

Využití normálií při konstrukci vstřikovacích forem

Miroslav Mikulík

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav MIKULÍK**
Osobní číslo: **T09446**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Využití normálí při konstrukci vstřikovacích forem**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma**
- 2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu**
- 3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl ve dvou variantách**
- 4. Nakreslete 2D řez vstřikovacími formami včetně příslušných pohledů a kusovníku**
- 5. Provedte srovnání jednotlivých variant**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

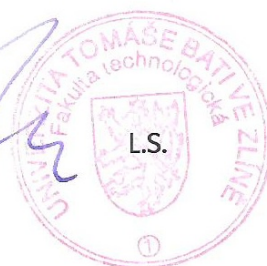
Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2012

Ve Zlíně dne 13. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: Obor:

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

.....

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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se skládá z části teoretické a části praktické. Teoretická část je věnována obecné problematice návrhu vstřikovacích forem a vstřikování plastů. V části praktické byla navržena vstřikovací forma pro zadaný plastový díl s použitím normálií HASCO. Cílem pak bylo zjistit, zda je výhodnější nakoupit jednotlivé díly formy jako normálie nebo si je nechat kompletně vyrobit. Byly proto vytvořeny dva soubory výkresů popisující tuto navrženou formu, přičemž jeden soubor výkresů popisuje úpravu normálií, ze kterých je forma složena a soubor druhý detailně popisuje jednotlivé díly formy pro jejich možnou výrobu. Tyto výkresy byly zaslány do firmy OBZOR, výrobní družstvo Zlín ke stanovení nákladů, za které jsou schopni upravit zakoupené normálie HASCO pro navrženou formu a dále ke stanovení nákladů, za které je možné tyto díly kompletně zhotovit.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce, plastový díl.

ABSTRACT

The bachelor thesis is divided into theoretical and practical part. The theoretical part deals with general issues of plastics injection molding process. In the practical part, the injection mold was designed with the use of HASCO standard parts. The aim was to find out if it is cheaper to buy individual mold as standard parts or make them manufactured. Two sets of technical drawings describing this designed mold were created; one of them describes the standard parts modification and the second one describes in detail individual mold for their potential production. These technical drawings were sent to OBZOR company in Zlín in order to specify the real costs of HASCO standard parts modifications for designed mold as well as the final costs of the complete manufacturing of these parts.

Keywords: injection molding process, injection mold, design, plastic part.

Rád bych poděkoval Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za poskytnuté rady a čas věnovaný odbornému vedení této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě OBZOR, výrobní družstvo Zlín za spolupráci, která spočívala v nacenění nákladů na zhotovení navržené vstřikovací formy.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	12
1.1.1 Vstřikovací jednotka	13
1.1.2 Uzavírací jednotka	13
1.1.3 Řídící jednotka	13
1.2 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	14
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	14
2 HLAVNÍ ZÁSADY KONSTRUKCE VÝSTŘIKŮ Z PLASTŮ	16
2.1 ZAFORMOVATELNOST	16
2.2 TLOUŠŤKY STĚN.....	17
2.3 ŽEBRA	17
2.4 RÁDIUSY	18
2.5 ÚKOSY A PODKOSY.....	19
2.6 VOLBA VHODNÉHO DRUHU PLASTU.....	19
3 KONSTRUKCE FORMY	20
3.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY.....	20
3.2 RÁM FORMY	20
3.3 NORMALIZOVANÉ STAVEBNICOVÉ PRVKY.....	22
3.4 VTOKOVÉ SOUSTAVY	23
3.4.1 Studené vtokové soustavy	23
3.4.2 Vyhřívané vtokové soustavy	27
3.5 TVAROVÁ DUTINA	31
3.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	33
3.7 TEMPERACE FOREM.....	34
3.7.1 Charakteristika a zásady temperačního systému.....	34
3.7.2 Temperační prostředky.....	35
3.7.3 Příklady řešení temperačních kanálů	36
3.7.4 Tepelné trubice.....	38
3.8 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ	39
3.8.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků	39
3.8.2 Vyhazování stírací deskou	41
3.8.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů.....	41
3.8.4 Vzduchové vyhazování	42
3.8.5 Hydraulické vyhazování.....	43
II PRAKTICKÁ ČÁST	44

4	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	45
5	VSTŘIKOVANÝ DÍL	46
6	KONSTRUKCE FORMY	47
6.1	NÁSOBNOST FORMY	47
6.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	47
6.3	NÁVRH TVAROVÉ DUTINY	48
6.4	VTOKOVÁ SOUSTAVA	49
6.5	TEMPERACE FORMY	51
6.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	52
6.7	VODÍCÍ ELEMENTY A SPOJOVACÍ SOUČÁSTI	54
6.8	KOMPLETNÍ SESTAVA FORMY	55
7	SESTAVENÍ FORMY	58
7.1	FORMA SESTAVENÁ Z NORMÁLÍ (FORMA 1).....	59
7.1.1	Upínací deska pravá	59
7.1.2	Upínací deska levá	60
7.1.3	Tvarová deska kotevní pravá	60
7.1.4	Tvarová deska kotevní levá.....	61
7.1.5	Opěrná deska	62
7.1.6	Vyhazovací deska kotevní.....	63
7.1.7	Vyhazovací deska opěrná.....	64
7.1.8	Středící kroužek pravý a levý.....	64
7.1.9	Izolační deska.....	66
7.1.10	Vtoková vložka	66
7.1.11	Prizmatické vyhazovací kolíky	67
7.1.12	Temperační vložky	68
7.1.13	Tvárové vložky - tvárník, tvárnice	68
7.1.14	Neupravované díly	69
7.1.15	Cenová kalkulace	70
7.2	FORMA SESTAVENÁ Z DÍLŮ KOMPLETNĚ VYROBENÝCH (FORMA 2).....	71
7.2.1	Kompletně zhotovené díly	71
7.2.2	Normálie.....	71
7.2.3	Cenová kalkulace	72
8	DISKUZE VÝSLEDKŮ	73
	ZÁVĚR	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	77
	SEZNAM TABULEK.....	79
	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

V dnešní době patří plasty mezi hlavní konstrukční materiály a to zejména díky jejich vlastnostem, dostupnosti a vysoké úrovni technologie zpracování. Zejména technologie vstřikování plastů umožňuje zhotovení tvarově náročných výrobků ve velmi krátkých časových intervalech.

Tato technologie se provádí na vstřikovacích strojích, jejichž nástrojem je vstřikovací forma. Ta dává tavenině plastu výsledný tvar, rozměry a vzhled. Pro urychlení konstrukce těchto forem byla zavedena výroba normalizovaných dílů, které jsou dostupné od mnoha výrobců. Výhodou také je, že v důsledku sériové výroby jsou mnohé normalie levnější.

Samotné části formy se volí především podle druhu vstřikovaného plastu, náročnosti výrobku, a násobnosti formy. Důležitým hlediskem je samozřejmě také ekonomičnost výroby formy v závislosti na velikosti série výrobků, pro kterou je forma navržena.

Při návrhu formy se používá řada softwarového vybavení. Tím lze docílit funkčního návrhu formy bez chybné konstrukce a simulovat správnou funkci formy, ještě před jejím zhotovením.

I. TEORETICKÁ ČÁST

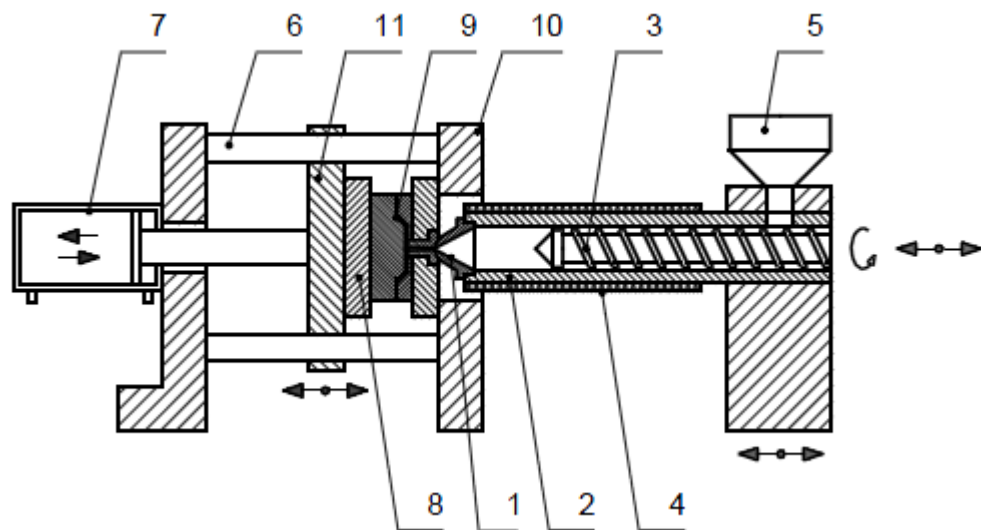
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastu. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopravován do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. [1]

1.1 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj, jako jeden z hlavních činitelů výroby, má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něj, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. V současné době existuje velký počet konstrukcí vstřikovacích strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje. [1]



Obr. 1 Schéma vstřikovacího stroje

- 1 - vstřikovací tryska, 2 - pracovní válec, 3 - plastikační šnek, 4 - topné pásy, 5 - násypka, 6 - vodící sloupky, 7 - uzavírací hydraulický válec, 8 - forma, 9 - dutina formy, 10 - opěrná deska pevná, 11 - upínací deska pohyblivá

1.1.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace.

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

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínkou správné funkce. [1]

1.1.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Hlavní částí uzavírací jednotky jsou opěrná deska pevná, upínací deska, vodící sloupky a uzavírací mechanismus. Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky. Má nejrůznější provedení. Hydraulické uzavírací jednotky umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou.

Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje. Hydraulicko-mechanická jednotka je nejčastěji používána u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání s potřebným zpomalením před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. Formu proti pootevření při vstřikování zajistí hydraulický válec velkého průřezu, který je pevně spojen s upínací deskou. Některé konstrukce uzavíracích jednotek jsou bez vodících sloupů. [1]

1.1.3 Řídící jednotka

Řízení a regulaci je nutno považovat neoddělitelnou součástí funkce vstřikovacího stroje. Pod pojmem řízení a regulace se rozumí snímání a sledování vstřikovacích a technologických parametrů spolu s jejich následnou regulací tehdy, překročí-li naměřené hodnoty pří-

pustnou toleranci. Regulace vstřikovacího procesu umožňuje využít naměřených hodnot pro korekci případných odchylek od nastavených hodnot. Snahou je omezit v procesu lidský faktor na nejmenší míru. U běžných vstřikovacích strojů je zajištěn automatický sled jednotlivých operací, tj. plastikace, uzavření formy, vstřik, dotlak, chlazení výstřiku, otevření formy, vyhození výstřiku. [3]

1.2 Vstřikovací forma

Vstřikovacích forem se používá při zpracování termoplastů, reaktoplastů i kaučukových směsí. Řešení vstřikovací formy vychází z technologického projektu příslušného výstřiku. V podstatě se musí respektovat jak vlastnosti zpracovávaných materiálů, tak také možnosti výrobních zařízení i požadavky na kvalitu výrobků a produktivitu práce. Zpravidla se požaduje, aby výstřiky nevyžadovaly náročné dokončovací operace.

