplo, které je přiváděno do bloku topnými elementy je do taveniny předáváno stěnami rozváděcího kanálku. Jedná se tedy o externí ohřev. V interním ohřevu je rozvodný blok vytápěn zevnitř topnými patronami nebo tavenina obtéká ohřívající trysku buď vnitřním, nebo vnějším topením. [11]



Obr. 15. Vyhřívaná vtoková tryska [5]

4.6 Vyhazovací systém

Jelikož se plasty během chladnutí ve formě smršťují a zůstávají na tvarových součástech formy tak se zavádí vyhazovací systém. Vyhazovací mechanismus zajišťuje automatický výrobní cyklus. Vyhazovací systém pracuje ve dvou fázích:

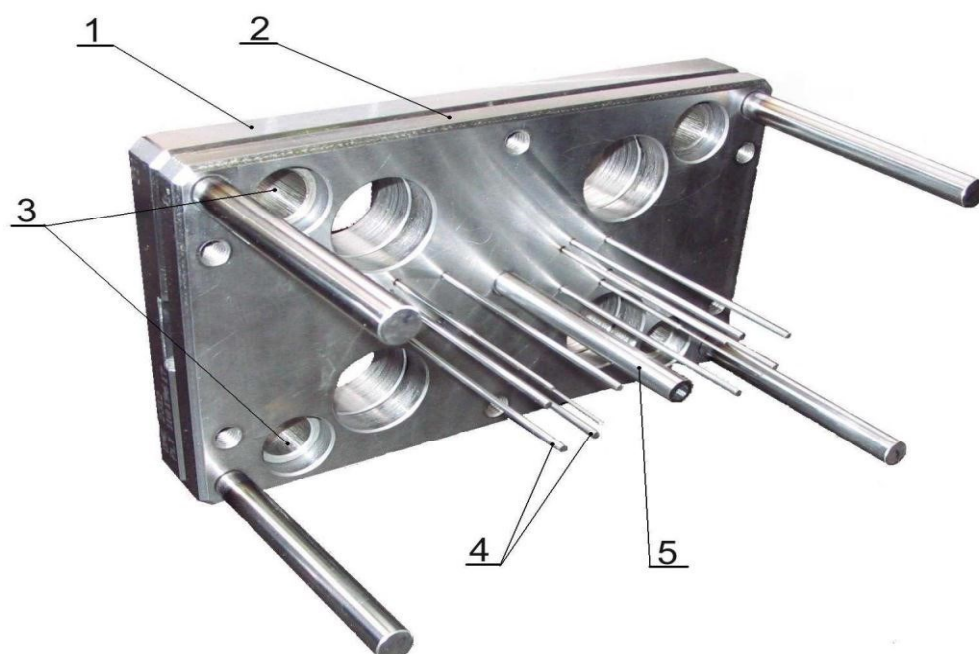
- dopředný pohyb (vlastní vyhazování),
- zpětný pohyb (vrácení vyhazovacího systému do původní polohy). [2]

4.6.1 Mechanické vyhazovací systémy

Mechanické vyhazování je nejrozšířenější vyhazovací systém. Používá se všude tam, kde to dovolují možnosti. Jeho konstrukce může mít různá provedení:

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

Vyhazovače se nemusí používat v daných případech, kdy je výstřik mělký. Postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen. [2]



Obr. 16. Vyhazovací systém formy [12]

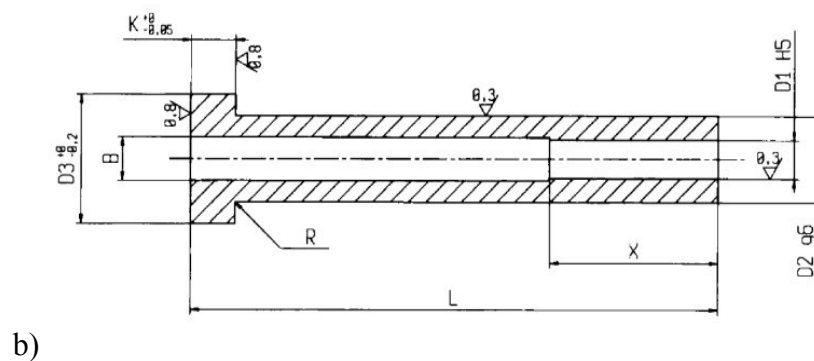
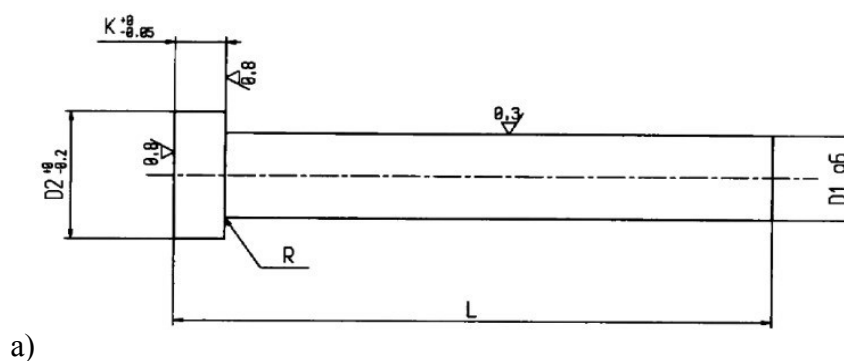
- 1 - opěrná deska, 2 - kotevní deska, 3 - vodící vložky, 4 - válcové vyhazovače, 5 - trubkový vyhazovač

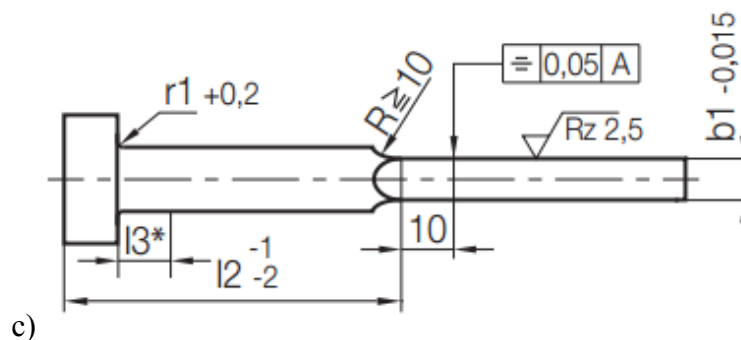
Vyhazovací kolíky

Vyhazovací kolíky jsou základní prvek pro mechanické vyhazování. Jsou nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výrobků. Vyhazovací kolíky používáme tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Jeho výroba je jednoduchá a má zaručenou funkčnost.

Kolík se musí opírat o stěnu nebo žebro výrobku a nesmí ho při vyhazování bortit, což by mohlo způsobit trvalou deformaci. Je nevhodné umisťovat kolíky na vzhledové strany, protože na výstřiku obvykle zůstávají stopy po styčných plochách kolíků. Jestliže je vyhazování vybaveno větším počtem vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperační kanály.

Vyhazovací kolíky musí být snadno vyrobitelné a dostatečně tuhé. Jsou obvykle válcovitého tvaru, ale mohou mít i jakýkoliv jiný tvar. Kolíky jsou ve formě uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. [2]





Obr. 17. Vyhazovací kolíky [13]

a) válcový vyhazovač, b) trubkový vyhazovač, c) prizmatický vyhazovač

Stírací deska

Tento typ vyhazování pracuje na principu stírání výrobku z tvárníku po celém jeho obvodu. Díky velké stykové ploše nezanechává stopu na výstřiku a způsobuje minimální deformace výstřiku. Vhodné pro výrobky, kde by stopa po vyhazovači vadila. Používá se zejména u tenkostěnných výstřiků, kde hrozí velká deformace díky vyhazovači a tam, kde je potřeba velké vyhazovací síly. Jediné omezení pro použití je, aby výrobek dosedl na stírací desku v rovině, případně v mírně zakřivené ploše. Speciální případ je trubkový vyhazovač. Pohyb stírací desky může být vázán na pohyb pevné desky při otevírání formy nebo může být vyvolán tlakem vyhazovacího systému. [8]

Šikmé vyhazování

Vyhazovací kolíky zde nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy k rovině pod různými úhly. Používají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků, které mají mělký vnitřní nebo vnější zápich. Zápich lze vytvořit přímo na vyhazovači, nebo s šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní podobnou funkci. Při vyhazování výrobku se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výrobku při jeho současném vyhození. [2]

Dvoustupňové vyhazování

Je to kombinace dvou vyhazovacích systémů, které se vzájemně ovlivňují. Tento způsob umožňuje vyhazovat výrobky s rozdílným časovým posunem vyhazovacího zdvihu i jeho délky. Proto se s výhodou používá například k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci - stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem.[2]

4.6.2 Hydraulické vyhazovací systémy

Tento systém bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se k ovládání mechanických vyhazovačů. Umožňuje pružnější pohyb a větší flexibilitu. Hydraulický systém má přímo zabudované hydraulické jednotky ve formě, které nahrazují funkci vyhazovače, se kterými se setkáváme velmi zřídka. Více se používají k ovládání bočních čelistí.

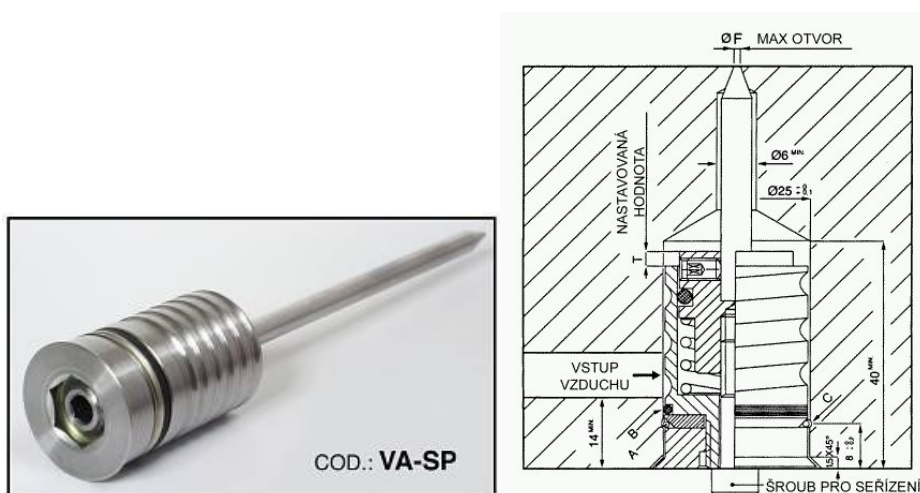
Hydraulické vyhazovače se vyrábí většinou jako hydraulická uzavřená jednotka, která je umístěna do předem připraveného místa ve formě. Díky tomu se ovládají stírací desky, vyhazovací kolíky apod. Charakteristickým znakem je velká vyhazovací síla a menší a pomalejší zdvih. [2]

4.6.3 Pneumatické vyhazovací systémy

Vzduchový systém vyhazování je nejvhodnější pro tenkostěnné výstřiky větších rozměrů. U těchto výrobků je nutné zavzdušnění, aby se nedeformovali. Na rozdíl od mechanického vyhazování nevyžaduje velký zdvih vyhazovače a tím také větší délku formy.

