

Návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu stavebnice

Jan Bureš

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Bureš**
Osobní číslo: **T15776**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu stavebnice**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma.**
- 2. Provedte konstrukci 3D modelu 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:

8. ledna 2016

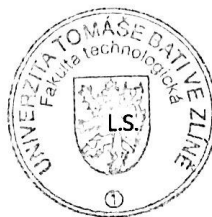
Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 3. února 2016



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



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

Příjmení a jméno: Bureš Jan

Obor: Technologická zařízení

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 10.5.2016



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je konstrukce vícenásobné vstřikovací formy pro plastový výrobek, kterým je součást stavebnice.

Teoretická část obsahuje rozdělení polymerů, technologii vstřikování a zásady konstrukce vstřikovací formy.

V praktické části byl zhotoven 3D model vstřikovaného dílu stavebnice, návrh vstřikovací formy pro daný díl, včetně výkresové dokumentace. K realizaci konstrukce bylo využito softwaru CATIA V5R19 a normálíí firmy HASCO.

Klíčová slova: Vstřikovací forma, vstřikování, konstrukce, CATIA

ABSTRACT

The aim of this thesis is the design of multiple injection mold for plastic product, which is part of the kit.

The theoretical part includes the distribution of polymer injection molding technology and design principles of injection molds.

In the practical part was constructed a 3D model kit, design of injection mold for the part, including drawings. To implement design software was used CATIA V5R19 and HASCO standard parts of the company.

Keywords: injection mold, injection molding technology, design, CATIA

Rád bych poděkoval panu Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D. za cenné rady, pomoc a odborné vedení při zpracování této bakalářské práce. Dále bych pak chtěl poděkovat mé rodině a přátelům za psychickou podporu, kterou mi věnovali.

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

Dále také prohlašuji, že na bakalářské práci (dále jen BP) jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval a zmínil na konci této BP. Modely a výkresy, které byly předmětem této BP, byly vytvořeny v softwaru s platnou licencí.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PLASTY	12
1.1 ROZDĚLENÍ PLASTŮ	12
1.1.1 Termoplasty.....	13
1.2 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED ZPRACOVÁNÍM	13
1.2.1 Plniva.....	14
1.2.2 Maziva.....	14
1.2.3 Pomocné látky	14
1.2.4 Stabilizátory	14
1.3 TECHNOLOGIE PŘED ZPRACOVÁNÍM PLASTŮ	15
1.4 RECYKLACE PLASTŮ	15
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ	16
2.1 PLASTIKACE	17
2.2 VSTŘÍKNUTÍ TAVENINY DO FORMY	17
2.3 DOTLAK	17
2.4 CHLADNUTÍ TAVENINY VE FORMĚ	17
3 VSTŘIKOVACÍ STROJE	18
3.1 ROZDĚLENÍ STROJŮ PRO VSTŘIKOVÁNÍ	18
3.2 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	19
3.3 ŠNEKY VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ	20
3.3.1 Poměr L/D	20
3.3.2 Parametry závitů šneku	21
3.4 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	21
4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	23
4.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI VSTŘIKOVACÍ FORMY	24
4.2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE.....	24
4.2.1 Zásady technologičnosti konstrukce.....	25
4.3 ZAFORMOVÁNÍ	28
4.4 NÁSOBNOST FORMY	29
4.5 SMRŠTĚNÍ.....	30
4.6 VTOKOVÁ SOUSTAVA	30
4.6.1 Vtokový kanál	31
4.6.2 Rozváděcí kanál	31
4.6.3 Ústí vtoku	32

4.7	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	33
4.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉMY	34
4.8.1	Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků.....	35
4.8.2	Vyhazování pomocí stírací desky.....	35
4.8.3	Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů	36
4.9	VYHAZOVÁNÍ VTOKOVÉHO ZBYTKU	36
4.10	TEMPERAČNÍ SYSTÉMY	36
4.10.1	Zásady pro temperační kanály.....	37
4.10.2	Temperační média	38
4.11	MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....	38
II	PRAKTICKÁ ČÁST	40
5	STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	41
6	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	42
6.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO DÍLU	42
7	VSTŘIKOVACÍ STROJ	44
8	KONSTRUKCE FORMY.....	45
8.1	LEVÁ (UZAVÍRACÍ) ČÁST FORMY	46
8.2	PRAVÁ (VSTŘIKOVACÍ) ČÁST FORMY	47
8.3	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	48
8.4	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	49
8.5	NÁSOBNOST	51
8.6	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	51
8.6.1	Horká tryska	52
8.7	TEMPERACE FORMY.....	52
8.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	54
8.9	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	54
9	POUŽITÝ SOFTWARE	55
9.1	CATIA V5R19	55
9.2	KATALOG HASCO.....	55
	ZÁVĚR	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM TABULEK.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Mnoho materiálů, které jsou běžně využívány, je přírodního původu, například kov, dřevo, bavlna aj. Jsou získávány z rostlin, zvířat anebo průmyslovou těžbou ze země. V dnešní době už je však možné je nahradit levnějšími, synteticky připravenými materiály (plasty). Vyrábějí se z látek, které se nacházejí především v ropě, ale i v uhlí nebo zemním plynu. Jejich zpracování má na starost odvětví chemického a petrochemického průmyslu. Plasty jsou lehce tvarovatelné, dají se použít na výrobu předmětů běžné spotřeby. Jsou nejnovějším materiálem ve všech oblastech průmyslu.

Plasty se rychle staly součástí i strojírenského průmyslu, a velmi rychle začaly nahrazovat dříve běžně používané materiály. Mají mnoho výborných vlastností, kterým vděčí za svoji komplexnost v průmyslu. Je to především malá hmotnost, pevnost, tvárnost a možnost tváření. Plasty jsou konstrukční materiály, které je možné použít na: ozubená kola, krytky ložisek, vačky, těsnění, obaly, apod.

Při navrhování plastových součástí musí konstruktér volbou tvaru a materiálu splnit požadavky, které jsou na daný výrobek kladeny. Jsou to požadavky z hlediska technologie, funkčnosti a ekonomie. Z technologického hlediska je potřeba, aby součást byla možná vyrobit zvolenou technologií, její tvar odpovídal optimálním podmínkám a zvolený materiál byl co nejlépe zpracovatelný. Z hlediska funkčnosti je požadována od plastových výrobků pevnost, tuhost, chemickou odolnost, houževnatost, rozměrovou přesnost. Ekonomické hledisko hodnotí, zdali je pro danou součást možné použít levnější materiál.

V dnešní době se ve velké míře pro konstruování součástí používají různé počítačové softwary, které zjednodušují práci konstruktérovi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

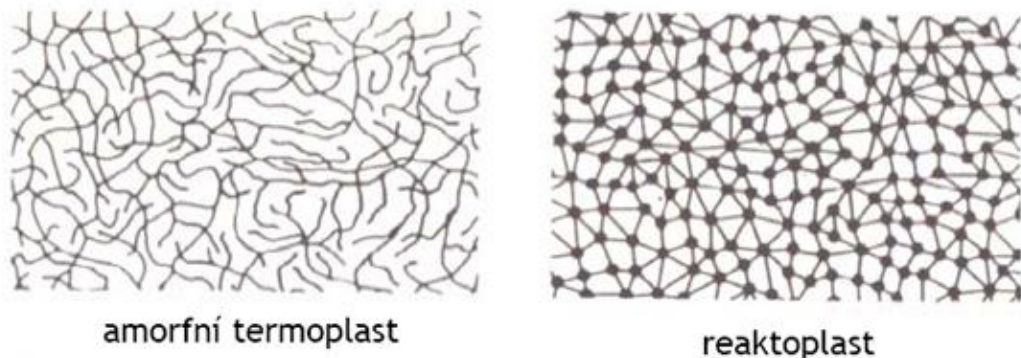
1 PLASTY

Plasty jsou materiály, jejichž podstatu tvoří makromolekulové látky syntetického nebo přírodního původu a které je možné formovat do požadovaného tvaru tlakem nebo teplem, popřípadě působením obou faktorů zároveň.

1.1 Rozdělení plastů

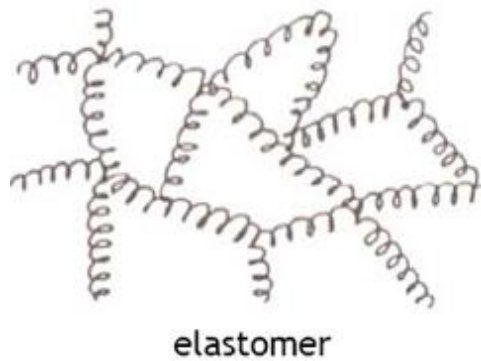
Reaktoplasty - polymery používané ve vytvrzeném stavu, které po prvním působení tepla ztvrdnou a v důsledku této chemické přeměny se stávají netavitelné a nerozpustné, např.: fenol, krezol, epoxidové pryskyřice aj.

Termoplasty - polymery s plastickým chováním, které působením tepla změknou a v podstatě se chemicky nemění, např.: polyetylén, polyamidy, polyvinylchlorid, polymetal-krylát aj. [6]



Obr. 1 Nadmolekulární struktura polymerů

Kaučuky, pryže a elastomery – polymery, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, ale jen omezenou dobu. Potom dochází k chemické reakci tzv. vulkanizace. Proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat bez omezení. [6]



Obr. 2 Nadmolekulární struktura elastomeru

1.1.1 Termoplasty

Chemici dovedou připravit velké množství různých druhů plastů, které se používají pro širokou spotřebu (levné typy), konstrukční nebo speciální aplikace. [1] Některé termoplasty však našly své místo v konkrétních aplikacích.

Mezi tyto patří například:

- Polyvinylchlorid (PVC),
- Polymethylmetakrylát (PMMA),
- Polyformaldehyd (POM),
- Polyolefiny (PE),
- Styrenové polymery (PS),
- Polyamidy (PA),
- Polykarbonát (PC).

1.2 Příprava plastů před zpracováním

Plasty jsou materiály, u kterých podstatnou část tvoří vysokomolekulové látky a ostatní složky mají pomocnou funkci. Tyto jsou nazývány přísadami. Mezi přísady patří plniva a pomocné látky. K dosažení požadovaných vlastností výrobků je potřebné připravit směs s potřebnými přísadami a tím připravit materiál pro daný výrobek z plastu.

1.2.1 Plniva

Výrazně ovlivňují mechanické vlastnosti, tepelné a dielektrické charakteristiky. Upravují se jimi také vlastnosti jako pevnost, elektrická a tepelná vodivost, houževnatost a tepelná roztažnost.

Tab. 1 Rozdělení plniv

Rozdělení plniv podle tvaru zrna:	Organické	Anorganické
Práškové	Dřevěná moučka, technická mouka, piliny, kaučuky	Mleté horniny, práškové kovy, grafit
Vláknité a tkaniny	Celulózová vlákna a jejich tkaniny syntetické, uhlíkové, bavlněné	Kovové, azbestové, skleněná vlákna
Šupiny	Papír, otruby	Slída, sklo

1.2.2 Maziva

Jejich přítomnost pozitivně působí na stékavost plastu do formy a dále pak vyjmutí výrobku z formy. U termoplastů se účinek maziva projevuje, jako vnitřní a vnější mazání, používají se přírodní mastné kyseliny, kapalné parafíny atd.

1.2.3 Pomocné látky

Jsou to přísady ovlivňující zpracovatelské vlastnosti, životnost výrobku a estetický vzhled výrobku (barviva)

1.2.4 Stabilizátory

Přísady na snížení rozkladných účinků vysokomolekulové složky plastů vyvolaných účinkem záření, tepla a vzduchu. Tyto rozkladné procesy se nazývají - stárnutí plastů. [8]

1.3 Technologie před zpracováním plastů

Míchání - při tomto procesu jsou částice zanášené mezi částice základní látky za účelem dosažení požadovaného rozložení jednotlivých složek v materiálu. Používají se k tomu vertikální nebo horizontální míchací stroje.

Hnětení - proces intenzivního míchání, při kterém se vysokomolekulová složka působením tepla přemění na viskózní taveninu, do které se přimíchávají přísady.

Granulace - proces, při kterém se z rozmíchané směsi vytváří kompaktní hmota (ve tvaru granulátu) vhodná pro použití ve strojích.

Tabletování - lisování rozmíchané směsi ve formě prášku do určitého tvaru (většinou plochý váleček - tableta).

Sušení - provádí se za účelem odebrání vlhkosti obsažené v plastu z okolního prostředí, před zpracováním daného plastu. [2]

1.4 Recyklace plastů

Plasty v porovnání s jinými materiály mají mnoho předností, ale problémem je jejich odstranění, jelikož se neničí biologicky (nerozpadávají se ani nehnijí). Jedním z řešení tohoto problému je jejich recyklace na využitelné předměty, druhým je vynalezení biologicky odbouratelných plastů.

Plasty se biologicky rozkládají desítky až stovky roků. Zabírají 7 - 9 % objemu odpadu. Při spalování některých druhů unikají do ovzduší škodlivé látky (např. při spalování PVC)

Obsah škodlivých látek v plastech je vysoký - jelikož plasty obsahují různé změkčovadla, stabilizátory, barviva s obsahem těžkých kovů (hlavně zinek a kadmium). Při spalování se těžké kovy uvolňují do ovzduší nebo zůstávají v popelu. Dnešní moderní člověk obklopený plasty a jinými chemikáliemi má v sobě přibližně 50 druhů toxických látek jako různé sloučeniny chlóru, amoniaku, brómu a podobně. [4]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Vstřikování je jedna z hlavních operací při zpracování plastů. Umožňuje produkovat kvalitní a dostatečně přesné výrobky.

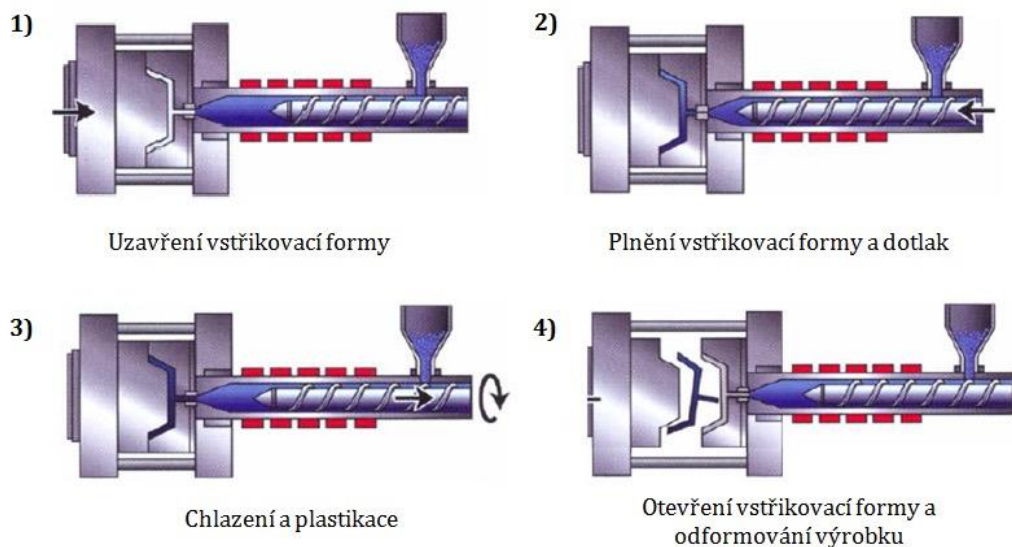
Vstřikování v jedné operaci mění polymer na hotový výrobek. Ve většině případů se výrobek z formy dodá přímo spotřebiteli nebo je možné ho použít na kompletaci jiných zařízení.