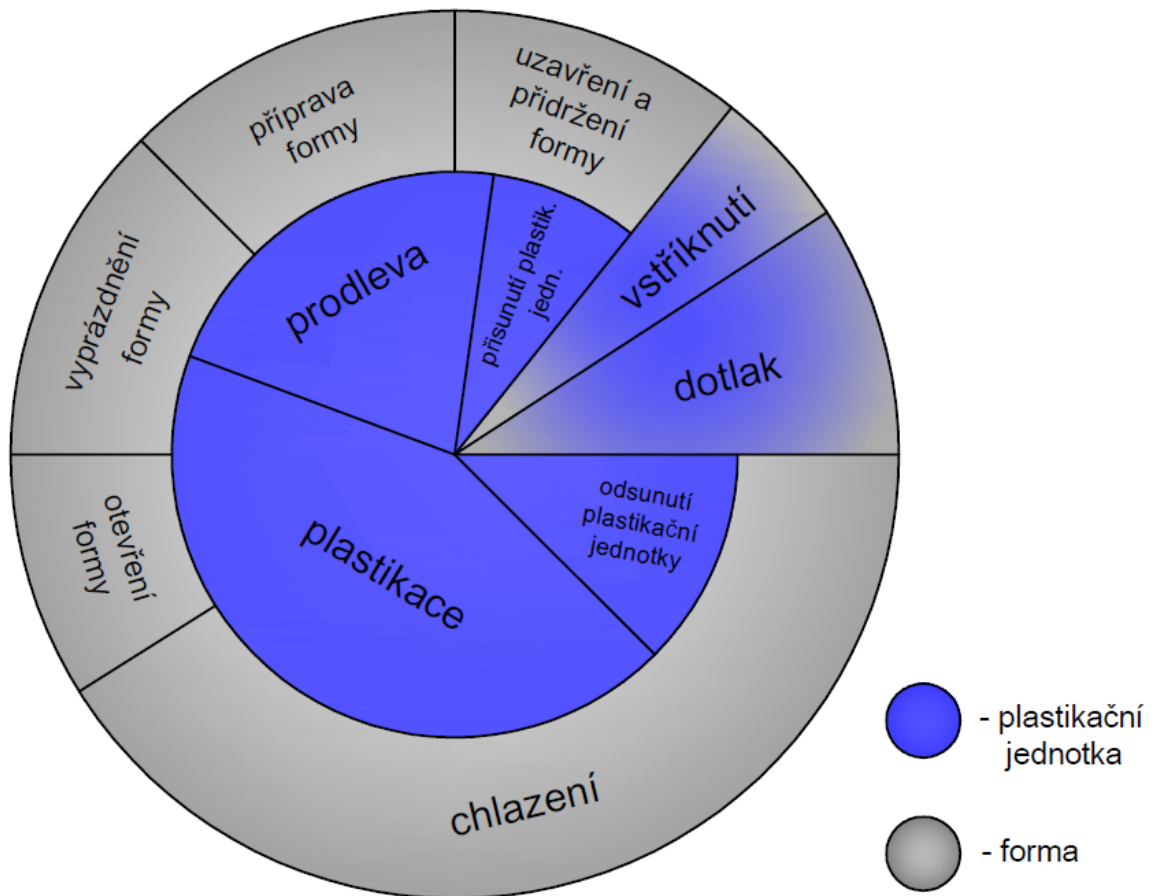
Mnohoznačnost požadavků vede k různým řešením forem. Používané typy forem zpravidla mají tyto hlavní části:

- tvarové díly vymezující dutinu formy,
- vtokový systém,
- temperační nebo topný systém,
- vyhazovací zařízení pro výstřik i vtokový zbytek,
- upínací a vodící elementy. [5]

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se projeví ve zvýšené pracnosti při jejich konstrukci i výrobě. Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich nedokonalé funkce, snížené přesnosti i životnosti. Proto je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze. [1]

1.3 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Připravený granulový plast se ve vstřikovacím stroji roztaví, zhomogenizuje a vstříkne do dutiny formy. Před vstupem taveniny do formy se musí forma také připravit. Příprava spočívá v temperaci, vložení zástříků, závitových jader a pod. [1]



Obr. 2 Vstřikovací cyklus

Po uzavření formy ve stroji je polymerní tavenina požadované teploty vstříknuta do formy nastaveným tlakem při určité rychlosti. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Hned potom nastoupí dotlak, který skončí při částečném ochlazení plastu ve formě. Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky hmoty. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy pro další cyklus (prodleva) následuje další cyklus. [1]

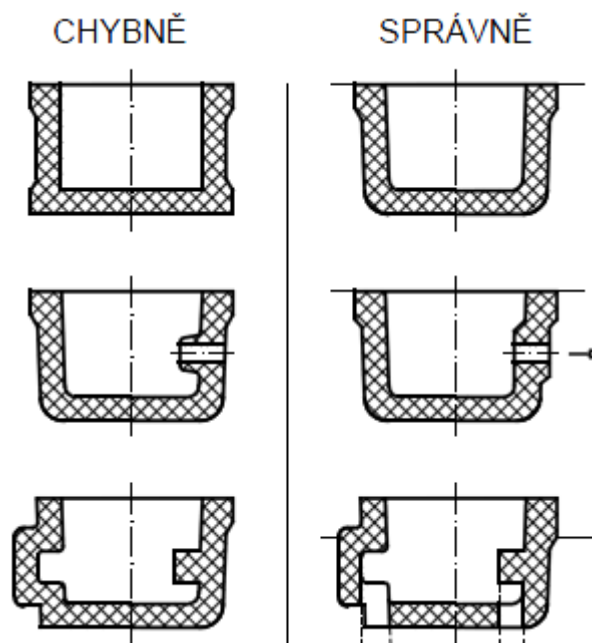
2 HLAVNÍ ZÁSADY KONSTRUKCE VÝSTŘÍKŮ Z PLASTŮ

Nejdůležitější etapou realizace plastového dílu je jeho správná konstrukce, a to jak z hlediska funkčního, tak z pohledu výrobního. Samotná, byť koncepčně dobře řešená forma a optimální technologie výroby, již prvotní nedostatky konstrukce dílu neodstraní. Konstrukce výstřiků musí splňovat v zásadě dvě hlavní hlediska:

- funkci plastového dílu v daném zařízení (u technické kooperace) a dále užité, estetické, ergonomické a bezpečnostní hlediska (u spotřebního zboží),
- technologické zásady, mezi které spadá zaformovatelnost, tloušťky stěn, žeber, nálitky, rádiusy, úkopy, volba vhodného druhu plastu a pod. [4]

2.1 Zaformovatelnost

Zaformovatelností se rozumí způsob optimálního zaformování ve formě (volba dělicích rovin), aby výstřík, odformovatelný pomocí různých konstrukčních prvků (čelistí, vytáčecích prvků apod.), mohl být ekonomicky vyráběn, nejlépe v automatickém chodu. Zvláště v dnešní době, kdy z ekonomických důvodů dochází k integraci stále většího množství funkcí do jednoho dílu. Tím vznikají stále náročnější tvary z pohledu odformování a následně i složité formy. [4]

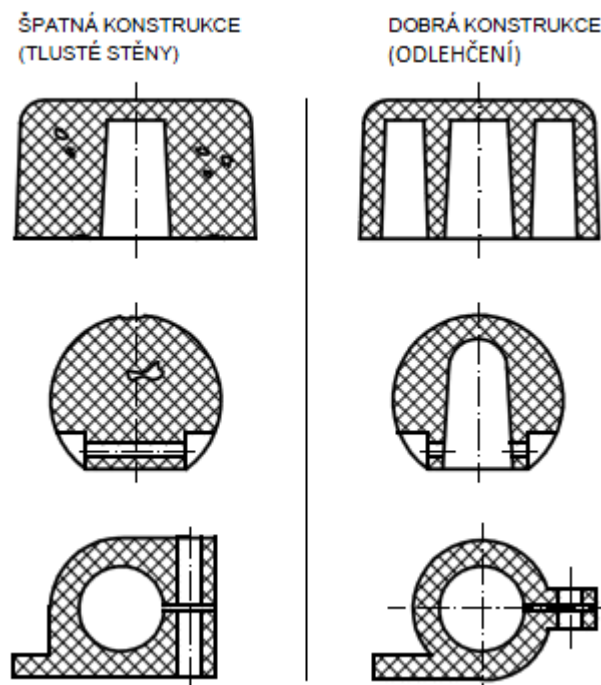


Obr. 3 Zaformování výrobku [4]

2.2 Tloušťky stěn

Tloušťka stěny musí splňovat požadavek funkční - tzn. pevnost, tuhost. Tuhost je spolu s pevností závislá na volbě materiálu - plastu, na tloušťce stěny, respektive tvar namáhaného profilu. [4]

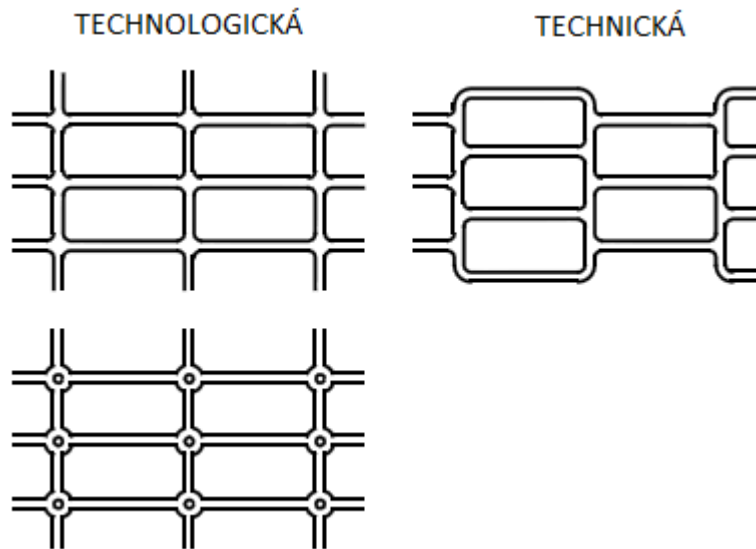
Zásady správné konstrukce tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody mají být bez ostrých hran a v případě, kde se nelze vyhnout tlustším stěnám (místům), se provede vhodné vylehčení, nejlépe na opačné straně. Tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou nemá překročit 0,8 tloušťky hlavní stěny. [1]



Obr. 4 Vylehčení stěny

2.3 Žebra

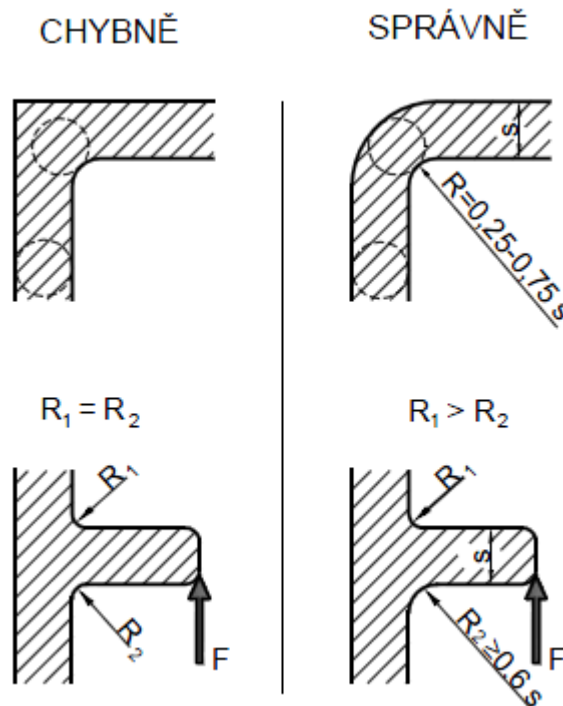
Žebra se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součásti. Technologická zase umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. Někdy se volí žebra i tak, aby zlepšily vzhled výrobku. [1]



Obr. 5 Různá uspořádání žeber [1]

2.4 Rádiusy

Zaoblením hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí a těchto místech a sníží se i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost součástí se tím zvýší až o 50%. [1]



Obr. 6 Poloměry zaoblení [5]

2.5 Úkosy a podkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiků kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje u podkosů zabraňuje vyjímání výstřiků z dutiny formy. Jejich velikost se řídí požadovanou funkcí. Svým uspořádáním jsou buď vnější, nebo vnitřní. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. Podkosy s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy a proto je snaha se jim vyhnout. [1]

Tab. 1 Doporučená velikost úkosů [1]

Úkos pro	Velikost úkosu
Vnější plochy	30' - 2° (1°)
Vnitřní plochy	30' - 3° (2°)
Otvory do hloubky 2 D	30' - 1° (45')
Hluboké otvory	1° - 10°
Žebra, nálitky	1° - 10° (3°)
Výstupky	2° - 10°

2.6 Volba vhodného druhu plastu

Vstřikováním se může vyrobit kompletní součást, která již nevyžaduje žádné, nebo jen nepatrné dodatečné opracování. Při návrhu vhodného plastu pro konstruovanou součást, je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také k výrobě vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu.

