

Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu elektrotechnického dílu

Jakub Žůrek

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub Žůrek**

Osobní číslo: **T16704**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstříkovací formy pro výrobu elektrotechnického dílu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Provedte konstrukční návrh zadaného dílu
3. Provedte konstrukci 3D sestavy vstříkovací formy
4. Nakreslete výkres sestavy vstříkovací formy

Rozsah bakalářské práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
2. OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
3. BEAUMONT, John P. Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**

Ve Zlíně dne 15. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 23. 5. 2019

.....

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 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 výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je vytvořit návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, který se využívá v elektrotechnice.

Teoretická část bakalářské práce obsahuje rozdělení materiálů vhodných pro vstřikování, popis technologie vstřikování, typy vstřikovacích strojů a zásady konstrukce vstřikovací formy.

V praktické části byl vytvořen 3D model výrobku a návrh vstřikovací formy včetně výkresové dokumentace. Ke konstrukci vstřikovací formy byl použit program CATIA V5R20 a normálie od firmy HASCO.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, CATIA

ABSTRACT

The aim of this thesis is to create a design of injection molds for a given plastic part, which is used in electrical engineering.

The theoretical part of the thesis contains the distribution of materials for injection molding, description of technology, injection molding, types of injection molding machines and principles of injection mold design.

In the practical part was created a 3D model of the product and the design of the injection mold including the drawing documentation. The CATIA V5R20 program and HASCO normals were used to construct the injection mold.

Keywords: injection, injection mold, CATIA

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Michalu Staňkovi Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady a čas, který mi věnoval při vypracování této bakalářské práce. Dále chci poděkovat mé rodině, která mě po celou dobu podporovala a měla semnou 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 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	12
1.1 TERMOPLASTY	12
1.1.1 Amorfnní termoplasty.....	12
1.1.2 Semikrystalické termoplasty	13
1.2 REAKTOPLASTY	14
1.3 ELASTOMERY.....	14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	15
2.2 FÁZE VSTŘIKOVACÍHO CYKLU.....	16
2.2.1 Plastikační fáze.....	16
2.2.2 Vstřikovací fáze.....	16
2.2.3 Dotlaková fáze.....	17
2.2.4 Ochlazovací fáze	17
3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	18
3.1 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	19
3.2 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	19
3.2.1 Vstřikovací kapacita	21
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	22
4.1 KONSTRUKCE FORMY	23
4.2 PROVOZ VSTŘIKOVACÍ FORMY	24
4.3 VTOKOVÁ SOUSTAVA	24
4.3.1 Studený vtokový systém (SVS).....	24
4.3.2 Vtokový kanál	26
4.3.3 Rozváděcí kanály.....	27
4.3.4 Vtokové ústí	28
4.3.5 Vyhříváné vtokové systémy	29
4.4 VYHAZOVCÍ SYSTÉM	30
4.4.1 Mechanické vyhazovací systémy	30
4.4.2 Pneumatické vyhazovací systémy	33
4.4.3 Hydraulické vyhazovací systémy	33
4.5 TEMPERAČNÍ SYSTÉMY	34
4.6 ODVZDUŠNĚNÍ DUTINY FORMY	35
4.7 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	NÁSOBNOST FORMY	45
9.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU	45
9.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY.....	46
9.4	PRAVÁ (VSTŘIKOVACÍ) ČÁST.....	48
9.5	LEVÁ (UZAVÍRACÍ) ČÁST.....	49
9.6	VYHAZOVAČÍ SYSTÉM	50
9.7	ODFORMOVÁNÍ BOČNÍCH DĚR	51
9.8	VTOKOVÝ SYSTÉM	52
9.9	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	54
9.10	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	55
9.11	ZAŘÍZENÍ SLOUŽÍCÍ K MANIPULACI.....	55
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	62
	SEZNAM TABULEK	64
	SEZNAM PŘÍLOH	65

ÚVOD

Plasty v poslední době v průmyslové výrobě začínají stále více nahrazovat jiné materiály jako je např. dřevo nebo ocel. Výhodou plastů je jejich obrovská variabilita vlastností, jejich dostupnost a poměrně jednoduché zpracování. Společnost se s makromolekulárními látkami setkává prakticky odnepaměti, ale k většímu vývoji a výrobě ve větším měřítku plastů dochází až v polovině 20. století. Dnes si bez plastových výrobků lze život jen těžce představit.

S rostoucím rozvojem využití plastů rostou také nároky na technologie umožňující zpracování plastů. K významným technologiím pro zpracování plastů patří vstřikování, kdy se roztavená tavenina vstříkuje do tvarové dutiny formy. Tato technologie umožňuje vyrábět výrobky velmi složitých tvarů i různých velikostí.

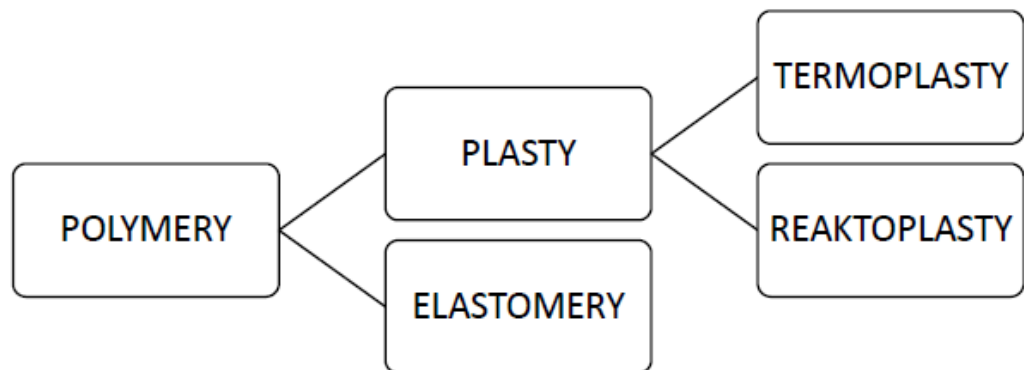
Vysoké nároky jsou kladeny na konstrukci a výrobu formy, která musí splňovat několik funkcí. Neměla by ovlivnit požadovanou funkčnost výrobku, musí zajistit celkovou stabilitu a měla by odolávat vysokým tlakům.

Při konstrukci vstřikovací formy se často využívá celá řada softwarových podpor. Tyto programy konstrukci vstřikovací formy zjednodušují a urychlují.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

Polymery jsou látky tvořené velkými molekulami, které obsahují většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, ale také často i atomy dusíku, chlóru a jiných prvků. Za normálních podmínek jsou polymery v tuhém stavu. Při zvýšení teploty přechází do stavu kapalného (taveniny), ve které umožňuje polymerní tavenině udělit tvar budoucího výrobku. [2]



Obr. 1. Základní rozdělení polymerů

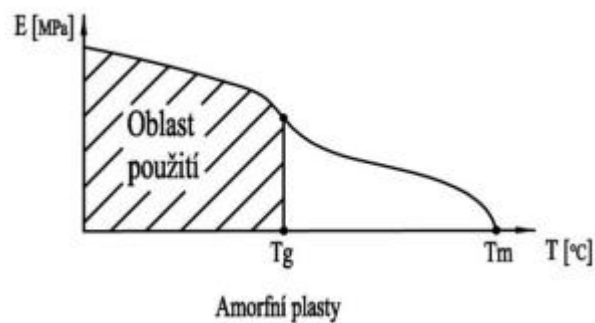
1.1 Termoplasty

Termoplasty v současné době jsou nejpoužívanější ze všech plastů dostupných na trhu. Jsou výhodné z hlediska ekologického, tak i ekonomického. Nepoužívané termoplastické výrobky se dají lehce recyklovat, nebo dále při recyklaci upravovat. Jsou to plasty teplem tvarovatelné. Cyklus tvarování a fixace je opakovatelný, protože při ohřívání a ochlazování nedochází ke změnám chemické struktury. Podle vnitřní struktury se termoplasty dělí na amorfní a semikrystalické. [8]

1.1.1 Amorfní termoplasty

Struktura amorfních látek je neuspořádaná, jelikož nelze vytvořit krystalickou strukturu při ochlazování a tuhnutí taveniny. Díky této struktuře se vyznačují velmi malým smrštěním (zhruba pod 1 %), při výrobě rozměrově přesných dílu je to důležité. Mezi jejich charakteristické vlastnosti patří tvrdost, křehkost, mají vysokou pevnost a jsou transparentní. Pro technologii vstřikování a její aplikaci je důležitá teplota T_g (teplota skelného

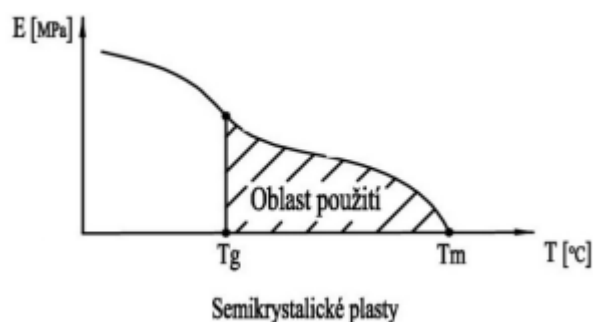
přechodu). Pod touto teplotou se výrobek z formy a používá, nad teplotu T_g je trvalá deformace. Mezi nejvýznamnější patří PS, ABS, PMMA, PC. [1]



Obr. 2. Oblasti využití u amorfních termoplastů

1.1.2 Semikrystalické termoplasty

Ochlazením a tuhnutím taveniny lze zčásti získat uspořádanou krystalickou strukturu. Obsah krystalické fáze může dosáhnout až 80 %, zbylá část je ve fázi amorfní. S větším obsahem krystalické fáze roste smrštění výstřiků proti formě. Mezi jejich charakteristické vlastnosti patří ohebnost a houževnatost, které termoplastu dává obsah amorfni části a krystalická fáze mu dodává tuhost a pevnost. Teplota T_g je z hlediska vstřikování pro tyto polymery málo významná. Mnohem významnější je teplota tání krystalického podílu T_m , což je hranicí pro zachování určité pevnosti a tuhosti výrobku. Oblast taveniny je nad touto teplotou, kde probíhá vstřikovací proces. Teplota použití a vyhazování z formy je mezi teplotami T_g a T_m . Tyto plasty jsou z hlediska mechanických, teplotních a chemických vlastností mnohem výhodnější pro použití než amorfni. Mezi nejvýznamnější patří PE, PA, POM a PPA. [1] [8]



Obr. 3. Oblasti využití u semikrystalických termoplastů

1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou polymery, u kterých při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování polymeru a v konečné fázi zpracování vytvářejí prostorovou síť. V této síti jsou řetězce tvořeny silnými kovalentními vazbami, protože během vytvrzování procházejí chemickou reakcí. Tyto plasty není možné po fixaci opakovaně tvarovat jako termoplasty. Vytvářejí velmi husté prostorové struktury a proto jsou velmi tvrdé. Například syntetické formaldehydové, polyesterové a melaminové pryskyřice. Recyklují se velmi obtížně.

1.3 Elastomery

Elastomery nebo kaučuky jsou materiály velmi pružné s řídkou strukturní sítí, která je tvořena lineárními makromolekulami propojenými mostky. Za normálních podmínek je lze značně deformovat malou silou a bez porušení se vrátí do původního stavu. Elastomery jsou tvořeny volně zesíťovanými makromolekulami, až při vulkanizaci nastává jejich spojení prostřednictvím sírných mostíků. Pomocí vulkanizačních činidel, nejčastěji síry a urychlovače probíhá vulkanizace. Elastomer má schopnost být vulkanizací převeden na pryž. Tato pryž má vyšší pevnost, vyšší odolnost při vysokých i nízkých teplotách a je inertnější proti působení rozpouštědel. Po zafixování tvaru nelze opakovaně tvarovat.

Kaučuky podle původu se dělí na syntetické a přírodní. Přírodní kaučuk se získává z kaučukového mléka, latexu, jež je obsažen v jeho buňkách. Základní stavební jednotkou přírodního kaučuku (polyizoprénu) je uhlovodík izoprénu. Syntetických kaučuků se vyrábí větší počet druhů a každý z nich vyniká svými specifickými vlastnostmi. Jak přírodní tak i syntetický kaučuk je možno vulkanizovat.

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Jedná se o nejrozšířenější způsob výroby plastových v poslední době i elastomerních výrobků. Při tomto způsobu tváření plastů za tepla je dávka zpracovávaného materiálu vstříknuta pod tlakem do uzavřené ochlazované formy, kde ztuhne. Tyto výrobky se vyznačují dobrou rozměrovou a tvarovou přesností. Vstřikováním se zpracovávají téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se používají i některé reaktoplasty a kaučuky.

Vstřikování je proces cyklický. Nejdůležitější je stabilita procesu. To znamená, že je nutné zajistit, aby každý cyklus probíhal identicky. Mezi výhody patří možnost vyrábět složité výrobky s velmi dobrou povrchovou úpravou a dostačujícími tolerancemi rozměrů, které se aplikují v automobilovém, stavebním a elektrotechnickém průmyslu, ale i ve zdravotnictví, sportu a domácnosti. Další výhodou je krátký čas cyklu. Nevýhodami jsou dlouhá doba nutná pro výrobu formy a neúměrně objemné a drahé strojní zařízení oproti vyráběnému dílu. Proto se nejčastěji používá pro velkosériovou výrobu.

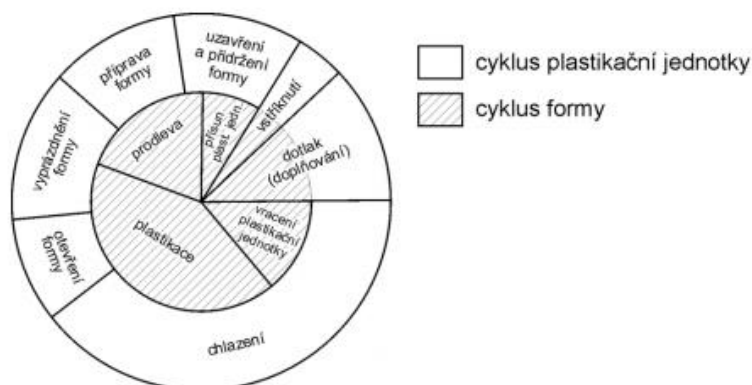
Kvalitu výstřiků z termoplastu hodnotíme podle jejich stavu, ve kterém se nachází minimálně 16 hodin po vyhození z tvarové dutiny formy. Stav výstřiků je charakterizován:

- stupněm a rozložením orientace makromolekul,
- velikostí a rozložením vnitřního pnutí,
- obsahem krystalické fáze (u částečně krystalických termoplastů). [1]

2.1 Vstřikovací cyklus

Jedná se o sled přesně specifikovaných úkonů. Během toho materiál prochází teplotním cyklem, jedná se o proces neizotermický. Při popisování vstřikovacího cyklu je nutné si určit počátek procesu, za což lze považovat okamžik uzavření formy.