Vstřikování má několik dalších výhod. Například přesné navrhnutí formy může eliminovat další opracování. Vtokové zbytky v případě termoplastů mohou být rozemlety a znovu použity. Vstřikovací cyklus je rychlý a je možné ho automatizovat.[4]

Vstřikování je způsob tváření plastických hmot, při kterém se dávka materiálu vstříkuje do dutiny formy. Tlaková komora bývá součástí vstřikovacího stroje a materiál se do ní plynule doplňuje. Tento způsob tváření se používá hlavně při zpracování termoplastů. Vstřikovací proces se skládá z těchto fází:

- plastikace materiálu v tavicí komoře stroje,
- vstříknutí taveniny do formy,
- dotlak a chladnutí materiálu ve formě.

Po poslední fázi procesu se začne forma otevírat, následuje vyhození výrobku z dutiny formy a po té se forma zase opět uzavře. [8]



Obr. 3 Princip vstřikování plastů [11]

2.1 Plastikace

Účelem je roztavit materiál v podobě granulí, homogenizovat a připravit pro vstříknutí do formy. Provádí se v tavicí komoře stroje, ve kterém je uložený šnek. Šnek se otáčí a současně posouvá dozadu, granulát z násypky, který napadá mezi závity šneku, se současně dopravuje k trysce, taví se, homogenizuje a shromažďuje se v prostoru před čelem šneku uvnitř komory.

2.2 Vstříknutí taveniny do formy

Tato fáze má za úkol dokonale dopravit taveninu do dutiny formy pod tlakem 50 až 200 MPa. Přesná hodnota se stanoví podle viskozity taveniny, členitosti a tloušťky stěn výrobku. Při vstříkování se šnek neotáčí, ale hydraulicky se posouvá dopředu a vytlačí taveninu z válce přes trysku do formy. Tato fáze se dále dělí na plnění formy a stlačení materiálu ve formě.

Plnění formy - musí být dostatečně rychlé, aby nedošlo k předčasnému chladnutí a tuhnutí polymeru. Nadměrná rychlost způsobuje přehřátí a tepelnou degeneraci materiálu. Rychlost taveniny ve formě bývá cca 100 až 200 m/s.

Stlačení hmoty ve formě - nastává po naplnění všech dutin formy. Tlak v tavenině prudce stoupne a vstříkovací rychlost naopak klesne. Aby se zamezilo nežádoucím vlivům, je zapotřebí v určitém okamžiku, před dosažením maxima snížit tlak na dotlak.

2.3 Dotlak

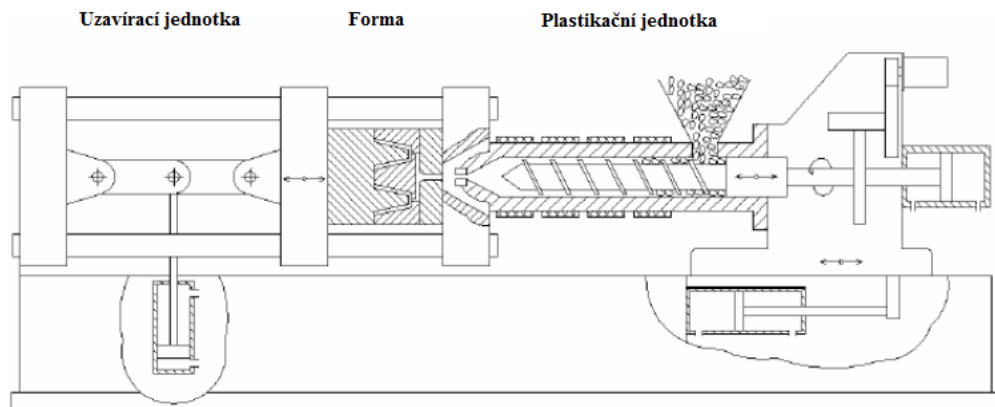
Dotlak má za úkol dotlačit další taveninu do formy a nahradit úbytek objemu způsobený smrštěním taveniny ve fázi chladnutí. Má velký vliv na konečnou strukturu výrobku. Dotlak by měl končit v okamžiku, než dojde k zatuhnutí ústí vtoku.

2.4 Chladnutí taveniny ve formě

Chladnutí začíná již v průběhu vstříkovací fáze a pokračuje v průběhu dotlaku. Tato fáze ovlivňuje strukturu, vnitřní pnutí, krystalizaci, ale také kvalitu výrobku. Končí otevřením formy a vyhozením výrobku. Forma se otevírá krátce po dotlaku. [5]

3 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Vstřikovací stroje (vstřikolisy), jsou určeny pro zpracování polymerních materiálů, především v podobě granulátu. Polymery mohou být dodány také ve formě prášku nebo hmotě připomínající těstovinovou konzistenci. Lze na nich zpracovávat i kapalinné systémy.



Obr. 4 Schéma vstřikovacího stroje

3.1 Rozdělení strojů pro vstřikování

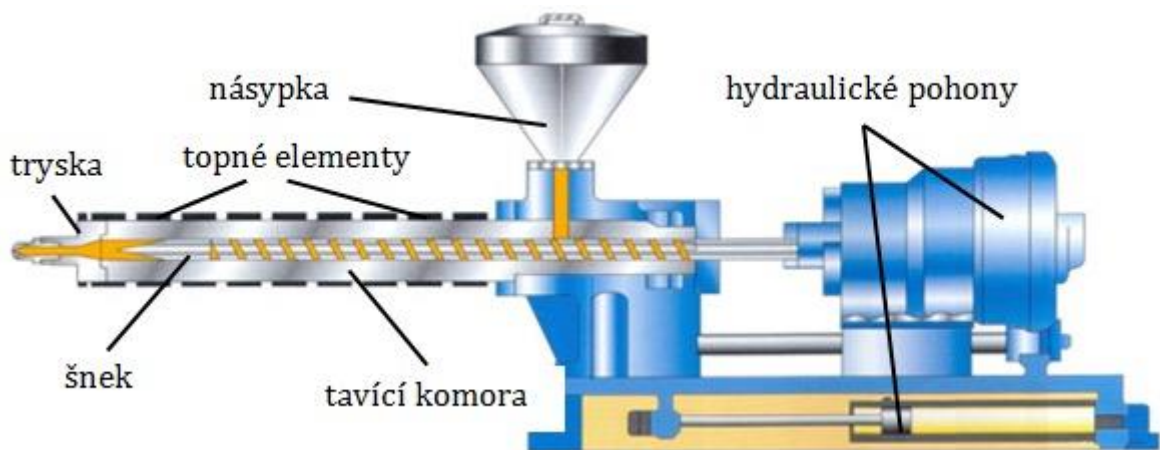
Vstřikovací stroje je možné rozdělit do různých skupin dle jednotlivých kritérií dle:

- pohonu zajišťující pohyb v hlavních osách stroje. Tyto tvoří hydraulické nebo elektrické motory. Existují i stroje, které kombinují obě tyto varianty, tzv. hybridní,
- pracovního členu v tavní komoře vstřikovací jednotky. Dělení na pístové nebo šnekové vstřikovací stroje,
- směru posuvu pohyblivé desky uzavírací jednotky bez ohledu na pozici vstřikovací jednotky,
- typu zpracovávaného plastu. Dělení na vstřikovací stroje pro zpracování reaktoplastů, termoplastů nebo kaučuků,
- počtu desek uzavírací jednotky (dvoudeskové a třideskové),
- počtu šneků (jednošnekové, vícešnekové),
- rychlosti otáček šneku (rychloběžné, pomaloběžné),
- použití předplastikace ve vstřikovací jednotce (bez předplastikace, s předplastikací),

- počtu vodících tyčí uzavírací jednotky (bez vodících tyčí nebo také bezsloupkové, se dvěma vodícími tyčemi nebo se čtyřmi vodícími tyčemi),
- maximální síly, kterou je uzavírací jednotka schopna vyvinout, viz dále uzavírací a uzamykací síla (malé vstřikovací stroje do 500 kN = 50 tun, střední vstřikovací stroje 500 až 5000 kN = 50 až 500 tun a velké vstřikovací stroje nad 5000 kN = 500 tun; v praxi se běžně používá spíše označení v tunách) apod. [7]

3.2 Vstřikovací jednotka

Základní funkcí standardní vstřikovací jednotky určené pro zpracování termoplastů je převedení tuhého polymeru do stavu vysoce viskózní taveniny a následný přesun taveniny do tvarové dutiny vstřikovací formy se zajištěním maximální tvarové a rozměrové přesnosti. Jak již bylo zmíněno, nejrozšířenějším typem určeným pro zpracování termoplastů jsou vstřikovací jednotky se šnekem, který rotuje kolem své osy a axiálně se pohybuje vpřed a vzad. Vstřikovací jednotka je připevněna k posuvné konzole, která zajišťuje její pohyb, konkrétně přísun trysky vstřikovací jednotky ke vtokové vložce vstřikovací formy a vybudování a udržení potřebné přítlačné síly. Hlavní pohony vstřikovací jednotky musí také zajistit rotaci šneku při plastikaci dávky taveniny a přesun této dávky do tvarové dutiny výrobního nástroje dopředným pohybem šneku, kdy šnek působí jako píst, který vytlačuje taveninu polymeru z tavíci komory vstřikovací jednotky. [7]



Obr. 5 Schéma vstřikovací jednotky [7]

3.3 Šneky vstřikovacích strojů

Jak již bylo dříve zmíněno, šnek je pracovním členem zajišťujícím během procesu injekčního vstřikování v tavicí komoře vstřikovací jednotky mnoho funkcí. Šroubovice (šnekovnice) na povrchu šneku není všude stejně hluboká a má i proměnné stoupání. Obecně lze říci, že standardní šneky určené pro zpracování termoplastů se skládají ze tří odlišných funkčních zón. První zóna pod násypkou je označována jako dopravní nebo vstupní a zde je hloubka závitů šroubovice šneku největší. Hlavní funkcí tohoto úseku je odebírání granulátu z násypky a jeho přesun do oblasti tavicí komory zahřívané odporovými pásy. Během přesunu do druhé zóny šneku jsou částice materiálu postupně stěsnávány, přičemž je vytlačován vzduch. Ve druhé části šneku směrem ke špičce šneku se stoupání i hloubka šroubovice šneku postupně zmenšují. Materiál je v této části intenzivně stlačován, proto se tato zóna označuje jako kompresní. Poslední pásmo šneku, zvané homogenizační, má především zajistit intenzivní promíchání a prohnětení taveniny plastu, čímž je zajištěno rovnoměrné rozložení teploty taveniny před jejím vstupem do prostoru, ve kterém dochází k hromadění připravené dávky taveniny (mezi tryskou a čelem šneku). Délka jednotlivých zón je individuální a odvíjí se od typu polymeru, pro jehož zpracování je šnek určen.

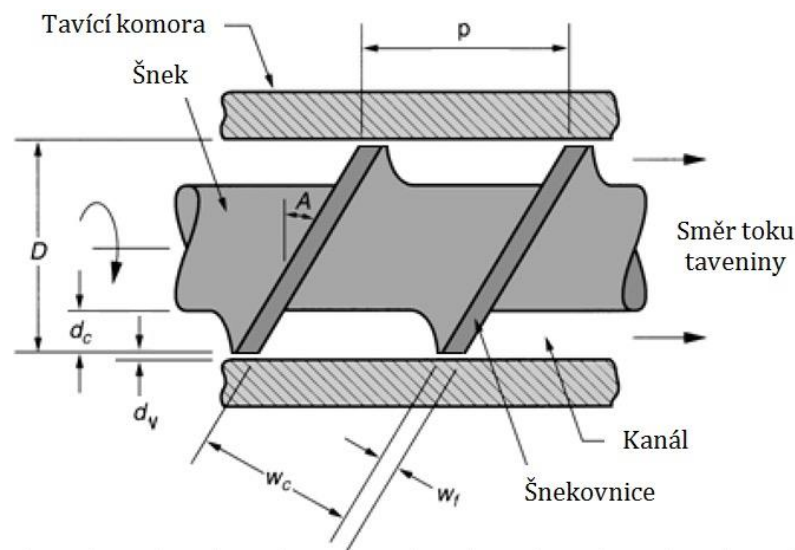
3.3.1 Poměr L/D

Mezi nejdůležitější charakteristiky šneku patří poměr délky ku průměru šneku (L/D). Tento poměr je specifický pro různé typy materiálů. Pro termoplasty se poměr L/D pohybuje v rozmezí 19 až 22:1 (ideálně hodnota je 20:1). Kratší šneky nezajistí dostatečnou teplotní homogenitu taveniny a odvzdušnění a šneky delší než 24:1 již mohou způsobit tepelnou degradaci materiálu vlivem příliš dlouhého působení tření. Delší šneky jsou využívány především pro rychlou přípravu většího objemu taveniny (22 až 26:1) a zahrnují kromě standardních zón i mixážní zóny. [7]

Při zpracování reaktoplastů, elastomerů či silikonů je nežádoucí přílišné zahřívání taveniny v tavicí komoře. Mohlo by dojít k jeho a tím by bylo znemožněno jeho vstříknutí do formy.