Optimální volba se pak posuzuje z následujících hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky,
- zvolená technologie výroby součásti musí být reálná a na určeném stroji poměrně snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů,
- ekonomická při výběru plastu, z hlediska technologie výroby součásti i formy.

Zhodnocením uvažovaných hledisek může konstruktér stanovit vhodný plast nebo i více podobných materiálů. Mezi zvolenými jednotlivými typy potom rozhodují již méně významné vlivy, jako je dostupnost plastu, jeho estetické vlastnosti apod. [1]

3 KONSTRUKCE FORMY

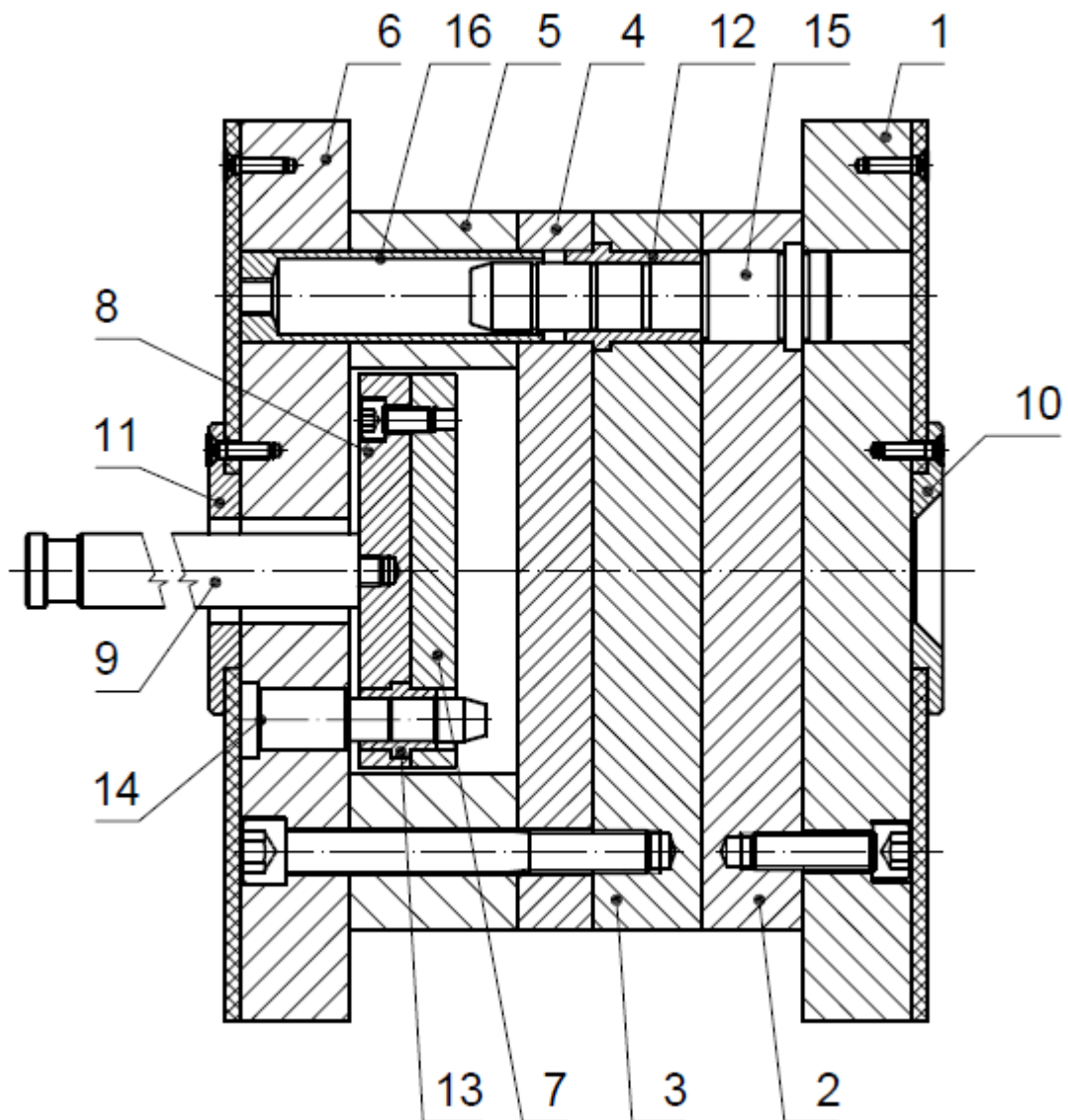
3.1 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce pak má následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny a lunkry. Nezanedbat ani úpravu hran a ostrých rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny,
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy,
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálu i ústí vtoků,
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvětrání dutiny formy,
- návrh rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperaci formy,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce.
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj. [1]

3.2 Rám formy

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaný přímo v deskách nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky, pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí. [2]



Obr. 7 Popis rámu vstřikovací formy

1 - upínací deska pravá, 2 - tvarová deska kotevní pravá, 3 - tvarová deska kotevní levá,
 4 - opěrná deska, 5 - rozpěrka, 6 - upínací deska levá, 7 - vyhazovací deska kotevní,
 8 - vyhazovací deska opěrná, 9 - táhlo, 10 - středící kroužek pravý, 11 - středící kroužek
 levý, 12-13 - vodící pouzdra, 14-15 - vodící čepy, 16 - středící trubka

Rám musí dále umožnit správné ustavení na vstřikovacím stroji, dokonalé a bezpečné upnutí, přesné vedení pohyblivých dílů formy, snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů a v neposlední řadě vhodné umístění temperačního a vyhazovacího systému. [2]

Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se dnes využívá nejrůznější typizace a nabídka normálí jednotlivých dílů. Využívání normálí souboru stavebnicových prvků vede k

urychlení a zdokonalení konstrukce a výroby forem. Soubor představuje typizaci jednotlivých dílů, větších celků, rámců forem i různého příslušenství v širokých rozměrových řadách. [6]

3.3 Normalizované stavebnicové prvky

Využití normálií souboru stavebnicových prvků je významnou cestou k urychlení a zdokonalení konstrukce i výroby forem. Soubor představuje typizaci jednotlivých dílů, větších celků, rámců forem i různého příslušenství, v širokých rozměrových řadách. Systém normalizovaných stavebnicových prvků zavedla na trh řada firem. Z nich nejznámější jsou normálie firmy HASCO, SVOBODA, STRACK NORMALIEN, DME a další. V ČR byl rozšířen tuzemský soubor RAFO, který se už nevyrábí. Jeho koncepce se v našich podmínkách dosud používá. Přehled o normáliích, jejich rozměrech i ostatní potřebné informace podává katalog normálií (databáze) od jednotlivých firem.

Ze souboru normalizovaných stavebnicových prvků je možné sestavovat i kombinovat díly tak, že vznikají různé velikostní i funkční typy rámců. Tyto díly se používají už jako hotové, nebo jako polotovary, které se podle potřeby dokončí.

Jejich praktické využití spočívá v tom, že:

- z normálií dílů i větších celků se konstruuje forma. Při konstrukci za pomoci počítače se využívají databáze typizovaných prvků. Většina nakreslených stavebnicových součástí je pak vyrobena ve vlastním závodě,
- forma se nakreslí podle databáze (katalogu) specializovaného výrobce a tyto součásti se i od něho nakoupí. Dodací lhůty u výrobců jsou krátké, protože je vyrábí velkosériově na sklad.

Ekonomické přínosy při využívání normálií vznikají nejen v oblasti konstrukce, ale především slouží pro urychlení a zdokonalení výroby forem a tím také výstřiků. Předností souboru normálií jsou známé a proto se jejich použití stále rozšiřuje. [2]



Obr. 8 Příklady normálií Hasco [9]

3.4 Vtokové soustavy

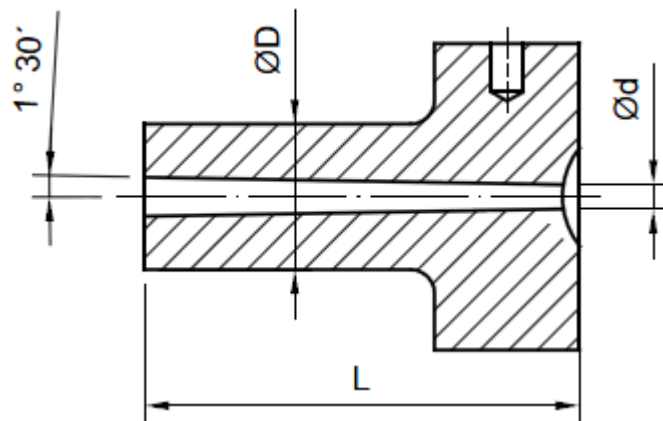
Úkolem vtokové soustavy je zajistit dopravu taveniny plastu z plastikační komory do dutiny formy. Vlastní vtok (ústí) by měl být dimenzován tak, aby umožnil maximální dobu působení dotlaku, k vyrovnání objemové koncentrace. Vtok by měl být pokud možno směřován do nejtlustšího místa (stěny) výstřikem a to jak u termoplastů tak i u reaktoplastů. Pro vstřikování s nadouvadlem do nejslabšího místa výstřiku. [4]

3.4.1 Studené vtokové soustavy

Studený vtokový systém narozdíl od horkého, vždy v rámci výrobního cyklu vychladne. [4]

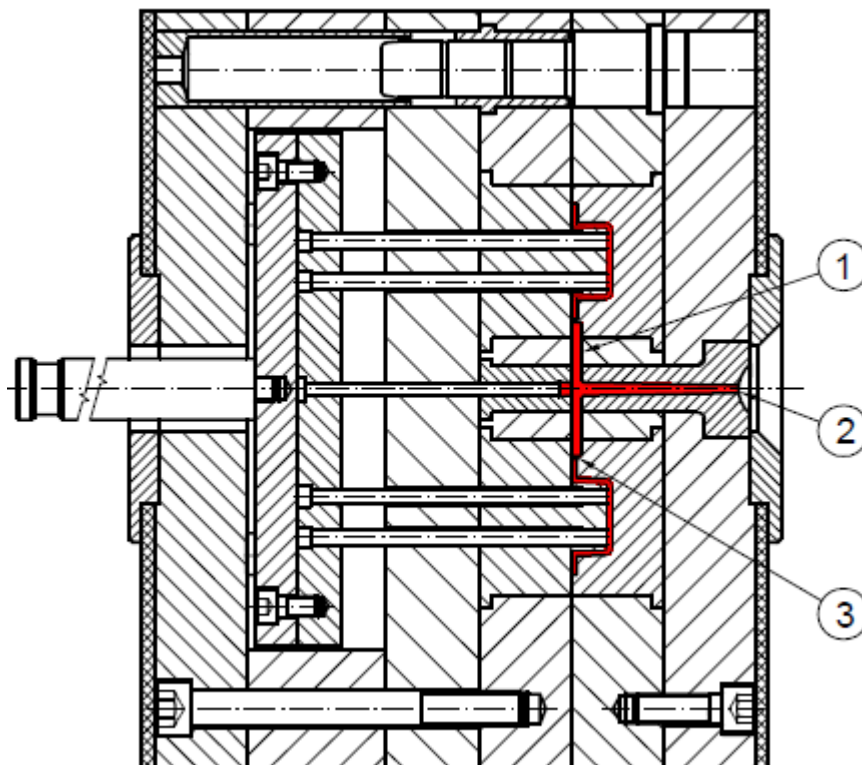
Nejobvyklejším je kuželový vtokový kanál, tvořený uvnitř vtokové vložky. Ústí do rozváděcích kanálů, případně přímo do výstřiku. Vtoková vložka s vypracovaným vtokovým kanálem se vyrábí z pevné, houževnaté ořezuvzdorné oceli a je tepelně zpracovaná (tvrdost 58 HRC). Je velmi tepelně a mechanicky namáhaná a proto se jí věnuje velká péče při výběru vhodného materiálu (19435, 19581, 19572...).