Pneumatické vyhazování přivádí stlačený vzduch mezi výrobek a líc formy, což umožňuje rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku. Tím se vyloučí místní přetížení a nevznikají stopy po vyhazovačích. Tento způsob je omezen pouze na výstřiky s tvarem nádob.

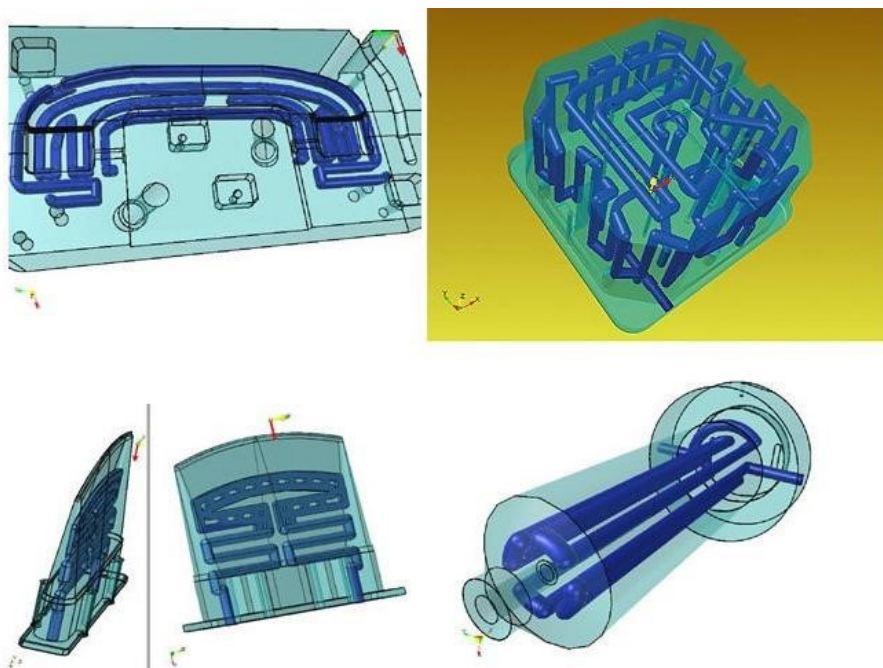
Přívod vzduchu do formy je řízen ventily, které jsou talířové, jehlové nebo různé kolíky. Otevření ventilu je řízeno tlakem a zavření pomocí pružiny. Pro automatické formy musíme volit dva nezávislé systémy tak, aby oba dokázaly splnit vyhození výstřiku. Proto využíváme kombinaci s mechanickým vyhazováním. Vzduchový vyhazovač je ovládán mechanismem formy nebo vstřikovacího stroje. [6]



Obr. 18. Vzduchový ventil s jehlou [13]

4.7 Temperační systém

Temperační systém je důležitou součástí vstřikovací formy, který nám udržuje teplotu formy na předepsané hodnotě. Jedná se o soustavu kanálů uvnitř formy, kterými proudí chladicí médium. Temperační systém je navrhován s ohledem na celkovou stavbu formy, jako je systém vyhazovačů, vtokových kanálků, tvarových vložek a jiných částí formy. Hlavním úkolem temperace je ochlazování vstříknuté taveniny co nejrychleji a nejrovnoměrněji v celém objemu, aby nedocházelo ke zdeformování finálního výrobku. Průřez kanálků je většinou kruhový. Abychom zamezili nerovnoměrnému ochlazení a nesnížila se tuhost a pevnost stěny dutiny musí se jejich vzdálenost od líce formy přesně propočítat. Z důvodu lepšího přestupu tepla se volí více kanálků s menším průřezem, než méně kanálků většího průřezu. Průtok kapaliny je orientován od nejteplejšího místa formy k nejstudenějšímu. U některých složitějších vstřikovacích forem může být několik na sobě nezávislých temperačních systémů, aby nemohl vzniknout problém s nerovnoměrným odvodem tepla. [12]



Obr. 19. Příklady temperačních systémů forem [8]

4.8 Odvzdušnění dutiny formy

V dutině formy je před vstříknutím taveniny vzduch. Při jejím plnění je nutné zabezpečit odvod tohoto vzduchu a případných splodin. Odvzdušnění hraje velmi důležitou roli při výsledné kvalitě výstřiku. Důležitost odvzdušnění obvykle zjistíme až při zkušebním provozu formy, kdy nekvalitní provedení bývá příčinou špatného vzhledu nebo nedostatečných mechanických vlastností výrobku.

Jedním z nejčastějších problémů při rychlém plnění je stlačení vzduchu, tzv. Dieselův efekt. Jedná se o spálené místo na výrobku, které vzniká důsledkem zvýšené teploty stlačeného vzduchu. Protitlak stlačeného vzduchu také zvyšuje při plnění dutiny nároky na vstříkovací tlak. Pokud je zapotřebí zvýšit vstříkovací tlak díky špatnému odvzdušnění, bude to mít za následek vnesení do výrobku zbytečné vnitřní pnutí. Při nižších teplotách, a tím zvýšené viskozitě taveniny, může dojít díky stlačenému vzduchu k nedostatečnému zatékání taveniny do dutiny a vzniká nedotečený výstřik. Tento vzduch, který nemohl nijak uniknout, vnikne do taveniny a při chladnutí vytvoří bubliny ve výrobku, což je také nežádoucí.

Volba vhodných míst pro odvzdušnění je zpravidla velmi obtížná, často se realizuje až při zkušebním provozu na základě analýzy chyb na výrobku (bubliny, nedotečená místa, spálená místa).

Rozměry odvzdušňovacích kanálů se volí vzhledem na viskozitu použitého materiálu, použitý vstříkovací tlak, objem a tvar výrobku ale i umístění vtoků do dutiny formy. Většinou se v praxi volí šířky odvzdušňovacích mezer od 0,02 mm do 0,1 mm. Důležité je také čistit tyto kanály, které se mohou vlivem splodin lehce zanášet, čím se snižuje efektivita odvzdušňování a tím i kvalita výrobků. [2]

4.9 Materiály forem

Formy musí splnit vysoké nároky na životnost, kvalitu a výrobní náklady. Důležitým faktorem pro splnění těchto podmínek je materiál, ze kterého je forma vyrobená. Je ovlivnitelný různými podmínkami výroby, jako druhem vstříkovaného polymeru, požadavky na složitost a jakost výrobku, podmínkami při vstříkování nebo samotným vstříkovacím strojem.

Na výrobu forem se používají materiály, které zajistí kvalitní a ekonomickou výrobu. Jsou to především oceli vhodných vlastností, neželezné slitiny kovů a jiné materiály.

Nejpoužívanějším materiálem při výrobě vstřikovacích forem je ocel. Pro své mechanické vlastnosti jsou téměř nenahraditelné. Z hlediska technologie výroby má materiál funkčních dílů zajišťovat požadavky na kvalitu struktury:

- dobrá obrobiteľnosť a leštiteľnosť,
- odolnosť vŕči otĕru,
- odolnosť vŕči korozi a chemickŕm vlivŕm,
- vyhovující kalitelnost,
- stálost rozmĕrŕ.

Při volbě oceli na díly je třeba brát v úvahu více faktorŕ, kterŕmi jsou kvalitativní požadavky (pevnost, povrchové vlastnosti, rozmĕrová stabilita) a ekonomická dostupnost zvolenŕch materiálŕ. Forma se konstruuje tak, aby byla její kvalita při nejnižší cenĕ co nejvyšší a finální výrobky dosahovaly požadovanou kvalitu. [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Teoretická část této bakalářské práce, která je rozdělena do čtyř základních kapitol obsahuje literární studii zabývající se polymery pro vstřikování, charakteristikou technologie vstřikování, konstrukcí vstřikovacích strojů a především konstrukcí forem.

V praktické části bylo hlavním úkolem navrhnout 3D model vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, a to za pomoci programu CATIA V5R19 a normálí firmy HASCO. Dalším cílem bylo zhotovit 2D výkresy formy včetně kusovníku a výkresu výrobku.

Zadání bakalářské práce:

1. Vypracovat literární studii na dané téma.
2. Nakreslit 3D model vstřikovaného dílu.
3. Vytvořit konstrukční návrh vstřikovací formy ve 3D pro zadaný plastový díl.
4. Nakreslit řez sestavy formy a příslušné pohledy včetně kusovníku.

6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaný díl je součástí signalizačního zařízení. Jedná se o část majáku na auto. Na výrobku z vnějšího obvodu jsou tři tvarové elementy a drážka po celém obvodu sloužící k přichycení krytu majáku. Největší rozměry výrobku jsou průměr 90 mm a výška 74 mm. Objem výrobku je 85,45 cm³ a hmotnost 85 g.



Obr. 20. Vstříkovaný výrobek

6.1 Materiál výrobku

Materiál výstřiku byl zvolen polykarbonát od firmy SABIC Innovative Plastics™ s obchodním názvem Lexan 945A. Použitý materiál je vhodný pro technologii vstřikování daného výrobku a především pro jeho funkci. Jedná se o nevyztužený polykarbonát (PC) vyznačující se velmi dobrou houževnatostí, dobrou tuhostí a nehořlavostí. Je také vhodný pro práci při nižších teplotách. Některé vybrané vlastnosti jsou uvedeny v *Tab. 1*.

Tab. 1. Vybrané vlastnosti pro Lexan 945A [14]

Vlastnosti PC	Hodnota	Jednotka	Parametr
Hustota	1,19	g/cm ³	
Mez kluzu v tahu	63	MPa	50 mm/min
Mez pevnosti v tahu	65	MPa	50 mm/min
Modul pružnosti v tahu	2350	MPa	1 mm/min
Tvrdost měřená vtiskem kuličky	95	N/mm ²	H358/30
Objemový index toku taveniny	10	cm ³ /10 min	při 300°C/1.2 kg
Smrštění	0,5-0,7	%	
Teplota taveniny	280-310	°C	
Teplota formy	80-110	°C	

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstříkovací formu byl zvolen hydraulický vstříkovací stroj od německé firmy Arburg s označením ALLROUNDER 470C GOLDEN EDITION, který splňuje potřebné požadavky.