Termoplastický materiál ve tvaru granulí je v plastikační jednotce účinkem tepla a tření převeden do taveniny a přes rozvodný systém formy transportován do dutiny formy, kde vlivem tlaku, který ovlivňuje smrštění, ji zcela zaplní a převezme její tvar. Termoplast předává formě teplo. Ochlazováním ztuhne ve finální výrobek. Poté se forma otevře a výrobek je z formy vyhozen a celý cyklus se opakuje. Následuje případná dokončovací operace, výstupní kontrola a balení výstřiků. [1] [10]



Obr. 4. Vstřikovací cyklus [2]

2.2 Fáze vstřikovacího cyklu

Jednotlivé úseky cyklu lze rozdělit do čtyř hlavních fází, které ovlivňují kvalitu výstřiku a i jeho stav. [1]

2.2.1 Plastikační fáze

Pro optimální naplnění dutiny formy polymerní taveninou je nutné zajistit teplotní a viskozitní homogenitu dávky taveniny před čelem šneku. K tomu se používá správné nastavení teplot na jednotlivých topných pásmech plastikačního válce, zpětný odpor na šneku a otáčky šneku. Teplo k roztavení jedné dávky, je přibližně z jedné třetiny dodáváno z topného plastikačního válce a ze dvou třetin z tření materiálu. Teplota taveniny má zásadní vliv na orientaci makromolekul při plnění dutiny formy taveninou. Se zvyšující se teplotou taveniny orientace klesá, výstřik se stává izotropnější z hlediska vlastností, zvyšuje se pevnost studených spojů a snižuje vnitřní pnutí. U částečně krystalických materiálu se zvyšuje výrobní smrštění, ale dosmrštění je nižší. [1]

2.2.2 Vstřikovací fáze

Je fáze, při které je tvarová dutina formy naplněna homogenní taveninou tak, aby rychlost čela proudu taveniny byla v každém bodě průřezu konstantní. Pro výstřiky se stejnou tloušťkou stěny je možné tento předpoklad dodržet. Mnohem problematictější je to u tvarově členitých výstřiků s odlišnou tloušťkou. Rychlost vstřikování neboli doba plnění má vliv na povrchové defekty výstřiku. Nejzásadnější faktory, které ovlivňují dobu vstřikování, jsou vstřikovací tlak a teplota polymerní taveniny. Dalšími ovlivňujícími parametry jsou teplota formy, řešení vtokové soustavy, druh vstřikovaného materiálu, ale také i

objem a tvar výstřiku. Doba plnění dutiny formy by měla být co nejkratší, protože po styku taveniny s chlazenou formou se ochlazuje a ztrácí svou tekutost. [1]

2.2.3 Dotlaková fáze

Tahle fáze nastává po naplnění dutiny formy polymerní taveninou. Jedná se o stlačování materiálu. U dotlaku prudce stoupne tlak a rychlost náhle klesne. Jestli by tlak zůstal stále stejný, došlo by ke vzniku tlakové špičky, to by mělo za následek zvýšení anizotropie vlastností, zvýšení vnitřního pnutí a může být příčinou přetoků v dělicí rovině. Aby tyhle jevy nenastaly, je nutné v určité době přepnout vstřikovací tlak na dotlak. Při předčasném přepnutí dochází k plnění dutiny formy dotlakem, jinou rychlostí než požadovanou. K přepnutí na dotlak lze dojít po dosažení zvoleného buď času, bodu na dráze pohybu šneku vpřed a nebo hodnoty tlaku. Dotlaková fáze má vliv na smrštění, tedy rozměry a tvar výstřiku a k odstranění propadlin, lunkrů, trhlin a bublin. Působení dotlaku je ovlivněno teplotou formy. [1]

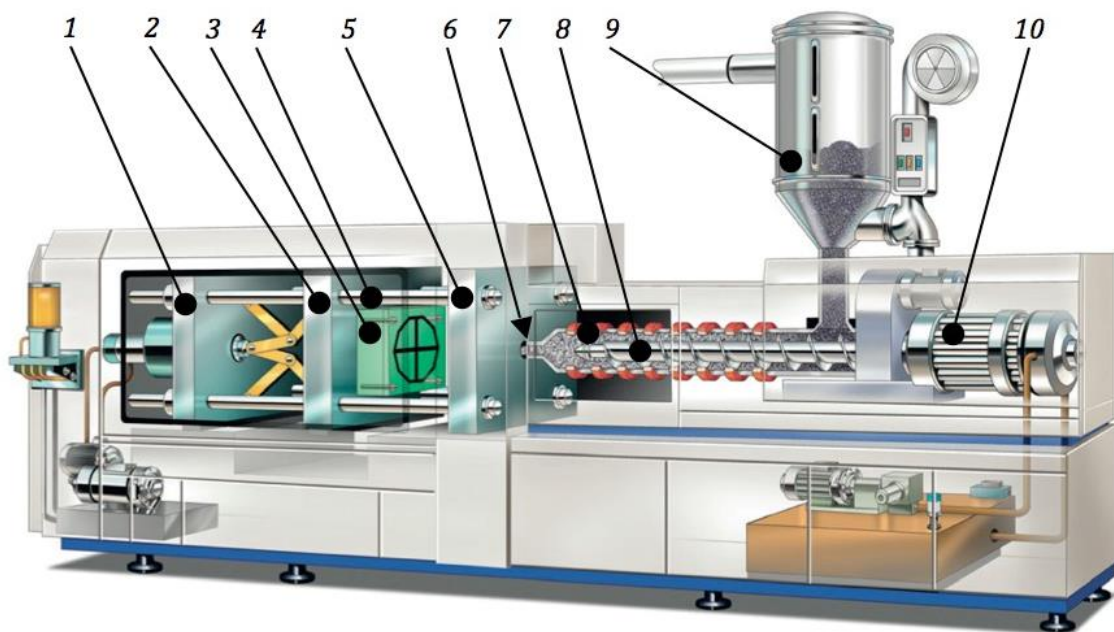
2.2.4 Ochlazovací fáze

Ochlazovací fáze bývá zpravidla nejdelší část cyklu, protože ochlazování výstřiku začíná od objemového naplnění tvarové dutiny formy a trvá až do vyhození výstřiku z formy. Parametry ovlivňující fázi chlazení jsou doba ochlazování a teplota formy. Doba ochlazování je snaha co nejvíce zkrátit na minimum. Ta musí zaručit takovou tuhost výrobku, aby při vyhození z formy nevznikly vady způsobené vyhazovacím systémem. Ochlazovací fáze má vliv na krystalickou strukturu, vnitřní pnutí, povrchový lesk a celkově na kvalitu povrchu výstřiku. [1]

3 VSTŘIKOVACÍ STROJ

V poslední době se u procesu vstřikování dosahuje vysoká produktivita práce a to díky tomu, že se provádí na strojích, které jsou většinou už plně automatické. Jelikož pořizovací cena strojního zařízení a vstřikovací formy je velmi nákladná, používá se tato technologie především pro velkosériovou a hromadnou výrobu.

Vstřikovací stroj se skládá z uzavírací jednotky, vstřikovací jednotky, řídicího systému, rámu stroje a pohonným systémem. Aby byla umožněna plná automatizace stroje, výrobce je schopen dovybavit vstřikovací stroj periferními zařízeními. Mezi tyto zařízení patří například sušárny, temperační zařízení, dopravníky, dávkovače a míchače, manipulatory, roboty, mlýny atd. [1]



Obr. 5. Vstřikovací stroj [13]

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

Pro dosažení přesných výstřiků vstřikovacím strojem je důležité aby:

- odpovídal velikosti upínané vstřikovací formy,
- měl potřebnou uzavírací sílu a správnou kapacitu vstřikovací jednotky,
- pravidelnou údržbu a dobře fungující zpětný uzávěr šneku,
- měl reprodukovatelnost nastavených strojních a procesních parametrů. [1]

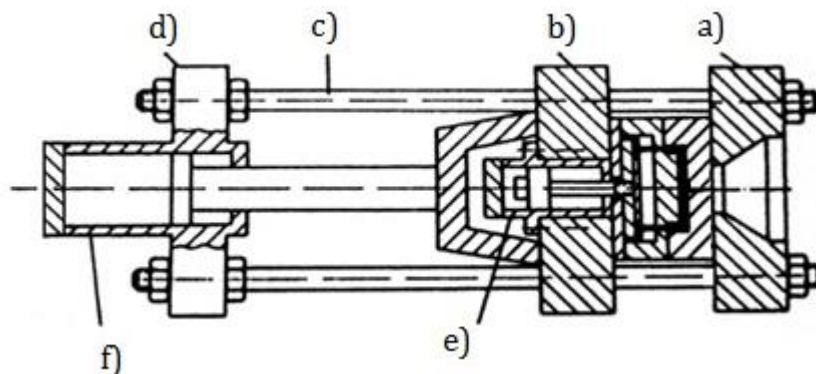
3.1 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka slouží jako nosič vstříkovací formy, která má za úkol otevírat a zavírat vstříkovací formu. Také musí být schopná vyvolat potřebnou uzavírací sílu, aby se forma při vstříkování neotevřela a nevznikly na výstřiku otřepy a přetoky. Určení potřebné uzavírací síly se dá získat ze závislosti velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině a velikosti vstříkovacího tlaku.

Mezi hlavní části uzavírací jednotky patří opěrná deska pevná, upínací deska, vodící sloupky a uzavírající mechanismus, který slouží k tomu, aby se vstříkovací forma dala uzavírat a otevírat.

Podle druhu pohonu lze uzavírací jednotku rozdělit na:

- hydraulické,
- hydraulickomechanické,
- elektromechanické. [11]



Obr. 6. Hydraulická uzavírací jednotka [13]

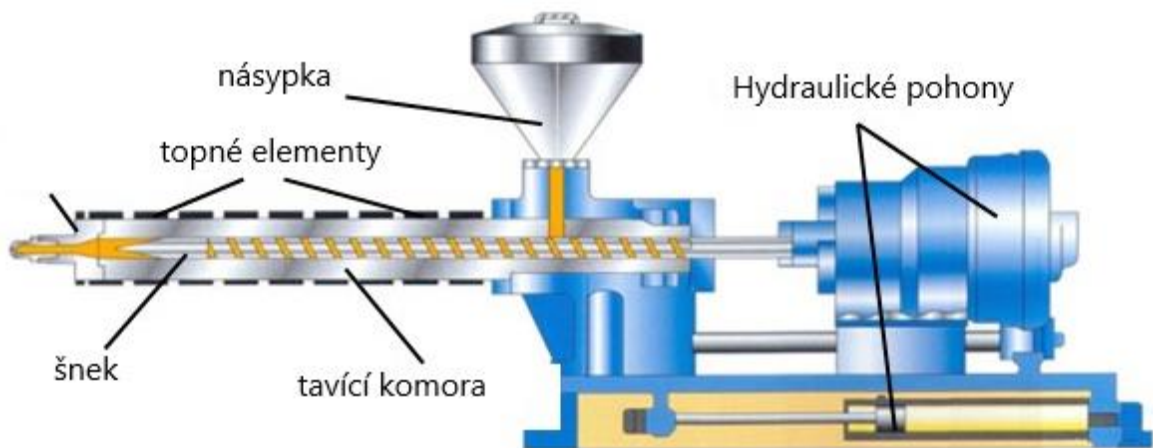
- (a) pevná část formy, (b) pohyblivá část formy, (c) vodící sloupky, (d) rám stroje, (e) hydraulický vyhazovač, (f) hydraulický válec pro ovládnutí pohyblivé části formy

3.2 Vstříkovací jednotka

Vstříkovací jednotka má za úkol převést tuhý termoplast na homogenní taveninu s minimálním obsahem vzduchových bublin a poté přesunout taveninu pod vysokým tlakem a vysokou rychlostí do tvarové dutiny vstříkovací formy. Podle způsobu plastikace se dělí vstříkovací jednotky na pístové a šnekové. Plastikace šneková patří v poslední době k nejpoužívanějším plastikacím.

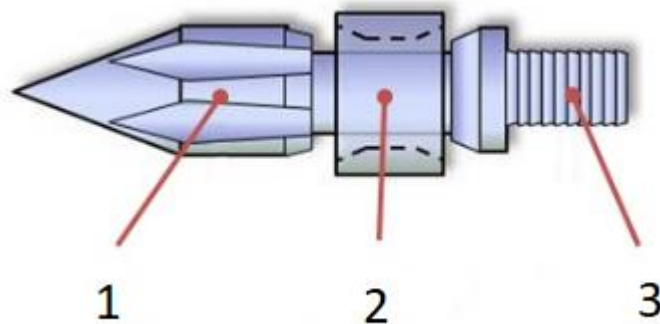
Výhody šnekových strojů jsou:

- rovnoměrnost prohřevu a dobrá homogenizace taveniny,
- vysoký plastikační výkon,
- zaručené přesné dávkování,
- odstranění potíží při čištění komory při výměně materiálu,
- nízké ztráty tlaku při pohybu materiálu. [10]



Obr. 7. Vstřikovací jednotka [13]

Granulát vstupuje z násypky do pracovního válce. V pracovním válci se postupně plastikuje, homogenizuje a dopravuje se před špicí šneku, který se při otáčení posouvá dozadu a vytváří místo pro taveninu. Pracovní válec je vyhříván pomocí topného tělesa. Po zplastikování potřebného množství se materiál dopředným přímočarým pohybem šneku vstříkne přes vstřikovací trysku do vtokového rozvodu formy a odtud se dopravuje do dutiny formy. V čele šneku bývá zabudován zpětný uzávěr, aby zabránil tavenině z nízkoviskozních materiálů vracet se zpět do šnekového kanálu, k optimalizaci vstřikovacího procesu a k výrobě výstřiků s požadovanou jakostí. Existuje mnoho konstrukčních provedení zpětných uzávěrů, ale nejčastěji se používají uzávěry typu posuvný kroužek – sedlo. [11]



Obr. 8. Zpětný uzávěr [13]

1 – špička šneku, 2 – posuvný kroužek, 3 – sedlo.

3.2.1 Vstřikovací kapacita

Maximální objem taveniny, který lze na daném stroji vystříknout z pracovního válce do volného prostoru během jednoho pracovního cyklu, je jedna ze základních charakteristik vstřikovací jednotky. Jedná se o maximální objem pracovního válce vymezené čelem šneku v jeho krajních polohách. Maximální objem výstřiku, který lze vyrobit na dané vstřikovací jednotce, udává vstřikovací kapacita. Je nutné připočítat i objem vtokového systému do konečného objemu výrobku. S ohledem na maximální plastikační kapacitu výrobci strojů obvykle nabízejí tři varianty plastikační jednotky. Čím větší plastikační kapacita, tím klesá maximální vstřikovací tlak před čelem šneku.