Průměr vtokového kanálu na straně trysky stroje je minimálně o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje. Na opačné straně největší průměr má být větší min o 1,5 mm, než je největší tloušťka výstřiku, nebo stejný se šířkou rozváděcího kanálu. Je leštěný, s drsností 0,1 Ra a s minimálním úkosem 1,5°. Hrana vložky v oblasti dosedu stroje je ostrá. Dosedací plocha vtokové vložky je kulová s poloměrem křivosti cca o 1 mm větší, než je poloměr křivosti trysky stroje. [1]



Obr. 9 Řez vtokovou vložkou

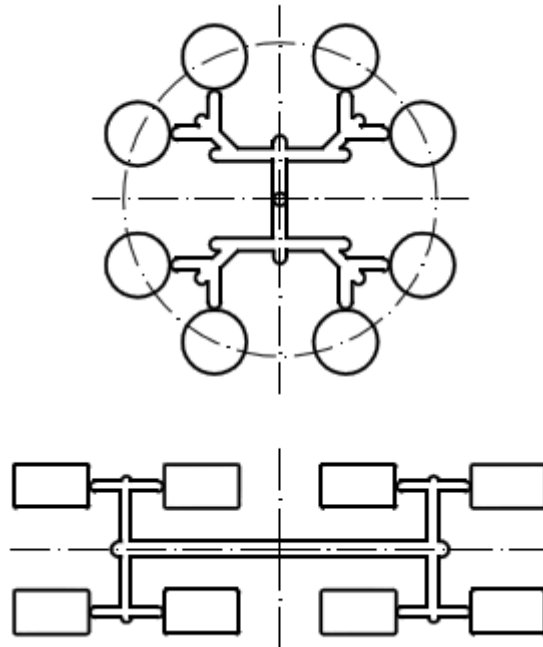
Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně. [1]



Obr. 10 Vtokový systém formy [1]

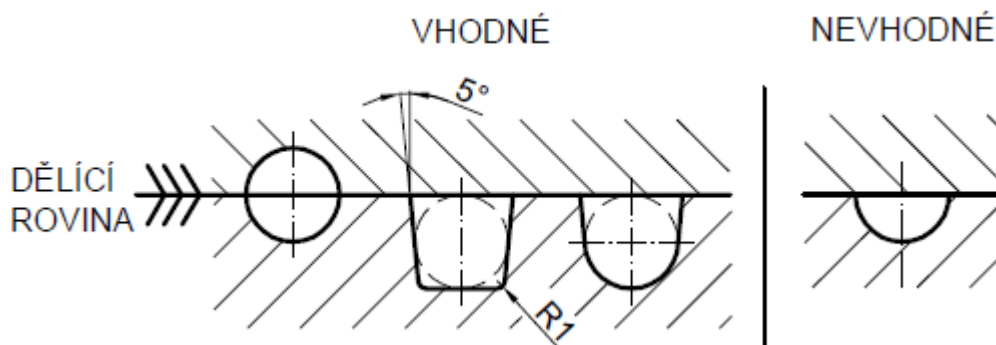
1 - rozváděcí kanál, 2 - vtokový kanál, 3 - vtokové ústí

U vícenásobných forem musí být dodrženo vhodné odstupňování jednotlivých vtokových kanálů, již od hlavního kuželového vtoku. Správnou volbou průřezů možno zajistit jediné pomocí počítačové simulační analýzy. [4]



Obr. 11 Příklady stejné délky vtokových drah [4]

Rozváděcí kanály by měly mít co nejmenší poměr obvodu kanálu vůči ploše kanálu. To zaručuje nejmenší hydraulický odpor v kanálu při průtoku taveniny. [4]

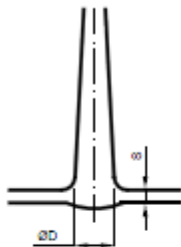


Obr. 12 Rozváděcí kanály [4]

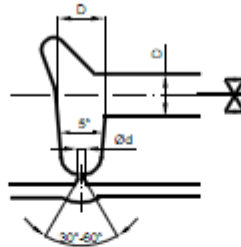
Vtokové ústí a se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen v vyjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok (pro potlačení propadlin, lunek u velkoobjemových dílů). Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů.

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Umožní se snadné začistění. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Jeho spodní hranice je však omezena pevností materiálu formy. [1]

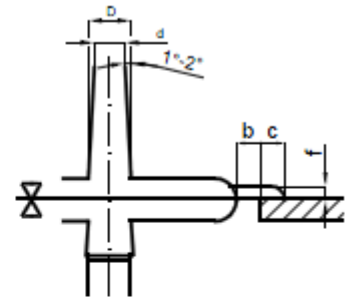
PLNÝ KUŽELOVÝ
VTOK



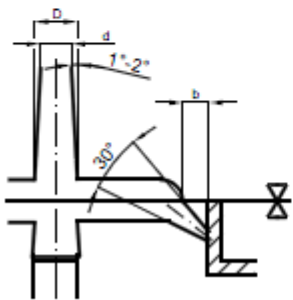
BODOVÝ VТОK



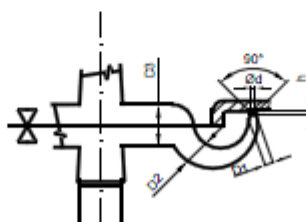
BOČNÍ VТОK



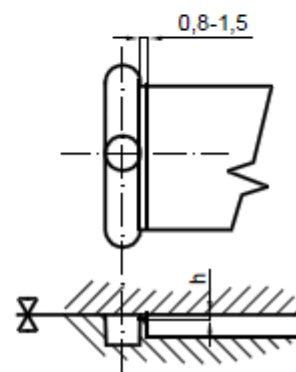
TUNELOVÝ VТОK



SRPKOVITÝ
TUNELOVÝ VТОK



FILMOVÝ VТОK



Obr. 13 Koncepce vtokového ústí [4]

3.4.2 Vyhřívané vtokové soustavy

Vyhřívané vtokové soustavy zaujímají v průmyslu zpracování plastů, při konstrukci forem, stále větší uplatnění proti klasickým vtokovým soustavám. Je to dáno nespornými výhodami, jež jsou dány neustálým vývojem těchto systémů pro nové výrobní aplikace a používané hromadné technické typy plastů, včetně plněných.

Výhody proti studeným vtokovým soustavám s vtokovým zbytkem:

- umožňují automatizaci výroby,
- daly předpoklad k hromadné výrobě výstřiků a vytvořily předpoklady pro výrobu velkých dílů, tvarově a technicky náročných aplikací,
- podstatně zkrátily výrobní cykly,
- vyloučily odpad vtokových soustav,
- snižují náklady na dokončovací práce, není potřeba odstaňovat vtokové zbytky,
- odpadá manipulace a regenerace vtokových zbytků, a problémy při zpracování regenerátu.

Nevýhody:

- u vhodně volených aplikací nevznikají,
- všechny aplikace nelze realizovat v vyhřívanou vtokovou soustavou, zvláště není efektivní při malých sériích a některých typech technických plastů,
- náročnost na technickou úroveň vstřikoven, její vybavení a technickou úroveň lidí,
- nákladné formy, neboť vyhřívané vtokové soustavy jsou předmětem nákupu od specializovaných firem, včetně regulace. [4]

Na trhu v ČR je v současnosti zastoupeno přibližně 15 zahraničních firem, které dodávají výrobcům forem vyhřívané vtokové systémy. Vesměs se jedná o renomované firmy s celosvětovou působností a dlouhodobou tradicí v oboru. Vzájemná konkurence nutí tyto výrobce k neustálému vylepšování co do spolehlivosti pro složité aplikace v různých oblastech jejich nasazení. Rovněž používání širokého sortimentu termoplastů, elastomerů a jejich kompaudů s rozličnými plnivými, si vyžaduje sledování těchto trendů s vazbou na přízpůsobení se daným podmínkám praxe. Nemalou roli hraje i žádaná kvalita vzhledových

dílů, což má za následek hledání nových principů (např. kaskádové a sekvenční vstřikování). Rovněž systémy vyhřívaných vtokových soustav pro velkosériové díly si vynutily nová řešení (např. vybalancování rozvodných bloků, systémy pohybu jehel horkých trysek, systémy pro etážové formy apod.).

Z toho pro výrobce vyplývá potřeba úzké spolupráce s uvedenými dodavateli vyhřívaných vtokových soustav, resp. s jejich zastoupením v ČR. Jedná se o následující firmy:

- Hasco, DME, Strack Normalien, Synventive Molding Solutions, Günther, Ewikon, EMP Moulding, PSG, Mold Master, Incoe International, HRS Flow, Technotrend, Orycon EU, Master Flow. [4]

Vyhřívané trysky

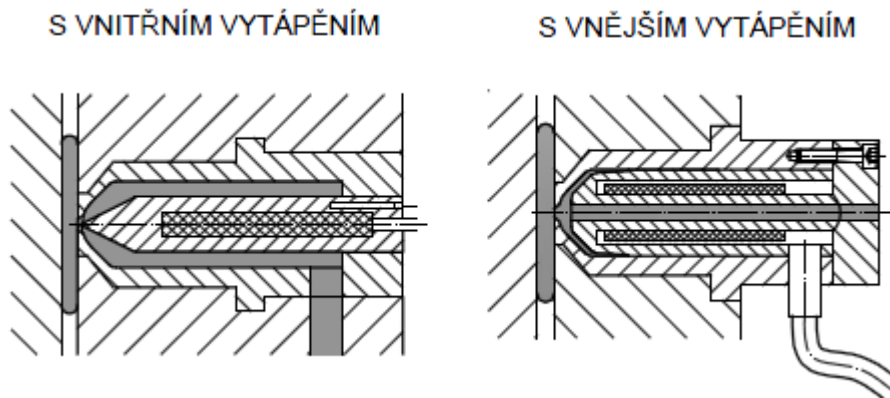
Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování.

Nepřímo ohřívané trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit se vyznačují dvěma provedeními:

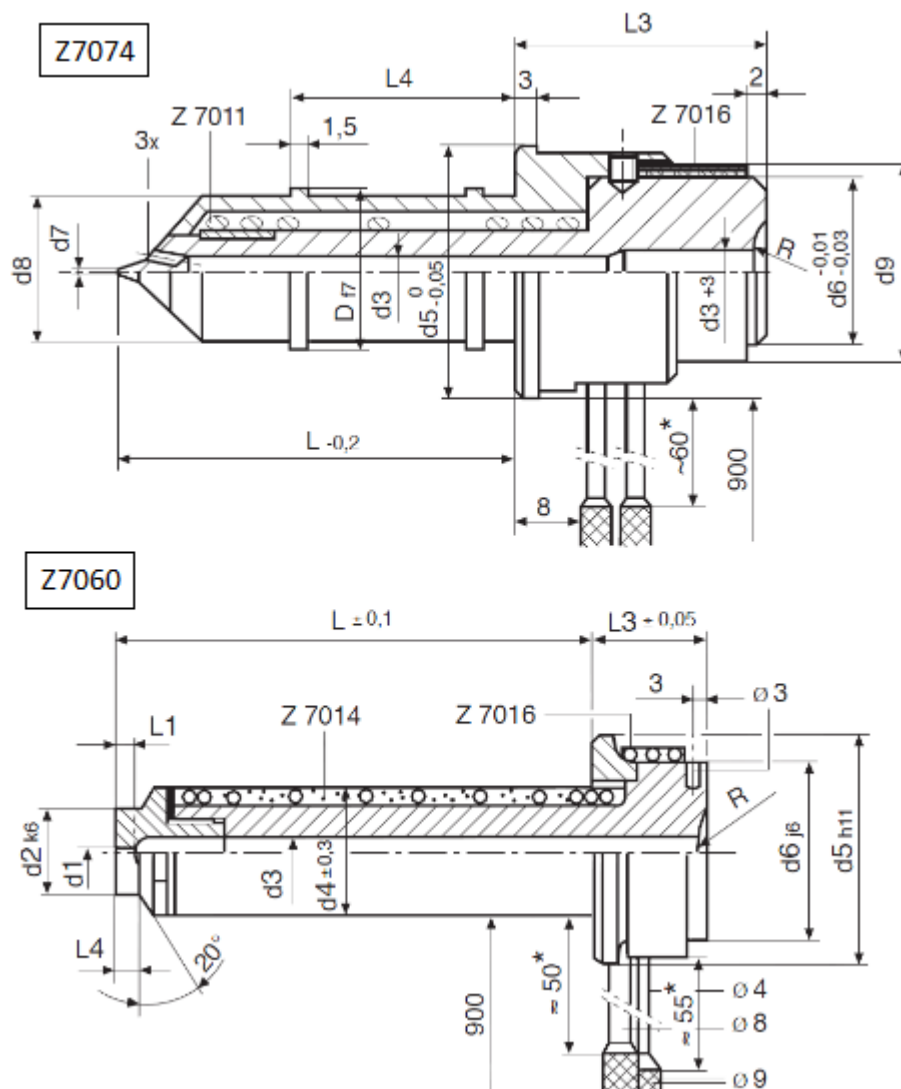
- dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus,
- přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti dříve popisovaným systémům. Používá se pro vícenásobné formy.