Obr. 21. Vstříkovací stroj ALLROUNDER 470C GOLDEN EDITION [15]

Tab. 2. Hodnoty uzavírací jednotky vstříkovacího stroje [15]

Parametr	Hodnota
Max. uzavírací síla [kN]	1500
Vzdálenost mezi vodícími sloupy [mm]	470 x 470
Max. otevírací zdvih [mm]	500
Výška formy [mm]	250-750
Max. vyhazovací síla [kN]	40
Max. vyhazovací zdvih [mm]	175

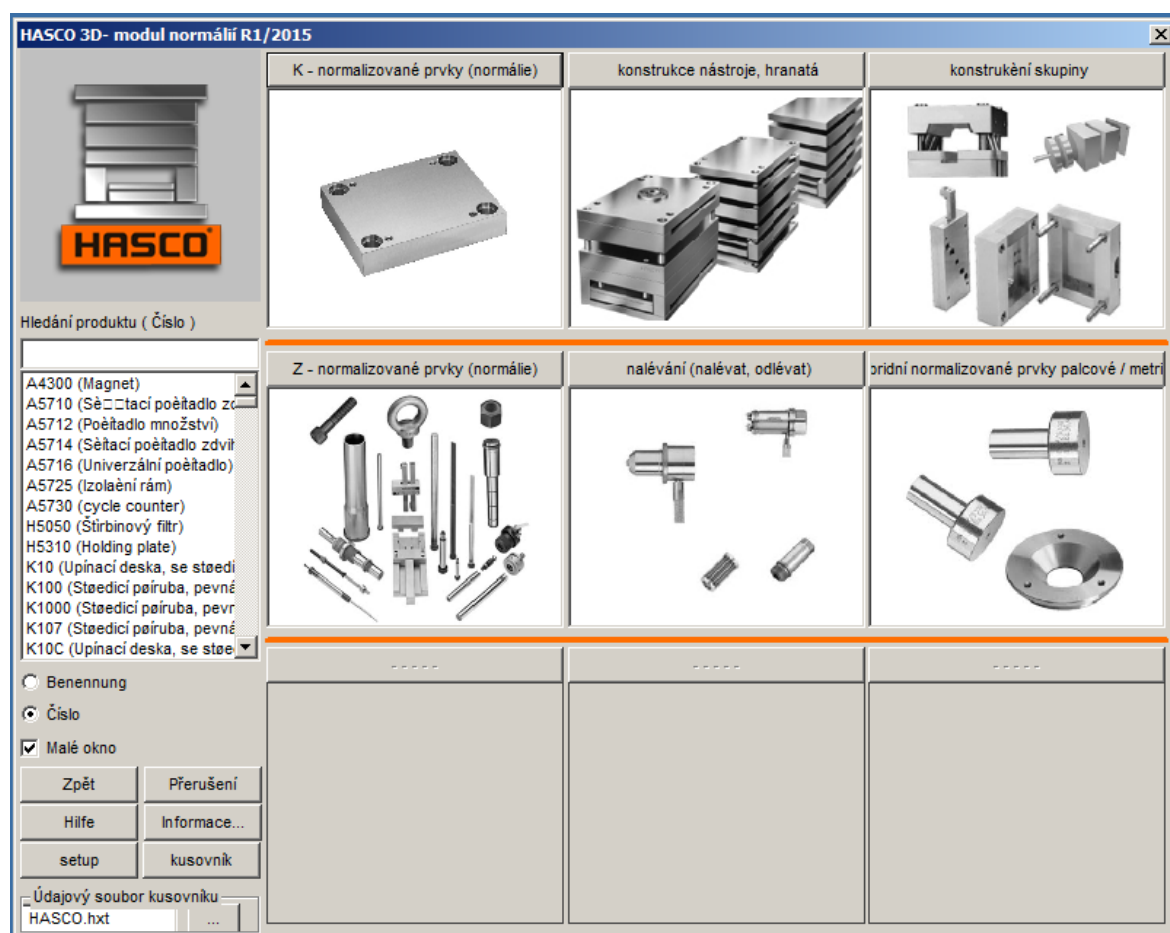
Tab. 3. Hodnoty vstříkovací jednotky vstříkovacího stroje [15]

Parametr	Hodnota
Průměr šneku [mm]	45
Poměr L/D šneku [-]	18
Max. zdvih šneku [mm]	160
Max. objem vstříkované taveniny [cm ³]	254
Max. vstříkovací tlak [bar]	1580
Max. rychlost toku taveniny [cm ³ /s]	212

8 POUŽITÝ SOFTWARE

Pro konstrukci zadaného výrobku i pro celkovou konstrukci vstřikovací formy byl použit software CATIA V5R19 vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systèmes. CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application) je integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby (CAD/CAM/CAE), užívaný hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu.

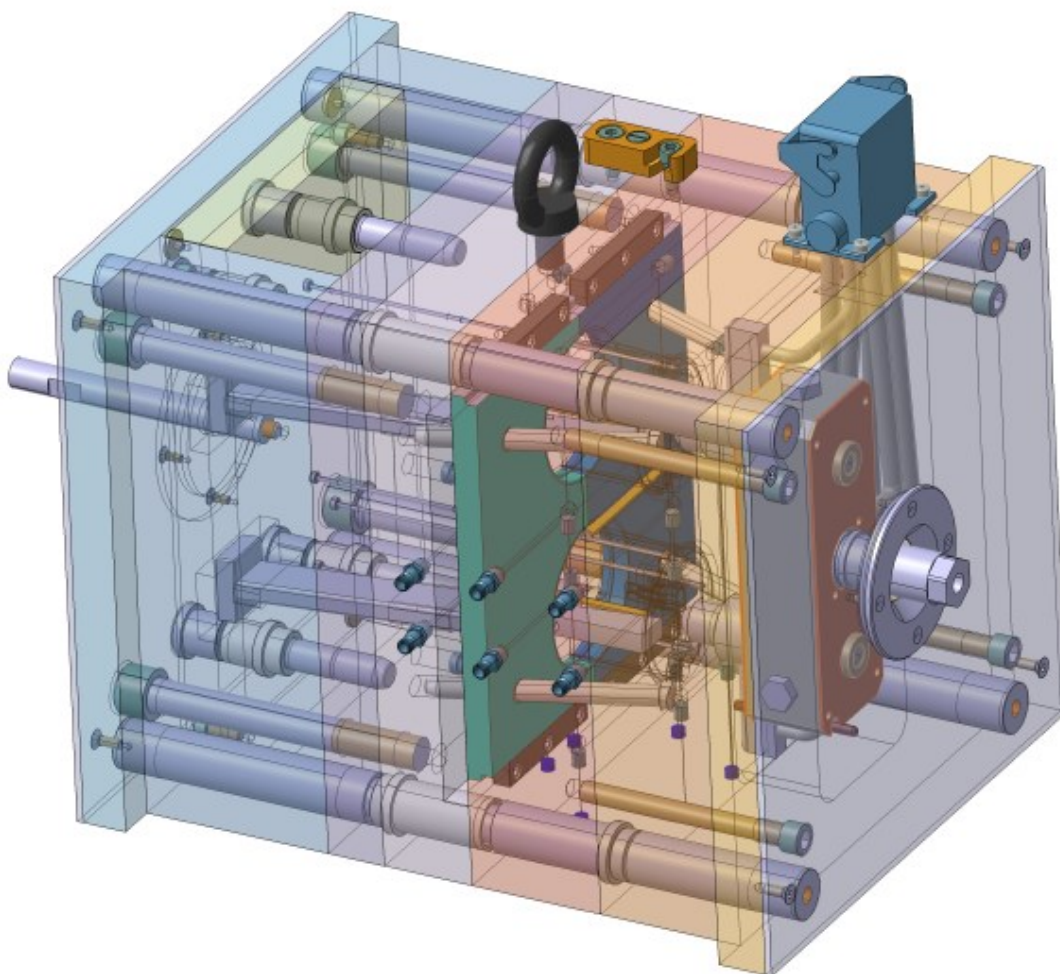
K vytvoření a dokončení samotné konstrukce formy bylo využito normalizovaných dílců od společnosti HASCO. Do programu CATIA byly tyto normálie importovány pomocí HASCO DAKO 3D – modul normálií R1/2015, ve kterém najdeme veškeré 3D modely dílců potřebné k vytvoření formy.



Obr. 22. Prostředí HASCO DAKO 3D

9 KONSTRUKCE FORMY

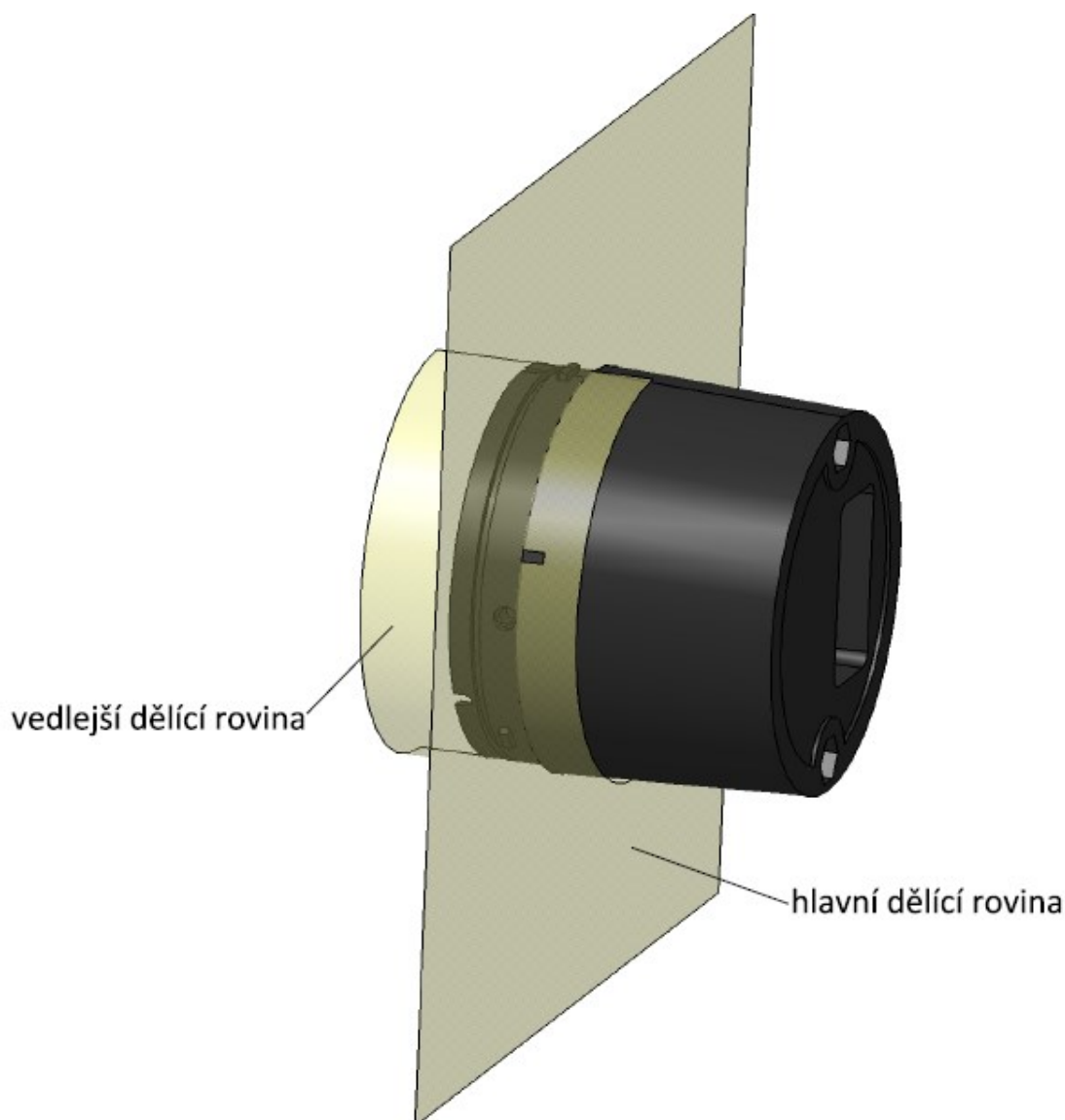
Konstrukce formy by měla být řešena co nejjednodušeji s ohledem na složitost a přesnost výstřiku. Při konstrukci vstříkovací formy byly využity normalizované součásti od firmy HASCO, z důvodu urychlení a zlevnění výrobního procesu vstříkovací formy. Jde tedy, až na výjimky, o všechny díly jako jsou šrouby, čepy, středící trubky atd. Vstříkovací forma je rozdělena do tří částí, a to pravá (vstříkovací) strana, levá (uzavírací) strana a vyhazovací systém.