3.3.2 Parametry závitů šneku

Délka jednotlivých zón u standardních třízónových šneků pro zpracování termoplastů je následující. Dopravní zóna zaujímá přibližně 60% délky šneku, kompresní 20% délky šneku a homogenizační rovněž 20% délky šneku. V dopravní a homogenizační zóně je výška závitů konstantní, přičemž v dopravní zóně je závit nejvyšší a to od 4 do 14 mm podle průměru šneku. V kompresní zóně se hloubka závitů postupně snižuje a to až na výšku závitů pro zónu homogenizační. Rozdíl ve výšce závitů mezi dopravní a kompresní zónou je vyjádřen kompresním poměrem, které opět v závislosti na průměru šneku bývá 2 až 3:1. [7]



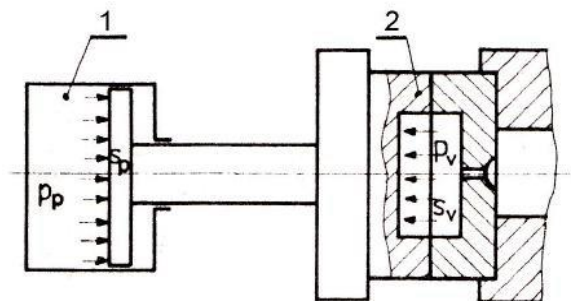
Obr. 6 Základní geometrické parametry šneku a jeho uložení v tavící komoře [7]

- (d_v) vůle mezi válcem a šroubovicí, (A) úhel stoupání závitů, (D) průměr válce tavící komory, (w_c) šířka závitů, (w_t) šířka šnekovnice, (p) rozteč závitů šroubovice a (d_c) hloubka kanálu

3.4 Uzavírací jednotka

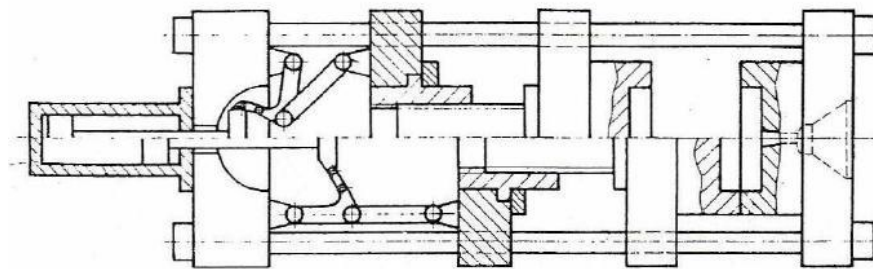
Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje zajišťuje upnutí a plynulé pohyby vstřikovací formy a podobně jako vstřikovací jednotka je tvořena několika samostatnými prvky a mechanismy. Základními součástmi jsou vodící sloupky (u sloupkových konstrukcí strojů), pevná a pohyblivá upínací deska stroje s potřebným upínacím systémem a mechanismus, který je zdrojem síly potřebné pro otevírání a uzavírání formy a který umožní vytvoření uzamykací síly, která působí proti vstřikovacímu tlaku a drží formu uzavřenou během fázi

vstříku a dotlaku. Uzamykací síla je vyvozena buďto mechanicky (dojde k mechanickému zapříčení formy v potřebné poloze), hydraulicky (potřebná síla je vyvozena hydraulickým pístem) nebo kombinací obou systémů.[7]



Obr. 7 Hydraulická uzavírací jednotka [3]

1 - Hydraulický válec, 2 - Uzavřená forma



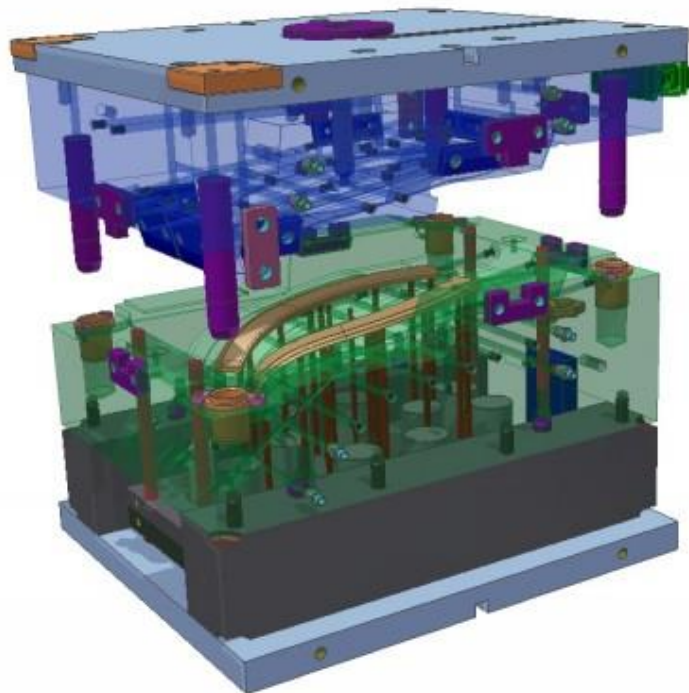
Obr. 8 Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka [7]

4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Forma slouží při vstřikování jako tvářicí nástroj, který dává materiálu konečný tvar a rozměr. Kvalita formy se posuzuje podle těchto požadavků:

- technické: zaručují správnou funkčnost formy, která musí vyrobít požadovaný počet výrobků v určité kvalitě a přesnosti. Taktéž musí splňovat podmínku jednoduché manipulace a obsluhy,
- ekonomické: nákupní cena, využití materiálu, produktivita práce,
- společensko-estetické: umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě a provozu formy. [1]

Náročnější na výrobu jsou tvarové dutiny, které musí mít předepsaný povrch a často jsou velmi složité. Proto se tvárník většinou vyrábí s horní tolerancí, aby bylo možné po zkušebním provozu jeho rozměry upravit. Tvárnice je naopak vyráběna se spodní tolerancí, aby se v případě potřeby mohla zvětšit. Konstruktor taktéž předepíše tepelné zpracování povrchů formy, aby byla zaručena potřebná životnost formy. [1]



Obr. 9 Vstřikovací forma [12]

4.1 Postup při konstrukci vstřikovací formy

Pro konstruktéra forem slouží jako hlavní podklad výkres výrobku společně s jinými doplňujícími údaji jako je typ stroje, materiál, rozsah funkce atd.

Postup konstrukce zahrnuje:

1. Technologičnost konstrukce – přehodnocení tvaru výrobku s ohledem na tloušťku stěn, tvar, toleranci rozměrů, zaoblení ostrých hran apod.
2. Volba vhodného plastu na zabezpečení požadovaných vlastností výrobku.
3. Zaformování výrobku s určením dělicí roviny. Je nutné respektovat funkci a vzhled výrobku, úkoly pro jednoduché vyhození z formy, přihlížet i na složitost formy závislejší od volby dělicí roviny.
4. Stanovení násobnosti formy.
5. Výpočet smrštění výrobku.
6. Návrh vtokové soustavy.
7. Volba vyhazovacího systému formy.
8. Volba temperačního systému formy.
9. Volba správného vstřikovacího stroje, zajištění formy na stroji z hlediska správné funkce i bezpečnosti práce, kontrola funkčních parametrů s ohledem na zvolený typ stroje.

4.2 Technologičnost konstrukce

Výrobky z plastů se konstrukčně navrhují podle funkčního, technologického, ekonomického a estetického hlediska. Od konstruktéra se požadují stále větší znalosti o celkovém procese technologie zpracování plastů pro kvalitní a přesné výrobky. Aby konstruktér mohl tuto úlohu splnit s požadovanými znalostmi a s minimálním rizikem neúspěchu, musí mít co nejvíce technických a ekonomických informací o podobných nebo existujících výrobcích. V současné době se pro konstrukci výrobků z plastů vyžadují požadavky jako: zkracování doby dodání konstrukčních podkladů, snižování ceny výrobku, maximální spolehlivost výrobku u odběratele.

Pro přesnost a rozměrovou stálost výrobků z plastů má rozhodující význam jejich tvar a konstrukční řešení. Proto je velmi důležité poznat a respektovat konstrukční a technologické směrnice pro navrhování výrobků z plastických hmot.

Navrhování výrobků z plastů musí respektovat tyto kritéria:

Funkčnost tvaru zajišťuje plnění všech hlavních funkcí, které jsou od výrobku očekávány. Plnění vedlejších funkcí je potřebné jen tehdy, jestliže se se tím neúměrně nezvýší náklady pro danou součást. Zajištění plnění všech funkcí po dobu životnosti plastového výrobku je nutnost, protože porušení plastového výrobku se obvykle nedá opravit.

Technologičnost tvaru výrobků znamená dodržovat zásadu co nejplynulejšího a nejrychlejšího naplnění formy taveninou, přičemž dochází k prudkým změnám teplot a tlaku. Náhlé změny průřezu, ostré rohy a kouty, zářezy a otvory představují překážky pro proudění taveniny a mají za následek víření proudu, orientaci makromolekul, studené spoje, vnitřní pnutí, nerovnoměrné smrštění apod. Naopak vhodné jsou tvary zaoblené se stejnou tloušťkou stěny, mírnými změnami průtoku toku atd. Složité tvary integrovaných součástí zvyšují nároky na vlastní tvarové řešení výrobků i na technologii zpracování.

Ekonomičnost tvaru vyžaduje hlavně jednoduchý tvar, aby forma byla levná, spolehlivá v provozu a aby bylo možné výrobu automatizovat. Jednodušší tvar výrobku znamená úsporu materiálu, např. umožňuje použití tenčích stěn, vede k zaoblení hran a rohů, což je výhodné z hlediska technologie a i z hlediska mechanických vlastností.

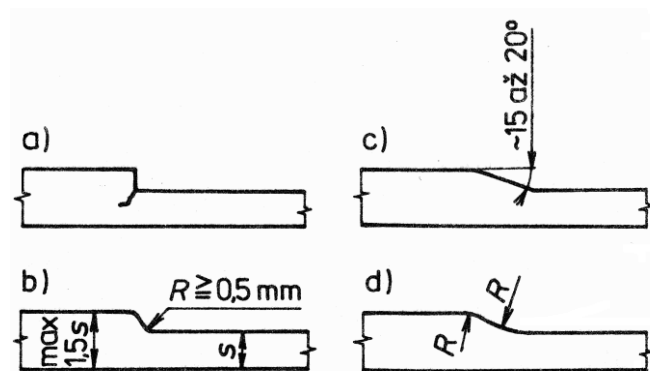
Výtvarné estetické řešení tvaru má být v souladu s funkcí výrobku, s prostředím, ve kterém bude používán, s materiálem a s technologií. Proto je třeba aplikovat oblé tvary a plynulé přechody. Ostré hrany a rohy, kombinace rovinných, válcových a kuželových ploch jsou typické pro obráběné kovové výrobky, ale pro výrobky z plastů nejsou z výtvarného hlediska potřebné. Výrobky mají vzbuzovat dojem lehkosti a ladnosti, výjimky jsou účelné hlavně při klasických konstrukcích v kombinaci plast-kov. [5]

4.2.1 Zásady technologičnosti konstrukce

Dělicí rovina je plocha, ve které dosedá jedna část formy na druhou část a uzavírá tak tvarovou dutinu formy. Navrhnutí dělicí roviny je nutné určit už při prvním navrhnutí výrobku, aby bylo vidět jak se tvar (negativ výrobku) do formy umístí, jak se z formy bude vyházoval daný výrobek apod. Dělicí rovina by měla být z výrobních důvodů jednoduchá. Sou-

časně s určením dělicí roviny je potřeba uvažovat o optimálním umístění vtoku, který ovlivňuje proudění taveniny ve formě a tím i vlastnosti a rozměry výrobku.

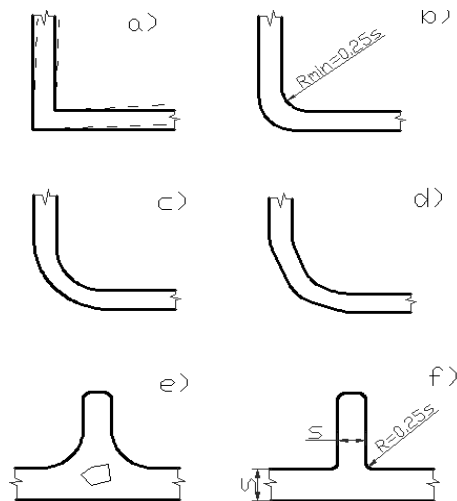
Tloušťka stěny výrobku nesmí být libovolná, doporučuje se rovnoměrná tloušťka stěny. Často se stává, že výrobek má nerovnoměrnou tloušťku stěny. Tehdy je potřebné vyvarovat se ostrých přechodů. Správným řešením je napojení plynulých rádiusů. Dalším problémem je pro výrobky s nerovnoměrnou tloušťkou stěny umístění vtoku. Když by byl umístěn do tenké stěny, materiál tu ztuhne dříve a výsledkem budou povrchové propadliny a vnitřní dutiny v tlusté stěně.



Obr. 10 Přechody v tloušťce stěny [5]

a) nevhodný, b) mírně zlepšený, c) dobrý, d) velmi dobrý

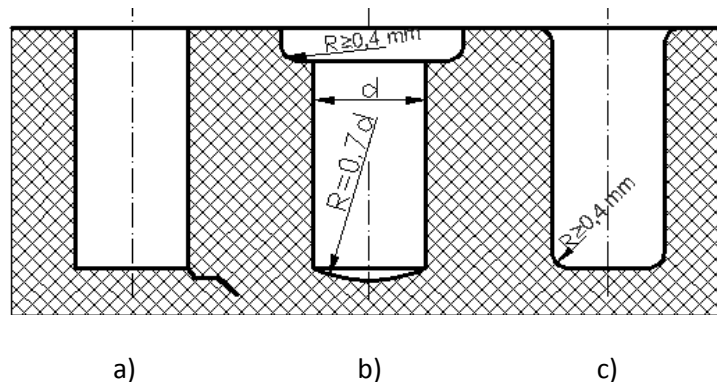
Zaoblení jsou výhodná z hlediska lehčího proudění taveniny. Čím větší je rádius zaoblení, tím menší jsou hydraulické odpory průtoku materiálu a tím je menší koncentrace napětí v místě ohybu. Vnější rádius zaoblení stěny je o tloušťku stěny větší než vnitřní rádius tak, že stěna je v celém průběhu zakřivená ve stejné tloušťce.



Obr. 11 Zaoblení stěn [5]

a) nevhodné, b) dobré, c,d) velmi dobré, e) chybné, f) správné

Otvory se v částech formy nazývají jádra, která mohou být průchodná a neprůchodná. Při tuhnutí ve formě se materiál smršťuje na jádro a proto vzhledem k lehčímu vyhazování je o 1° větší úkos než dutina ve tvárnici. Vzhledem k jednoduchosti formy se má otvor řešit tak, aby se jádra vytahovala z otvoru ve směru otevírání formy. Platí taktéž pravidlo, že dlouhé tenké jádra jsou nevhodné z hlediska pomalého odvodu tepla, prodlužování cyklu a také kvůli častější poruchovosti formy.

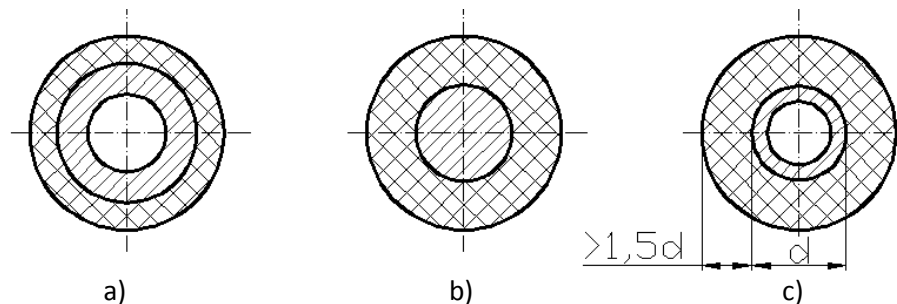


Obr. 12 Neprůchodné otvory [5]

a) nevhodně, b) správně, c) správně jestliže není horní plocha dosedací

Kovové vložky, neboli zástřiky, slouží ke zpevnění závitového spoje pro polohové kolíky, pro upevnění elektrických kontaktů apod. Kovové vložky zvyšují nároky na manipulaci při vstřikování, prodlužují výrobní cyklus a mohou mít nepříznivý účinek při chladnutí taveniny ve formě a vznik vnitřního pnutí a studených spojů. Hmotnost kovové vložky by měla být malá s ohledem k okolí hmoty výrobku, protože kov vložky se rychle ochlazuje a tím se

zhoršuje tekutost daného plastu. Ze stejného důvodu se doporučuje, aby kovová vložka byla dutá.