Konstrukční provedení přímo ohříváných trysek je charakterizováno dvěma základními principy:

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Při vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení,
- trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. [1]



Obr. 14 Vyhřívaná tryska



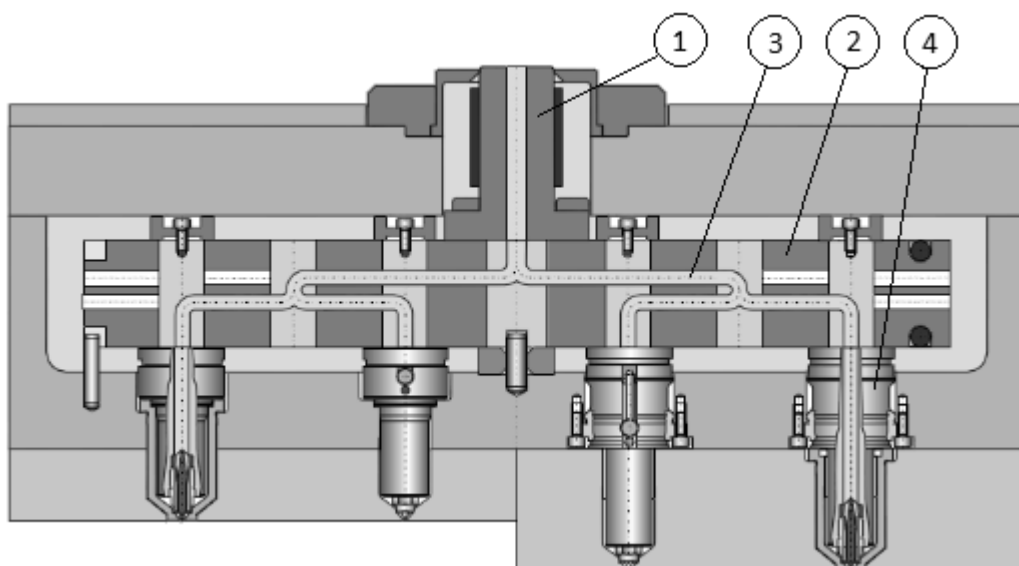
Obr. 15 Příklad vyhřívaných trysek výrobce STRACK NORMA [10]



Obr. 16 Vyhřívané trysky výrobce THERMOPLAY

Vytápěné rozvodné bloky

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhřívanými nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vtápěním. Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. [1]



Obr. 17 Vyhřívaná vtoková soustava použitá ve formě [11]

1-vyhřívaná vložka, 2- vyhřívaný rozvodný blok, 3-kanál pro taveninu, 4-vyhřívaná tryska

Rozvodný blok je uložen ve vybrání vložené desky s dostatečnou tepelnou izolací (vzduchová mezera 3 až 5 mm). Je-li blok uložen v uzavřeném prostoru je nutné jeho částečné propojení s okolím. Jinak by mohlo dojít k přehřátí systému. Na rozvodném bloku v ose trysek jsou z opačné strany upevněny distanční kroužky, které zachycují vstřikovací tlaky lisu působící na formu. Rozvodný blok je vytápěn nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patrony vytápěním zevnitř. Vytápění je řízeno tepelným regulátorem, ovládané jedním nebo více čidly umístěné na vhodném místě v bloku. [1]

3.5 Tvarová dutina

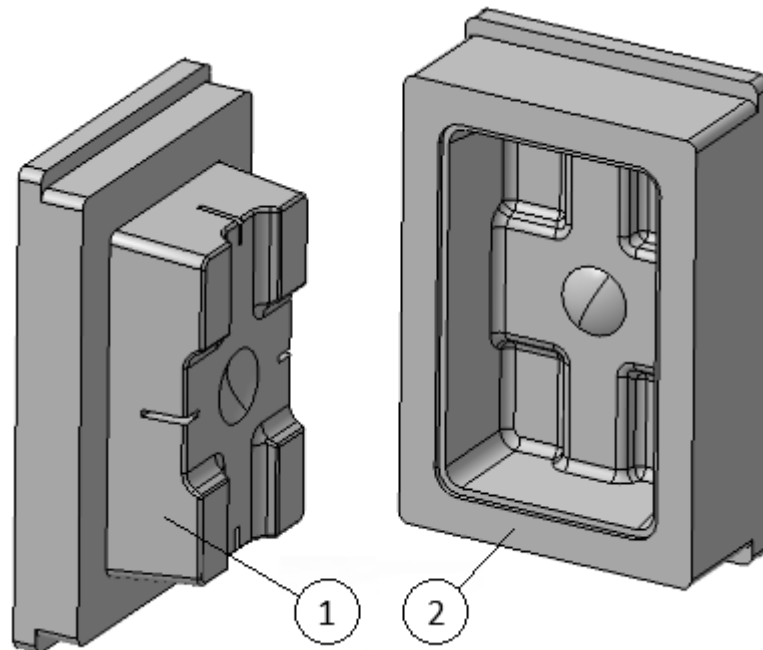
Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu.

Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je potřeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slícovaná,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy.
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří jejím uzavřením tvarovou dutinu. Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výstřiku. [1]

Rozměry dutiny musí respektovat smrštění, případně opotřebení formy. Ve směru toku je smrštění větší než ve směru kolmo na něj. Vůle ústící do dutiny formy musí být malé, protože vstřikovací hmoty mohou zatéci i do štěrbin o tloušťce 0,02 mm. [5]



Obr. 18 Dutina formy (tvarové vložky)

1- tvárník, 2 - tvárnice

Dutina formy je určena především tvarem s příslušnými rozměry, ale také jakostí jejího povrchu. Zhotoví se podle požadavku na povrch vyráběné součásti, protože její povrch je obrazem povrchu dutiny formy. Povrch se vyrábí jako matný (technologicky nejjednodušší), lesklý (vyžaduje poměrně nákladnou a náročnou operaci) či dezénový (nemá pouze estetický význam, ale zakrývá i některé drobné vady na výstřiku).

Nejčastější výrobní technologií dutiny formy je elektroerozivní obrábění. Hrubost obroběného povrchu je nastavitelná elektrickými veličinami. Nejširší výběr dezénovaných vzorů umožňuje fotochemický způsob v leptací lázni. Nejjednodušší technologií výroby dezénu je otrýskávání. Je však omezena tvarem povrchu i přesnější definicí vzoru. Čím jemněji je povrch opracován, tím se dosáhne kvalitnějšího dezénu.

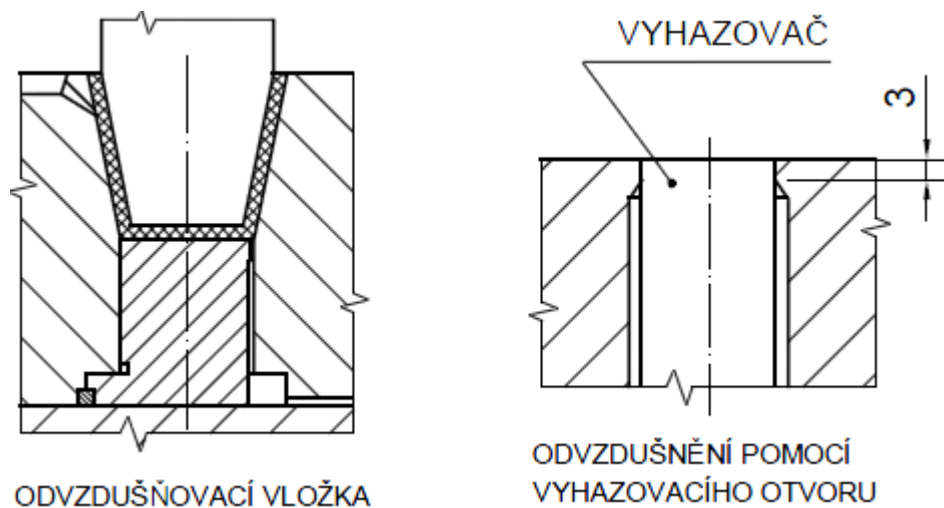
Široký rozsah výrobních možností úpravy povrchu formy, obvykle splňují požadavky na jakost povrchu výstřiku. Různé způsoby se mohou vzájemně kombinovat a tak dosáhnout požadovaného účelu. [1]

3.6 Odvzdušnění forem

Při plnění formy taveninou je nutno zajistit únik vzduchu, který je v ní obsažen. Čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušňování dutiny formy. Samotná doba plnění má značný vliv na optimální vlastnosti výstřiku a proto ji nelze přizpůsobovat potřebám resp. chybám v odvzdušňování. Při rychlém plnění je zajištěna termická homogenita dávky taveniny. Rychlé plnění vyžadují zvláště výstřiky s malou tloušťkou stěny, kde není přípustné zamrznutí čela taveniny a tím způsobit buď nedostříknutí, nebo nutnost enormního zvýšení vstřikovacího tlaku. Důsledkem je vnesení vnitřního pnutí, velkých tlakových spádů a z toho plynoucích různých anizotropií.

Příkladem jsou slabostěnné výstřiky z kelímků, vyráběné v cyklech 2 - 4 s, s rychlostí vstřiku několik desetin sekundy. Tyto výstřiky vyžadují kontinuální odvzdušnění celého horního obvodu výstřiku při použití vysoké vstřikovací rychlosti, jež zabrání zamrznutí čela taveniny při dloužkách stěn 0,4 - 0,5 mm.

Místa odvzdušnění u jednoduchých výstřiků lze určit ze zkušeností konstruktéra. U komplikovaných výstřiků, s více vtoky, nutno zajistit pomocí simulačních metod, analýzou plnění (Autodesk Moldflow Insight, Cadmould 3D-F). [4]



Obr. 19 Způsoby odvzdušnění [4]

3.7 Temperace forem

3.7.1 Charakteristika a zásady temperačního systému

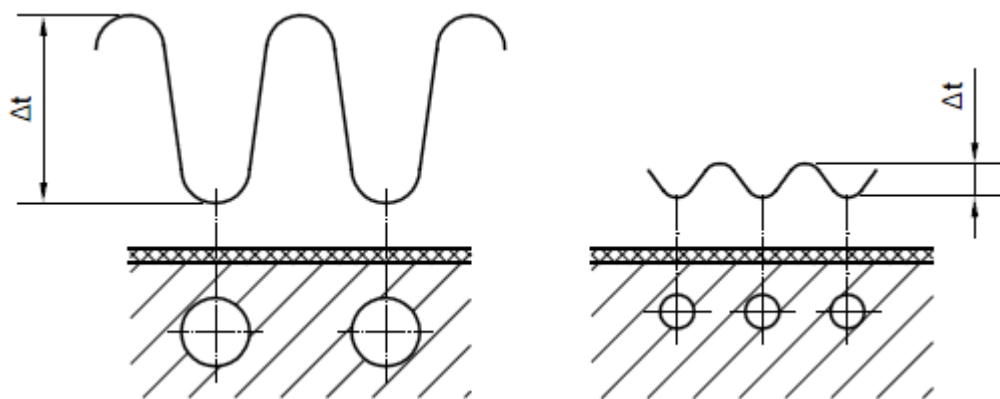
Temperací forem se rozumí jejich udržování na požadované teplotě. Teplota formy při vstřikování termoplastů bývá zpravidla v rozmezí 30 - 120°C, ve speciálních případech se může tento interval rozšířit od -5°C do +250°C. Správně navržený temperační systém umožňuje:

- optimální dobu vstřikovacího cyklu a hospodárnost provozu
- dosažení kvalitních výrobků při optimální struktuře (fyzikální vlastnosti, přesnost, vzhled).