Obr. 23. Sestava vstříkovací formy

9.1 Zaformování výrobku

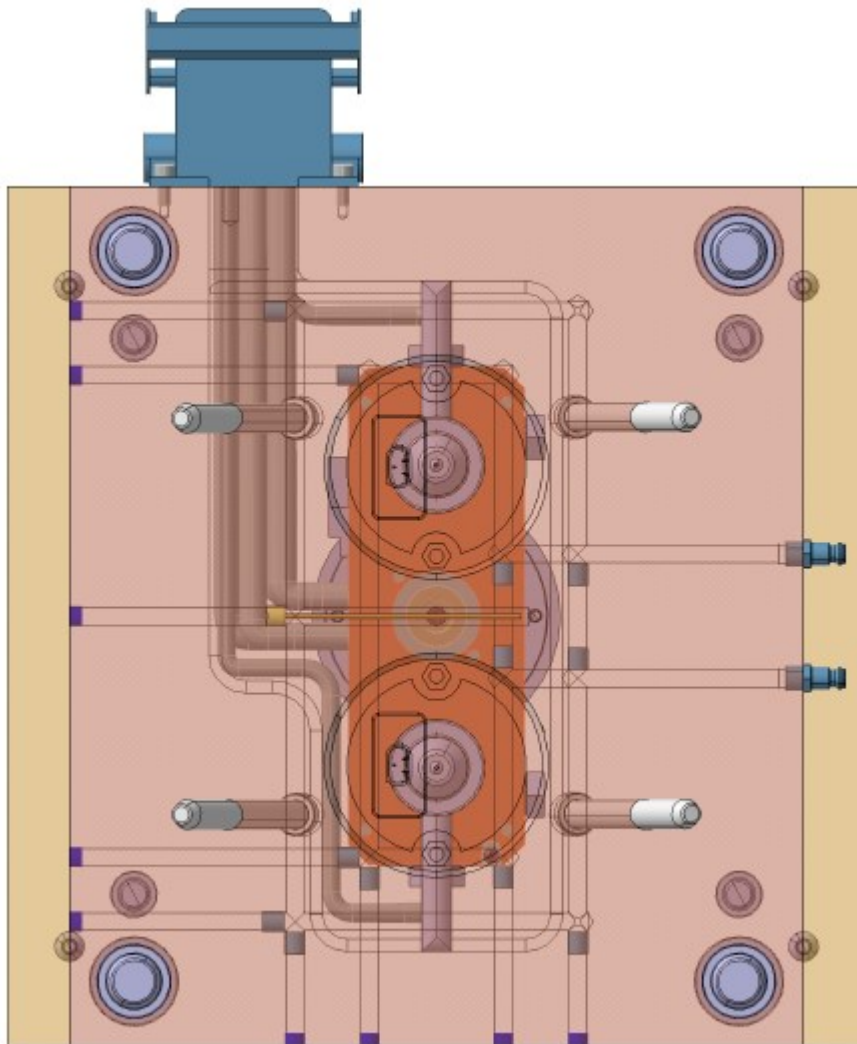
Správné zvolení dělicích rovin je rozhodující při konstrukčním návrhu vstřikovací formy. Hlavní dělicí rovina je v tomto případě zvolena rovnoběžně s upínáním formy. Vedlejší dělicí roviny jsou kolmé na směr otevírání formy. Tyto roviny jsou nutné ke zhotovení vnějších děr, výstupků a drážky po celém obvodu výrobku. Zaformování bylo provedeno tak, že výrobek zůstává po otevření formy v levé pohyblivé části a zároveň dochází k odformování vnějších elementů na obvodu pomocí posuvných čelistí. Následně může být výrobek vyhozen pomocí válcových vyhazovačů a speciálního šikmého vyhazovače (zvedáku), který má za úkol doformovat vnitřní výstupek.



Obr. 24. Hlavní a vedlejší dělicí rovina

9.2 Násobnost formy

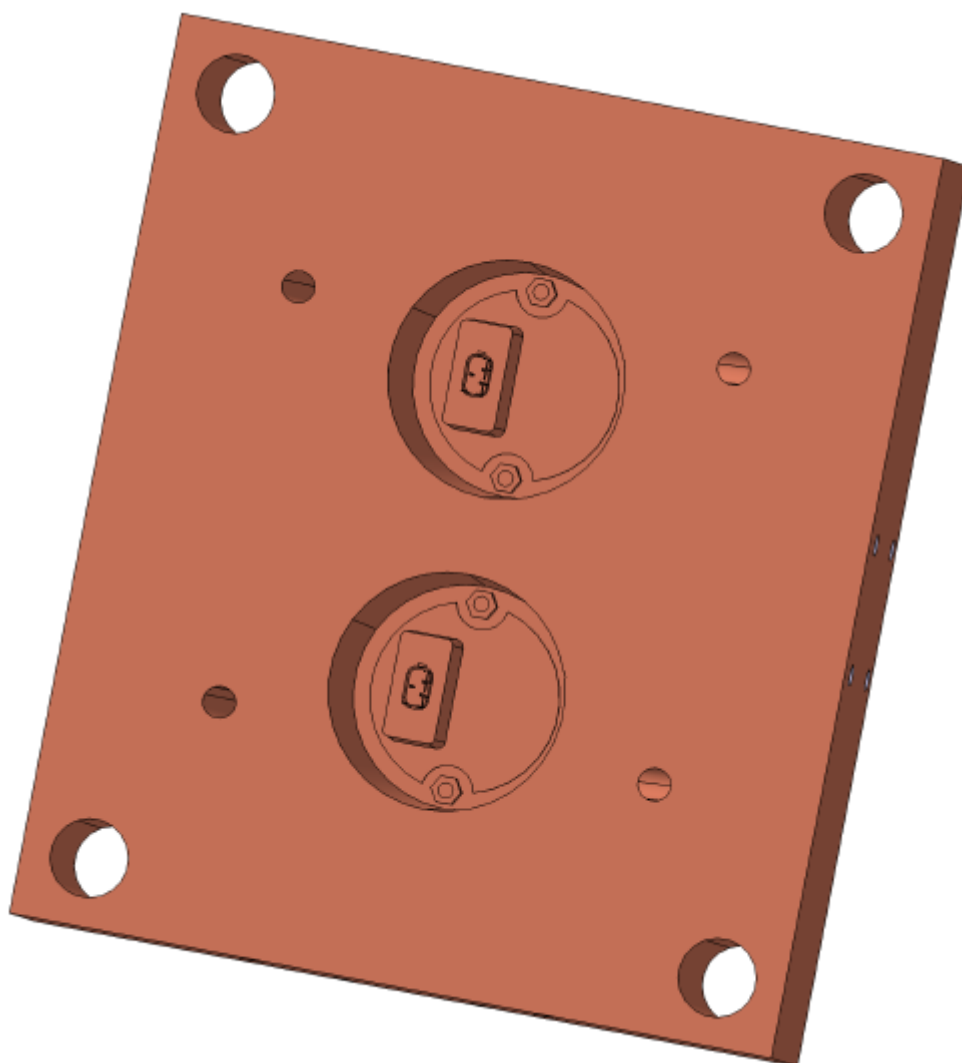
Pro určení násobnosti je nutné brát v úvahu několik důležitých parametrů. Je to velikost a kapacita vstřikovaného stroje, složitost a přesnost výrobku, požadované množství a ekonomika výroby. Z hlediska kvality je třeba volit co nejmenší násobnost formy, za to z ekonomického hlediska co největší násobnost. Pro tento vstřikovaný díl byla zadána dvojnásobná forma.



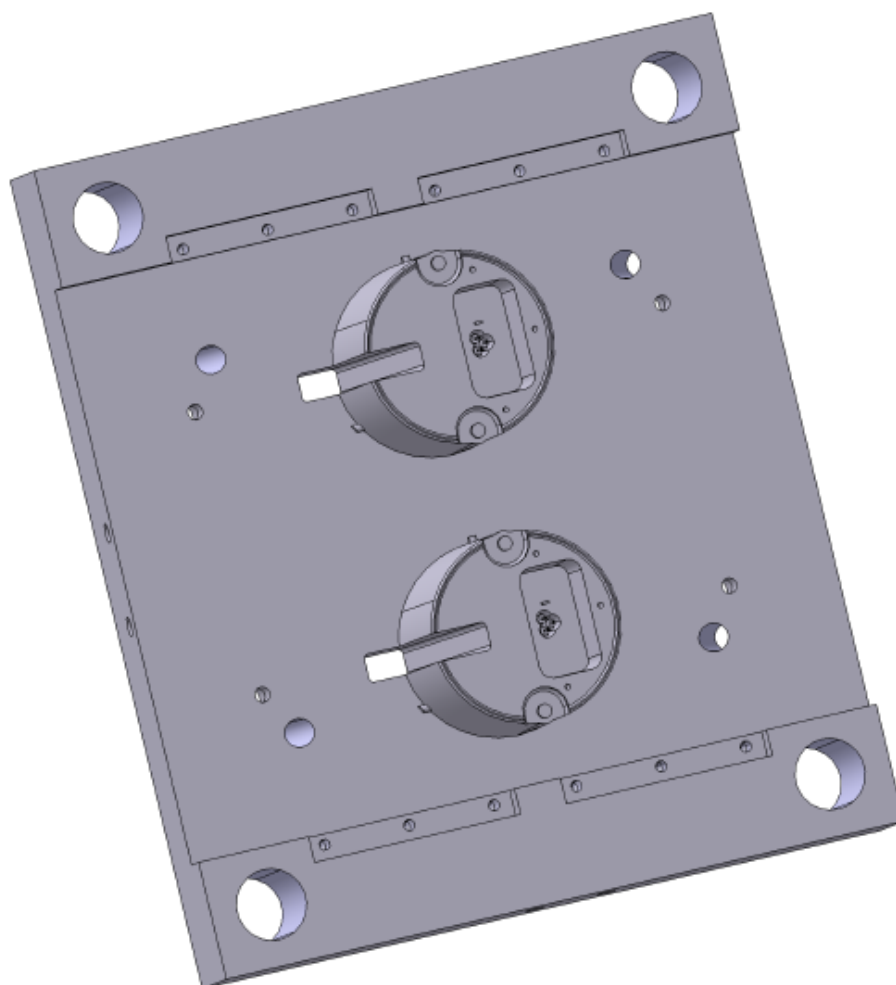
Obr. 25. Násobnost formy

9.3 Tvarové části formy

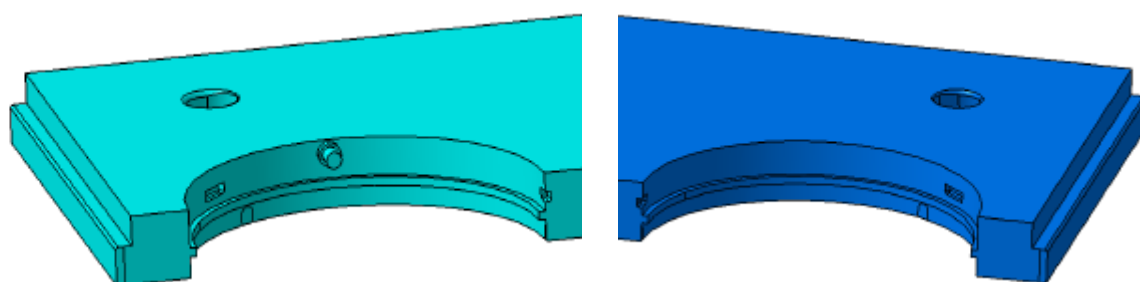
Tvárník a tvárnice vytvářejí po spojení tvarovou dutinu, která je negativem vstřikovaného výrobku. Při konstrukci bylo zvoleno zhotovení přímo celých tvarových desek namísto tvarových vložek. Díry, výstupky a drážka na vnější straně jsou vytvořeny pomocí dvou bočních posuvných čelistí, které jsou ovládané pomocí šikmých kolíků. Dutina formy je zvětšena o 0,6%, což je hodnota smrštění použitého polymeru. Obě tvarové desky i čelisti jsou vyrobeny z nástrojové oceli třídy 19 a dále cementovány a kaleny, aby dlouhodobě odolávaly podmínkám při vstřikovacím procesu.