Obr. 13 Průměr kovových vložek [5]

a) nevhodně (tenká vrstva plastu okolo vložky), b) málo vhodné (velká hmota kovu rychle ochlazuje taveninu), c) správně (minimální hmota kovu)

Závity na výrobcích mají mít velký profil, aby byla zajištěná dostatečná axiální únosnost, nejvýhodnější je oblý nebo lichoběžníkový závit se zaoblenými vnitřními hranami profilu. Závity, které jsou s jemným stoupáním, se doporučují nepoužívat, kvůli jejich malé únosnosti. [5]

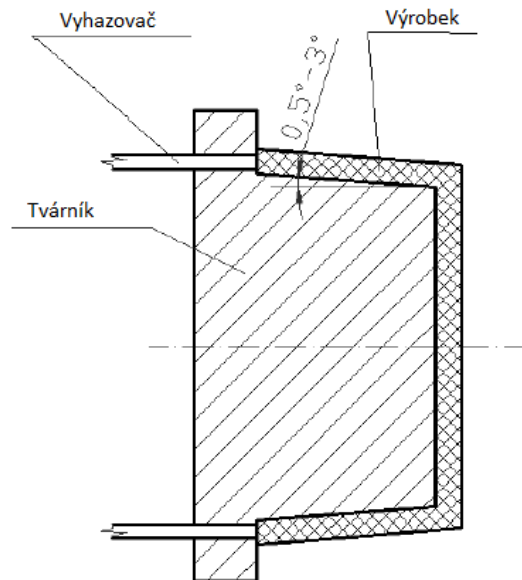
4.3 Zaformování

Správná volba dělicí roviny a následné zaformování je zásadní při návrhu konstrukce formy. Odvíjí se od něj dodržení tvaru výrobku i ekonomičnost výroby formy i výrobků. Dělicí rovina bývá z pravidla rovnoběžná s upínáním formy. Může mít i šikmý nebo zaoblený tvar, a pokud je to nutné, bývá doplněna pomocnými dělicími rovinami. Nepřesnosti jsou u dělicí roviny nežádoucí, protože způsobují nedosedání formy a zatékání materiálu do této plochy (přetoky). Při návrhu dělicí roviny dbáme na tyto náležitosti:

- jednoduché vyhození výrobku z dutiny formy
- jednoduchý, pravidelný geometrický tvar
- rovina by měla přebíhat v hranách výrobku
- stopa po rovině nesmí být funkční ani vzhledovou překážkou
- u většího počtu dělicích ploch volíme jejich nejmenší možný počet

Důležité při otevírání formy, je správná volba dělicí roviny. Výrobek musí zůstat na pohyblivé straně formy. Při konstrukci je potřebné formu navrhnout s úkosem a zaoblením. Na velikosti úkosu závisí jednoduché vyhození výrobku z formy a tím i menší opotřebová-

ní. Velikost úkosu se volí individuálně v rozmezí asi $0,5 - 3^\circ$. Zakřivení se vykonává z důvodu možného vzniku vnitřního pnutí v rozích a u ostrých hran.



Obr. 14 Úkosy [2]

4.4 Násobnost formy

Násobností formy se rozumí, kolik kusů výrobků vyprodukuje forma na jeden vstřikovací cyklus.

Optimální volba násobnosti vyžaduje zvážení několika požadavků, jako jsou např. množství výrobků, charakter výrobku, kapacita vstřikovacího stroje i ekonomičnost výroby. Pro tvarově náročné výrobky nebo výrobky s vysokou přesností bývá použita jednonásobná forma. Při větším počtu dutin hrozí totiž rozdílná kvalita výrobků z jednotlivých dutin z důvodu rozdílných teplot, drah a tlaků taveniny. Důležitým faktorem je i volba vstřikovacího stroje, který svojí kapacitou a výkonem musí naplnit všechny dutiny formy i s rezervou cca 20%. [1]

Násobnost formy lze také vypočítat podle těchto parametrů:

- násobnost podle uzavírací síly,
- plošná násobnost,
- objemová násobnost.

4.5 Smrštění

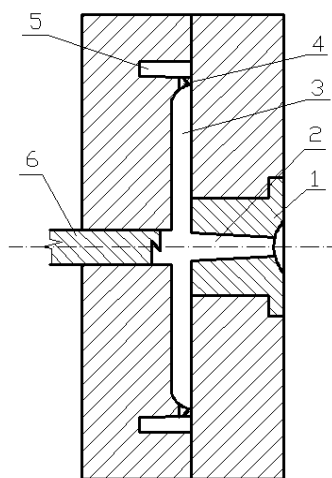
Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku vlivem roztažnosti plastu. Udává se v %. Jeho velikost závisí na určitých faktorech. Smrštění se rozděluje do dvou časových etap. Velikost provozního smrštění se stanovuje na 24 hodin po výrobě součástky a představuje až 90% z jeho doby. Zbytek je dodatečné smrštění, které probíhá poměrně dlouho v závislosti od typu polymeru. Smrštění je možné urychlit teplotou. Velikost smrštění nemusí být ve všech směrech stejná. Asymetrické plnění, směr proudění taveniny, orientace makromolekul u plastu způsobuje anizotropii definovanou jako rozdíl smrštění ve směru podélném a příčném na tok taveniny. Je vyjádřený i v %. Velikost smrštění je ovlivněna vlastnostmi plastu, tvarem výrobku, technologií vstřikování, ale i vstřikovací formou. Správný výpočet hodnot smrštění, případně jejich korekce pro přesnost výrobku je náročná úloha. Pro běžné rozměry výrobku hodnoty smrštění vypočítáme podle vzorce: [6]

$$Z' = \frac{Z \cdot (K+100)}{100} \quad [\text{mm}] \quad \text{kde } Z - \text{skutečný rozměr [mm]}$$

Z' - rozměr s přídavkem o smrštění [mm]
 K - koeficient smrštění

4.6 Vtoková soustava

Vtoková soustava zabezpečuje spojení mezi dutinou formy a vstřikovací tryskou. Skládá se z pravidla z vtokového kanálu, rozváděcího kanálu a ústí vtoku.

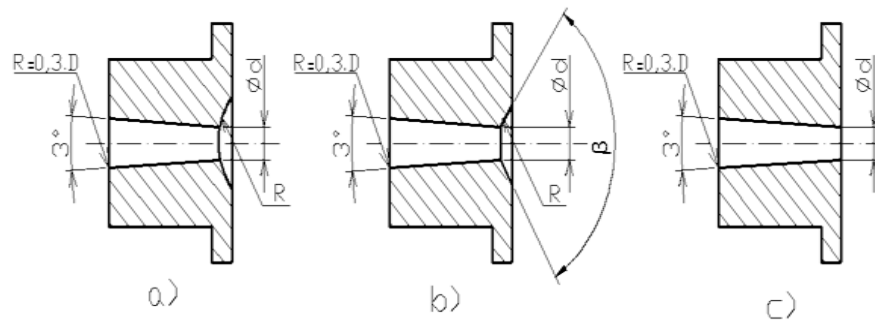


Obr. 15 Vtokový systém [1]

1 - vtoková vložka, 2 - vtokový kanál, 3 - rozváděcí kanál, 4 - ústí vtoku, 5 - výrobek, 6 - vytrhávač vtoku

4.6.1 Vtokový kanál

Vtokový kanál je tvořený vtokovou vložkou a ústí do rozváděcích kanálů nebo přímo do výrobku. Vtoková vložka může mít sedlo kulové, kuželové nebo ploché, podle tvaru vstřikovací trysky. Průměr vtoku závisí na hmotnosti výrobku. Vtokový kanál se doporučuje vyrábět s kuželovitostí 3° .



Obr. 16 Vtoková vložka [1]

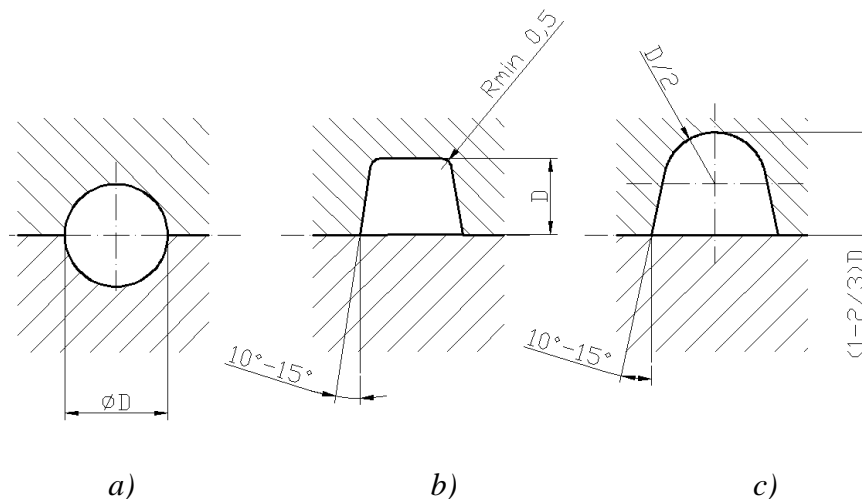
a) Kulové sedlo, b) Kuželové sedlo, c) Ploché sedlo

Tab. 2 Průměr vtoku d v závislosti na hmotnosti výrobku [1]

Hmotnost výrobku m [g]	Průměr d [mm]
Do 10	3,5
10 – 20	4,5
20 – 40	5,5
40 – 150	6,5
150 – 300	7,5

4.6.2 Rozváděcí kanál

Spojuje vtokový kanál s ústím vtoku. Rozváděcí kanály mají být co nejkratší a musí mít stejnou délku. Povrch průřezu kanálu má být co nejmenší, aby se dosáhlo co nejmenší odpor při tečení taveniny. Velikost rozváděcích kanálů závisí na tloušťce stěny výrobku, hmotnosti výrobku a druhu vstřikovaného materiálu.



Obr. 17 Typy rozváděcích kanálů [1]

a) kanál kruhový, b) kanál lichoběžníkový, c) kanál oblý

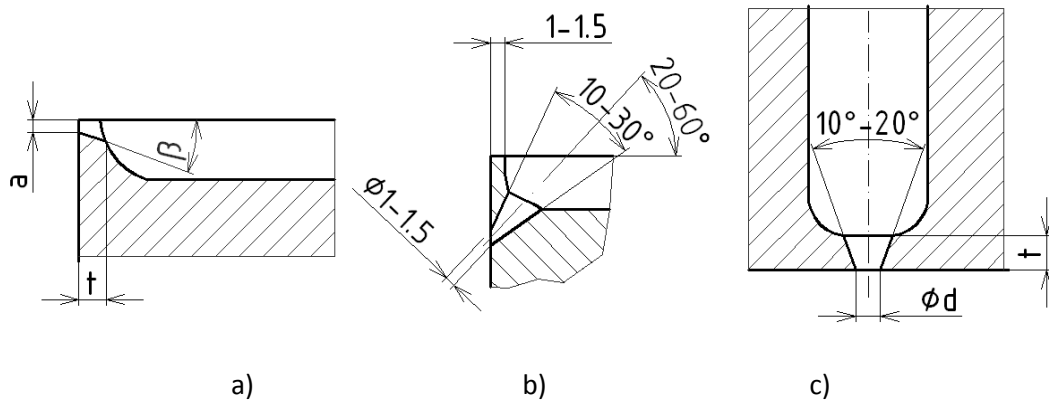
Tab. 3 Průřez rozváděcích kanálů v závislosti na jejich délce a hm. výrobku [1]

Hmotnost výrobku – m [g]	Délka kanálu – L [mm]	Průměr kanálu – D [mm]
Do 2	Do 20	2
Do 2	20 – 35	2.5
Do 2	35 – 50	3
Do 2	50 – 70	3.5
2 – 5	Do 20	2.5
2 – 5	20 – 35	3
2 – 5	35 – 50	3.5
2 – 5	50 – 70	4
5 - 10	Do 20	3
5 - 10	20 – 35	3.5
5 - 10	35 – 50	4
5 - 10	50 – 70	4.5
10 - 30	Do 20	4
10 - 30	20 – 35	4.5
10 - 30	35 – 50	5
10 - 30	50 – 70	5.5

4.6.3 Ústí vtoku

Ústí vtoku umožňuje oddělení výrobku od vtokového systému, ale zároveň musí zajistit co nejmenší ztrátu tlaku. Nejjednodušší z hlediska výroby je boční šterbinové ústí, ale výrobky zůstávají po vyhození z formy spojené s vtokem. Boční tunelové ústí umožňuje

oddělit výrobek od vtoku už v průběhu vyhazování. Přímé bodové ústí se používá u forem s dvěma dělicími rovinami a s automatizovaným pracovním cyklem. [1]



Obr. 18 Ústí vtoku [2]

a) štěrbinové ústí, b) tunelové ústí, c) bodové ústí

4.7 Odvzdušnění formy

Dutina formy je před vstříknutím taveniny naplněná vzduchem. Při její plnění je potřebné zabezpečit odvod tohoto vzduchu a případných splodin.

Odvzdušnění dutiny formy je velmi důležitým faktorem při výsledné kvalitě výrobku. Důležitost odvzdušnění obvykle vyplyne až při zkušebním provozu formy, kdy nekvalitní provedení bývá příčinou špatného vzhledu nebo nedostatečných mechanických vlastností výrobku.

Nejčastějším problémem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, tzv. Dieselův efekt. Je to spálené místo na výrobku, které vzniká důsledkem zvýšené teploty komprimovaného vzduchu. Protitlak stlačeného vzduchu také zvyšuje při plnění dutiny nároky na vstříkovací tlak, kterým se, při jeho zvyšování, vnáší do výrobku zbytečné pnutí. Při nižších teplotách, a tím zvýšené viskozitě taveniny, může dojít vlivem stlačeného vzduchu k nedostatečnému zatékání taveniny do dutiny a teda nedotečenému výrobku. Tento vzduch může také způsobovat bubliny ve výrobku, což je také nežádoucí.

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

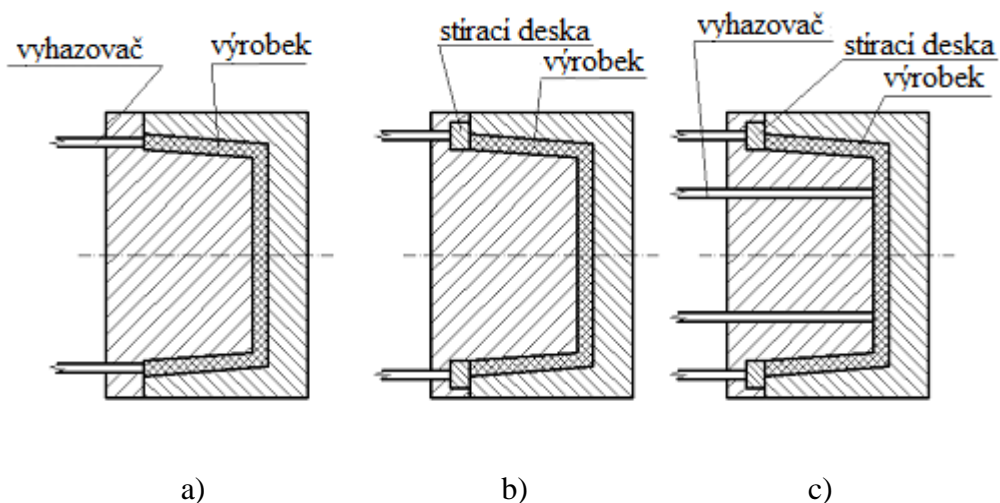
Rozměry odvědušňovacích kanálů se volí s přihlédnutím na viskozitu použitého materiálu, použitý vstřikovací tlak, objem a tvar výrobku i umístění vtoků do dutiny formy. Zpravidla se v praxi volí šířky odvědušňovacích mezer od 0,02 mm do 0,1 mm. Je důležité také pravidelně čistit tyto kanály, které se vlivem splodin lehce zanášejí, čím se snižuje efektivita odvědušňování formy, tím pádem i kvalita samotných výrobků. [2]

4.8 Vyhazovací systémy

Vyhazování je činnost, při které se z dutiny formy nebo z tvárníku otevřené formy vytlačí konečný výrobek. K tomu slouží vyhazovací mechanismus, který zajišťuje automatický výrobní cyklus. Základní podmínkou funkčnosti vyhazovacího systému je vhodná konstrukce výrobku, jeho hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Vyhození výrobku musí být rovnoměrné, aby nedošlo ke zpříčení výrobku, nebo k jeho nevratným plastickým deformacím. [2]

Vyhazovací systémy můžeme rozdělit podle konstrukce rámu formy na:

- systém s vyhazovacími kolíky,
- systém se stírací deskou,
- speciální vyhazovací systémy (vytáčení závitů, pneumatické vyhazování),
- kombinace jednotlivých typů vyhazování.