Pro správné určení velikosti plastikační jednotky je nutné vzít v úvahu:

- v rozmezí 1 až 3 průměry šneku by se měla pohybovat velikost zpracované dávky,
- dávka jednoho průměru šneku je vyhrazena dekompresím,
- zdvih šneku by neměl překročit 5 jeho průměrům,
- doba setrvání materiálu v plastikační komoře nesmí překročit výrobcem stanovenou dobu,
- doba cyklu a velikost dávky. [11]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

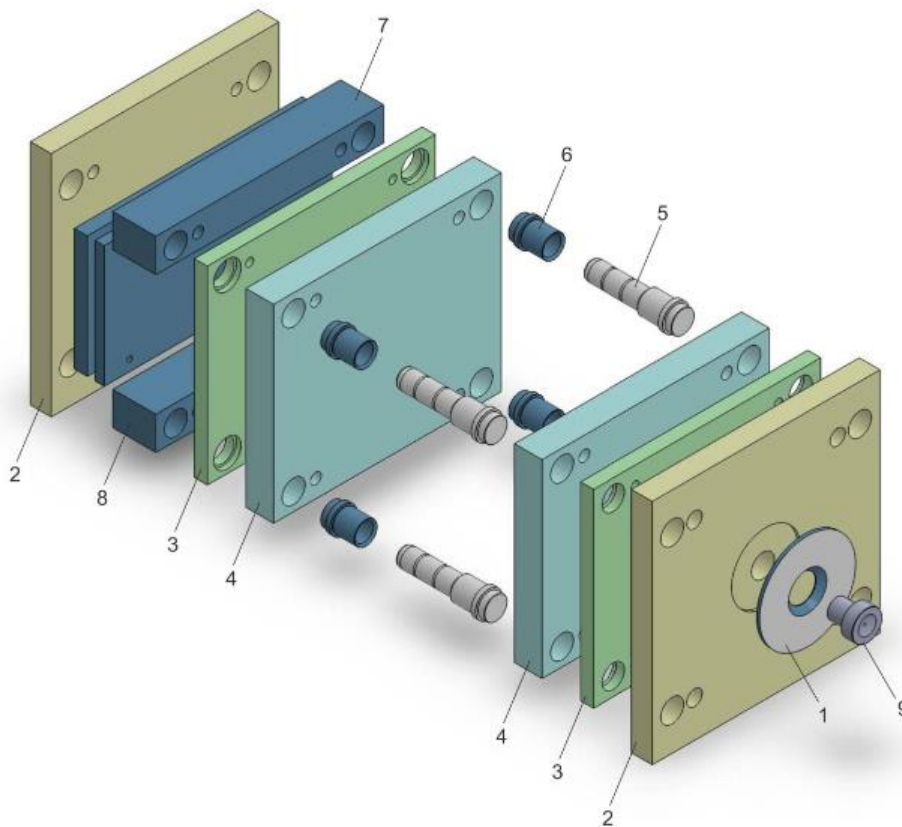
Vstřikovací forma patří k jedné z nejdůležitějších částí při vstřikování. Upíná se do vstřikovacího stroje. Během vstřikovacího cyklu se roztavená tavenina vstříkne do formy, která dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výstřiku s požadovanými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi.

Vstřikovací forma by splňovat tyto požadavky:

- maximální tuhost a pevnost,
- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch,
- snadná manipulace,
- nízká pořizovací cena a optimální životnost,
- správná funkce formy. [5]

Speciální firmy nejčastěji zajišťují výrobu a konstrukci vstřikovacích forem, které se dají rozdělit do základních hledisek:

- podle násobnosti – jednonásobné a vícenásobné,
- podle typu vstřiku - do osy formy, do dělicí roviny nebo kombinované,
- podle uspořádání – dvoudeskové a třideskové,
- podle konstrukce – čelist'ové, etážové, vytáček'í apod.,
- podle vstřikovaného materiálu – termoplasty a reaktoplasty. [1]



Obr. 9. Hlavní části vstřikovací formy [14]

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

4.1 Konstrukce formy

Na výrobu dílů vstřikováním se používají vstřikovací formy, které musí odolávat vysokým tlakům a teplotám. Konstrukce a výroba vstřikovacích forem je náročná a také velmi nákladná. Základním prvkem pro začátek konstruování vstřikovací formy je výkres výstřiku, který musí obsahovat materiál výrobku, tvar, rozměry, hmotnost a další doplňující údaje.

Postup při konstrukci vstřikovací formy:

- Posouzení výkresu výrobku z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek.
- Určení hlavní, popřípadě vedlejší dělicí roviny a způsob zaformování.
- Stanovení násobnosti formy a rozmístění tvarových dutin v hlavní dělicí rovině.
- Stanovení vhodného vtokového, temperačního a vyhazovacího systému.
- Navržení vhodného rámu vstřikovací formy.

- Volba vhodného vstřikovacího stroje.
- Kontrola funkčních parametrů s ohledem na doporučený typ stroje. [5]

4.2 Provoz vstřikovací formy

Aby vstřikovací forma plnila správně své funkce, je nutné zajistit její optimální provozní podmínky, včetně podmínek pro nasazení do výroby. Jelikož cena vstřikovací formy často převyšuje i cenu vstřikovacího stroje, mělo by se s formami citlivě zacházet.

Předpoklady pro správný provoz vstřikovacích forem jsou:

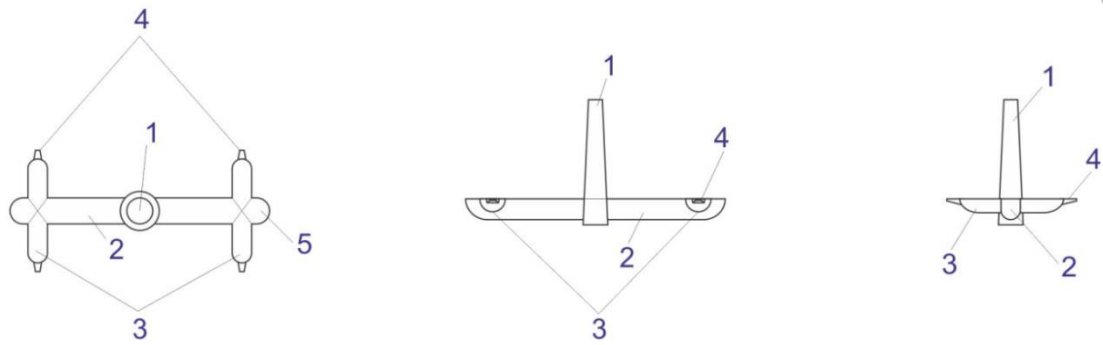
- správné uskladnění forem a jejich řádná evidence,
- správná manipulace s formami,
- dodržování pravidel pro správnou montáž a demontáž formy na vstřikovací stroj,
- správné seřízení vstřikovací formy a připojení všech energetických zdrojů,
- dodržovat správné podmínky provozu,
- pravidelná údržba,
- kvalifikovaní pracovníci. [1]

4.3 Vtoková soustava

Vtoková soustava ve vstřikovací formě zajišťuje správné a rovnoměrné dopravování taveniny z plastikační jednotky do dutiny formy. Dráha toku taveniny od vstřikovacího stroje do dutiny formy by měla být co nejkratší a s minimálním odporem. Konstrukce vtokové soustavy se velkou měrou podílí na kvalitě samotného výstřiku. Navrhuje se podle počtu tvarových dutin, jejich rozmístění, konstrukčního provedení výstřiku a materiálu. Podle těchto hledisek se vybírá buď studený, nebo vyhřívaný vtokový systém. [5]

4.3.1 Studený vtokový systém (SVS)

Studený vtokový systém pro termoplasty je umístěn ve formě. Po vstříknutí taveniny a následném ochlazení je vyhozen společně s výstřikem při každém vstřikovacím cyklu. Vyplnění tvarové dutiny formy musí proběhnout v co nejkratším čase s minimálním odporem. Mezi hlavní části patří vtokové ústí, rozváděcí kanál a vtokový kanál, jehož průřez se volí dostatečně velký, aby zaručil při naplnění dutiny, že jádro taveniny zůstane plastické a umožní působení dotlaku. [5]



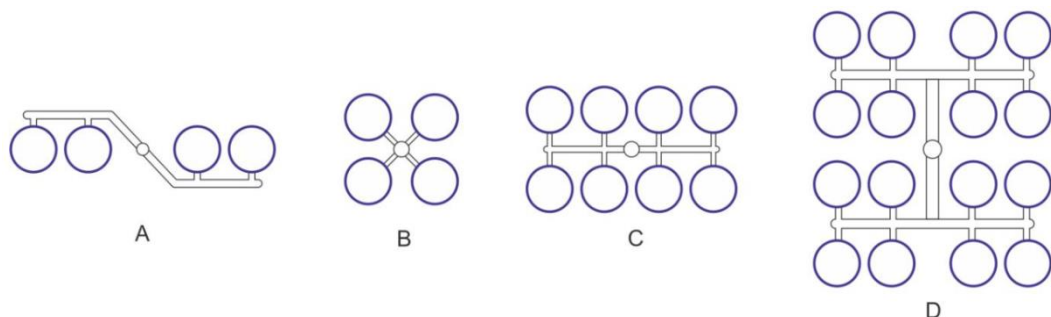
Obr. 10. Studený vtok [14]

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

Volba tvaru, umístění a rozměry vtokového systému nám ovlivňují tyto parametry:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výrobku,
- spotřebu materiálu,
- náročnost opracování a začištění výrobku,
- energetickou náročnost výroby.

Nejpatrnější rozdíly studeného vtokového systému jsou v celkovém uspořádání, které je ovlivněno konstrukcí vstřikovací formy a její násobností. Forma musí splňovat podmínku vyváženého vtokového systému. To znamená, že tavenina u vícenásobné formy musí ke všem dutinám dorazit současně a mít při tom stejný tlak. Vtokové uspořádání u vícenásobných forem může být buď řadové, nebo symetrické. [5]

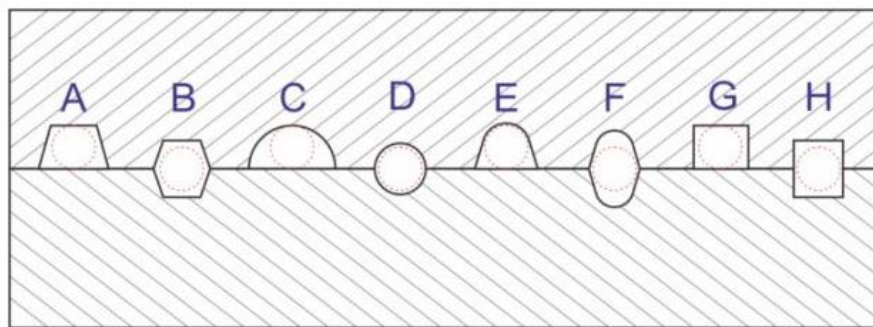


Obr. 11. Uspořádání vtoků u vícenásobných forem [14]

A), C), D) s nesejnou délkou toku taveniny (nevhodné bez korekce ústí vtoku)
B) se stejnou délkou toku taveniny

4.3.2 Vtokový kanál

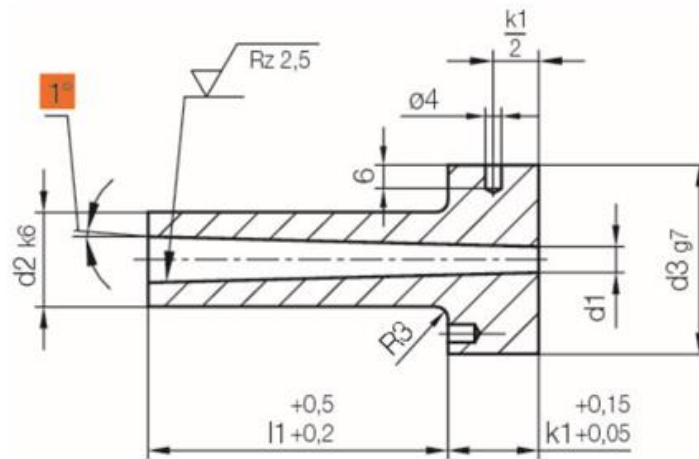
Ze vstříkovací trysky je tavenina plastu přímo vstříkována do hlavního vtokového kanálu. Tryska stroje je vystředěna středícím kroužkem na vtokovou vložku formy, v níž je vytvořený hlavní vtokový kanál. Nejčastěji se jedná o kuželový vtokový kanál. Nejmenší průměr v hlavním vtokovém kanálu je o 0,5 až 1 mm větší než je průměr otvoru trysky stroje. Pro jednodušší vyhození vtokového zbytku je vtokový kanál rozšiřován pod úhlem 0,5 až 1,5° směrem k dělicí rovině a ústí buď to přímo do formy a nebo u vícenásobné formy do rozváděcího kanálu. Konečný průměr kanálu je závislý na největší tloušťce stěny nebo na průměru rozváděcího kanálu. [5]



Obr. 12. Průřez vtokových kanálů [14]

A), C), E), G) výrobně výhodný průřez vtoku,
B), D), F), H) výrobně nevýhodné průřez vtoku

Vtoková vložka je dodávána jako normalizovaný díl. Ve formě na ní dosedá tryska stroje, jež je vystředěna středícím kroužkem. Dosedací plocha pro trysku stroje má o 1 mm větší poloměr s ostrými hranami. Výrobci ji vyrábí z ořezavzdorné nástrojové oceli s tepelným opracováním, protože je velmi tepelně a mechanicky namáhána. Na vtokové vložce jsou předpřipravené díry pro kolíky, které slouží pro správné uložení do formy. [4]



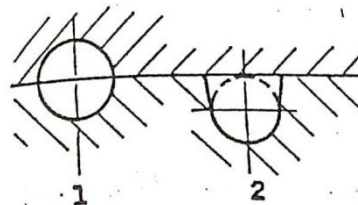
Obr. 13. Vtoková vložka [9]

4.3.3 Rozváděcí kanály

Rozváděcí kanály mají za úkol dopravit taveninu plastu od hlavního vtokového kanálu k ústí do dutiny formy. Jejich délka a počet závisí na typu a násobnosti formy. Konstruovat by se měly co nejkratší se stejnou délkou. Velikost průřezu ovlivňuje mnoho parametrů, mezi které patří:

- charakter výrobku,
- tepelné a reologické vlastnosti taveniny,
- parametry vstřikovacího stroje.

Celkově ale platí, že nejmenší průměr rozváděcího kanálu nesmí překročit hodnotu 1,54 největší tloušťky výstřiku. Z hlediska nejvýhodnější výroby a nejmenší teplotní i tlakové ztráty se volí rozváděcí kanál kruhového nebo lichoběžníkového průřezu. [5]

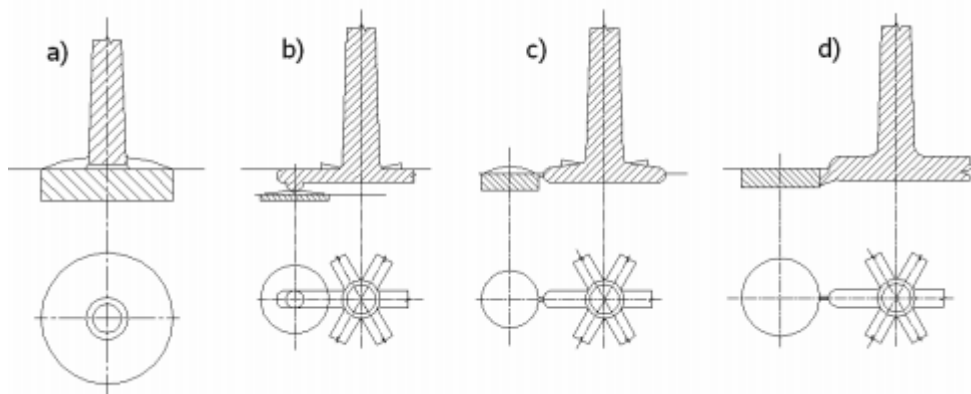


Obr. 14. Typy průřezů rozváděcích kanálů [2]

1 – kruhový průřez, 2 – lichoběžníkový průřez

4.3.4 Vtokové ústí

Z rozváděcího kanálu je tavenina přiváděna do dutiny formy přes zúžené místo, které se nazývá vtokové ústí. Toto zúžené místo zvyšuje klesající teplotu taveniny, omezuje strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím vytváření povrchových defektů. Rozhodující vliv na vzhled a kvalitu vstřikovaného výrobku má umístění vtokového ústí. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu, aby stopa po vtoku byla snadno začistitelná. Dále musí umožnit spolehlivé naplnění dutiny formy. Při ideálním plnění dutiny formy by mělo docházet k tzv. fontánovému toku. Toho se dá dosáhnout různými typy vtokových ústí, záleží na tvaru výstřiku a koncepci zaformování. [5]



Obr. 15. Řezy vtokových ústí [2]