Obr. 26. Tvarová deska (tvárnice)



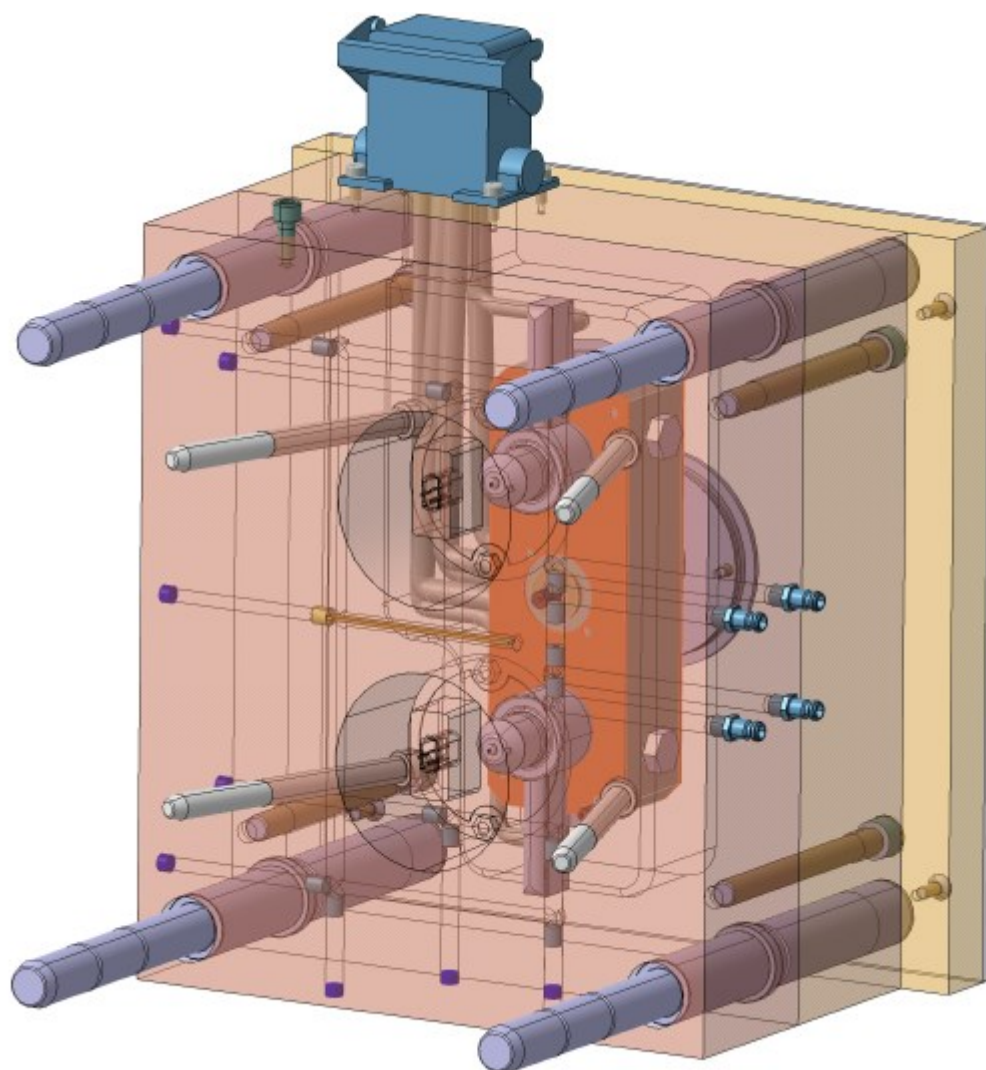
Obr. 27. Tvarová deska (tvárník)



Obr. 28. Levá a pravá boční posuvná čelist

9.4 Pravá (vstřikovací) část

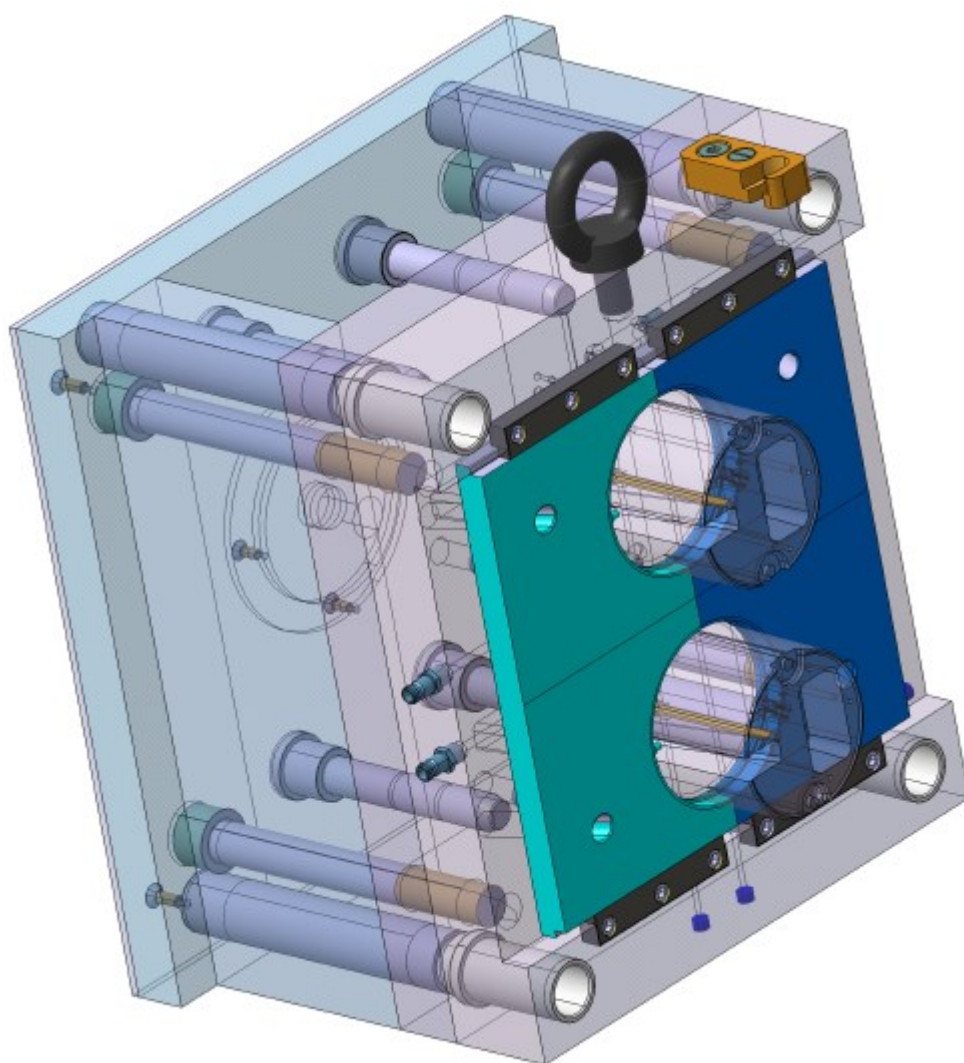
Pravá část formy neboli vstřikovací je nepohyblivá, uložena pevně na rámu vstřikovacího stroje a vystředěná středícím kroužkem. K vystředění mezi pravou a levou polovinou slouží vodící čepy, které jsou vedeny ve středících trubkách a vodících pouzdrech. V pravé polovině se nachází tvarová deska (tvárnice), deska pro vyhřívání blok, upínací deska a izolační deska. Desky jsou k sobě spojeny spojovacími šrouby s vnitřním šestihranem. Dále pak pravá strana obsahuje šikmé kolíky, temperační systém, horký vtokový blok s tryskami a elektrickou zásuvku s kabeláží.



Obr. 29. Pravá část formy

9.5 Levá (uzavírací) část

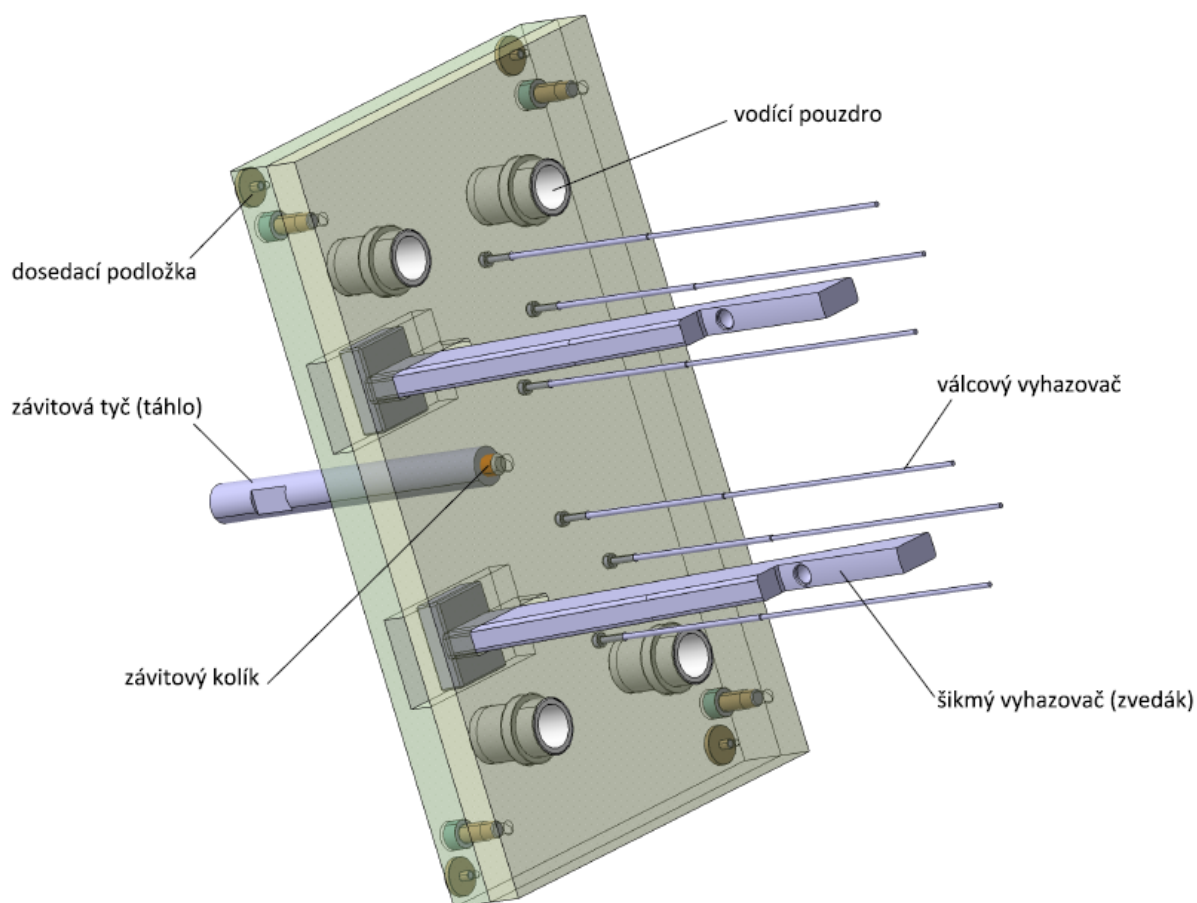
Levá část formy neboli uzavírací je pohyblivá a posouvá se v horizontálním směru od pravé části po vodících čepích. K vystředění desek jsou zapotřebí středící trubky a vodící pouzdra pro vedení vodících čepů. Levá polovina formy se skládá z tvarové desky (tvárníku), posuvných čelistí, opěrné desky, rozpěrných desek, upínací a izolační desky. Desky jsou opět spojeny šrouby s vnitřním šestihranem. Dále levá polovina obsahuje temperační systém pro tvarovou desku a vyhazovací systém, který se pohybuje horizontálně po vodících kolících od upínací po opěrnou desku.