Obr. 19 Vyhazování výrobku [2]

a) vyhazovači, b) stírací deskou, c) kombinované

4.8.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Tento způsob je nejpoužívanějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výrobku. Uvedený systém je možné použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovač proti ploše výrobku ve směru vyhození. Je jednoduchý na výrobu a funkčně zaručený. Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku a jeho vhodného umístění, umožní jednoduché vyhození výrobku bez poškození. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výrobku a nesmí ho při vyhazování deformovat. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výrobku stopy. Proto není vhodné je používat na vzhledové straně výrobku. Jestliže je vyhazovací systém vybavený větším množstvím kolíkových vyhazovačů, hůře se u formy zhotovují temperační kanály. Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Musí být dostatečně pevné a lehké výrobitelné. Jsou obvykle válcové, mohou mít však jakýkoliv jiný tvar. Ve formě bývají uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/k6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. [2]



Obr. 20 Vyhazovací kolíky

4.8.2 Vyhazování pomocí stírací desky

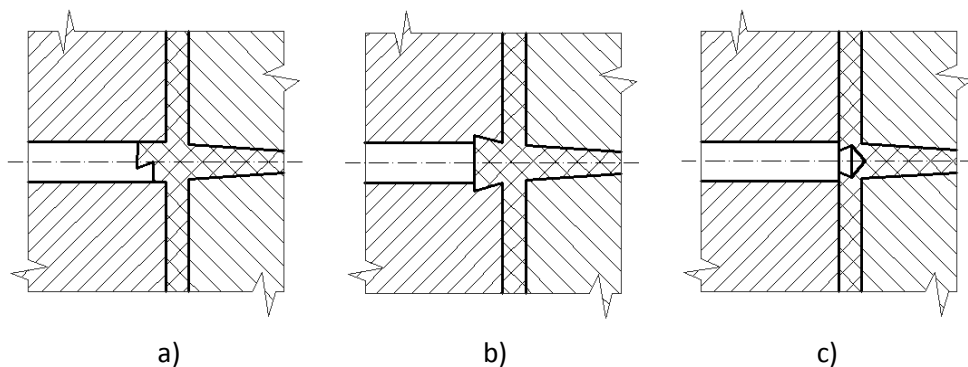
Představuje vyhazování výrobku z tvárničky tlakem po celém obvodu výrobku. Vzhledem k velké stykové ploše nezanechává na výrobku žádnou stopu po vyhazování. Používá se hlavně u tenkostěnných výrobků, kde hrozí nebezpečí jejich deformace. Pro zvýšení trvanlivosti je deska většinou vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou. [2]

4.8.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je to forma speciálního mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmo k dělicí rovině, ale jsou uloženy vzhledem k ní pod určitým úhlem. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výrobků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápičem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [2]

4.9 Vyhazování vtokového zbytku

Při otevření po vstříknutí je potřebné vtokový zbytek přidršet na požadované straně formy, než bude bezpečně vytáhnutý vtokový kužel z vtokové vložky. V pohyblivé části formy je různými způsoby provedený podkos, který přidrží vtokový zbytek tak dlouho, než bude vyhazovacím kolíkem společně s výrobkem vyhozený z dutiny formy. [2]



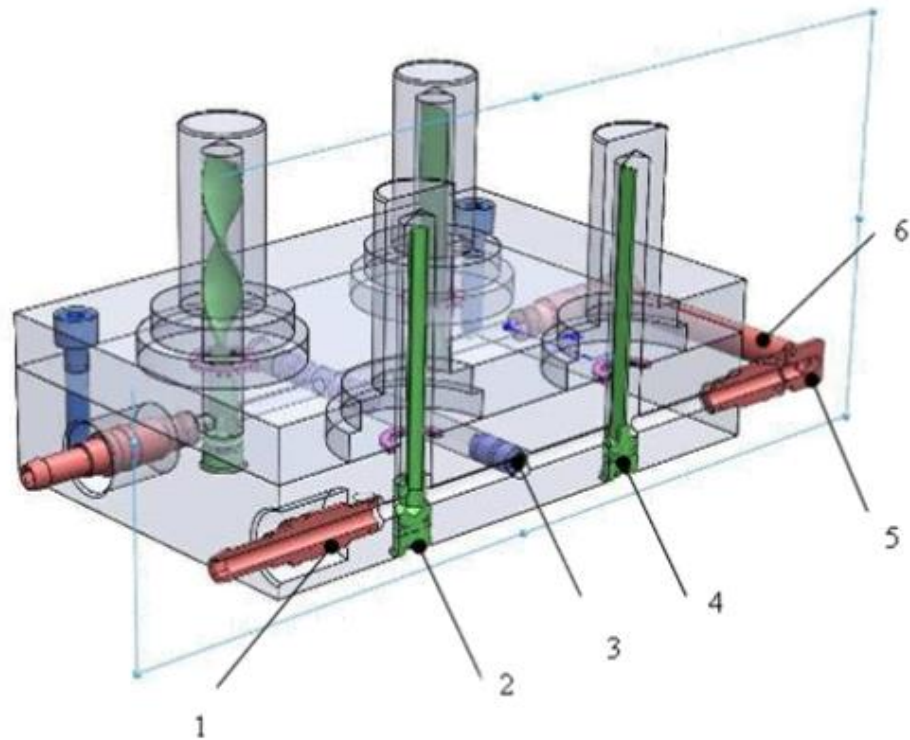
Obr. 21 Způsoby přidržování a vyhazování vtokového zbytku [2]

a) vyhazovač se zářezem, b) vtokový zbytek s podkosem, c) stírání vtokového zbytku

4.10 Temperační systémy

Temperační systémy slouží k udržení konstantní teploty ve formě. Vstříkovaná tavenina polymeru se ve tvarové dutině formy ochlazuje a tuhne. Temperace této dutiny zajišťuje chladnutí a optimální podmínky. U každého výrobku se forma ohřívá, co vyžaduje odvod tepla temperační soustavou, aby v dalším cyklu byly zaručené stejné technologické podmínky. Ve speciálních případech jsou různé části formy temperované odlišně, čímž se eliminují tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění plastů. Teplo se z formy odvádí především temperačním systémem. Mimo toho se projevují i ztráty tepla z formy vedením do upínacího ústrojí stroje, odvodem tepla okolním vzduchem a taktéž vyzařováním tepla do okolí. Teplota formy po vstříku kolísá. Nejprve teplota stoupne, a poté se teplo

odvádí deskami a temperačním systémem. Temperační systém formy je tvořeny soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodné temperační médium. [2]



1- rychlopojka; 2- fontánka; 3- vnitřní zátka; 4- přepážka
5- rychlopojka; 6- spojovací hadice

Obr. 22 Model chladicího okruhu vstříkovací formy

4.10.1 Zásady pro temperační kanály

Rozměry a rozmístění kanálů se volí s ohledem na celkové řešení formy. Při návrhu jejich vzdálenosti od funkční dutiny se přihlíží hlavně na dostatečnou pevnost a tuhost stěny dutiny. Povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo. Z výrobních i fyzikálních důvodů bývá průřez kanálů kruhový. Ve speciálních případech je možné použít také vyfrézované obdélníkové drážky, které je potřeba vodotěsně utěsnit nebo do nich vložit měděné trubky. Pro zvýšení efektivity odvodu tepla je vhodnější volit větší počet menších kanálků. Okolo dutiny se kanály rozmístí rovnoměrně. V místech kde má výrobek větší tloušťku, je dobré kanály ke stěně dutiny přiblížit. [2]

4.10.2 Temperační média

Umožňují ve formě udržet stálou teplotu. U aktivních médií se zpravidla jedná o kapaliny, které nuceným prouděním protékají temperačními kanály. Dochází tak k přestupu tepla mezi kapalinou a formou.

Mezi nejčastější používání kapaliny patří:

- voda: výhodou je nízká cena, viskozita, vysoký přestup tepla a ekologická nezávadnost. Nevýhodou je rozsah použitelnosti a zanášení kanálů vodním kamenem nebo korozi.
- oleje: jsou temperovatelné i nad 100°C, mají vyšší viskozitu a horší přestup tepla. Při poruše obvodu znečišťují prostředí.

Chlazení vzduchem se používá hlavně k odvodu tepla z povrchu formy a stroje. Vzhledem k jeho malé účinnosti ho používáme jen tam, kde použití kapaliny není kvůli nedostatku místa možné. [2]

4.11 Materiály pro výrobu forem

Formy jako složité a nákladné stroje pro vstřikování musí splnit vysoké nároky na životnost, kvalitu a výrobní náklady. Důležitým činitelem pro splnění těchto podmínek je materiál, ze kterého je forma vyrobená. Je ovlivnitelný různými podmínkami výroby, jako druhem použitého plastu, požadavky na přesnost a jakost výrobku, podmínkami při vstřikování nebo samotným vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se používají materiály, které jsou schopné zajistit kvalitní a ekonomicky rentabilní výrobu. Jsou to hlavně ocele vhodných vlastností, neželezné slitiny kovů a jiné materiály.

Ocel je nejpoužívanějším materiálem při výrobě forem. Svými mechanickými vlastnostmi jsou téměř nenahraditelné.

Z hlediska technologie výroby má materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury:

- dobrá obrobiteľnosť a lešiteľnosť,
- odolnosť vŕči otĕru,

- odolnost vůči korozi a chemickým vlivem,
- vyhovující kalitelnost,
- stálost rozměrů.

Při volbě oceli na díly je třeba brát v potaz více faktorů, kterými jsou kvalitativní požadavky (pevnost, povrchové vlastnosti, rozměrová stabilita), ekonomická dostupnost zvolených materiálů. Forma se konstruuje tak, aby byla její kvalita při nejnižší ceně byla co nejvyšší a finální výrobky dosahovali požadovanou kvalitu. [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Teoretická část této bakalářské práce se zabývá rozdělením materiálů ke vstřikování, problematikou vstřikování plastů, konstrukcí vstřikovacích strojů a v neposlední řadě konstrukcí vstřikovací formy.

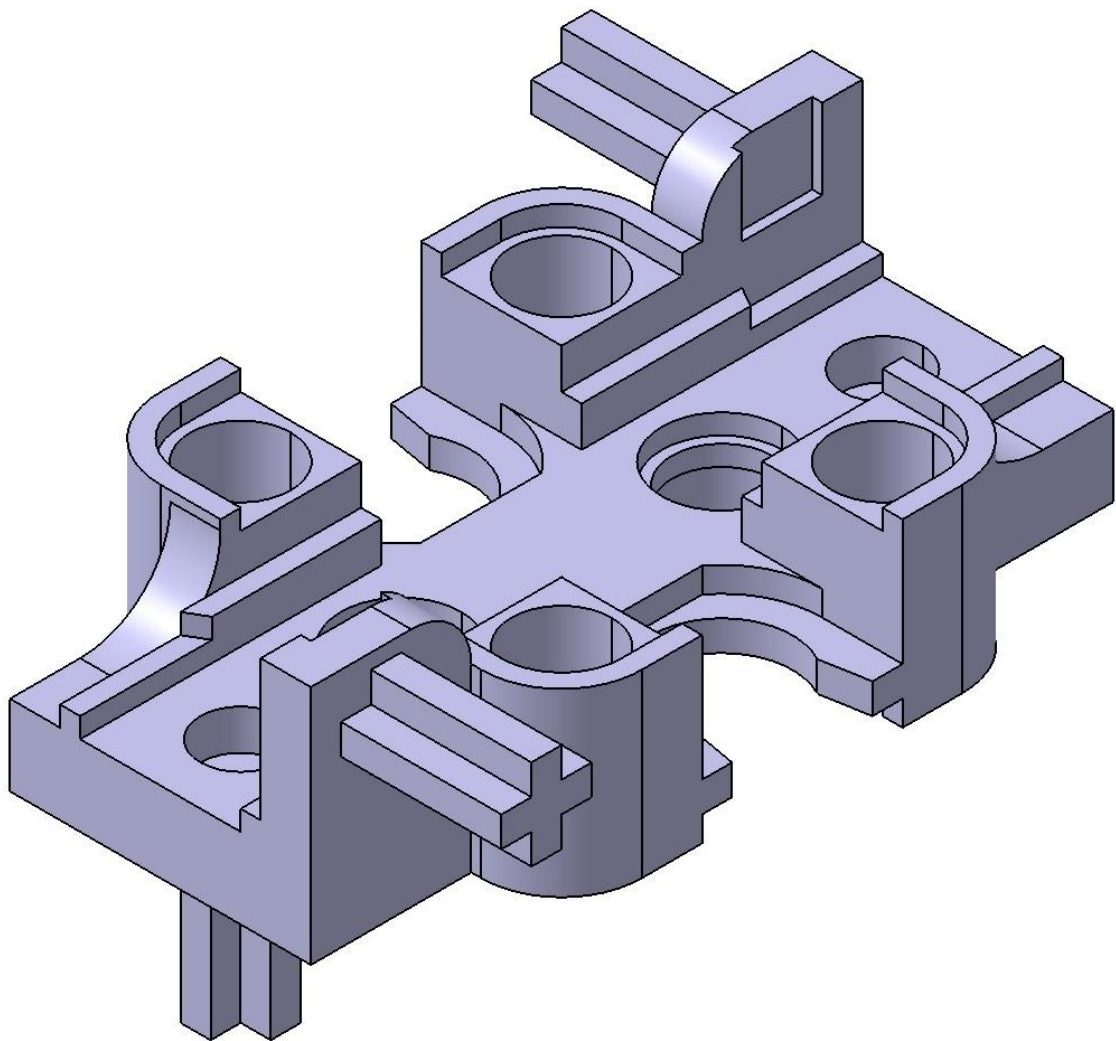
V praktické části byly stanoveny tyto cíle:

- provedení konstrukce 3D modelu vstřikovaného výrobku,
- provést návrh konstrukce vstřikovací formy pro zadaný výrobek
- zhotovit 2D výkresovou dokumentaci, včetně příslušných pohledů a kusovníku.

V praktické části bakalářské práce bylo cílem nakreslit 3D model vstřikovaného výrobku a následně provést konstrukci vstřikovací formy pro tento výrobek, a to za pomoci 3D programu Catia V5R19 a softwarového katalogu od firmy HASCO. Dále pak, byla zhotovena výkresová dokumentace, dle norem technického kreslení.

6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaným výrobkem je součást stavebnice. Výrobek je tvarově velmi rozmanitý. Ve výrobku je celkem 6 průchozích děr o průměru 5 mm. Součást stavebnice je osazena na každé z bočních stran jedním a na spodní straně dvěma tvarovými elementy, sloužící ke spojení dalších dílů stavebnice. Největší rozměry v půdorysu jsou 40 x 31 mm a výška 19,5 mm. Objem výrobku je 2,82 cm³ a hmotnost 2,93 g.