A – plný kuželový vtok, B – bodový tok, C – boční vtok, D – tunelový vtok,

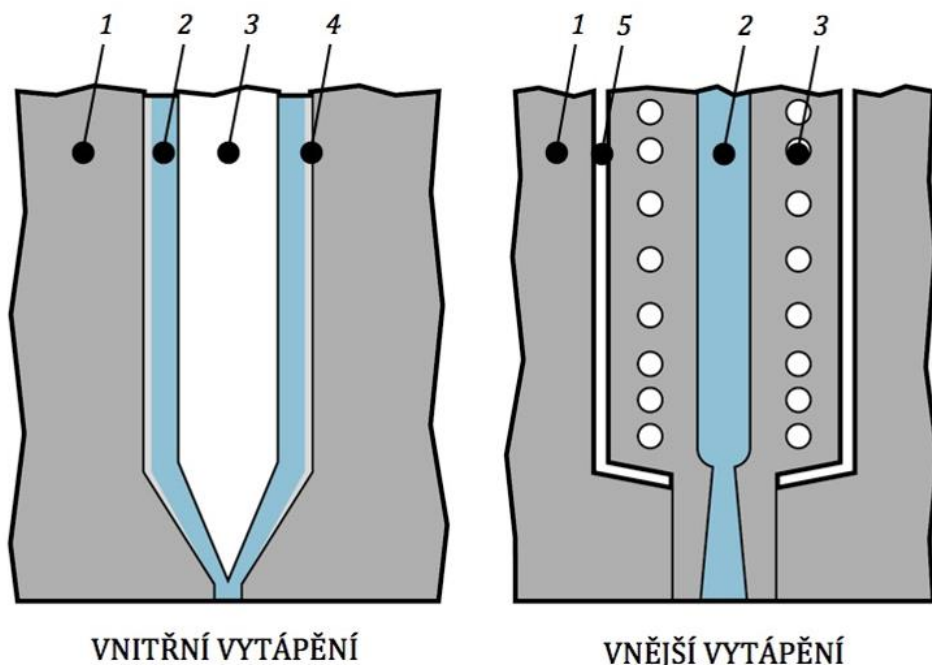
Pokud je to možné, tak se vtokové ústí umísťuje:

- do nejtlustšího místa stěny výstřiku,
- do geometrického středu dutiny, aby tavenina zatekla do všech míst rovnoměrně,
- ve směru orientace žeber,
- mimo více namáhaných nebo pohledových ploch,
- u obdélníkových tvarů ve směru delší strany,
- aby byl možný únik vzduchu z dutiny formy,
- aby byla dráha taveniny v dutině co nejkratší. [5]

4.3.5 Vyhřívání vtokových systémů

Hlavní důvody, proč se začaly používat vyhřívání vtokových systémů, jsou z ekonomického a technologického hlediska. Jednodušší systémy, jako jsou zesílené vtoky nebo izolované vtokové systémy, byli považováni za předchůdce vyhřívání vtokových systémů. Dnes jsou vyhřívání vstřikovací systémy velmi sofistikovanou kapitolou konstrukce vstřikovacích forem. Technologie vstřikování za použití těchto systémů spočívá hlavně v tom, že tavenina po naplnění dutiny formy zůstává v tekutém stavu po celé délce vtoku. To umožňuje použít jen bodové vyústění s malým průřezem. Navzdory malému průřezu vtoku lze částečně pracovat s dotlakem. Aby nevystupoval nepatrný vtokový zbytek, je vhodné v místě jeho vyústění na výstřiku provést čokovitě zahlobnutí. Tyto systémy mají vlastní regulaci teploty a jejich montáž, demontáž a údržba je velmi jednoduchá.

V současnosti se nejčastěji používají vyhřívání vtokové trysky nebo vyhřívání rozvodné bloky. Mezi tvarovou a upínací deskou bývá uložen tepelně rozvodný blok, ve kterém jsou vyvrtány rozváděcí kanálky, které musí být precizně provedeny. Těmito kanálky proudí tavenina, která je ohřívána buď topnými elementy předávající teplo stěnami rozváděcího kanálku, nebo zevnitř topnými patronami. [5]



Obr. 16. Základní provedení vyhřívání horkého rozvodu [13]

- 1 – studený materiál formy, 2 – kanál pro proudění kapaliny, 3 – topné těleso,
4 – zmrzlá vrstva plastu, 5 – izolační vzduchová mezera

Výhody vyhřívaných vtokových systémů:

- automatizace výroby,
- menší spotřeba plastu,
- snížení nákladů na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- má vlastní regulaci všech svých částí.

Nevýhody vyhřívaných vtokových systémů:

- dražší a složitější provedení formy,
- potřebuje energetické připojení,
- je potřeba zajistit snímače teploty. [5]

4.4 Vyhazovací systém

Vyhazovací systémy forem slouží k vyhození nebo vytlačení výstřiků z dutiny formy a tím zajišťuje automatický výrobní cyklus. Při vyhazování výrobku z formy se odstraňuje i vtokový zbytek. Proces vyhazování má dvě fáze. Dopředným pohybem vyhazuje výrobek z dutiny formy a zpětným pohybem se vrací do původní polohy. [3]

Podmínky správného vyhazování výrobku:

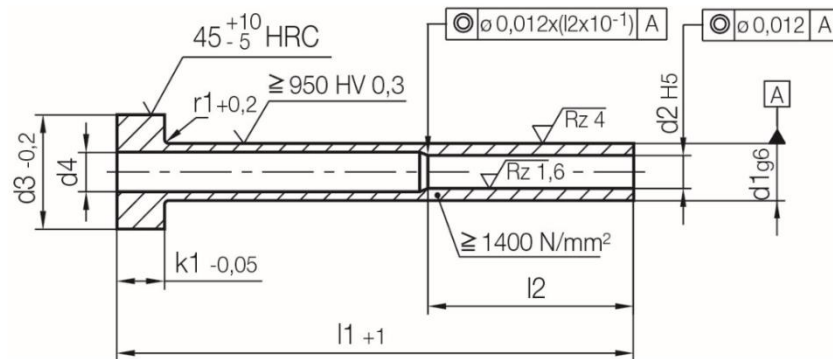
- hladké stěny a úkosovitost stěn ve směru vyhazování větší než $0,30'$,
- na výrobek musí působit vysouvací síla rovnoměrně,
- minimální stopy na výrobku po vyhazovacím zařízení. [5]

4.4.1 Mechanické vyhazovací systémy

Mechanické vyhazování je nejrozšířenějším typem vyhazovacího systému, který může mít různá provedení své konstrukce:

- vyhazování vyhazovacími kolíky,
- vyhazování stírací deskou,
- vyhazování šikmými vyhazovači,
- vyhazování vícestupňové,
- vyhazování speciální. [3]

B)



C)

Obr. 17. Vyhozovací kolíky [9]

A – válcový vyhozovač, B – prizmatický vyhozovač, C – trubkový vyhozovač

Vyhazování stírací deskou

Při tomto způsobu vyhazování stírací deska stahuje výrobek z tvárníku po celém jeho obvodě. Vzhledem k velké stykové ploše nezůstávají na výrobku stopy po vyhazování a deformace výrobku jsou minimální. Použití této metody vyhazování je výhodné u tenkostěnných, kde hrozí velké deformace od vyhozovače, nebo u rozměrných výrobků, kde je zapotřebí velká vyhazovací síla. Nedá se však použít, pokud výrobek nedosedá na stírací desku v rovině. Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího systému nebo je vázána na pohyb pevné desky při otevírání formy. Pro zvýšení životnosti stírací desky se využívá stírací kroužek, který je vyroben z tepelně upravené nástrojové oceli. [5]

Vyhazování šikmými vyhozovači

Jedná se o speciální způsob mechanického vyhazování. Zde nejsou vyhazovací kolíky kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Šikmé vyhozovače neboli šikmé čepy se využívají k vyhazování malých nebo středně velkých výrobků, na kterých je mělký vnitřní nebo vnější zápich. Díky tomu není potřeba náročných čelistových mechanismů. [5]

Dvoustupňové vyhazování

Toto vyhazování je kombinací dvou vyhazovacích systémů, které se vzájemně ovlivňují. Umožňuje vyhazovat výstřiky s časovým posuvem a rozdílnou délkou vyhazovacího zdvihu. Častá kombinace bývá stírací deska s válcovými kolíky, která je vhodná pro odformování tenkostěnných výrobků. Dále tuto metodu lze využít při oddělování vtokových zbytků od výstřiku. [5]

4.4.2 Pneumatické vyhazovací systémy

Vyhazování vzduchem se využívá pro rozměrově větší výrobky s tenkými stěnami. Tyto výrobky vyžadují zavzdušnění při vyhazování, aby se nedeformovali. Tento systém oproti mechanickému vyhazování nevyžaduje velký zdvih vyhazovače.

Vzhledem k tomu, že je stlačený vzduch veden mezi výrobek a líc vstřikovací formy, dochází k rovnoměrnému oddělení výstřiku od tvárníku, proto nevznikají žádné stopy po vyhazovačích. Vzduch se do formy přivádí přes:

- talířový ventil,
- jehlový ventil,
- zavzdušňovací kolík. [5]



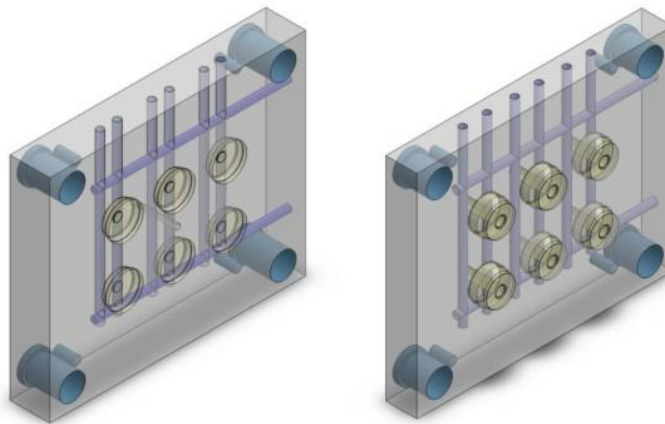
Obr. 18. jehlový ventil [15]

4.4.3 Hydraulické vyhazovací systémy

Tento způsob vyhazování bývá součástí stroje a využívá se především k ovládní mechanický vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a větší flexibilitou. V dnešní době se moc tento způsob nevyskytuje. Jejich použití se více využívá k ovládní bočních čelistí. Hydraulické vyhazovače jsou charakteristické velkou vyhazovací silou a menším a pomalejším zdvihem. [5]

4.5 Temperační systémy

Temperace patří k jedné z nejdůležitějších částí konstrukce vstřikovací formy, která slouží před začátkem výroby k ochlazování a ohřívání tvářecí části formy na předepsanou teplotu a udržení této hodnoty během vstřikování. Při vstřikování se polymerní tavenina přivádí do dutiny formy, kde se ochlazuje na teplotu vhodnou k vyjmutí výstřiku. Temperace tedy má vliv na plnění tvarové dutiny a musí zajistit optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při vstřiku dochází k ohřevu formy. Toto přebytečné teplo je nutné pomocí temperační soustavy odvést pryč z formy, aby se dal vyrobit další výstřik za stejných podmínek. [1]



Obr. 19. Chladicí kanálky [14]

Jedná se o soustavu kanálků uvnitř formy, kterým prochází temperační médium. Nejčastějším médiem je zpravidla voda. Dále se jako temperační médium používá olej, glykol, nebo vodní pára. Temperační oběh může být otevřený nebo uzavřený, v beztlakovém nebo tlakovém režimu, s průtokem pulzním nebo trvalým. V kanálech formy by mělo být turbulentní proudění, což je zajištěno dostatečným výkonem čerpadla. Rozměry a umístění temperačních kanálků jsou navrhovány s ohledem na celkové řešení formy. Vhodné je volit větší počet menších kanálků, které jsou rozmístěny rovnoměrně v různých vzdálenostech. [1]

Na řešení temperačního média mají vliv tyto parametry:

- vstřikovaný materiál,
- velikost a tvar výrobku,

- požadavky na přesnost výrobku,
- materiál formy. [1]

Tab. 1. Temperační média [3]

Typ	Výhody	Nevýhody	Poznámka
Voda	vysoký přestup tepla, nízká viskozita nízká cena, ekologická nezávad- nost.	použitelné do 90°C ^{*)} , vznik koroze ^{**)} usazování kamene.	^{*)} v takových kruzích možno vodu použít i při vyšších teplotách, ^{**)} lze potlačit upravením vody
Oleje	možnost temperace i nad 100°C, omezení koroze	zhoršený přestup tepla vyšší cena, ekologie	
Glykoly	omezení koroze, ucpávání systému	stárnutí, znečišťování prostředí	

4.6 Odvzdušnění dutiny formy

Tvarové dutiny jsou před vstříknutím polymerní taveniny plně uzavřeného vzduchu. Při jejím plnění taveninou je nutné zajistit odvod tohoto vzduchu a případných zplodin. Odvzdušnění má velký vliv na výslednou kvalitu výstřiku. Důležitost odvzdušnění zjistíme až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou špatného vzhledu nebo nízkých mechanických vlastností.

Nejčastějším problémem špatného odvzdušnění při vysoké vstříkovací rychlosti je Dieselův efekt. Jedná se o spálené místo na výstřiku, které vzniká prudkým stlačením uzavřeného vzduchu taveninou. Čelo taveniny se vlivem tlaku nadměrně ohřívá, až dochází k expanzi. Tyto spálená místa jsou z hlediska vzhledových i pevnostních nežádoucí. Dalším negativním jevem, který vzniká při uzavření vzduchu, může být nedotečené místo na výstřiku. To má za následek vznik vady na vzhledu a dalších technologických problémů:

- nedokonale doplněné výstřiky (zamrznutí postupu čela taveniny),
- uzavření vzduchu (tvorba bublin ve výrobku),
- nebezpečí výskytu studených spojů,

- velké tlakové spády v tvarové dutině,
- vnesení vnitřního pnutí,
- zvýšení anizotropie výstřiku.

Velikost odvzdušňovacích kanálků musí účinně odvádět vzduch, ale nesmí způsobit přetoky na výstřiku. Volba rozměrů je proto závislá na typu a viskozitě použitého materiálu, délce toku taveniny, konstrukci výrobku a nastavených technologických parametrech. Šířky odvzdušňovacích mezer se volí od 0,02 mm do 0,1 mm. Tyto kanálky je potřeba pravidelně čistit, aby se nezanесли a nesnížila se tak jejich efektivita odvzdušňování.

Odvzdušňovací způsoby:

- hlavní a vedlejší dělicí rovinou formy,
- vůlemi mezi tvarovými pevnými částmi formy,
- vůlemi mezi pohyblivými částmi formy,
- odvzdušňovacími kanály,
- speciálními prostředky vloženými do formy. [1]

4.7 Materiály forem

Vstřikovací forma jako celek je velmi nákladná, proto by měla splňovat vysoké nároky při výrobě výstřiku na dosažení požadované kvality, životnost a nízkých pořizovacích nákladů. Důležitým aspektem pro splnění těchto podmínek je materiál, ze kterého je forma vyrobená. Materiál je ovlivněn provozními podmínkami výroby, které jsou určeny:

- druhem vstřikovaného polymeru,
- složitostí a jakostí výrobku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Volí se takové materiály na výrobu forem, aby splňovali provozní požadavky. Především to jsou oceli vhodných jakostí, neželezné slitiny kovů a jiné materiály. Každý díl formy plní jinou funkci, proto vyžaduje vlastní specifické požadavky na volbu materiálu. Mezi požadované vlastnosti materiálu patří dostatečná mechanická pevnost, dobrá obrobitelnost a dobrá tepelná zpracovatelnost. [5]

Pro výrobu forem jsou oceli nejpoužívanějším materiálem, jelikož jejich mechanické vlastnosti jsou téměř nenahraditelné. Z hlediska technologie výroby výstřiků měl by materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury:

- dobrá leštitelnost a obrusitelnost,
- odolnost proti otěru,
- odolnost proti korozi a chemickým vlivům,
- vyhovující kalitelnost a prokalitelnost,
- stálost rozměrů. [3] [5]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Teoretická část nebo-li literární studie bakalářské práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol, které se zabývají polymery pro vstřikování, problematikou samotného vstřikování, konstrukcí vstřikovacích strojů a konstrukcí forem.