Obr. 30. Levá část formy

9.6 Vyhazovací systém

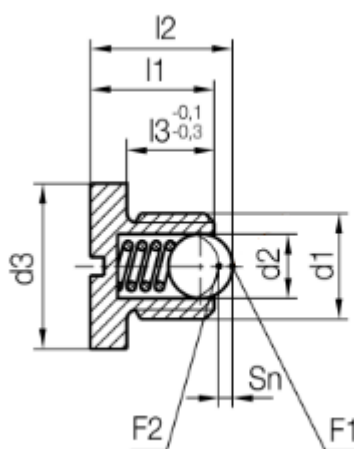
Vyhazovací systém má za úkol vyhodit výrobek z dutiny formy po jejím otevření. Důležité je, aby byl výstřik dostatečně schlazen na vyhazovací teplotu a nedošlo tak k poškození výrobku. Po otevření formy musí výstřik zůstat přichycen na levé (pohyblivé) straně formy. To je docíleno smrštěním výstřiku na tvárníku a také vnitřním výstupkem na výrobku. Vyhození výstřiku je provedeno pomocí dvou zvedáků a šesti válcových vyhazovačů. Díky velké stykové ploše zvedáků nemusí být použito velké množství vyhazovačů. Vyhazovací desky jsou vedeny za pomoci čtyř vodících čepů a jejich pohyb je zajištěn pomocí vyhazovací tyče (táhla).



Obr. 31. Vyhazovací systém

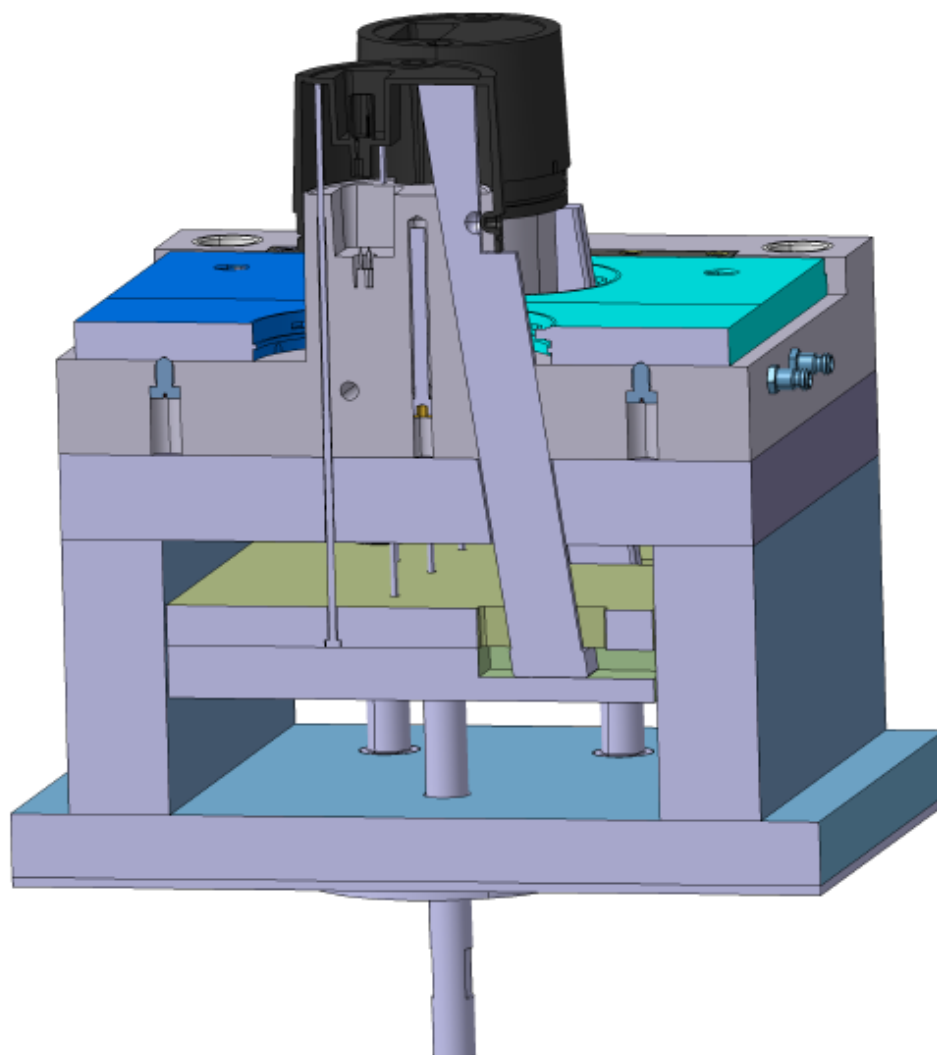
9.7 Odformování

Na vnější straně obvodu se nacházejí tři tvarové elementy, drážka po celém obvodu a malý otvor, které bylo nutné odformovat mechanicky pomocí dvou bočních posuvných čelistí. Při otvírání formy se tyto čelisti pohybují pomocí válcových šikmých kolíků a jsou vedeny ve vodičích lištách. Maximální posuv čelistí je 18 mm, což vyhovuje bezpečnému odformování. Zajištění čelistí v otevřené poloze je dosaženo pomocí šroubu, ve kterém je umístěna pružina s kuličkou. Jakmile čelisti dosáhnou maximálního posuvu, tak kulička zapadne do drážky vytvořené v čelisti.



Obr. 32. Pojistný šroub s kuličkou

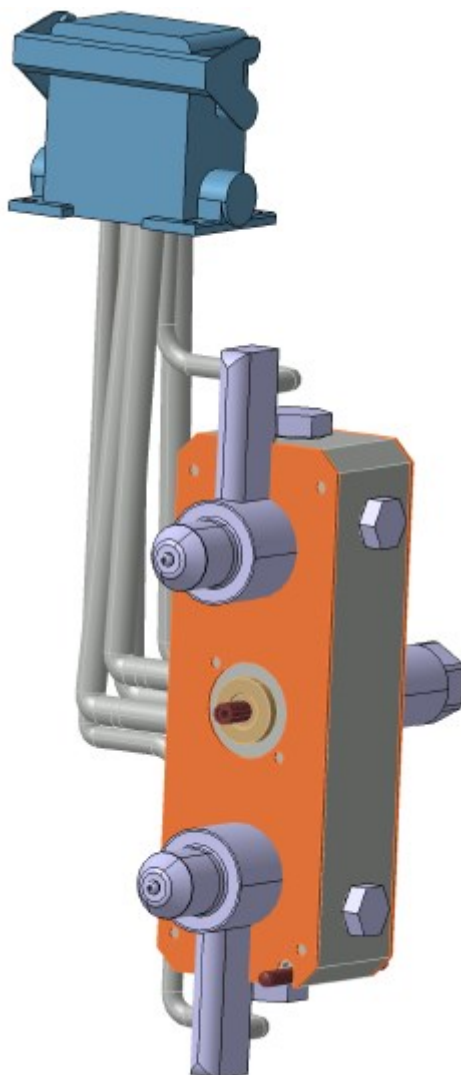
Na vnitřní straně se pak nachází zaoblený výstupek, který musel být speciálně odformován. Pro uvolnění výstupku během vysunutí je zapotřebí součást formy, nazývaná šikmý vyhazovač neboli zvedák. Zadní část zvedáku je připevněna na desce vyhazovače. Během vysunutí se vyhazovací deska posouvá dopředu a vynucuje také zvedák dopředu, který se pohybuje podél úhlové plochy formy. Jakmile se dostane dostatečně daleko, dochází k uvolnění výstupku. I když je to poměrně jednoduché, přidání zvedáků do formy může výrazně zvýšit její náklady, a pokud je to možné, je třeba se tomu vyhnout. V oblasti, kde se zvedák posouvá přes povrch dílu, nemohou být žádné součásti, protože by se dostaly do cesty zvedáku.



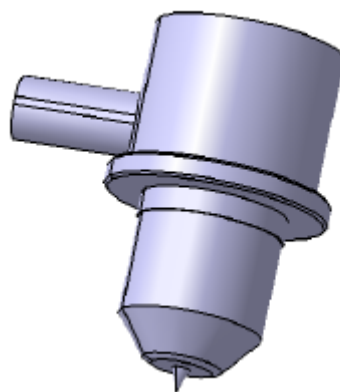
Obr. 33. Odformování výrobku

9.8 Vtokový systém

Vtokový systém vstřikovací formy má za úkol zajistit vedení proudu taveniny od vstřikovací trysky až po jednotlivé části tvarové dutiny formy. Při konstrukci formy byl zvolen horký vtokový systém. Tavenina se dostává do dutiny formy přes horký vtokový blok, který je temperován otopnými tělesy na požadovanou teplotu a od ostatních částí formy je izolován pomocí izolačních desek. V katalogu HASCO má označení H106/1/71x200/46. Na rozvodném bloku jsou dále upevněny distanční kroužky, které zachycují vstřikovací tlaky působící na formu. Pomocí středících kolíků je blok vystředěn a zajištěn proti pootočení. Následně tavenina postupuje do vyhřívaných trysek s hrotem, které ústí přímo do tvarové dutiny formy. Jedná se o vysokovýkonné horké trysky, které mají v katalogu HASCO označení Z101G/32x61. Osová vzdálenost mezi tryskami je 122 mm.