Obr. 23 Zadaný výrobek

6.1 Materiál vstříkovaného dílu

ABS (Akrylonitrilbutadienstyren) je termoplast vznikající polymerací ze třech komponent acrylnitrilu, butadienu a styrolu.

Jeho použití je dáno především jeho vysokou tuhostí, odolností proti rázům a dobrou obrobitelností. Velmi důležitá je také odolnost nasákavosti a mechanickému opotřebení. ABS je možno lepit pomocí lepidel na bázi toluenu nebo polyakrylátovými lepidly.

Dobře odolává velké škále chemikálií od zásad až po kyseliny. Plast ABS lze dobře zpracovávat pomocí tepla při teplotách až do 280°C. Obrábět lze prakticky všemi technikami – soustružení, frézování, vrtání, řezání.

ABS nachází využití prakticky v každém oboru průmyslu. Využit lze pro jednoduché mechanické díly ale také pro složité součástky s nárokem na dobrou mechanickou i chemickou odolnost. [13]

Tab. 4 Vlastnosti ABS (Akrylonitrilbutadienstyren) [13]

Vlastnosti ABS	Hodnota	Jednotka	Parametr
Hustota	1,04	g/cm ³	
Barva	šedá neprůhledná		
Modul pružnosti	1700	MPa	1 mm/min
Mez pevnosti v tahu	32	MPa	50 mm/min
Pevnost v ohybu	49	MPa	2 mm/min, 10N
Pevnost v tlaku	15/26	MPa	1%/2%. 5 mm/min, 10N
Krystalický bod tání	104	°C	
Pracovní teplota	100	°C	
Pracovní teplota	75	°C	
Nasákavost	0,07/0,2	%	24h / 96h (23°C)

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstřikovací formu byl navržen hydraulický vstřikovací stroj od japonské firmy FANUC s modelovým označením ROBOSHOT a-S130 iA, s kloubovým pákovým upínacím mechanismem. Upínací síla tohoto stroje je až 1 300 kN (130 t). Max./min. výška formy: 570 – 200 mm.



Obr. 24 Vstřikovací stroj FANUC ROBOSHOT a-S130 iA [14]

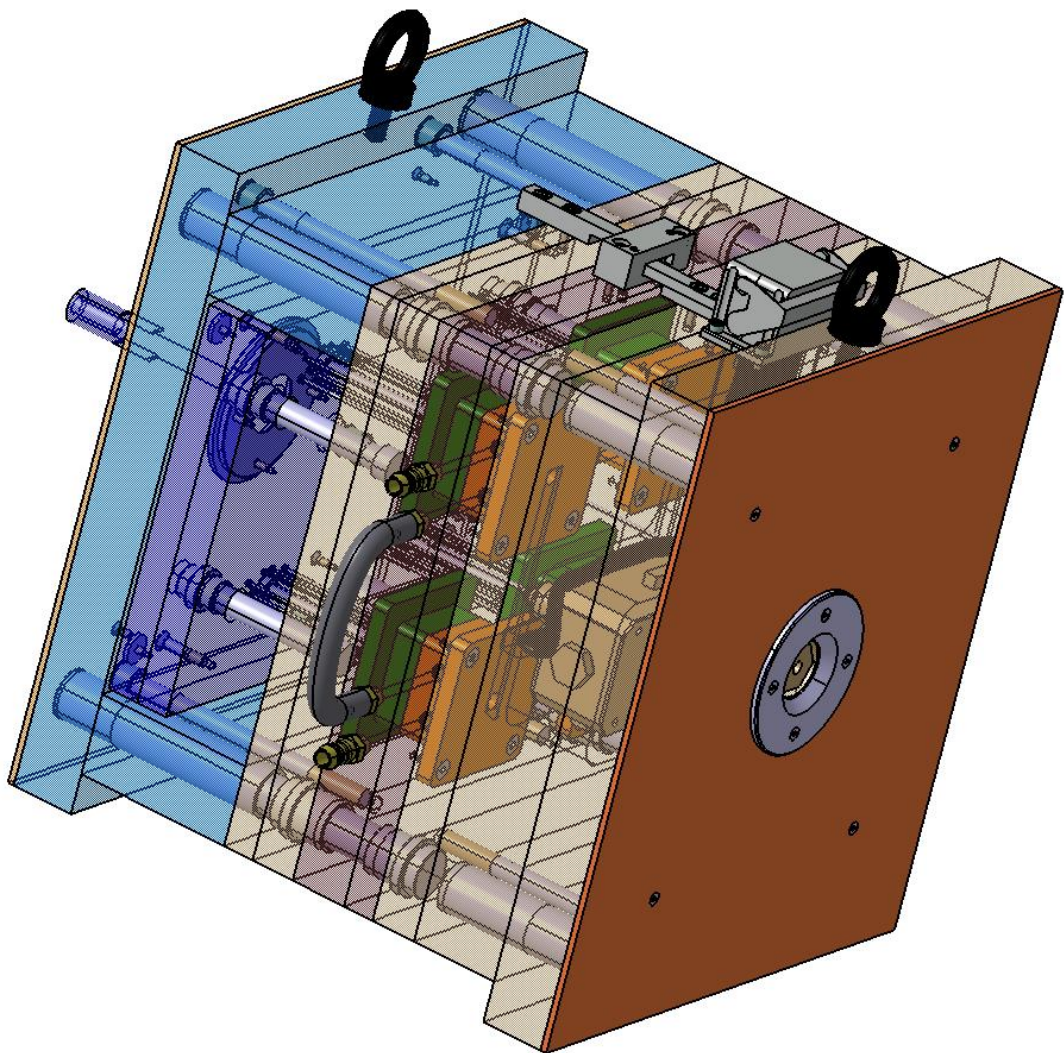
Tab. 5 Vybrané parametry vstřikovacího stroje [14]

Uzavírací jednotka	
Uzavírací síla	1300 kN
Průměr středícího kroužku	100 mm
Výška formy	200 - 570 mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	530 x 530 mm
Otevírací zdvih	400 mm
Vyhazovací síla	25 kN
Vyhazovací zdvih	100 mm
Vstřikovací jednotka	
Průměr šneku	32 mm
Objem vstřikované dávky	103 cm ³
Tah šneku	128 mm
Rychlost toku taveniny	160 cm ³ /s
Vstřikovací tlak	220 MPa

8 KONSTRUKCE FORMY

Návrh formy a její následná konstrukce se odvíjela od konstrukce tvarových desek. Forma jako taková je rozdělena do tří částí, a to jako levá strana (uzavírací), pravá strana (vstříkovací) a vyhazovací systém.

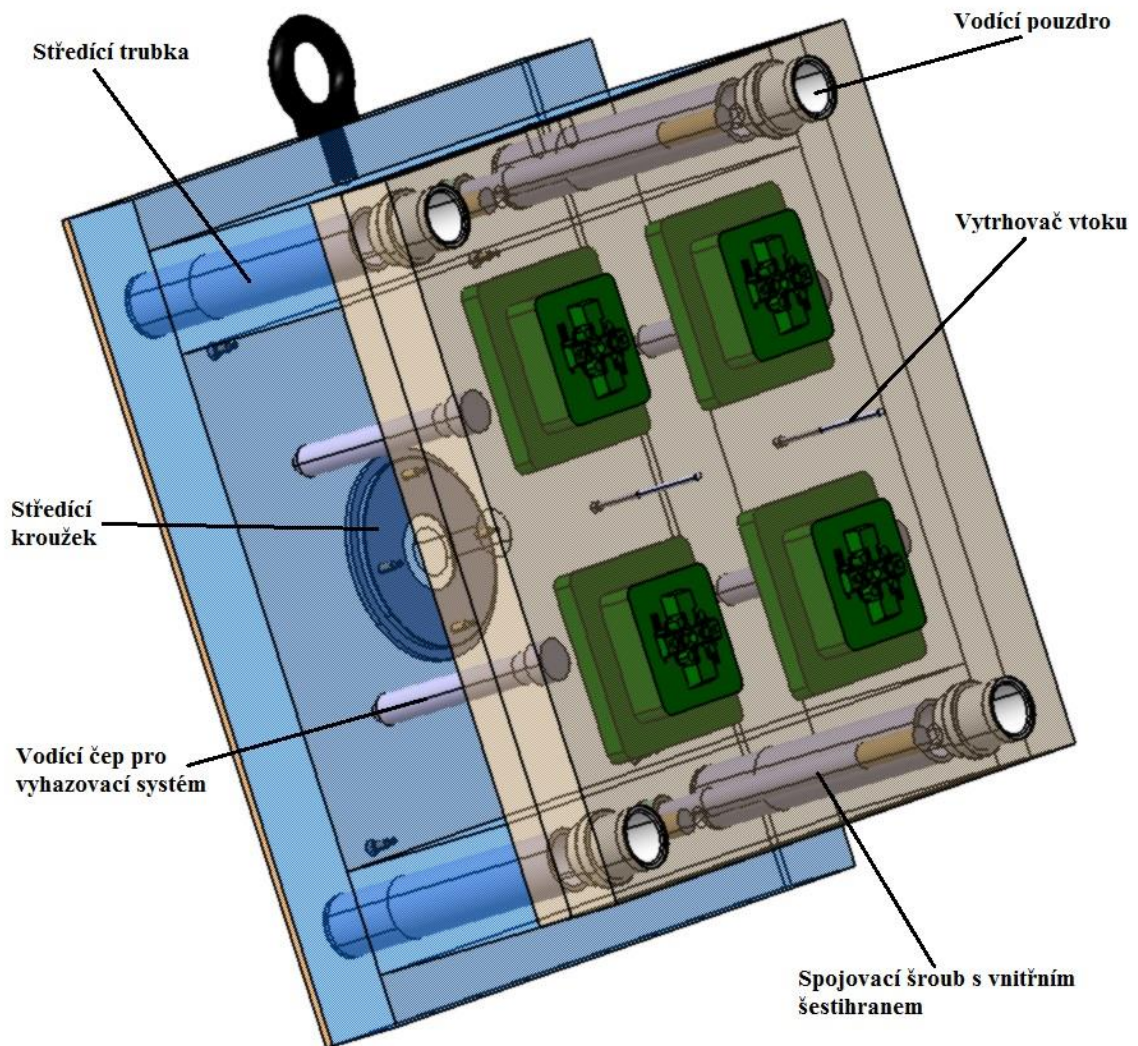
Konstrukce formy byla provedena v softwaru CATIA V5R19. Normálie pak byly vkládány z katalogu od firmy HASCO. Volba normálií vede k celkově ekonomicky výhodnějšímu a rychlejšímu výrobnímu procesu vstříkovací formy.



Obr. 25 Kompletní vstříkovací forma

8.1 Levá (uzavírací) část formy

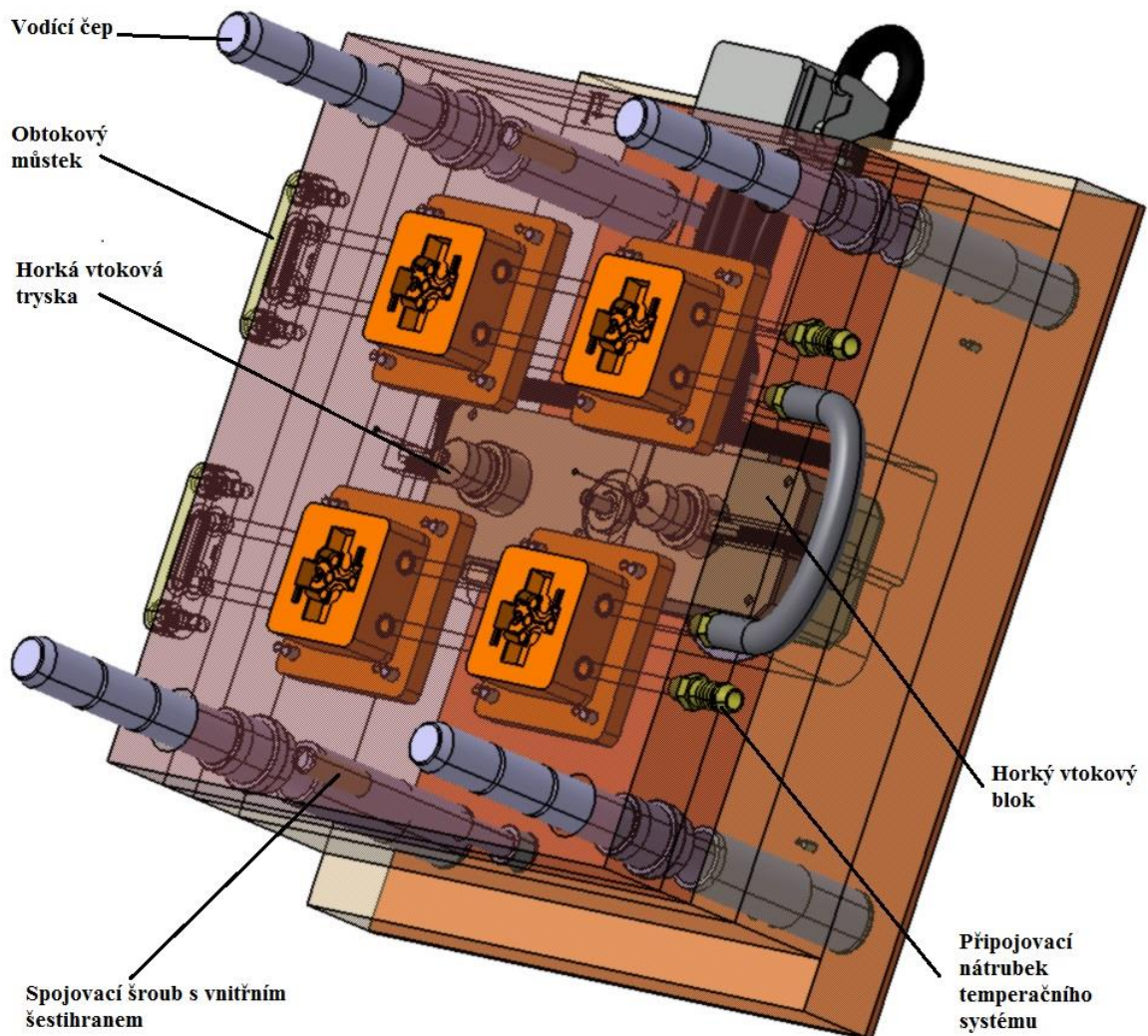
Levá část formy se skládá z tvárníku, kotevní desky pro tvárník, opěrné desky, rozpěrných desek, upínací desky a desky izolační. Desky jsou spojeny spojovacími šrouby s vnitřním šestihranem. K vystředění desek slouží středící trubky a vodící pouzdra pro vedení vodících čepů. Kotevní deska pro tvárník je opatřena dvěma vytrhovači vtoku. Uzavírací strana je pohyblivá. Posouvá se v horizontálním směru po vodících čepích od pravé části při otvírání formy. V levé části je také usazen vyhazovací systém, který se pohybuje taktéž horizontálně po vodících kolících mezi upínací a opěrnou deskou.