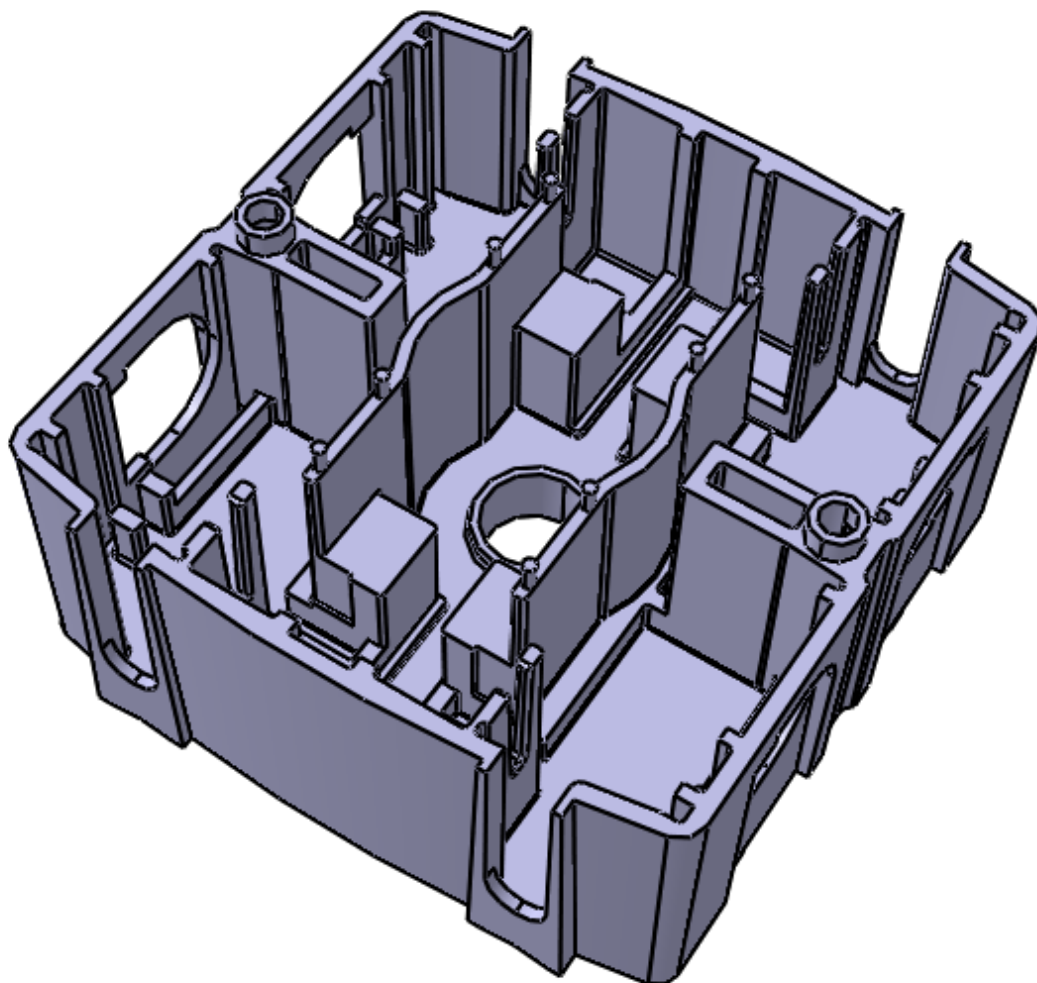
V praktické části bakalářské práce bylo hlavním úkolem pomocí programu CATIA V5R20 a normálí firmy HASCO navrhnout 3D model vstřikovací formy pro plastový díl, který byl zadán. Po vytvoření 3D modelu vstřikovací formy se další bod praktické části zabýval vytvořením 2D výkresu sestavy formy včetně kusovníku.

Zadání bakalářské práce:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Proveďte konstrukční návrh zadaného dílu.
3. Proveďte konstrukci 3D sestavy vstřikovací formy.
4. Nakreslete výkres sestavy vstřikovací formy

6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaný díl se používá v elektrotechnickém průmyslu. Hlavní rozměry výrobku jsou 79 x 78 x 39,5 mm a průměrná tloušťka stěny 2 mm. Uprostřed výrobku se nachází průchozí kruhová díra. Další průchozí díry se nachází na bočních stranách výrobku. Objem tohoto dílu je 47,63 cm³ a hmotnost 70 g.



Obr. 20. Vstříkovaný díl

6.1 Materiál výrobku

Materiál vstříkovaného dílu byl zvolen polymer PBT GF30 od firmy Ensinger s obchodním názvem TECADUR PBT GF30. Oproti materiálu TECADUR PBT je vyztužený 30% skelných vláken. Tento materiál je vhodný pro zadaný vstříkovaný díl, jelikož se vyznačuje velmi vysokou tuhostí, mechanickou pevností a rozměrovou stabilitou. Dále se

používá na díly vystavené vysokým statickým zatížením při vysokých teplotách. Vybrané vlastnosti materiálu jsou v Tab. 2.

Tab. 2. Vybrané vlastnosti TECADUR PBT GF30 [12]

Vlastnosti	Hodnota	Jednotka	Parametr
Hustota	1,46	g/cm ³	
Modul pružnosti (tahová zkouška)	3400	MPa	1 mm/min
Pevnost v tahu	46	MPa	50 mm/min
Pevnost v ohybu	78	MPa	2 mm/min, 10N
Tvrdość vrubu kuličky	115	MPa	
Smrštění	0,4-0,8	%	
Teplota taveniny	240-280	°C	
Teplota formy	80-100	°C	

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstřikovací formu byl zvolen elektrický vstřikovací stroj od české firmy Invera, který má označení INTEC D160/600A. Tento vstřikovací stroj splňuje všechny potřebné požadavky vycházející z řešené vstřikovací formy.



Obr. 21. Vstřikovací stroj INTEC D160/600A [16]

Tab. 3. Hodnoty uzavírací jednotky vstřikovacího stroje [16]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Max. uzavírací síla	kN	1600
Vzdálenost mezi vodičimi sloupy	mm	470 x 470
Max. otevírací zdvih	mm	480
Výška formy	mm	200-530
Max. vyhazovací síla	kN	34
Max. vyhazovací zdvih	mm	150

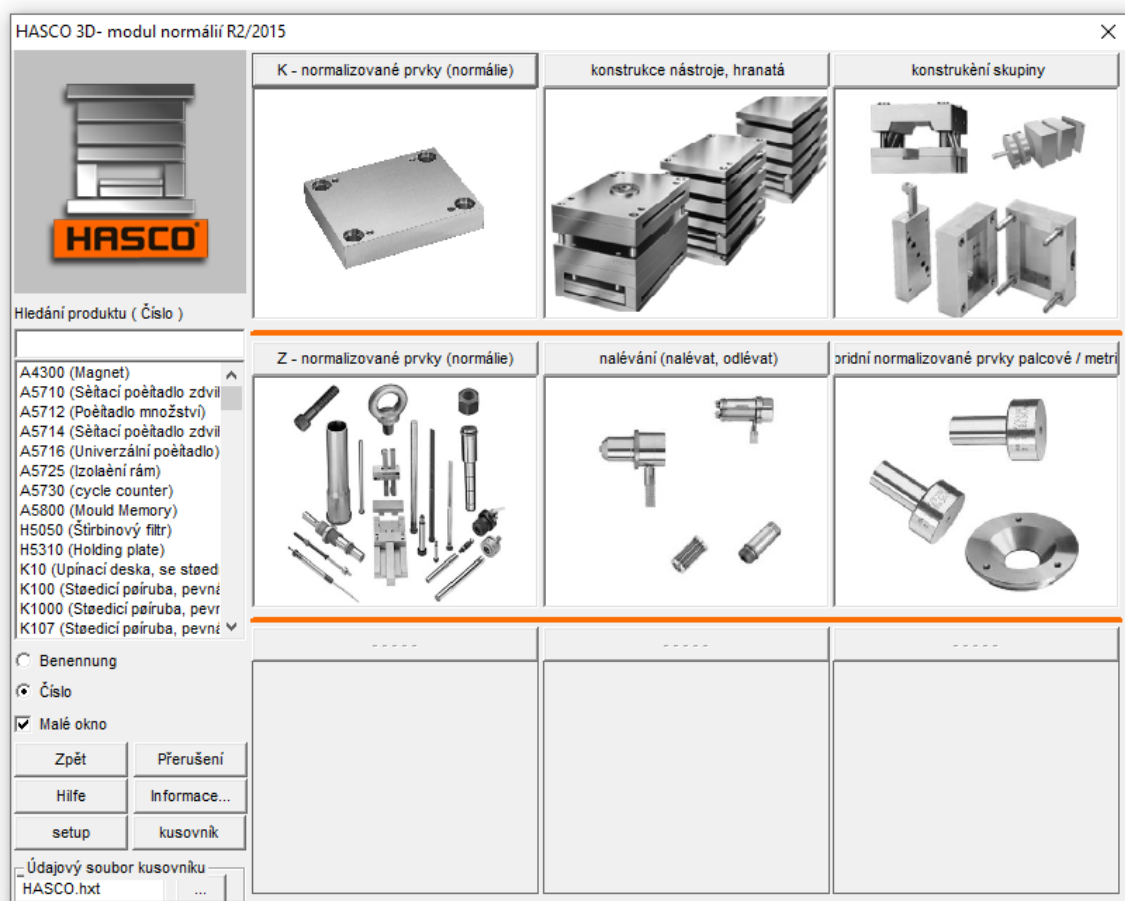
Tab. 4. Hodnoty vstřikovací jednotky vstřikovacího stroje [16]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Průměr šneku	mm	42
Poměr L/D šneku	-	21,4
Max. zdvih šneku	mm	207
Max. objem vstřikované taveniny	cm ³	261
Max. vstřikovací tlak	Mpa	1600
Max. rychlost toku taveniny	cm ³ /s	164,5

8 POUŽITÝ SOFTWARE

Software CATIA V5R20 byl použit na konstrukci zadaného dílu i pro celkovou konstrukci vstřikovací formy. Tento systém byl vyvinut francouzskou firmou Dassault Systemes. CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application) patří mezi přední světové řešení pro 3D návrh produktů. Jedná se o integrovaný systém, který umožňuje řídit celý proces vývoje. Používá se především v automobilovém a leteckém průmyslu.

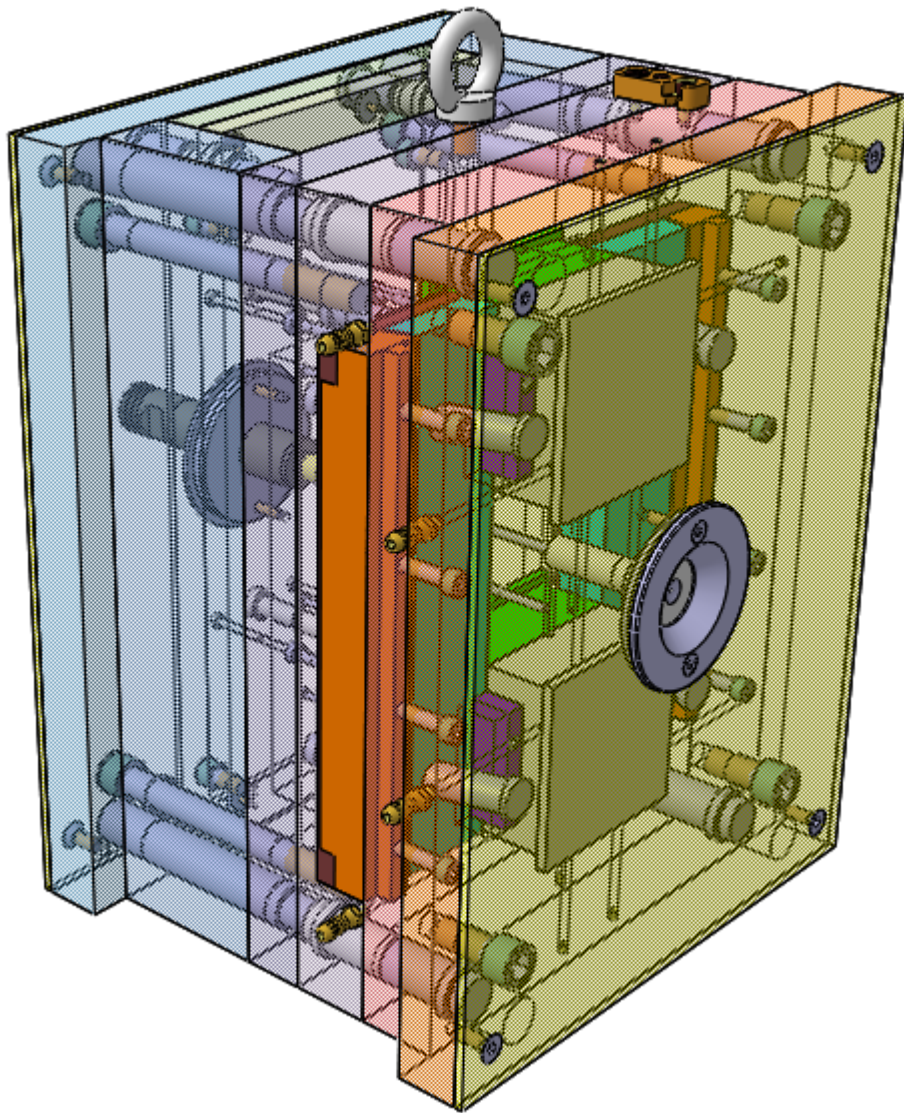
Pro konstrukci vstřikovací formy se využívají normalizované díly od společnosti HASCO. Tyto normálie se importují do programu CATIA pomocí HASCO DAKO 3D – modul normálií R2/2015, kde se dá najít veškeré 3D modely dílů potřebné pro vytvoření vstřikovací formy.



Obr. 22. Prostředí HASCO 3D

9 KONSTRUKCE FORMY

I přes složitost a vysokou přesnost výrobku se vstřikovací forma volí, co nejjednodušší. Z důvodu urychlení výrobního procesu vstřikovací formy se používají normalizované díly od firmy HASCO. Vstřikovací forma se skládá z pravé (vstřikovací) strany, levé (uzavírací) strany a vyhazovacího systému.