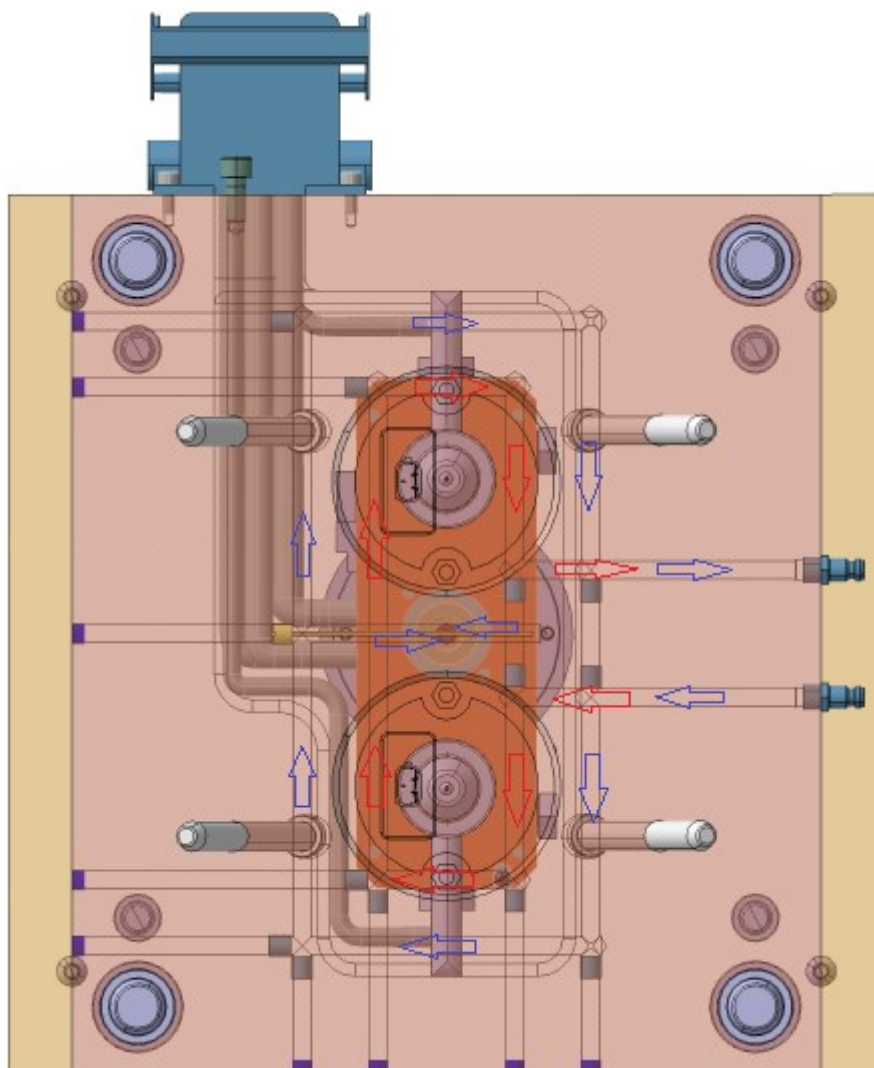
Obr. 34. Vyhřívaný vtokový systém HASCO



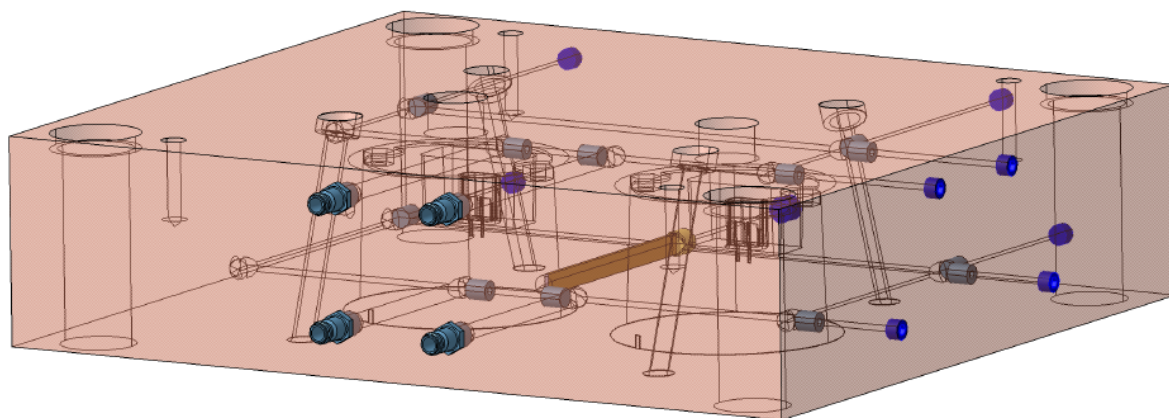
Obr. 35. Vyhřívaná vtoková tryska s hrotem

9.9 Temperační systém

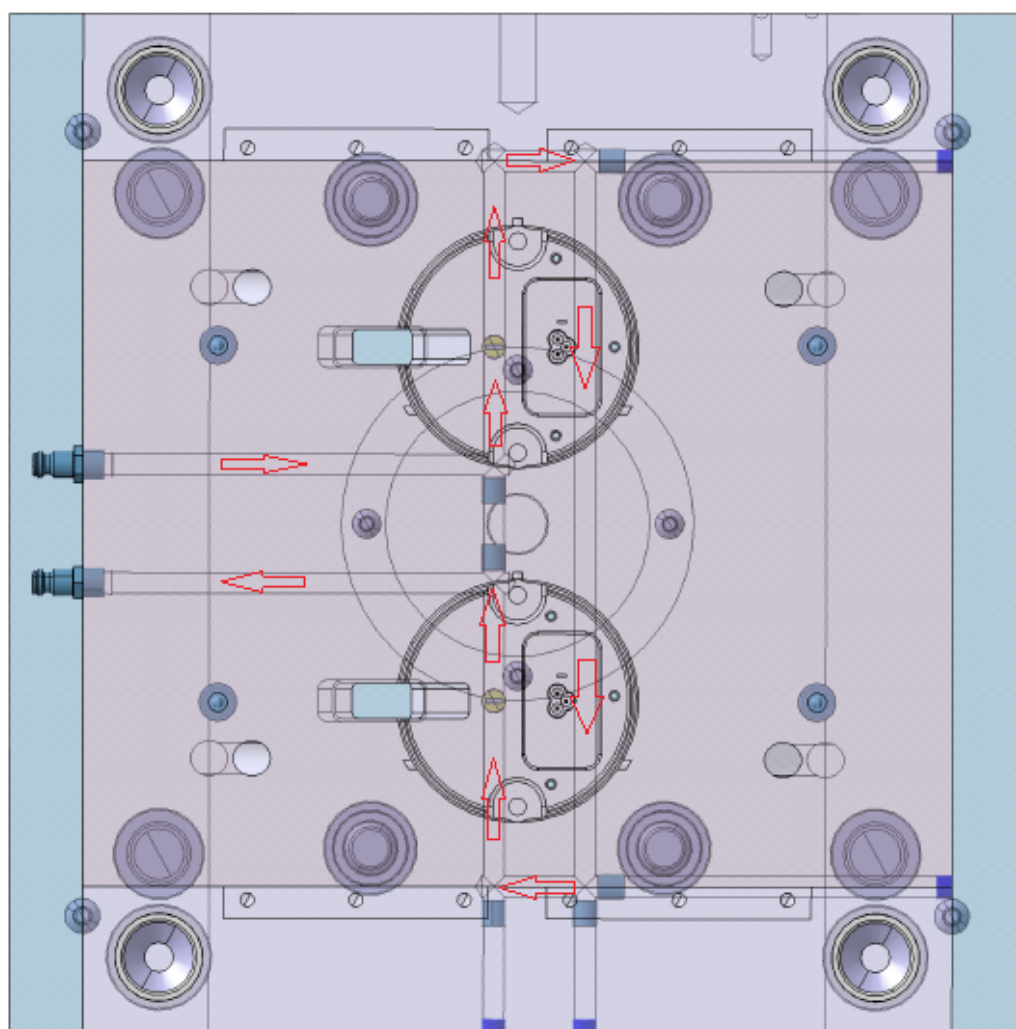
Během vstřikování je teplota formy proměnlivá, kdy nejprve po vstříknutí taveniny do dutiny formy prudce roste a následně se teplota formy snižuje v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Vhodným návrhem kanálků, volbou temperačního média a jeho rychlosti cirkulace se snižuje kolísání teplot formy. Temperace levé poloviny formy je tvořena jedním okruhem vrtaných kanálků o průměru 8 mm. Vzhledem k velké výšce tvárníku bylo použito obtokových můstků. Temperace pravé poloviny je tvořena dvěma okruhy. V prvním okruhu je opět použit obtokový můstek, aby byl temperován prostor mezi dutinami. Druhý okruh byl navržen jak ke chlazení dutiny tvárnice, tak k temperaci horké trysky, aby nedocházelo k přehřátí materiálu. K určení směru toku média bylo použito vnitřních ucpávek a na zakončení děr uzavíracích šroubů od firmy HASCO. Na vstupu a výstupu do okruhu jsou našroubovány přípojky pro připojení hadic. Temperačním médiem pro chlazení je voda.



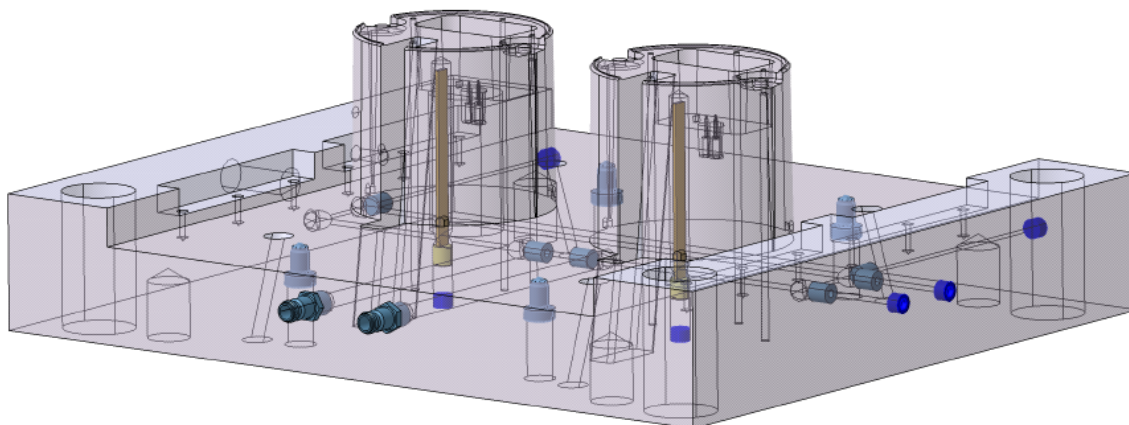
Obr. 36. Temperace pravé poloviny formy (tvárnice)



Obr. 37. Temperační systém tvárnice



Obr. 38. Temperace levé poloviny formy (tvárníku)



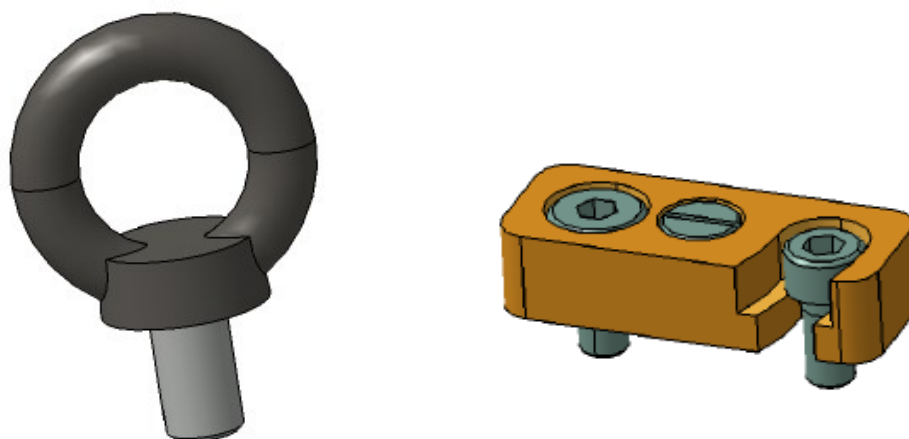
Obr. 39. Temperační systém tvárniku

9.10 Odvzdušnění formy

Po uzavření formy dojde k naplnění dutiny formy nežádoucím vzduchem. Tento vzduch je velice rychle stlačován a následek je zvýšení tlaku a teploty, což by mohlo vést ke vzniku spálených míst a narušení tvaru výrobku. V tomto případě návrhu vstřikovací formy bylo uvažováno s odvodem nežádoucího vzduchu přes dělicí rovinu, posuvné čelisti a přes vůli mezi vyhazovacími kolíky.