Obr. 26 Levá část formy

8.2 Pravá (vstříkovací) část formy

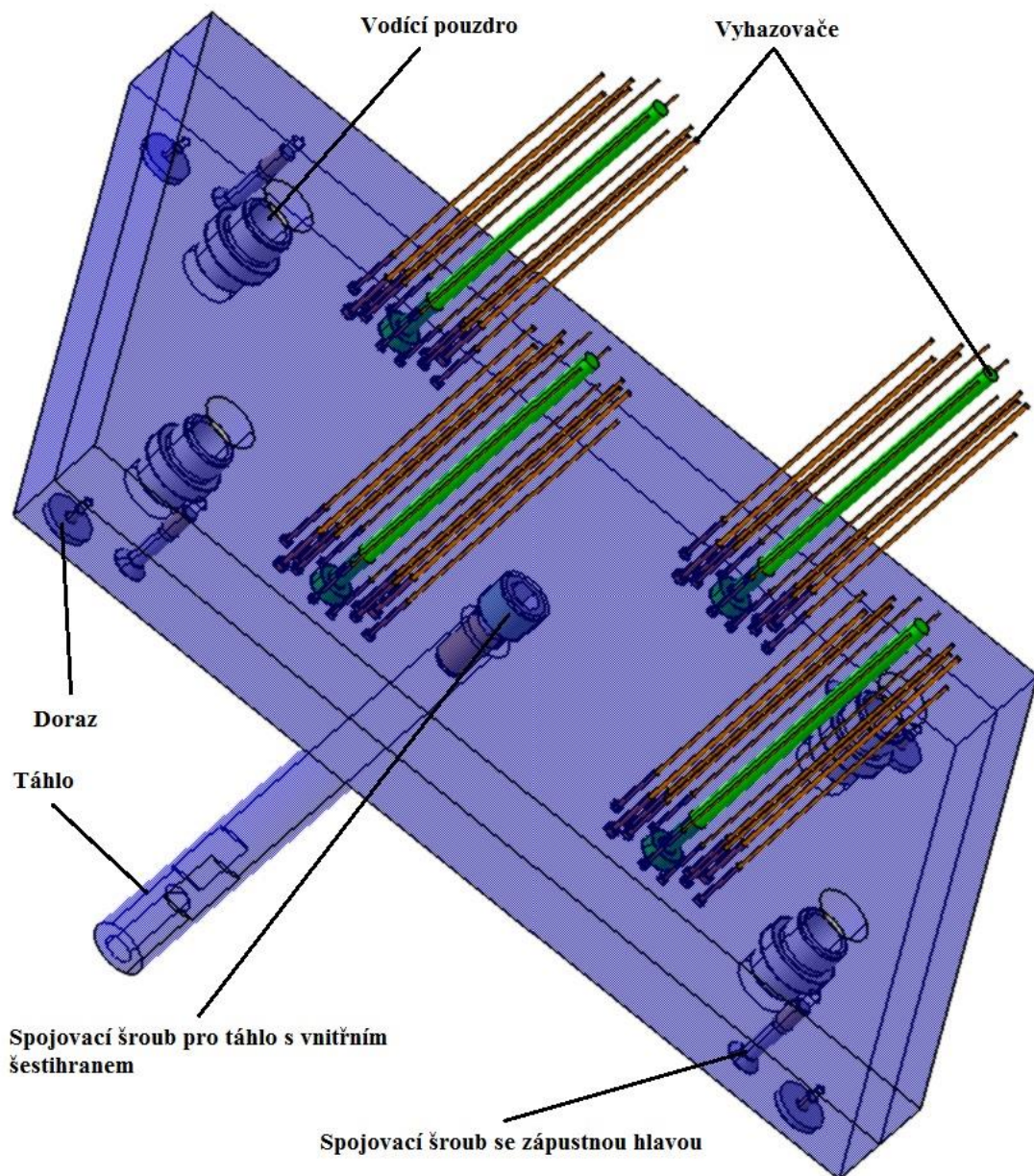
Pravá část formy obsahuje tvárnici, kotevní desku pro tvárnici, rozvodnou desku, desku pro přidržení trysky, desku pro vyhřívavý blok, upínací desku a izolační desku. Dále pak elektrickou zásuvku s kabeláží, vodící kolíky, temperační systém (připojovací nátrubek, hadici, obtokový můstek), horký vtokový blok s tryskami, spojovacími šrouby s vnitřním šestihranem.



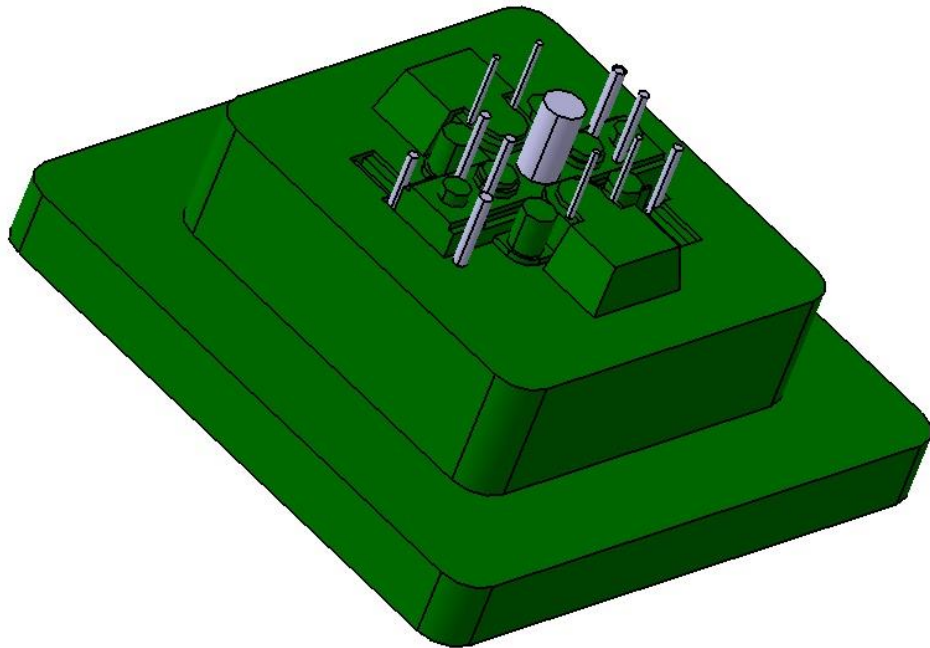
Obr. 27 Pravá strana formy

8.3 Vyhazovací systém

O vyhození výrobku z dutiny formy po jejím otevření se stará vyhazovací systém. Je důležité, aby se před vyhozením výrobek schladil na vyhazovací teplotu. Kdyby tomu tak nebylo, je zde velká možnost poškození povrchu nebo tvaru výrobku vyhazovači. Po odjetí levé (uzavírací části) od pravé (vstřikovací) části formy výrobek zůstává na povrchu tvárníku a dochází k vyhození výrobku pomocí válových vyhazovačů.



Obr. 28 Vyhazovací systém

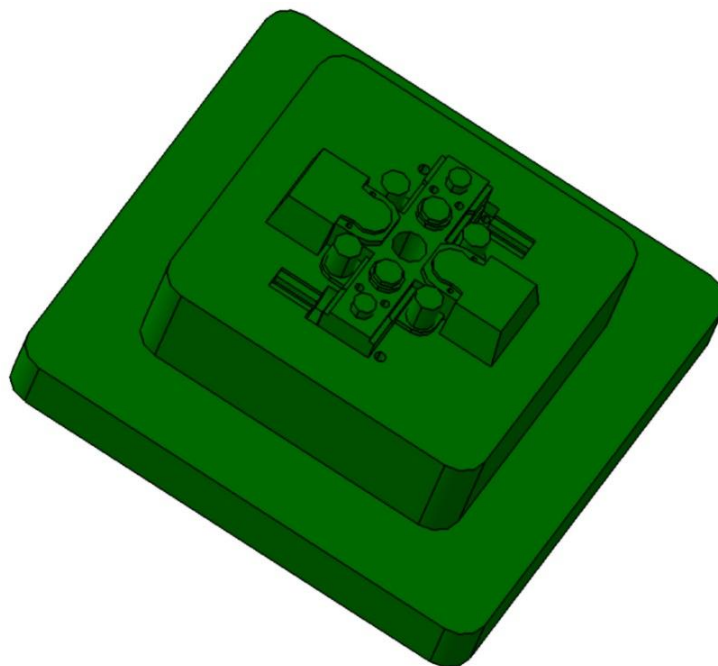


Obr. 29 Rozvržení vyhazovačů ve tvárníku

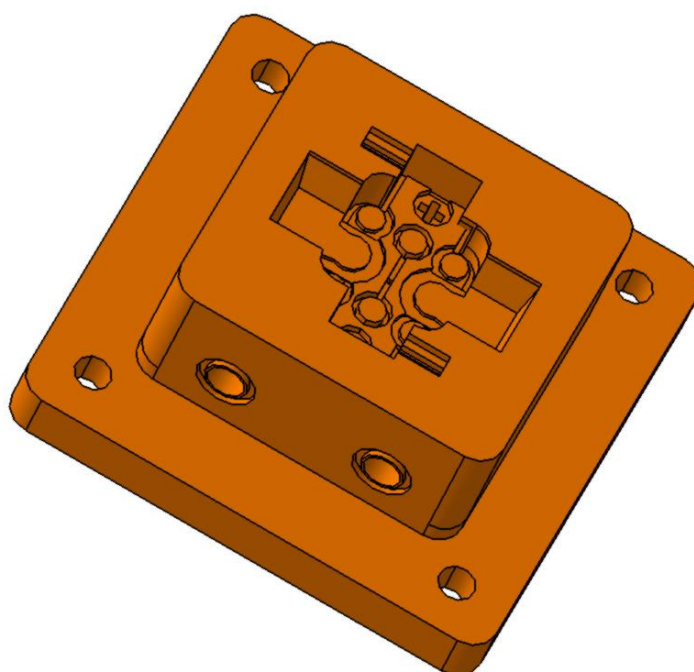
8.4 Tvarové části formy

Tvarové části (tvárník a tvárnice), při dosednutí na sebe vytváří dutinu, která je negativem výsledného výrobku, do které se při vstřikovacím procesu dopraví tavenina. Při konstrukci bylo voleno zhotovení tvarových vložek, místo výroby celých tvarových desek. Důvodem bylo, ekonomicky výhodnější provedení, a také jejich snadná výměna při poškození. Dalším důvodem byla možnost měnit tvarové vložky za jiné a tím možnost získání variability vstřikovací formy z hlediska rozmanitosti typů vstřikovaných dílů.

Obě tvarové vložky jsou vyrobeny z oceli třídy 19, a dále pak cementovány a kaleny. Tvárník je usazen v levé (uzavírací) části, a tvárnice v pravé (vstřikovací) části. Tvárník i tvárnice mají osazení, které v případě tvárníku způsobuje to, že nemusí být připevněn šrouby, ale je pouze přidržen opěrnou deskou. U tvárnice tomu tak nemůže být, a to kvůli použití kombinovaného vtokového systému.



Obr. 30 Tvarová vložka (tvárník)



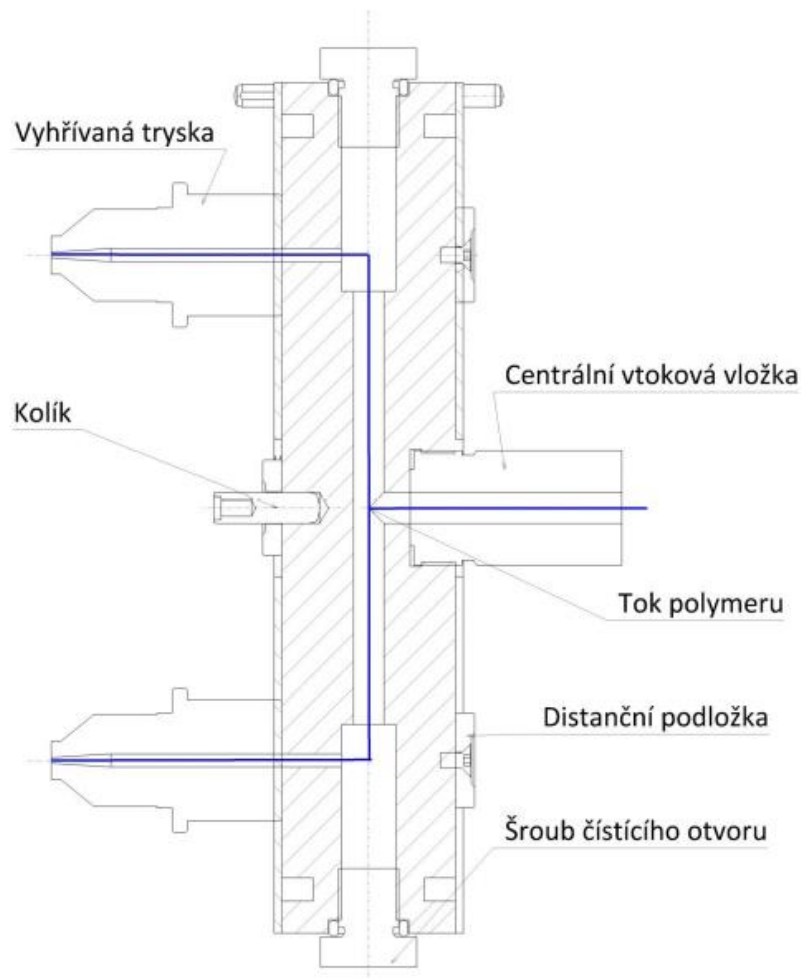
Obr. 31 Tvarová vložka (tvárnice)

8.5 Násobnost

Při návrhu byla zvolena čtyřnásobná forma. A to z důvodů malých rozměrů součástí a celkové zrychlení výroby. Při volbě násobnosti je důležité dbát na kapacitu vstřikovacího stroje, přesnost výrobku a také celkové množství výrobků.

8.6 Vtokový systém

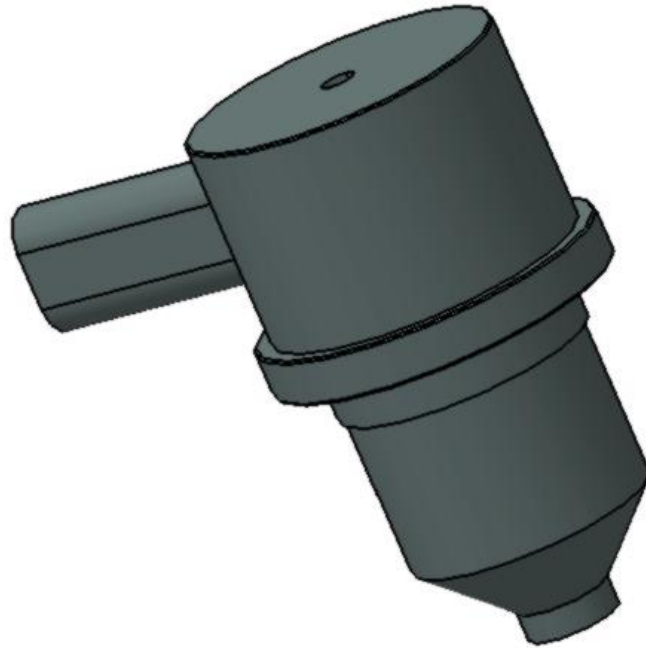
Při konstrukci formy byl zadán vtokový systém v kombinovaném provedení horkého a studeného vtoku. Tavenina se do dutiny formy ze vstřikovacího stroje dostane přes horký vtokový blok. Tento blok je po dobu vstřikování temperován na otopnými tělesy na požadovanou teplotu. Následně tavenina postupuje do vyhříváných trysek, na které navazují studené rozvodné kanály. Při vstupu do studeného rozvodného kanálu tavenina naráží na kulový vytrhovač vtoku, který zajistí pozdější vytrhnutí vtokového zbytku, který zde zůstává po zatuhnutí taveniny.