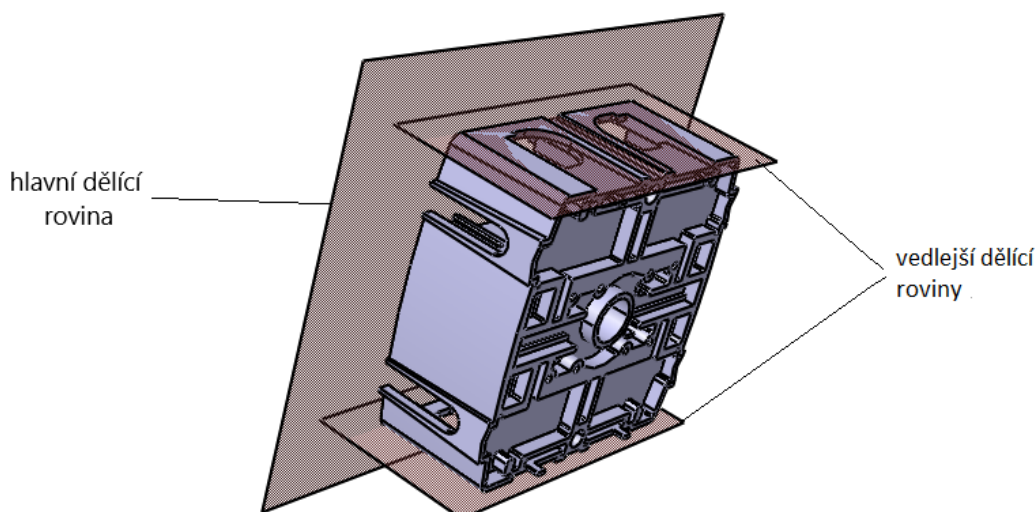
Obr. 23. *Kompletní vstřikovací forma*

9.1 Násobnost formy

Při návrhu násobnosti formy je nutné zvážit několik důležitých parametrů. Jedná se o složitost a přesnost výstřiku, požadované množství a také cena výroby. Násobnost formy z hlediska kvality výrobku se volí co nejmenší. Ale při malé násobnosti se doba pro zhotovení požadovaného množství prodlužuje, což není ideální z ekonomického hlediska. Pro tento výrobek byla zadána dvojnásobná forma.

9.2 Zaformování výrobku

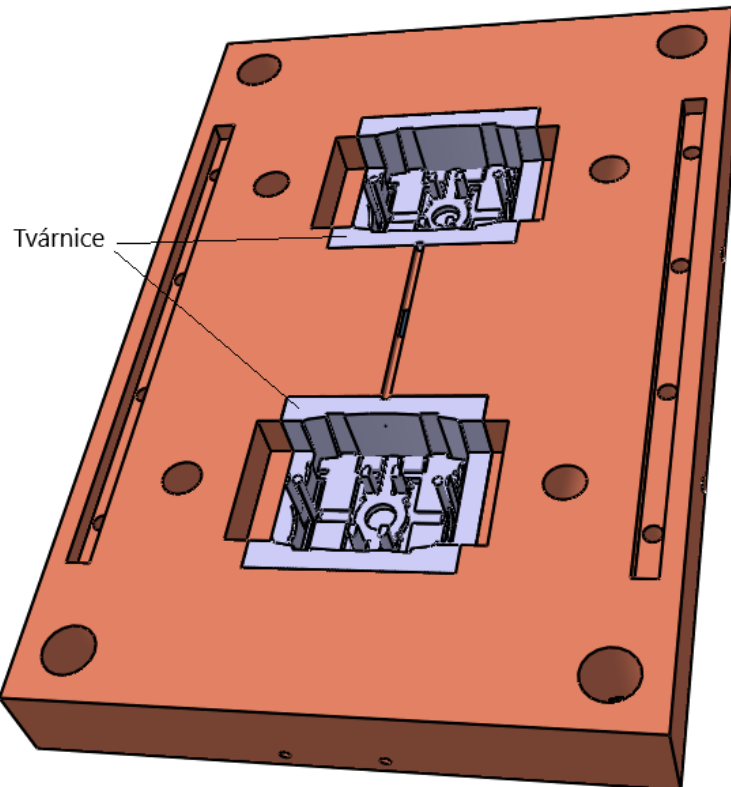
Při konstrukčním návrhu vstřikovací formy je rozhodující správné zaformování výrobku, které vychází z konstrukčního řešení výrobku. Hlavní dělicí rovina je pro tento zadaný výrobek zvolena kolmo na směr otevírání formy. Zde dosedají na sebe tvárník s tvárnicí při uzavření vstřikovací formy. Vedlejší dělicí roviny jsou rovnoběžné se směrem otevírání formy. Tyto dělicí roviny jsou potřebné ke zhotovení bočních otvorů. Po takovém to zaformování výrobek zůstává při otevírání formy na levé pohyblivé části. Zároveň jsou boční otvory odformovány pomocí posuvných desek, na kterých jsou přišroubovány tvarové čelisti. Tyto čelisti se pohybují pomocí válcových šikmých čepů. Poté může být výstřik vyhozen pomocí vyhazovačů.



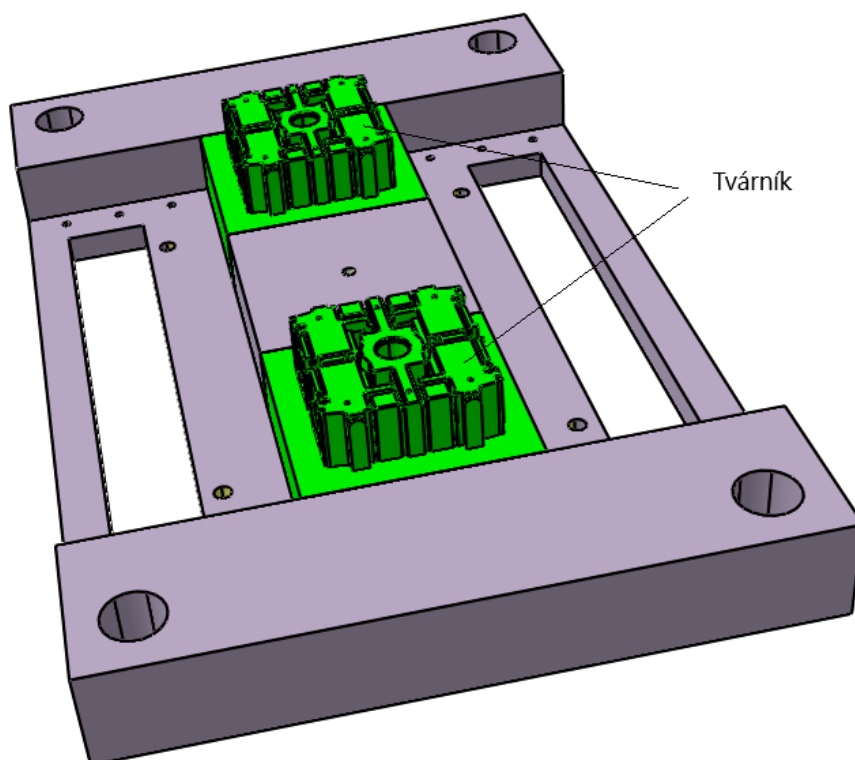
Obr. 24. Hlavní a vedlejší dělicí rovina

9.3 Tvarové části formy

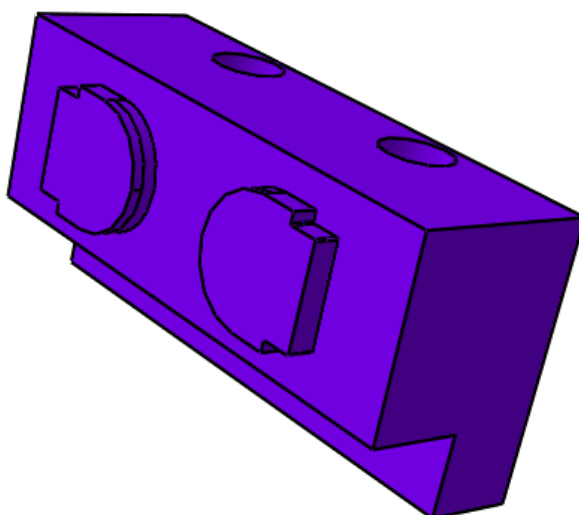
Tvárník a tvárnice tvoří základ tvarové dutiny formy, které jsou uloženy v kotevních deskách. Tvar vnější části výstřiku udává tvárnice, zatímco tvar vnitřní části udává tvárník. Díry na boční straně formy jsou vytvořeny pomocí tvarových čelistí, které jsou přišroubovány na posuvných deskách, které se pohybují po šikmých čepech. Hodnota smrštění použitého polymeru je 0,6 %. O tuto hodnotu musí být dutina formy zvětšena. Tvárník, tvárnice i tvarové čelisti jsou při vstřikovacím procesu velmi namáhány, proto se vyrábí z nástrojové oceli třídy 19 a jsou cementovány a kaleny.



Obr. 25. Kotevní deska pravá s tvárnicemi



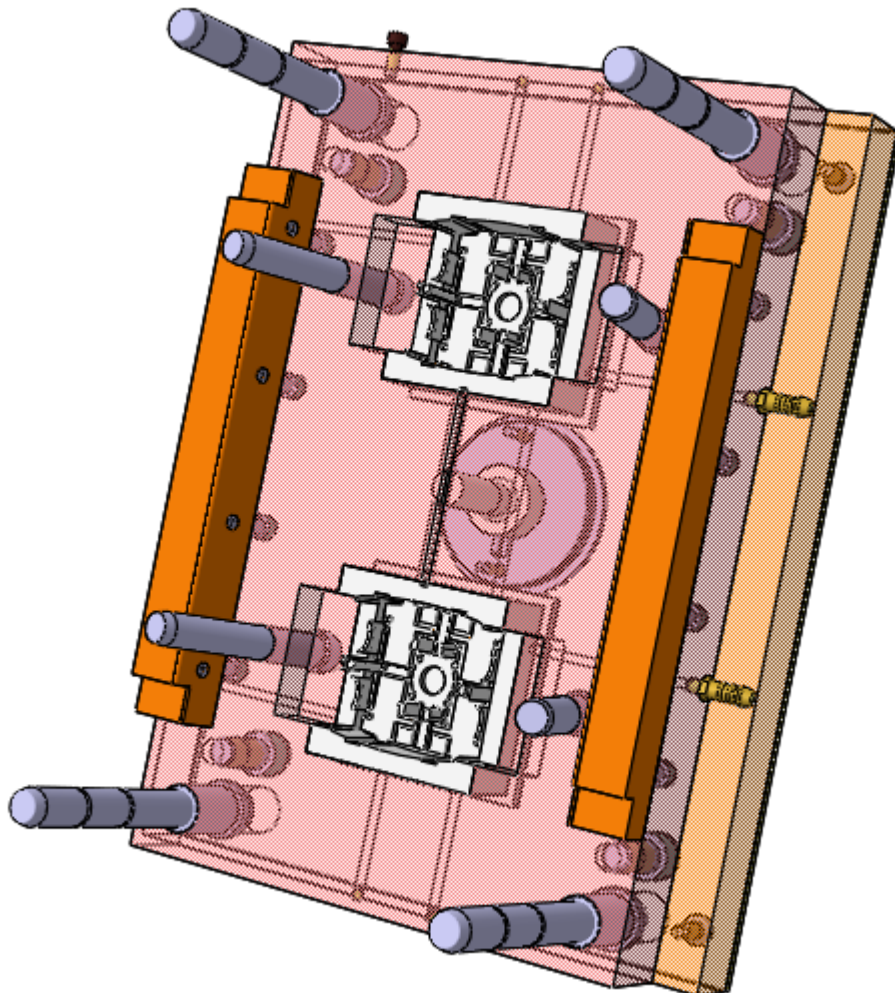
Obr. 26. Kotevní deska levá s tvárníky



Obr. 27. Tvarová čelist

9.4 Pravá (vstříkovací) část

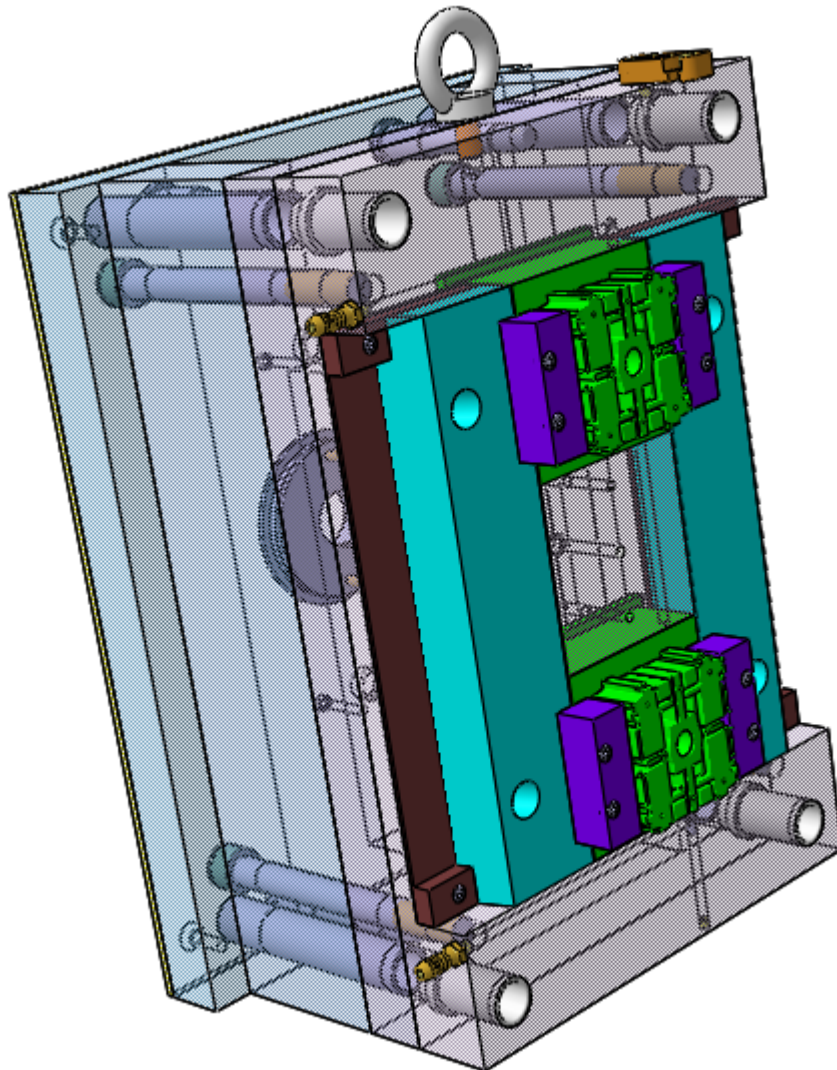
Pravá část nebo se jí také říká vstříkovací část formy je nepohyblivá a je uložena pevně na rámu vstříkovacího stroje. Tato nepohyblivá část formy je vystředěná středícím kroužkem. Vstříkovací část se skládá z pravé desky kotevní, ve které jsou uloženy tvárnice, zámek s tlakovou deskou a upínací a izolační desky. Desky jsou k sobě sešroubovány šrouby s vnitřním šestihranem. Jen posuvná deska s kluznou jsou spojeny šroubem se zapuštěnou hlavou. V této části formy se nachází vodící čepy, které jsou vedeny ve středících trubkách a vodících pouzdrech. Čepy ve formě slouží k vystředění levé a pravé části formy. Dále se zde nachází šikmé kolíky, temperační a studený vtokový systém.