9.11 Transportní a bezpečnostní zařízení

Vstřikovací forma je na horní straně opatřena transportním okem, který slouží k jednoduché manipulaci formy pomocí zvedacího zařízení. Transportní oko je upevněno pomocí závitu a v katalogu HASCO má označení Z710/16. Aby nedošlo při přepravě k otevření formy v dělicí rovině je na horní straně formy připevněn bezpečnostní systém. V katalogu HASCO má označení Z73/16x25x63.



Obr. 40. Transportní a bezpečnostní systém

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro zadaný plastový díl, kterým byla část signalizačního zařízení na auto. Kompletní konstrukční návrh formy byl proveden v softwaru CATIA V5 R19 a za pomoci programu HASCO DAKO 3D – modul normálií R1/2015 byly do návrhu formy importovány normalizované díly k usnadnění práce.

Nejdříve byl vytvořen 3D model výrobku, který byl zvětšen o hodnotu smrštění materiálu 0,6 %. Pro vytvoření co nejpřesnějšího modelu byl k dispozici reálný výrobek. Jako materiál výrobku byl zvolen nevyztužený polykarbonát od firmy SABIC Innovative Plastics™ s obchodním názvem Lexan 945A. Pro vstřikovací formu byl navržen vstřikovací stroj od německé firmy Arburg s označením ALLROUNDER 470C GOLDEN EDITION. Při samotném návrhu formy byla brána v potaz složitost a rozměry výrobku, a proto byla zvolena dvojnásobná forma. Tvarové části byly navrženy jako celé tvarové desky. Po vytvoření tvarových desek se určila vhodná volba velikosti rámu a vhodný vtokový systém. Jednotlivé části formy jsou k sobě spojeny šrouby nebo vystředěny pomocí vodících čepů a středících trubek.

V návrhu formy byl použit horký vtokový systém, který zahrnuje vyhřívaný vtokový blok s tryskami. Jedná se o horké trysky s hrotem, které ústí přímo do dutiny formy. Pro tento systém bylo nutno připojit zásuvku, aby dodávala potřebnou energii.

Následně bylo nutné vymyslet odformování výstupků na vnitřní straně výrobku. K tomu bylo potřeba vytvořit tzv. zvedáky. Vnější část výrobku byla odformována pomocí posuvných čelistí se šikmými kolíky. K vyhození výrobku dopomáhají válcové vyhazovače, které jsou uchyceny mezi kotevní a opěrnou deskou. Desky jsou spojeny šrouby a opatřeny dosedkami a jejich pohyb je zajištěn díky závitovému kolíku.

Temperaturaci tvarových desek zajišťují tři okruhy vrtaných kanálků o průměru 8 mm. Médium pro temperaturaci byla volena voda a její dráhu proudění vymezují vnitřní zátky a také obtokové můstky. Odvzdušnění dutiny formy bylo uvažováno únikem vzduchu přes dělicí rovinu, posuvné čelisti a přes vůli mezi vyhazovacími kolíky. Pro snadnou manipulaci s formou bylo na horní straně formy nainstalováno transportní oko. K uzavření formy během manipulace slouží bezpečnostní systém.

Na závěr se z 3D sestavy vstřikovací formy vytvořené v programu CATIA V5 R19 vytvořil řez sestavy formy a příslušné pohledy včetně kusovníku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl - Vstřikování termoplastů*. 2.vyd. Brno: Uniplast, 1999. 134s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl - Vstřikování termoplastů*. 1.vyd. Brno: Uniplast, 1999. 214s.
- [3] ŠTĚPÁNEK, J., ZEIGLER, J., KUTA, A. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. Vyd. SNTL Praha, 1989. 638s.
- [4] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Brno: VUT, 1990. 199s.
- [5] NEUHAUSL, Emil. *Polymery amorfni a semikrystalické z hlediska vstřikování*. In: MM Průmyslové spektrum [online] [cit. 23. 1. 2017]. Dostupné z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/polymery-amorfni-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani.html>
- [6] LENFELD, P. *Katedra tváření kovů a plastů - Skripta. Technologie II: Část II - Zpracování plastů*. Technická univerzita Liberec – Fakulta strojní – Katedra stojírenské technologie - Oddělení tváření kovů a plastů, 2008. [online]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [7] SEDIL, M. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů*. 1. vyd. Střední odborné učiliště Svitavy, 2015, ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z WWW: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [8] *Vstřikovací formy* [online] [cit. 23. 1. 2017]. Dostupné z WWW: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf
- [9] BRUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastu*. 1. vyd. Praha: VÚNM, 1977. 278 s.
- [10] STANĚK, M., přednášky T5KF.
- [11] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1985. 278s.
- [12] *Výroba vstřikovací formy* [online]. [cit. 24. 1. 2017]. Dostupný z WWW: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=14760
- [13] *Vzduchový vyhazovač* [online]. [cit. 24. 1. 2017]. Dostupný z WWW: <http://www.jansvoboda.cz/vzduchovy-vyhazovac-s-jehlou>

-
- [14] SABIC Innovative Plastics. Lexan* Resin 945A [online]. SABIC Innovative Plastics trademark of SABIC Holding Europe BV. 2002 [cit. 6. 5. 2017]. Dostupné z WWW: <https://www.sabic-ip.com/gep/Plastics/en/ProductsAndServices/Product-Line/lexan.html>
- [15] ARBURG *Allrounder 470c golden edition*. [online] [cit. 6. 5. 2017]. Dostupné z WWW: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_470C_GOLDEN_EDITION_TD_523679_en_GB.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
CAD	Computer aided design (počítačová podpora konstrukce)
CAE	Computer aided engineering (počítačová podpora ve strojírenství)
CAM	Computer aided manufacturing (počítačová podpora obrábění)
PA	Polyamid
PBT	Polybutyltereftalát
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PET	Polyethyltereftalát
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoxymethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
SAN	Styren-akrylonitril
cm ³	Kubický centimetr
mm	Milimetr
g	Gram
kg	Kilogram
hod	Hodina
min	Minuta
s	Sekunda
MPa	Megapascal
kN	Kilonewton
°	Stupeň
%	Procento
°C	Stupeň celsia
T _g	Teplota zesklenění
T _m	Teplota bodu tání krystalického podílu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Základní rozdělení polymerů</i>	11
<i>Obr. 2. Princip vstřikování plastů [7]</i>	15
<i>Obr. 3. Vstřikovací stroj [7]</i>	17
<i>Obr. 4. Vstřikovací jednotka [7]</i>	18
<i>Obr. 5. Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku formy [7]</i>	19
<i>Obr. 6. Hydraulická uzavírací jednotka [7]</i>	20
<i>Obr. 7. Hlavní části formy</i>	22
<i>Obr. 8. Řadové uspořádání vtokové soustavy u vícenásobných forem [8]</i>	26
<i>Obr. 9. Příklady symetrického uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [8]</i>	26
<i>Obr. 10. Průřez vtokových kanálů [10]</i>	27
<i>Obr. 11. Odstupňování průřezů kanálů [1]</i>	27
<i>Obr. 12. Typy průřezů rozvodných kanálů [6]</i>	28
<i>Obr. 13. Ústí vtoku [2]</i>	28
<i>Obr. 14. Umístění vtokového ústí [10]</i>	29
<i>Obr. 15. Vyhřívaná vtoková tryska [5]</i>	30
<i>Obr. 16. Vyhazovací systém formy [12]</i>	31
<i>Obr. 17. Vyhazovací kolíky [13]</i>	33
<i>Obr. 18. Vzduchový ventil s jehlou [13]</i>	34
<i>Obr. 19. Příklady temperačních systémů forem [8]</i>	35
<i>Obr. 20. Vstřikovaný výrobek</i>	40
<i>Obr. 21. Vstřikovací stroj ALLROUNDER 470C GOLDEN EDITION [15]</i>	42
<i>Obr. 22. Prostředí HASCO DAKO 3D</i>	43
<i>Obr. 23. Sestava vstřikovací formy</i>	44
<i>Obr. 24. Hlavní a vedlejší dělicí rovina</i>	45
<i>Obr. 25. Násobnost formy</i>	46
<i>Obr. 26. Tvarová deska (tvárnice)</i>	47
<i>Obr. 27. Tvarová deska (tvárník)</i>	48
<i>Obr. 28. Levá a pravá boční posuvná čelist</i>	48
<i>Obr. 29. Pravá část formy</i>	49
<i>Obr. 30. Levá část formy</i>	50
<i>Obr. 31. Vyhazovací systém</i>	51
<i>Obr. 32. Pojistný šroub s kuličkou</i>	52

<i>Obr. 33. Odformování výrobku</i>	53
<i>Obr. 34. Vyhřívaný vtokový systém HASCO</i>	54
<i>Obr. 35. Vyhřívaná vtoková tryska s hrotem</i>	54
<i>Obr. 36. Temperace pravé poloviny formy (tvárnice)</i>	55
<i>Obr. 37. Temperační systém tvárnice</i>	56
<i>Obr. 38. Temperace levé poloviny formy (tvárníku)</i>	56
<i>Obr. 39. Temperační systém tvárníku</i>	57
<i>Obr. 40. Transportní a bezpečnostní systém</i>	57

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Vybrané vlastnosti pro Lexan 945A [14].....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 2. Hodnoty uzavírací jednotky vstřikovacího stroje [15].....</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 3. Hodnoty vstřikovací jednotky vstřikovacího stroje [15].....</i>	<i>42</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Sestava vstřikovací formy
- P II Detail pravé strany formy
- P III Detail levé stany formy
- P IV Výkres výrobku
- P V Kusovník
- P VI CD disk obsahující:
- textovou část bakalářské práce
 - model formy a výkresovou dokumentaci v programu CATIA