Obr. 32 Schéma horkého vtokového bloku [15]

8.6.1 Horká tryska

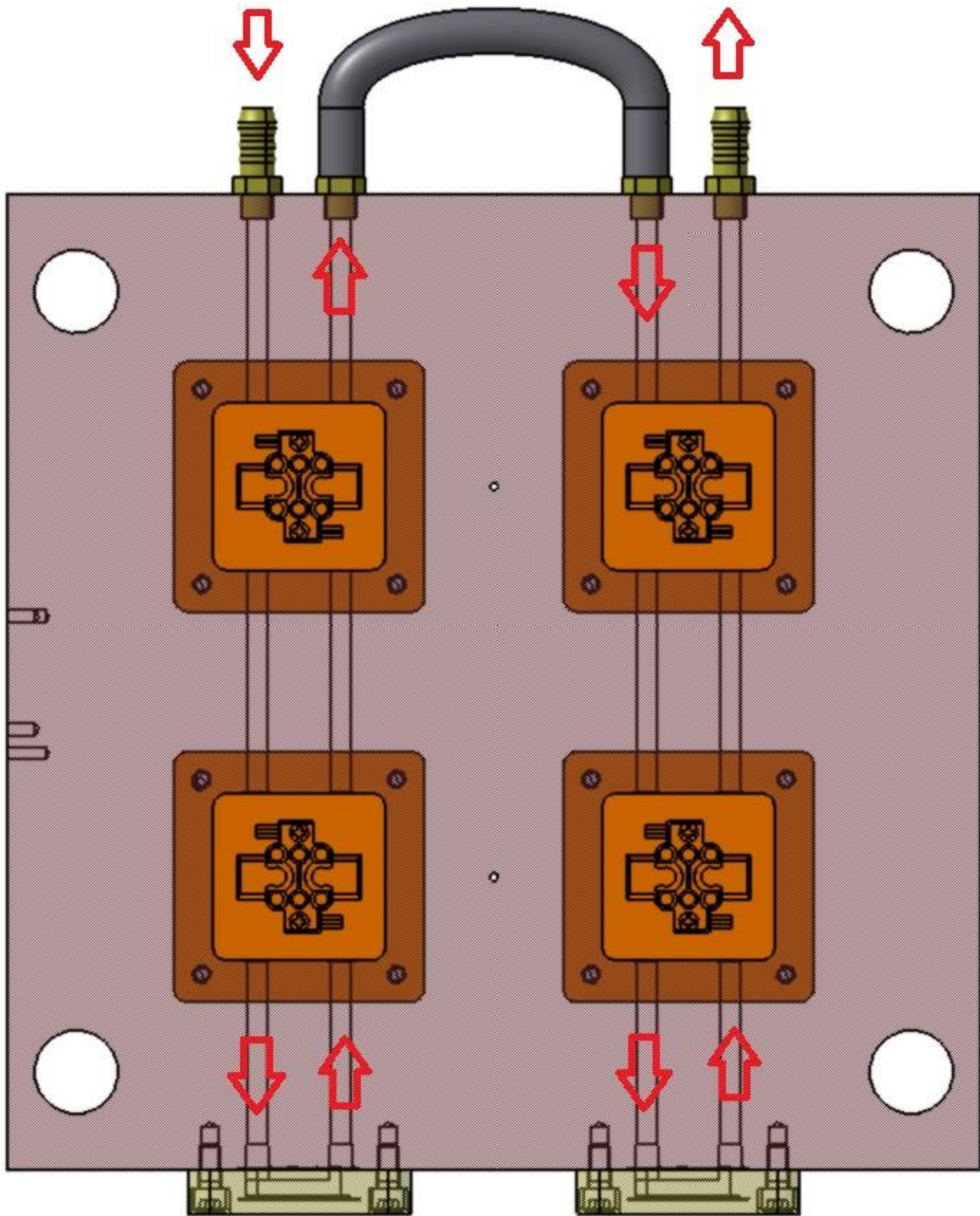
K dopravení taveniny z vyhřívaného bloku byla volena horká tryska od firmy HASCO s označením Z103/ 27 x 49. Je to horká tryska bez hrotu. Tento typ byl zvolen z důvodu vyústění trysky do rozvodného kanálu, nikoliv do dutiny formy.



Obr. 33 Horká vtoková tryska

8.7 Temperace formy

Při řešení temperace vstříkovací formy, se provedlo vyvrtání temperačních kanálů pouze v pravé tvarové desce a ve tvárnících, z důvodu malých rozměrů vstříkovaných dílů. Temperace jedné strany postačí na celou součást. Médium pro chlazení je voda. Průměr vyvrtaných děr pro temperaci byl volen 6 mm.



Obr. 34 Schéma temperace ve formě

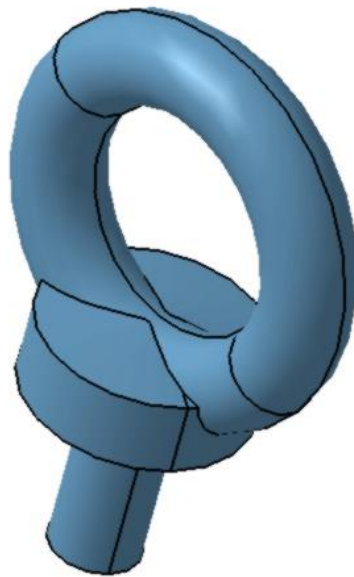
8.8 Odvzdušnění formy

Uzavření formy má za následek také uzavření nežádoucího vzduchu v dutině formy. Tento vzduch se při plnění zahřívá a mohlo by dojít ke vzniku spálených míst. Vzduch může také narušit tvar výrobku, a proto je nutné ho odstranit z dutiny formy.

V tomto případě návrhu konstrukce formy, slouží k odvodu nežádoucího vzduchu v dutině formy dělicí rovina a také vůle v uložení jednotlivých vyhazovačů.

8.9 Transportní zařízení

Vstřikovací forma je opatřena na horních stranách upínacích desek dvěma transportními oky. Tyto oka jsou zde upevněny pomocí závitů a slouží k jednoduchému přenášení formy pomocí zvedacího zařízení. Transportní oko má v katalogu HASCO označení Z710_12_0.



Obr. 35 Transportní oko

9 POUŽITÝ SOFTWARE

9.1 CATIA V5R19

Celková konstrukce formy i zadaného výrobku byla provedena ve 3D softwaru CATIA V5R19 od francouzské společnosti Dassault Systèmes. CATIA je programový systém, podporující trojrozměrný návrh, výrobu a inovaci strojírenských výrobků.

9.2 Katalog HASCO

Pro dokončení konstrukce byl použit i katalog od firmy HASCO, ze kterého se čerpal normálie. Tyto normálie bylo nutné importovat do softwaru CATIA V5R19 pomocí programu HASCO DAKO 3D - modul normálií R1/2015.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh vstříkovací formy pro zadanou součást stavebnice. Samotný konstrukční návrh formy byl realizovaný v softwaru CATIA V5R19 a za pomoci programu HASCO DAKO 3D - Modul byly do návrhu formy vkládány normálie od firmy HASCO.

Konstrukce formy jako takové se odvíjela od její násobnosti a rozměrů zadané součásti. Pro výrobek byl zvolen materiál ABS, jehož vlastnosti nejlépe vyhovovaly požadavkům na kvalitu výrobku. Pro vstříkovací formu byl zvolen vstříkovací stroj FANUC ROBOSHOT a-S130 iA. Při návrhu formy, bylo využito získaných poznatků z teoretické části práce. Tvarové části byly navrženy jako vyměnitelné vložky, jak už tvárník tak i tvárnice. Podle rozmístění tvarových vložek, za podmínek splnění násobnosti, se určila velikost desek, do kterých byly tyto vloženy. Od těchto rozměrů se pak dále odvíjely další rozměry formy. V návrhu formy bylo použito kombinovaného vtokového systému. Kombinovaný vtokový systém zahrnuje vyhřívaný vtokový blok s tryskami, na které navazují studené rozvodné kanály. Ty pak ústí do dutiny formy. O odstranění zbytku taveniny, která zůstane v rozvodném kanálu se stará dvojice vytrhovačů vtoku.

Temperace tvarových desek a tvarových vložek byla provedena vyvrtáním temperačních kanálků o průměru 6 mm. Byl volen jeden temperační okruh v pravé tvarové desce s tvárnicí. Jako médium pro temperaci byla volena voda. Vyhození výrobku z dutiny formy zajišťuje vyhazovací systém s válcovými vyhazovači. Odvzdušnění dutiny formy, bylo řešeno únikem vzduchu přes dělicí rovinu a také přes vůli uložení vyhazovačů ve tvárníku. Pro snadný transport formy, byly na horní strany upínacích desek nainstalovány transportní oka.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol.: *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. UNIPLAST Brno, 1999, 134s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol.: *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. UNIPLAST Brno, 1999, 214 s.
- [3] MAŇAS, Miroslav; HELFŠTÝN, Josef. *Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikářské stroje. Díl 2*. VUT Brno, 1987, 199s.
- [4] JAHNÁTEK, L.; GROM, J., NÁPLAVA, A.: *Teória a technológia spracovania plastov*. 1. vyd. STU Bratislava, 2005, 188s., ISBN 80-227-2256-1
- [5] KOLOUCH, J. a kol.: *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1. vyd. SNTL Praha, 1986, 229s.
- [6] VESELÝ, K.: *Polymery – struktura, syntézy, vlastnosti, zpracování*. 1. vyd. Brno: Česká společnost průmyslové chemie, 1992, 177s., ISBN 80-02-00951-7.
- [7] SEDIL, M.: *Stroje pro zpracování polymerních materiálů*. 1. vyd. Střední odborné učiliště Svitavy, 2015, ISBN 978-80-88-058-71-7. Dostupné z WWW: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [8] ŠTĚPEK, J., ZEIGLER, J., KUTA, A.: *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. SNTL Praha, 1989, 638s.
- [9] VARKÓLY, V., KOVÁČ, P., BELKO, D., TAINOVÁ, Š.: *Technické plasty, výroba, spracovanie a skúšanie*. 1. vyd. EDIS Žilina, 1995, 103s., ISBN 80-7100-285-2
- [10] STANĚK, M. *přednášky T5KF*
- [11] VÝROBA PLASTŮ [online]. Dostupné z WWW: <http://www.vyrobaplastu.eu/wp-content/uploads/2016/01/16-01-05-princip-vstrikovani-plastu-01-800-540.jpg>
- [12] AUTODESK [online]. Dostupné z WWW: <http://autodesk.c-agency.cz/galerie?gallery=3915>
- [13] SITTECH [online]. Dostupné z WWW: <http://sittech.cz/abs-akrylonitrilbutadienstyren>

- [14] FANUC [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.fanuc.eu/cz/cs>
- [15] BARTOŠ, Lukáš. *Konstrukce vstřikovací formy pro zadaný díl*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012, 67 s. (62 900 znaků). Dostupné také z:
<http://hdl.handle.net/10563/21716>
- [16] RESS, Herbert. *Mold engineering. 2nd edition*. Munich : Hanser, 2002. 688 s.
ISBN 3-446-21659-6.
- [17] GASTROW, Hans . *Injection molds : 130 proven designs*. Edmund Linder and Peter Unger . 3rd edition. Munich : Hanser, 2002. 313 s. ISBN 3446214488
- [18] BEAUMONT J. P., NAGEL R., SHERMAN R.: *Successful injection molding*. Munich: Hanser Publishers, 2002. ISBN 3-446-19433-9
- [19] MENGES, Georg; MOHREN, Paul. *How to make injection molds*. New York : Hanser, 1986. 269s. ISBN 3-446-13666-5.
- [20] DASSAULT SYSTEMES [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.3ds.com/>
- [21] HASCO [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.hasco.com/hasco/en/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
PVC	Polyvinylchlorid
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyformaldehyd
PE	Polyolefiny
PS	Styrenové polymery
PA	Polyamidy
PC	Polykarbonát
MPa	Megapascal
m	Metr
s	Sekunda
kN	Kilonewton
°	Stupeň
%	Procento
g	Gram
mm	Milimetr
°C	Stupeň celsia
cm ³	Kubický centimetr
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
min	Minuta
N	Newton
h	Hodina
t	Tuna

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Nadmolekulární struktura polymerů	12
<i>Obr. 2</i> Nadmolekulární struktura elastomeru.....	13
<i>Obr. 3</i> Princip vstřikování plastů [11]	16
<i>Obr. 4</i> Schéma vstřikovacího stroje	18
<i>Obr. 5</i> Schéma vstřikovací jednotky [7]	19
<i>Obr. 6</i> Základní geometrické parametry šneku a jeho uložení v tavící komoře [7]	21
<i>Obr. 7</i> Hydraulická uzavírací jednotka [3]	22
<i>Obr. 8</i> Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka [7]	22
<i>Obr. 9</i> Vstřikovací forma [12]	23
<i>Obr. 10</i> Přejechy v tloušťce stěny [5]	26
<i>Obr. 11</i> Zaoblení stěn [5]	27
<i>Obr. 12</i> Neprůchodné otvory [5]	27
<i>Obr. 13</i> Průměr kovových vložek [5]	28
<i>Obr. 14</i> Úkosy [2]	29
<i>Obr. 15</i> Vtokový systém [1]	30
<i>Obr. 16</i> Vtoková vložka [1]	31
<i>Obr. 17</i> Typy rozváděcích kanálů [1]	32
<i>Obr. 18</i> Ústí vtoku [2]	33
<i>Obr. 19</i> Vyhazování výrobku [2]	34
<i>Obr. 20</i> Vyhazovací kolíky	35
<i>Obr. 21</i> Způsoby přidržování a vyhazování vtokového zbytku [2]	36
<i>Obr. 22</i> Model chladicího okruhu vstřikovací formy.....	37
<i>Obr. 23</i> Zadaný výrobek	42
<i>Obr. 24</i> Vstřikovací stroj FANUC ROBOSHOT a-S130 iA [14]	44
<i>Obr. 25</i> Kompletní vstřikovací forma	45
<i>Obr. 26</i> Levá část formy	46
<i>Obr. 27</i> Pravá strana formy.....	47
<i>Obr. 28</i> Vyhazovací systém	48
<i>Obr. 29</i> Rozvržení vyhazovačů ve tvárníku	49
<i>Obr. 30</i> Tvarová vložka (tvárník)	50
<i>Obr. 31</i> Tvarová vložka (tvárnice).....	50

<i>Obr. 32 Schéma horkého vtokového bloku [15]</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 33 Horká vtoková tryska.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 34 Schéma temperace ve formě</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 35 Transportní oko</i>	<i>54</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Rozdělení plniv</i>	14
<i>Tab. 2 Průměr vtoku d v závislosti na hmotnosti výrobku [1]</i>	31
<i>Tab. 3 Průřez rozváděcích kanálů v závislosti na jejich délce a hm. výrobku [1]</i>	32
<i>Tab. 4 Vlastnosti ABS (Akrylonitrilbutadienstyren) [13]</i>	43
<i>Tab. 5 Vybrané parametry vstřikovacího stroje [14]</i>	44

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 CD-ROM, který obsahuje - textový soubor s bakalářskou prací
- výkres sestavy včetně kusovníku
- výkres výrobku
- P2 Výkres sestavy
- P3 Kusovník
- P4 Výkres výrobku