Obr. 28. Pravá část formy

9.5 Levá (uzavírací) část

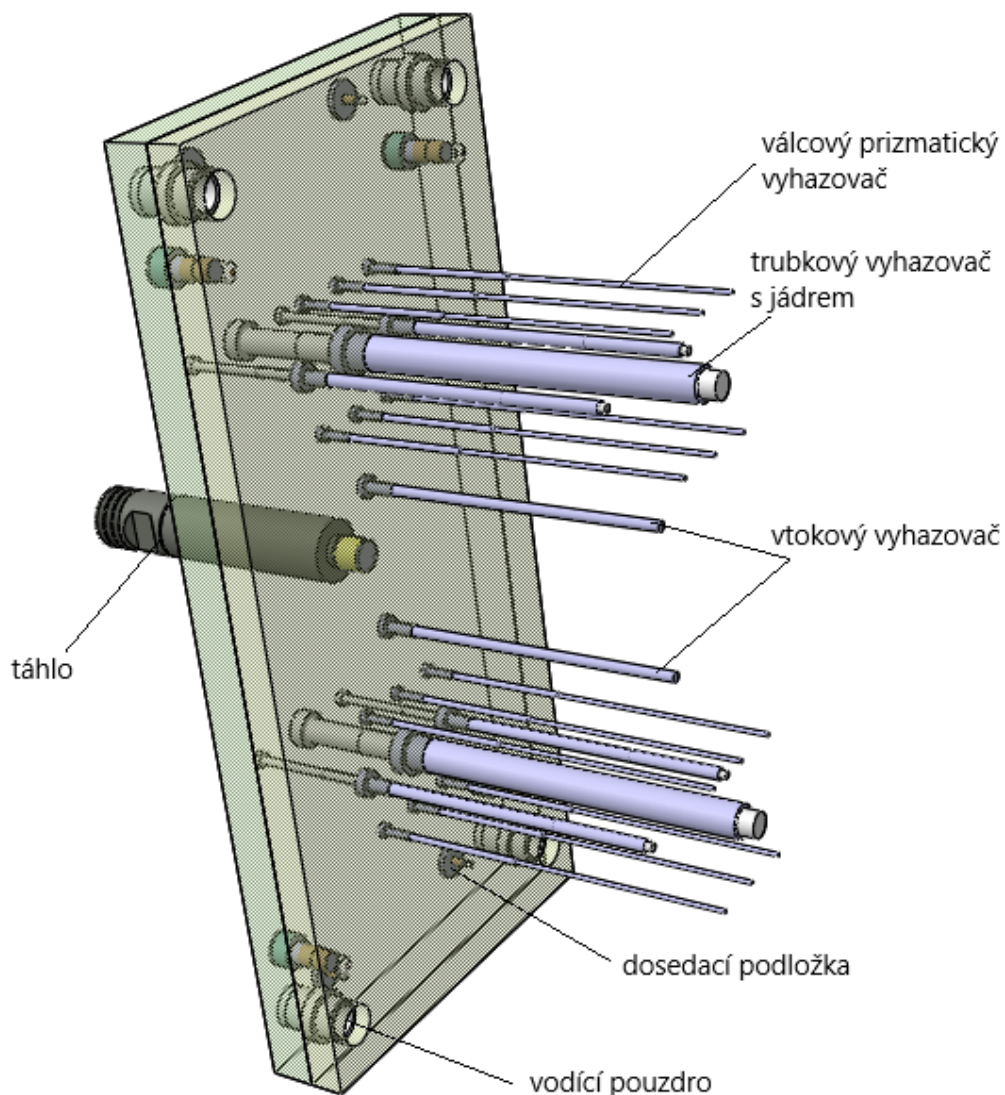
Levá část vstřikovací formy je pohyblivá. Jedná se o posuv v horizontálním směru od pravé části formy po vodících čepích. Uzavírací část je vystředěna pomocí středících trubek a vodících pouzder, jež vedou vodící čepy. Uzavírací část se skládá z levé kotevní desky, ve které jsou uloženy tvárníky, opěrné desky, rozpěrných desek, upínací a izolační desky. Desky jsou sešroubovány šroubem s vnitřním šestihranem. Protože jsou na boční straně výrobku otvory, je tu zapotřebí tvarových čelistí, které se také nachází v této části formy. Dále se zde nachází vyhazovací systém. Pohybu je se ve stejném směru jako uzavírací část formy po vodících kolících od upínací desky po opěrnou desku.



Obr. 29. Levá část formy

9.6 Vyhazovací systém

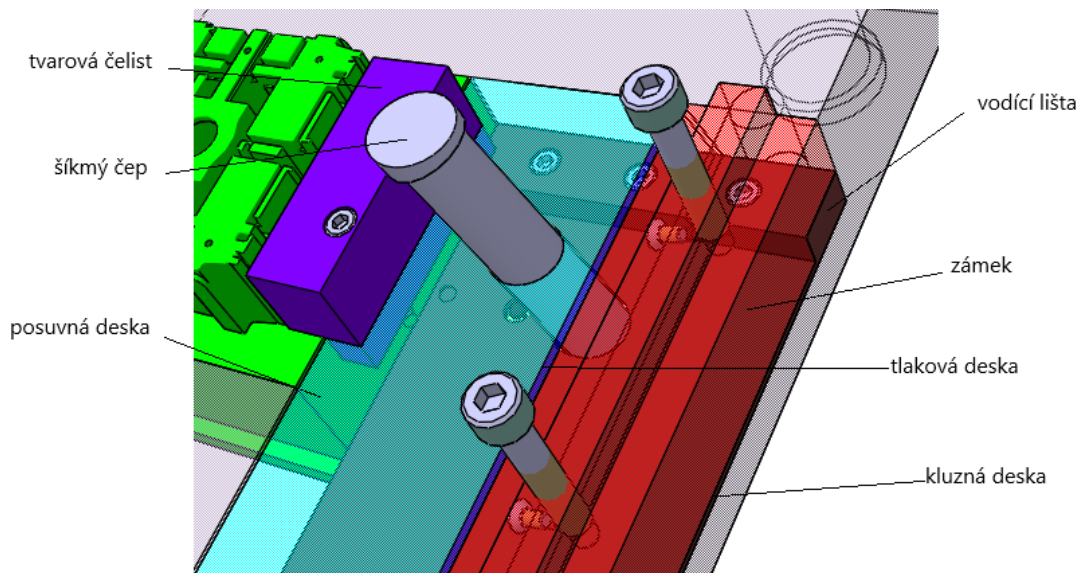
Hlavním úkolem vyhazovacího systému je odformovat výstřik z dutiny formy po jejím otevření. Výrobek musí být dostatečně zchlazen na vyhazovací teplotu, aby nedošlo při vyhazování k jeho poškození. Vyhazovací systém je umístěn v levé části formy, proto musí výrobek po otevření formy taky zůstat na této straně formy. To je dosaženo smrštěním výstřiku na tvárníku a také přidržovačem vtoku. Vyhození jednoho výstřiku je provedeno pomocí tří trubkových vyhazovačů s jádrem a šesti prizmatických vyhazovačů s válcovou hlavou. Vtokový zbytek je vyhozen válcovými vyhazovači. Pohyb vyhazovacího systému je zajištěn táhlem a správné typy vedení vyhazovacího systému zajišťují vodící čepy a vodící pouzdra.



Obr. 30. Vyhazovací systém

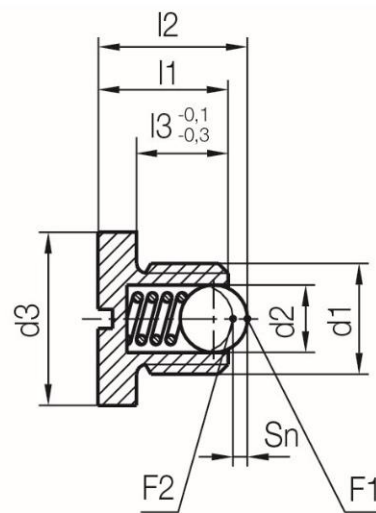
9.7 Odformování bočních děr

Na bočních stěnách výrobku se nachází dva otvory, které je nutné odformovat mechanicky pomocí bočních posuvných desek. Na posuvné desce jsou přišroubovány tvarové čelisti vyrobené z nástrojové oceli, které dávají tvar bočním otvorům. Z ekonomického hlediska jsou posuvné desky vyrobeny z běžné konstrukční oceli, které se při otevírání formy pohybují pomocí šikmých čepů. Pohybují po kluzných deskách a jsou vedeny vodíci lištami. Dráha posunu je dána délkou vodících čepů. Maximální posuv v tomto případě je 22 mm, což vyhovuje bezpečnému odformování.

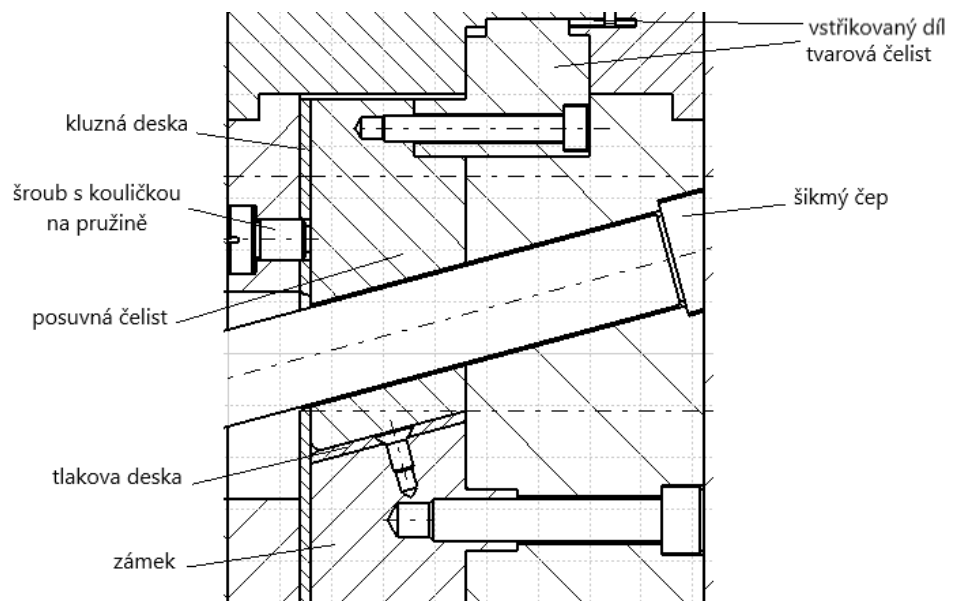


Obr. 31. Odformování bočních děr

V otevřené poloze jsou boční čelisti zajištěné pomocí šroubu, ve kterém je pružina s kuličkou. Jakmile čelisti dosáhnou maximálního posuvu, kulička zapadne do drážky vytvořené v posuvné desce. Každá posuvná deska je opatřena dvěma šrouby s pružinou a kuličkou. V uzavřené poloze zajišťují čelisti zámky, na kterých jsou přišroubované tlakové desky. Ty brání čelistem v pohybu v průběhu vstřikování.



Obr. 32. Pojistný šroub s kuličkou a pružinou [9]

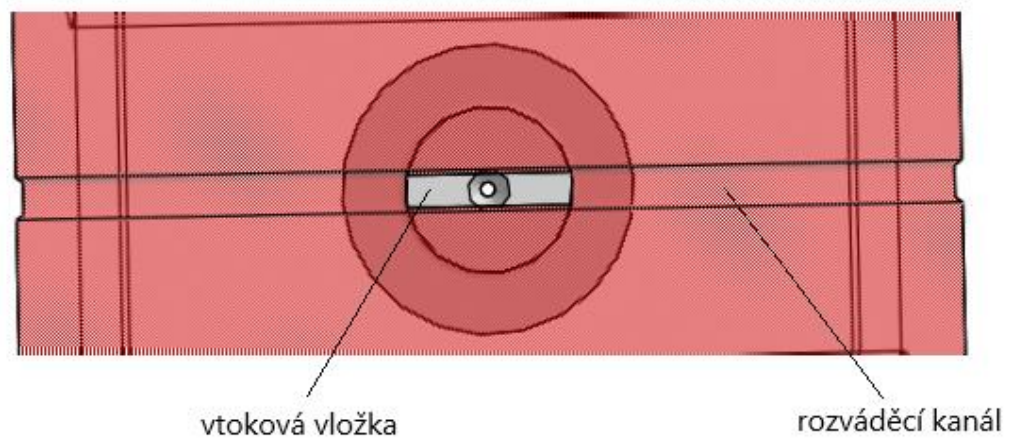


Obr. 33. Řez zaformováním bočních děr

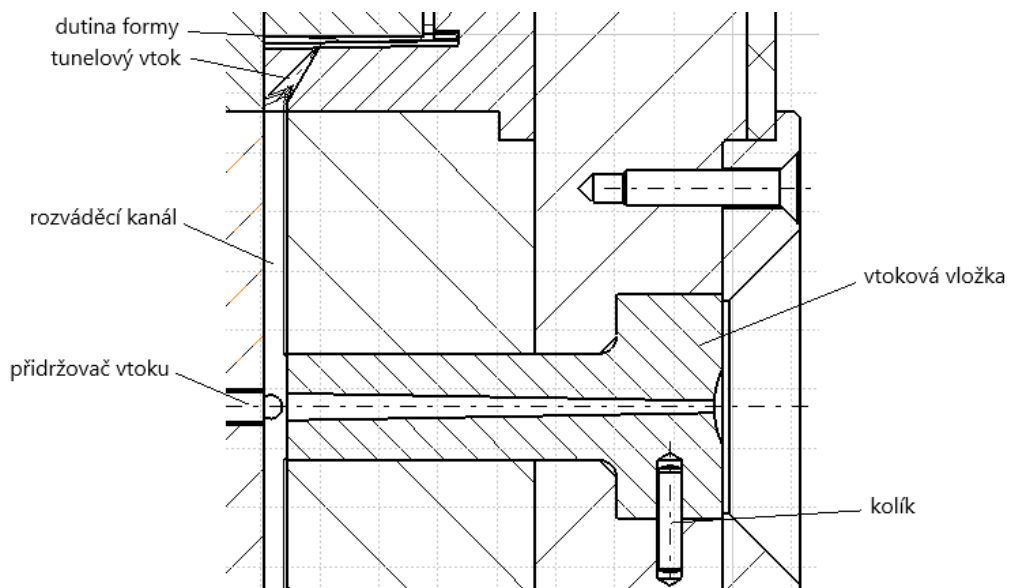
9.8 Vtokový systém

Hlavním úkolem vstříkovacího systému je dopravit taveninu od vstříkovací trysky až po tvarové dutiny formy. Pro zadaný výrobek byl zvolen studený vtokový vtok. Při volbě horkého vtokového systému by se rozměry formy zvětšily a tím by i vzrostla celková cena formy. Dále odpadají náklady na energii, která ohřívá horké vtokové systémy. U studených

vtokových systému je jedinou nevýhodou, že vzniká vtokový zbytek, proto musí být součástí formy přídržovač vtoku. Ten zajistí, aby vtokový zbytek zůstal na levé pohyblivé části formy, kde následně dojde k jeho vyhození vtokovými vyhazovači. Tavenina je ze vstříkací trysky přiváděna přes vtokovou vložku do formy. Na ní navazují rozváděcí kanály, které mají lichoběžníkový průřez a jsou umístěny v pravé kotevní desce. Tyto kanály přivedou taveninu ke vtokovému ústí, které zde bylo zvoleno tunelové. Proti pootočení je vtoková vložka zajištěna kolíkem.