Správně řešený temperační systém dává rovněž předpoklady pro dobrou funkci formy. Na řešení temperačního systému má vliv více faktorů, z nichž je nutno uvést zejména:

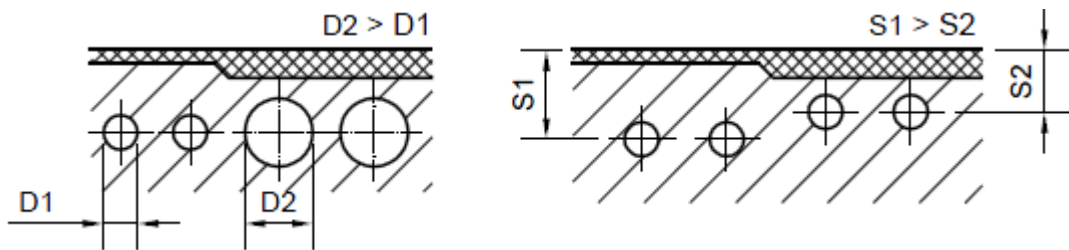
- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku, případně dráhu toku a tloušťku stěn výstřiku,
- požadavky na jakost a přesnost výstřiku,
- druh a rozměry vtokového systému. [5]

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává, nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin, se volí s ohledem na celkové řešení formy. Povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo přestupující z formy do temperačního média, nebo opačně. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak. [2]



Obr. 20 Vliv rozmístění kanálků na průběh teploty povrchu tvárnice [2]

Kolem dutiny se kanály rozmísťujú rovnomerne a všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti tlustší stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přiblíží k dutině formy. [2]



Obr. 21 Chlazení výstřiků o různé tloušťce stěny [2]

3.7.2 Temperační prostředky

Představují media, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělují se na:

- aktivní, které působí přímo ve formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí,
- pasivní jako takové, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.

Aktivní prostředky představují:

- kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály, vytvořenými uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. [2]

Tab. 2 Temperační média [2]

Typ	Výhody	Nevýhody	Poznámka
voda	vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost	použitelné do 90°C, vznik koroze, usazování kamene	v tlakových okruzích možno použít vodu i při vyšších teplotách, vznik koroze lze potlačit upravením vody
oleje	možnost temperace i nad 100°C, nevzniká koroze	zhoršený přestup tepla, vyšší cena	
glykoly	omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí, znečišťování prostředí	

- vzduchu se používá buď jako volného proudění (při odvodu tepla z povrchu formy a při chlazení tvarových částí po čas otevření formy), nebo nucené proudění působením přetlaku či podtlaku. Vzhledem k malé účinnosti je chlazení vzduchem opodstatněné jen v přípa-

dech, kdy použití kapaliny není pro nedostatek prostoru možné (chlazení tenkých tvárnků, jader a vyhazovačů).

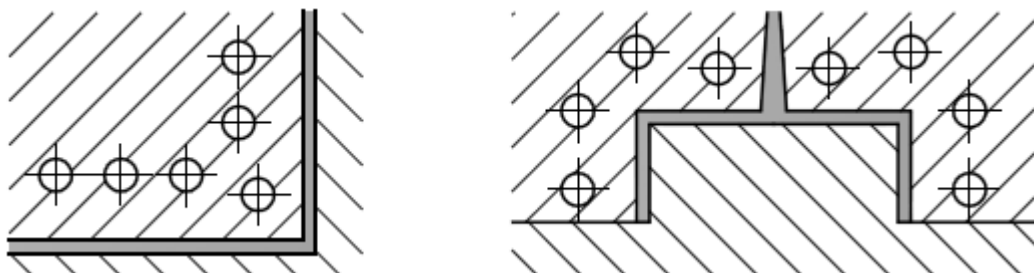
- topných elektrických článků se využívá především k temperaci forem s požadovanou vyšší teplotou v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší, než teplo dodané vstříkovaným plastem. Používají se především topné patrony a prstencová topná tělesa s větší povrchovou zátěží, které umožňují v relativně malých objemech předat značné množství energie do vytápěné části formy. [2]

Temperační prostředky pasivní působí na formu svými fyzikálními vlastnostmi. Lze je rozdělit na:

- tepelně izolační materiály, které se využívají především pro omezení přestupu tepla do upínacích desek stroje a to v případech, kdy je požadována vysoká teplota formy. Volí se různé pevnostně a tepelně odolné materiály na bázi vyztužených plastů či nekovových anorganických látek,
- tepelně vodivé materiály se využívají k odvodu respektive přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovaných (tenké tvárnky, vtokové trysky) do míst, kde lze již odvod respektive přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. Používá se měď a její slitiny. Nejúčinnějším prostředkem jsou tzv. tepelné trubice, které využívají výparné teplo látky, cirkulující uvnitř v důsledku teplotního spádu. [2]

3.7.3 Příklady řešení temperačních kanálů

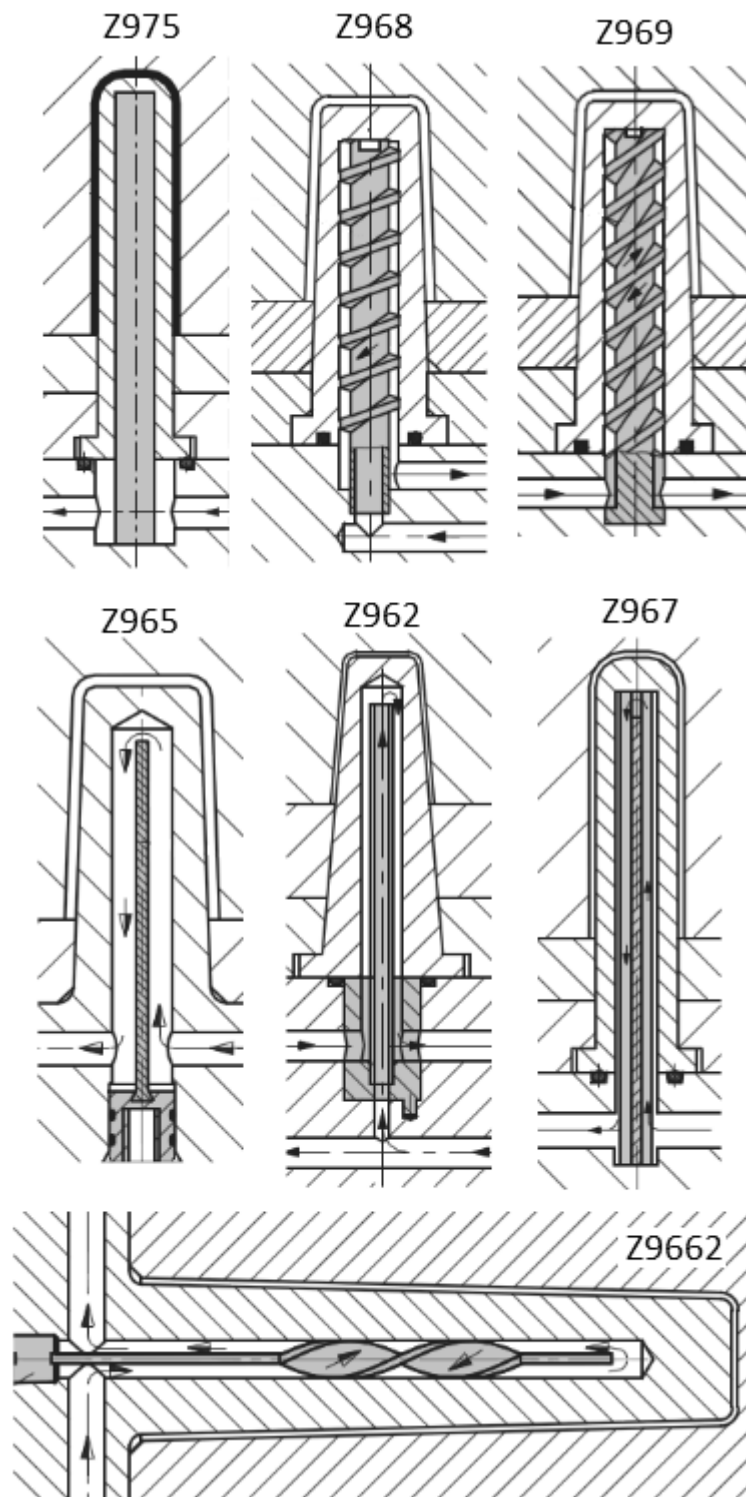
U tvárnice se temperační kanály zhotovují dle obr. 22. Neumisťují se v blízkosti hran výstřiku. Minimální vzdálenost temperačních kanálů od dutiny formy je dána pevností a tuhostí materiálu na jedné straně a vstříkovacím tlakem na straně druhé. [2]



Obr. 22 Temperace tvárnice [2]

Temperace tvárnků a to především s malým průřezem lze zajistit pomocí temperačních vložek. Ty se obvykle vyrábí z materiálu s velkou tepelnou vodivostí (Cu, Al...), které

snadněji odvádí teplo z nepřístupných míst přímo do temperačního média. Někteří výrobci již vyrábí temperační vložky pro tvárníky jako normálie. [2]

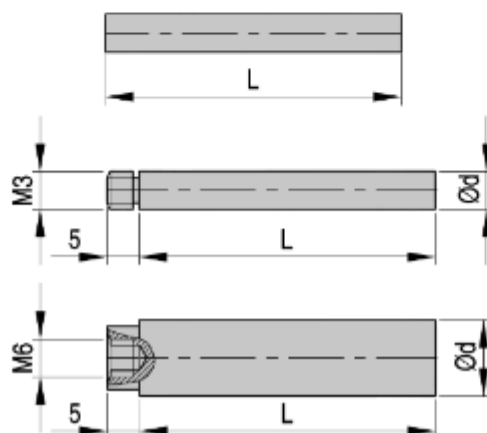
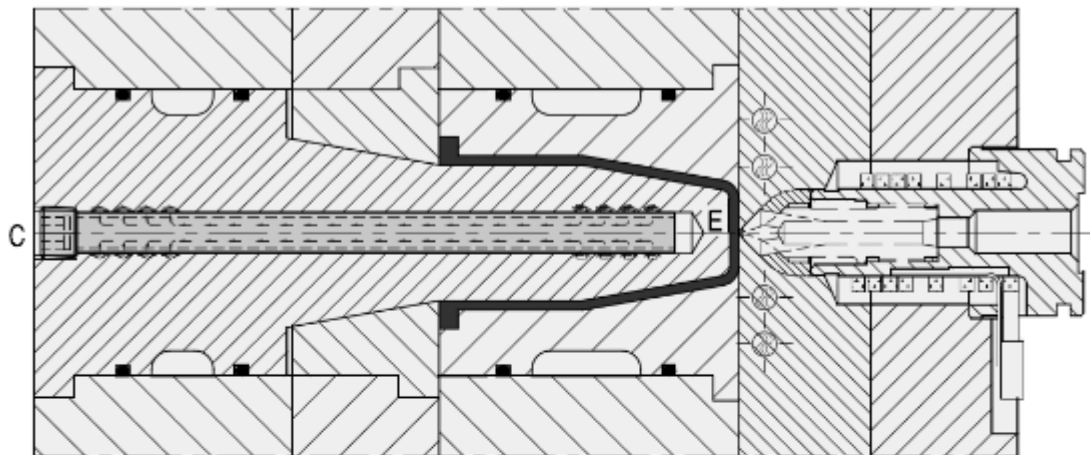


Obr. 23 Příklady temperačních vložek firmy HASCO [7]

3.7.4 Tepelné trubice

Tepelná trubice je duté těleso, nejčastěji kovová trubka kruového průřezu, která obsahuje těkavou kapalinu tzn. pracovní látku, a jejíž vnitřní povrch je pokryt porézním materiálem, kapilární soustavou. Pro nižší rozsah teplot se jako pracovní látky používá vody. Tepelná trubice může pracovat v libovolné poloze. Z hlediska činnosti tepelné trubice je lhostejné, ve které části trubice je teplo přiváděno a odváděno. [4]

Při ohřevu jedné části trubice teplem ze zdroje se teplotnosné médium vypařuje a přitom odebírá značné množství tepla z tepelného zdroje. Vzniklé páry proudí vnitřním evakovaným prostorem trubice do opačné chlazené části, kde kondenzují. Při kondenzaci předává výparné teplo chladicímu prostředí. [2]



Obr. 24 Tepelné trubice firmy DME [8]

Výrobce normálíí firma DME nabízí tepelné trubice pro chlazení tvárníků v několika řadách. Ty se vzájemně liší teplotou použití a konstrukčním řešením montáže a to buď s vnitřním závitem na jednom konci, s vnějším závitem na jednom konci nebo bez závitu.

Velkou předností tepelných trubic jsou jejich malé průměry, které se pohybují v rozsahu od 2 až do 20 mm a délkách 50 až 300 mm. Nejčastěji se proto používají při vstřikování dlouhých a tenkých výstřiků a ke chlazení tvárníků, které nelze uskutečnit pomocí temperačních kanálů a media. [2]

3.8 Vyhazování výstřiků

Po částečném ochlazení výstřiku ve formě následuje otevření formy a vyhození výstřiku z dutiny formy. K tomuto účelu se forma vybavuje vyhazovacím systémem. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho trvalým deformacím. Při vyhazování hlubokých tvarů je třeba počítat s odvodušněním.

Vyhazování výstřiku z dutiny formy mohou zajišťovat vyhazovací kolíky, stírací desky, stlačený vzduch, nebo kombinace uvedených prvků.

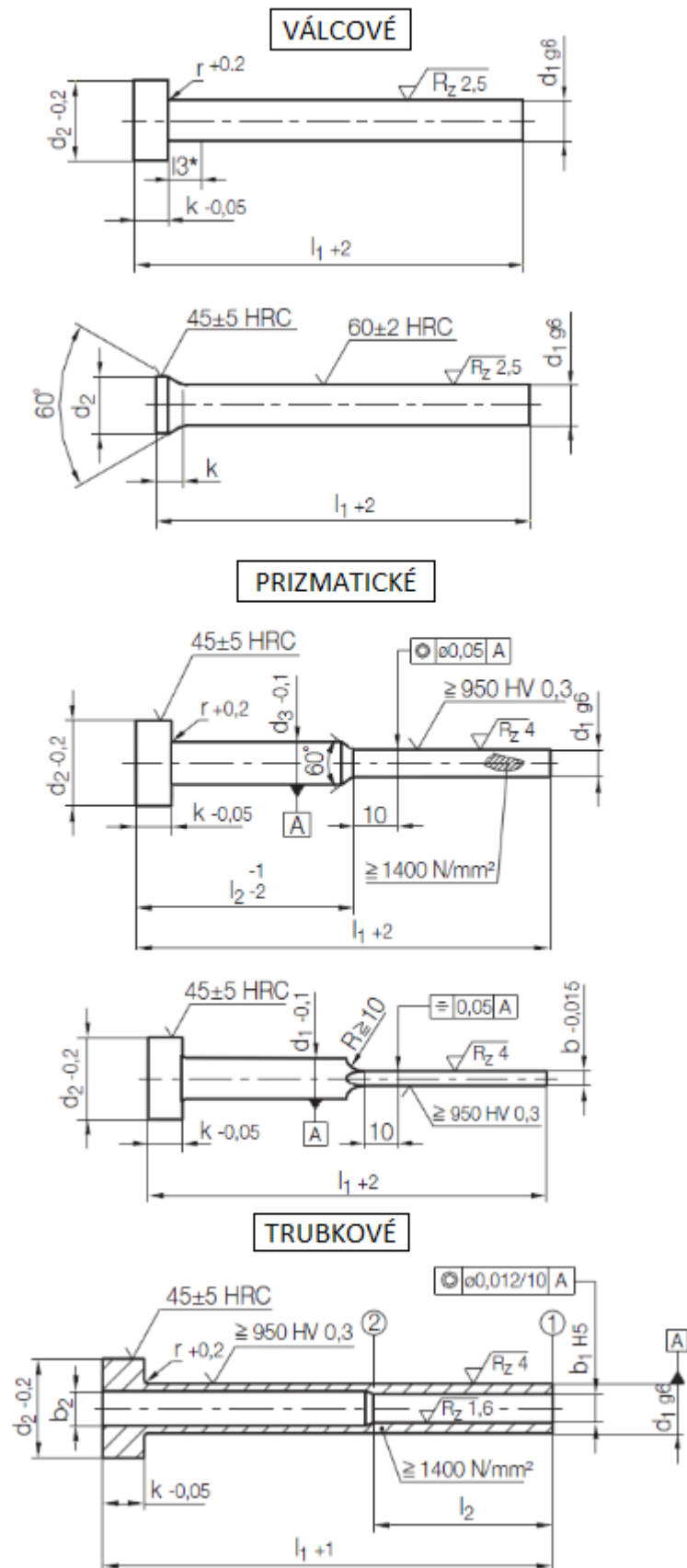
Rozhodujícím faktorem pro volbu vyhazovacího systému je velikost potřebné vyhazovací síly. Tato síla závisí:

- na smrštění výstřiku ve formě,
- na adhezi platu k líci formy,
- na podtlaku vznikajícím při vyhazování,
- na pružných deformacích. [5]

3.8.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperační kanály.

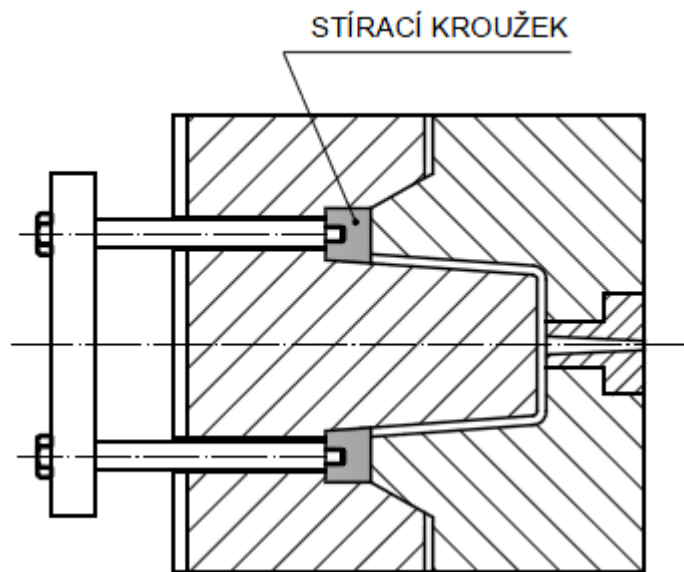
Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. [2]



Obr. 25 Vyhazovací kolíky výrobce HASCO [7]

3.8.2 Vyhazování stírací deskou

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivena. [2]



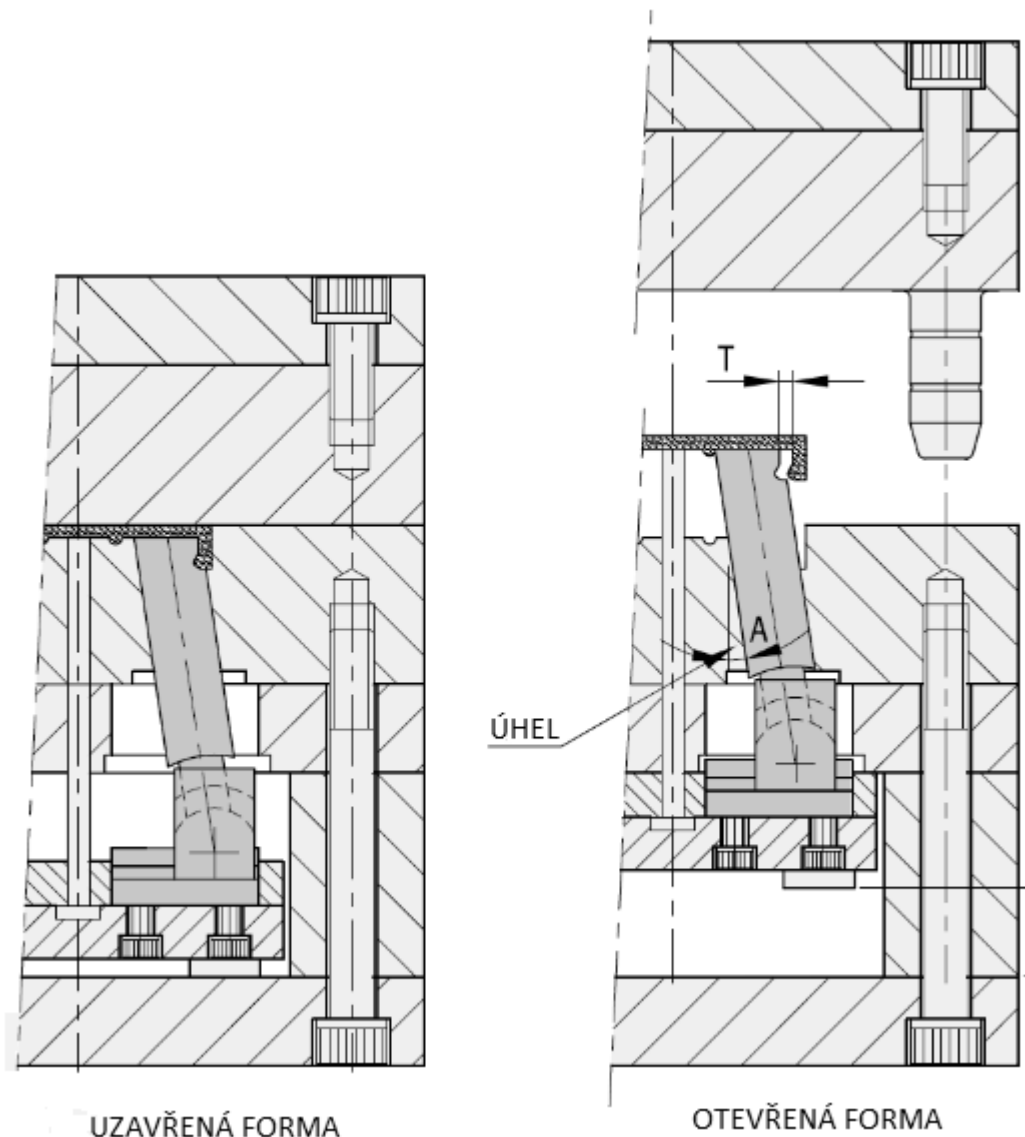
Obr. 26 Stírací deska (kroužek) [2]

3.8.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem.

Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen přímo na vyhazovači, nebo šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci.

Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné ho kombinovat i přímým vyhazováním. Způsob musí být funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [2]



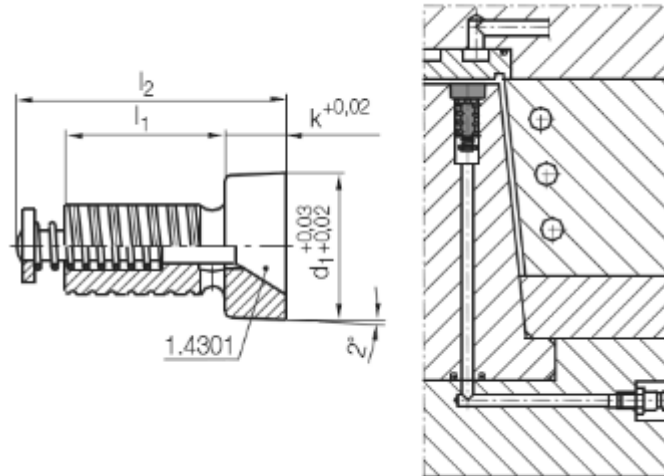
Obr. 27 Posuvný systém šikmého vyhazovače [8]

3.8.4 Vzduchové vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Pneumatické vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiků.