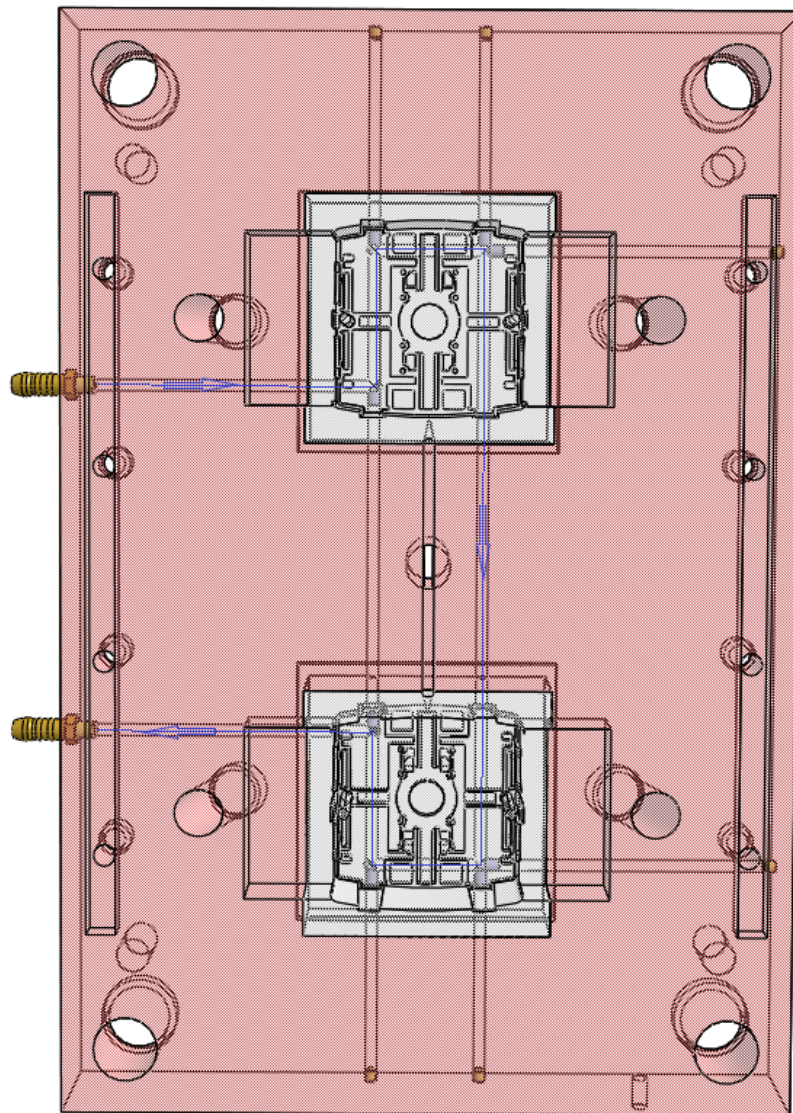
Obr. 34. Vtokový systém



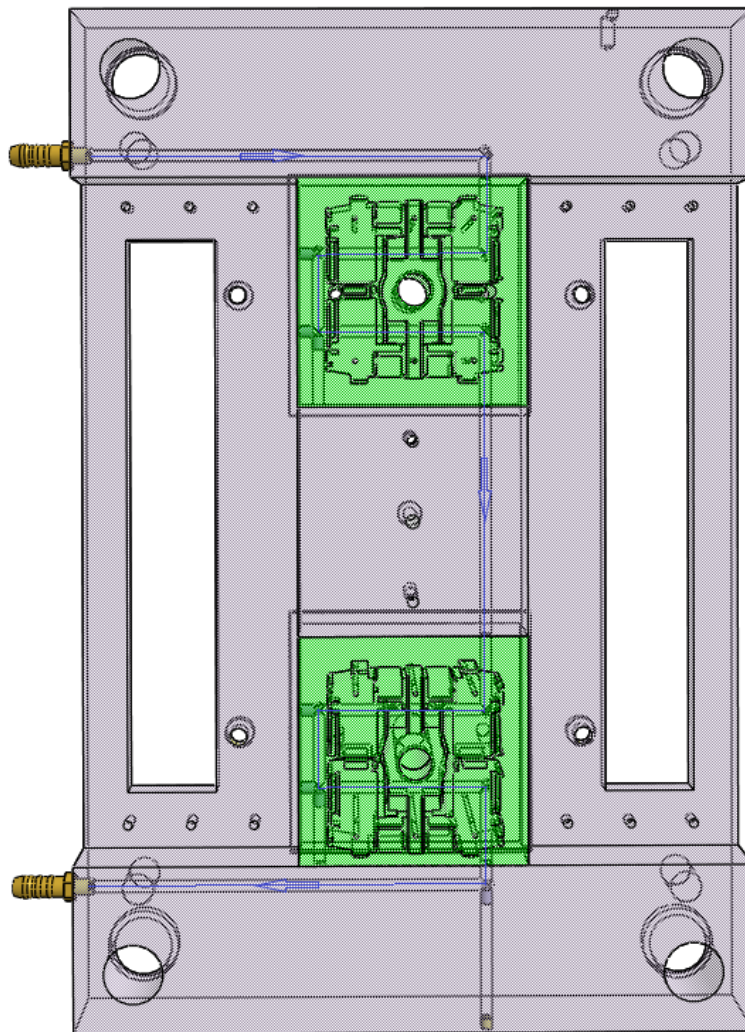
Obr. 35. Řez vtokového systému

9.9 Temperační systém

Teplota formy při vstříknutí taveniny do dutiny formy prudce vzroste, proto se do formy zavádí temperační systém, který má za úkol odvod tepla z formy. Temperace formy závisí na vhodném návrhu kanálků, volbě temperačního média a jeho rychlosti cirkulace. Temperace pravé i levé části formy je tvořena jedním okruhem. Vrtané kanálky, kterými cirkuluje temperační médium, mají průměr 5 mm. Správný průtok kapaliny zajišťují vnitřní ucpávky. Vnější ucpávky zde slouží, aby se ve vyvrtaných kanálech neusazovali nečistoty. Na vstupu a výstupu temperačních okruhů jsou přišroubovány přípojky pro připojení hadic. Temperačním médiem je zde voda, která je výhodná z ekonomického hlediska.



Obr. 36. Temperace na pravé tvarové desce



Obr. 37. *Temperace na levé tvarové desce*

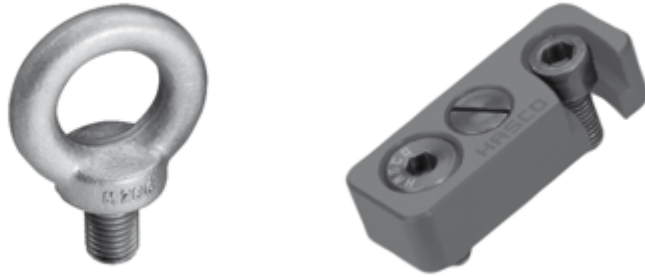
9.10 Odvzdušnění formy

Uzavřená dutina formy je naplněná nežádoucím vzduchem. Tento vzduch je při vstřikování stlačován a to má za následek zvýšení jeho teploty a tlaku. Při dosažení kritických hodnot může dojít k poškození vstřikovaného dílu. Odvod nežádoucí vzduch je v tomto případě uvažován přes dělicí rovinu, posuvné čelisti a vůli mezi vyhazovacími kolíky.

9.11 Zařízení sloužící k manipulaci

Na horní straně vstřikovací formy je transportní oko, které slouží k manipulaci formy pomocí zvedacích zařízení. Je k formě připevněno pomocí závitů. Transportní oko bylo

vybráno z katalogu HASCO a má označení Z710/12. Dále je na horní straně formy připevněn bezpečnostní systém, který má za úkol udržet formu při transportu stále uzavřenou. V katalogu HASCO má označení Z73/12x20x50.



Obr. 38. Převážní a bezpečnostní zařízení [9]

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl návrh vstřikovací formy pro elektrotechnický díl. Práce se skládá ze dvou částí, kterými jsou teoretická a praktická část. Teoretická část se zabývá podrobně problematikou vstřikování. V praktické části se vymodeloval 3D model výrobku a vstřikovací formy. Z této sestavy formy se vytvořily řezy a příslušné pohledy včetně kusovníku.

Hlavním úkolem praktické části byl návrh konstrukce vstřikovací formy ve 3D. Pro tento návrh formy byl použit software CATIA V5R20. Z programu HASCO DAKO 3D – modul normálí R2/2015 byly importovány normalizované díly do návrhu formy, což usnadnilo práci. Nejdříve se vymodeloval 3D model vstřikovaného dílu, který se zvětšil o hodnotu smrštění. Materiál výrobku byl zvolen TECADUR PBT GF30, což je PBT vyztužený 30 % skelnými vlákny. Pro vstřikovací formu byl vybrán vstřikovací stroj INTEC D160/600A, který vyrábí česká firma INVERA. Následně byla zvolena optimální koncepce formy. Byla zvolena dvojnásobná forma. Základem tvarových dutin jsou tvárník a tvárnice, které jsou uloženy v kotevních deskách. Po vytvoření tvárníku a tvárnice se zvolila vhodná velikost rámu formy a vhodný vtokový systém. Jednotlivé desky formy jsou k sobě přišroubovány nebo jsou vystředěny pomocí vodících čepů a středících trubek

Pro tento výrobek byl vybrán studený vtokový systém, který se skládá z vtokové vložky, rozváděcího kanálu, který má průřez lichoběžníku a tunelového ústí. Pro studený vtokový systém je potřeba přidržovače zbytku vtoku, aby zůstal na pohyblivé části formy a vyhazovače vtokového zbytku.

Na bočních stěnách výrobku se nacházely dva otvory, které bylo nutné odformovat pomocí boční tvarových čelistí. Pohyb čelistí zajišťují šikmé čepy. Výstřik je z tvarových dutin vyhazován trubkovými vyhazovači s jádry a válcovými prizmatickými vyhazovači.

Pro temperaci tvárnice byl zvolen jeden okruh. Vyrvané kanály mají průměr 5 mm. Médium pro temperaci byla zvolena voda. Vzduch z dutiny formy unikne přes dělicí rovinu, posuvné čelisti a vůlemi mezi vyhazovači. K přemísťování formy slouží transportní oko, které je na horní části formy připevněno pomocí závitů. Aby se forma neotevřela při transportu je obstarána bezpečnostním systémem.

Na závěr se z 3D sestavy vstřikovací formy vytvoří výkresová dokumentace ve 2D.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I. díl - Vstřikování termoplastů*. 2.vyd. Brno: UNIPLAST, 1999, 134 s.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II. díl - Vstřikování termoplastů*. 1.vyd. Brno: UNIPLAST, 1999, 212 s.
- [4] OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hansen Publisher, c2008, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6.
- [5] STANĚK, M. *Přednášky T5KF*.
- [6] ŠTĚPÁNEK, J, J ZEIGLER a A KUTA. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. Praha: SNTL, 1989, 638 s.
- [7] BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.
- [8] NEUHÄUSL, E. : MM Průmyslov. *Polymery amorfni a semikrystalické z hlediska vstřikování* [online]. 2012 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/polymery-amorfni-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani.html>
- [9] HASCO. *Hasco* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/>
- [10] LENFELD, P. Katedra tváření kovů a plastů - skripta. *Technologie II: Část II - Zpracování plastů. Technická univerzita Liberec - Fakulta strojní - Katedra strojírenské technologie- Oddělení tváření kovů a plastů*[online]. 2008 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [11] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. Praha: BEN, 2009, 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [12] Ensinger Plastics. *TECADUR PBT GF30* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.ensingerplastics.com/cs-cz/polotovary/plast/tecadur-pbt-gf30-natural#/product-technical-detail-collapse-item-1-lvl-1>
- [13] SEIDL, M. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. Střední odborné učiliště Svitavy, 2015 [cit. 2019-05-23]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [14] Tváření plastů a výroba forem II. *14220.cz* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>
- [15] Vzduchový vyhazovač. In: *Jan Svoboda* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://www.jansvoboda.cz//images/else_images/1701.jpg

- [16] INVERA s. r. o. *INTEC D160/600A* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://invera.cz/files/prilohy/14-intec-d/intec-d.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
CAD	Computer aided design (počítačová podpora konstrukce)
PPA	Polyftalamid
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
PA	Polyamid
PBT	Polybutyltereftalát
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PET	Polyethyltereftalát
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoxymethylen
PS	Polystyren
N	Newton
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
Tg	Teplota skelného přechodu
Tm	Teplota bodu tání krystalického podílu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Základní rozdělení polymerů</i>	12
<i>Obr. 2. Oblasti využití u amorfních termoplastů</i>	13
<i>Obr. 3. Oblasti využití u semikrystalických termoplastů</i>	13
<i>Obr. 4. Vstřikovací cyklus [2]</i>	16
<i>Obr. 5. Vstřikovací stroj [13]</i>	18
<i>Obr. 6. Hydraulická uzavírací jednotka [13]</i>	19
<i>Obr. 7. Vstřikovací jednotka [13]</i>	20
<i>Obr. 8. Zpětný uzávěr [13]</i>	21
<i>Obr. 9. Hlavní části vstřikovací formy [14]</i>	23
<i>Obr. 10. Studený vtok [14]</i>	25
<i>Obr. 11. Uspořádání vtoků u vícenásobných forem [14]</i>	25
<i>Obr. 12. Průřez vtokových kanálů [14]</i>	26
<i>Obr. 13. Vtoková vložka [9]</i>	27
<i>Obr. 14. Typy průřezů rozváděcích kanálů [2]</i>	27
<i>Obr. 15. Řezy vtokových ústí [2]</i>	28
<i>Obr. 16. Základní provedení vyhřívaného horkého rozvodu [13]</i>	29
<i>Obr. 17. Vyhazovací kolíky [9]</i>	32
<i>Obr. 18. Jehlový ventil [15]</i>	33
<i>Obr. 19. Chladicí kanálky [14]</i>	34
<i>Obr. 20. Vstřikovaný díl</i>	40
<i>Obr. 21. Vstřikovací stroj INTEC D160/600A [16]</i>	42
<i>Obr. 22. Prostředí HASCO 3D</i>	43
<i>Obr. 23. Kompletní vstřikovací forma</i>	44
<i>Obr. 24. Hlavní a vedlejší dělicí rovina</i>	45
<i>Obr. 25. Kotevní deska pravá s tvárnicemi</i>	46
<i>Obr. 26. Kotevní deska levá s tvárnicemi</i>	47
<i>Obr. 27. Tvarová čelist</i>	47
<i>Obr. 28. Pravá část formy</i>	48
<i>Obr. 29. Levá část formy</i>	49
<i>Obr. 30. Vyhazovací systém</i>	50
<i>Obr. 31. Odformování bočních děr</i>	51
<i>Obr. 32. Pojistný šroub s kuličkou a pružinou [9]</i>	52

<i>Obr. 33. Řez zaformováním bočních děr</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 34. Vtokový systém</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 35. Řez vtokového systému.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 36. Temperace na pravé tvarové desce</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 37. Temperace na levé tvarové desce</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 38. Přepravní a bezpečnostní zařízení [9].....</i>	<i>56</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Temperační média [3].....</i>	35
<i>Tab. 2. Vybrané vlastnosti TECADUR PBT GF30 [12].....</i>	41
<i>Tab. 3. Hodnoty uzavírací jednotky vstřikovacího stroje [16].....</i>	42
<i>Tab. 4. Hodnoty vstřikovací jednotky vstřikovacího stroje [16].....</i>	42

SEZNAM PŘÍLOH

P I Detail pravé strany formy

P II Detail levé strany formy

P III Sestava vstřikovací formy

P IV Kusovník

P V CD disk obsahující:

- textovou část bakalářské práce;
- 3D model vstřikovací formy v programu CATIA V5R20;
- Výkresová dokumentace ve formátu pdf.