Vzduch se do dutiny formy přivádí přes ventil talířový, jehlový nebo různé kolíky. Ventil se otevírá tlakem vzduchu a uzavírá pružinou. Jehlové ventily se používají, když plocha výstřiku ze strany od ventilu je profilovaná. Řízené ventily jsou umístěny vně formy. Pro

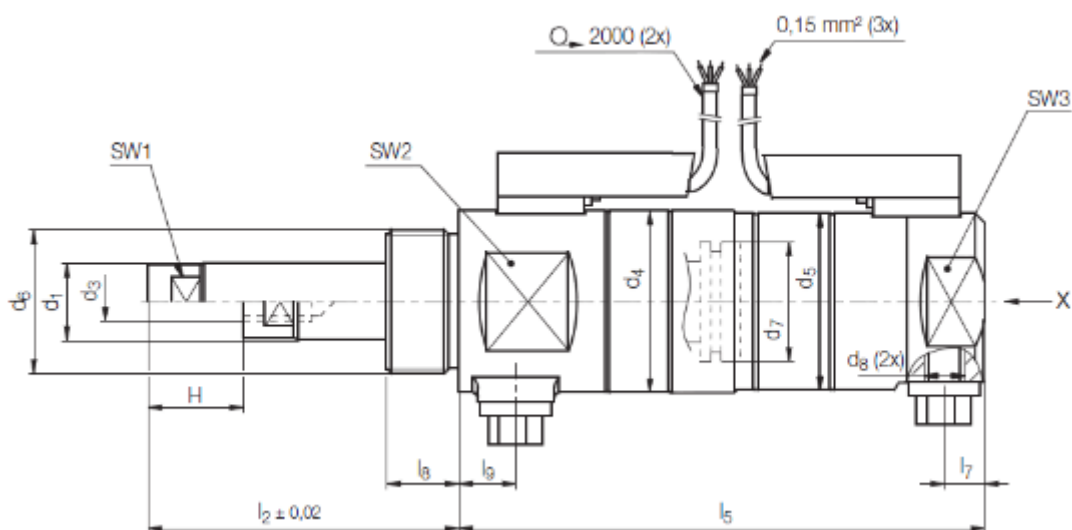
automatické formy je třeba volit vyhazovací systémy tak, aby dva nezávislé systémy zabezpečovaly vyhození výstřiku z dutiny formy. [2]



Obr. 28 Talířový pneumatický ventil HASCO Z4911 [7]

3.8.5 Hydraulické vyhazování

Přímo zabudované hydraulické jednotky ve formě, které pracují jako vyhazovače, se používají jen zřídka. Jejich využití je častější pro ovládání bočních posuvných čelistí. Hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. [2]



Obr. 29 Přímočarý hydraulický motor HASCO Z2301 [7]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu
- navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl ve dvou variantách
- nakreslit 2D řez vstřikovacími formami včetně příslušných pohledů a kusovníku
- provést srovnání jednotlivých variant

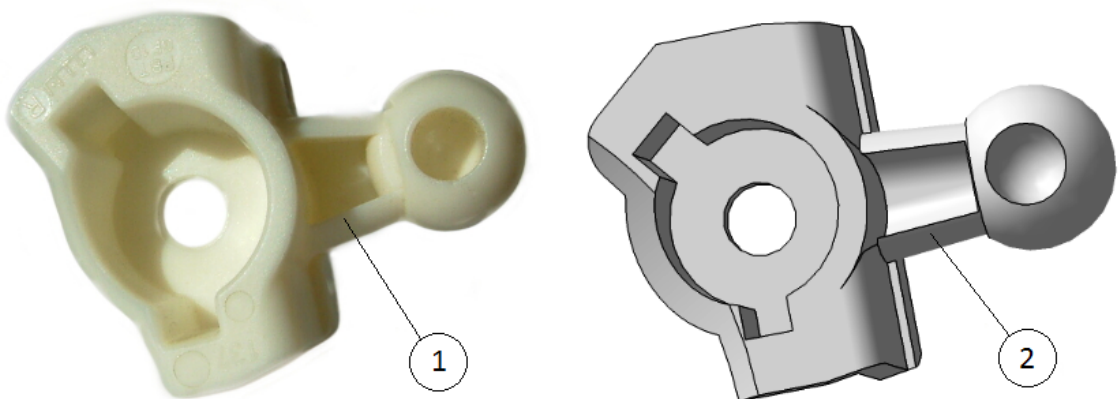
Hlavním cílem praktické části je zjištění, zda je vstřikovací formu pro zadaný díl výhodnější z hlediska ceny sestavit z normalizovaných dílů, nebo z dílů nenormalizovaných. Pro snadné porovnání nákladů na formu, sestavenou z normalizovaných dílů a formu, vyrobenou z nenormalizovaných dílů, se konstrukce formy těchto dvou variant neliší. Díly jsou tedy rozměrově a tvarově stejné u obou variant vstřikovacích forem, přičemž u varianty jedné, je uvažován nákup všech dílů od firmy HASCO se snahou co nejmenších dodatečných úprav dílů a u varianty druhé, je uvažována výroba jednotlivých dílů firmou, specializující se na výrobu vstřikovacích forem. V závěru tedy bude možné provést cenové porovnání a rozhodnout, zda je u vstřikovací formy pro tento výrobek vhodnější jednotlivé díly formy nakoupit jako normálie od firmy HASCO, nebo zadat výrobu jednotlivých dílů formy specializované firmě, případně které díly je vhodné nakoupit jako normálie, a které si nechat vyrobit.

5 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Materiálem dílu je polybutylentereftalát s obsahem 10% skelných vláken. Je vhodný pro komponenty se zvýšenou požární odolností, např. relé tělesa, zásuvkové konektory, vypínače, díly světel atd. Tavenina je stabilní do teploty 280°C a do této teploty nedochází k degradaci a uvolňování plynů a par.

Tab. 3 Charakteristika vstřikovaného materiálu [17]

Zkratka	PBT GF10
Obchodní název	Ultradur® B 4406 G2
Hustota	1500 kg/m ³
Teplota tavení	223°C
Teplota vstřikování	250-275°C
Teplota formy při vstřikování	60-100°C
Podélné smrštění	0,6%
Příčné smrštění	1,3%
Modul pružnosti v tahu	5500MPa
Nasákavost (voda při teplotě 23°C)	0,4%
Navlhavost (při teplotě 23°C a 50% relat.vlhkosti)	0,2%
Index toku taveniny MVR při 250°C	15 cm ³ /10min



Obr. 30 Vstřikovaný díl

1 - fotografie vstřikovaného dílu, 2 - CAD model vstřikovaného dílu

6 KONSTRUKCE FORMY

Návrh formy byl proveden v softwaru Catia V5. Konstrukce formy je navržena dle složitosti výrobku. Snahou bylo navrhnout formu co nejjednodušší a zároveň co nejpřesnější, aby splňovala požadavky na rozměrovou přesnost výrobku.

6.1 Násobnost formy

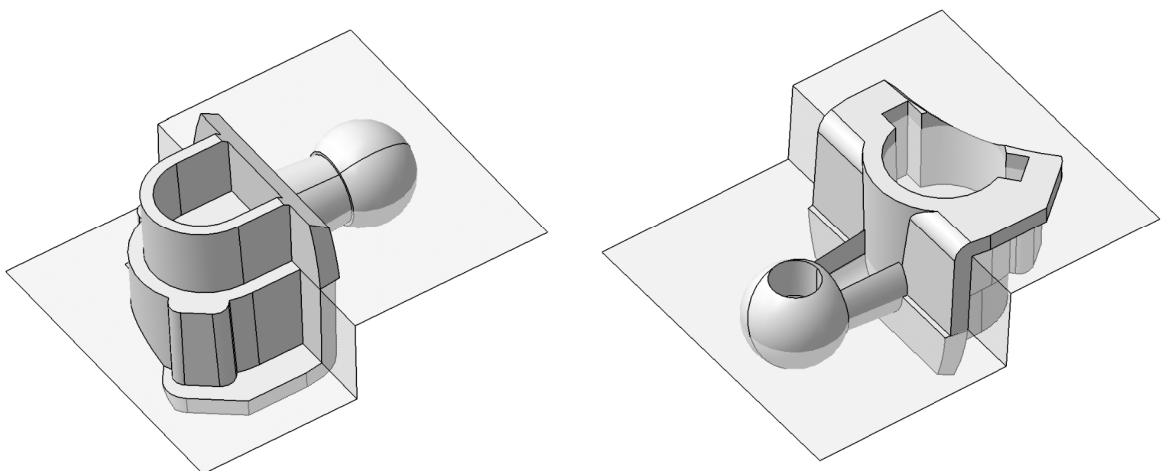
Násobnost formy se zpravidla stanovuje dle požadovaného množství výrobků, velikosti výrobku, velikosti stroje, kapacity plastikační jednotky a ekonomiky výroby. Pro dosažení nejlepší kvality výrobku je nevhodnější forma jednonásobná, není však nevhodnější z ekonomického hlediska výroby vstřikovaného dílu. Dle požadavku vedoucího bakalářské práce byla zadána forma čtyřnásobná s ohledem na kritéria volby násobnosti formy.

6.2 Zaformování výstřiku

Zaformování spočívá ve volbě optimální dělící roviny, tak aby:

- rovina byla co nejjednoduššího tvaru a byla vedená v hranách výrobku,
- na pohledové části výstřiku nebyly viditelné stopy po dělící rovině,
- docházelo ke snadnému vyhození výstřiku vyhazovacím systémem,

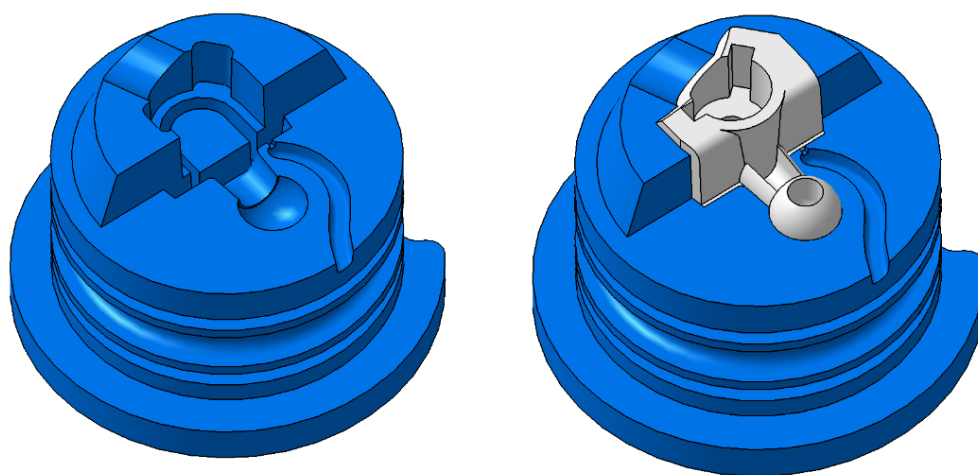
Dle tvarové složitosti zadaného výrobku bylo nutné, zaformování řešit pomocí složitější dělící roviny.



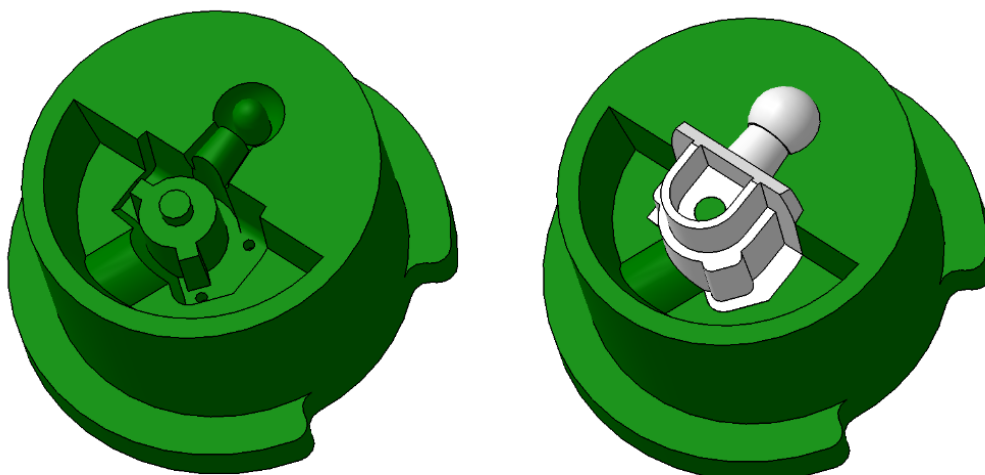
Obr. 31 Dělicí rovina

6.3 Návrh tvarové dutiny

Při vstřikování je tvarová dutina formy vystavena vysoké teplotě, tlaku a smykovému tření mezi povrchem dutiny a taveninou polymeru. Musí být tedy zhotovena z ušlechtilé nástrojové oceli, která je následně kalená. Tvarová dutina je tvořena tvárnicí a tvárníkem. Jejich chybný návrh či zhotovení může zapříčinit nedodržení rozměrů výstřiku.



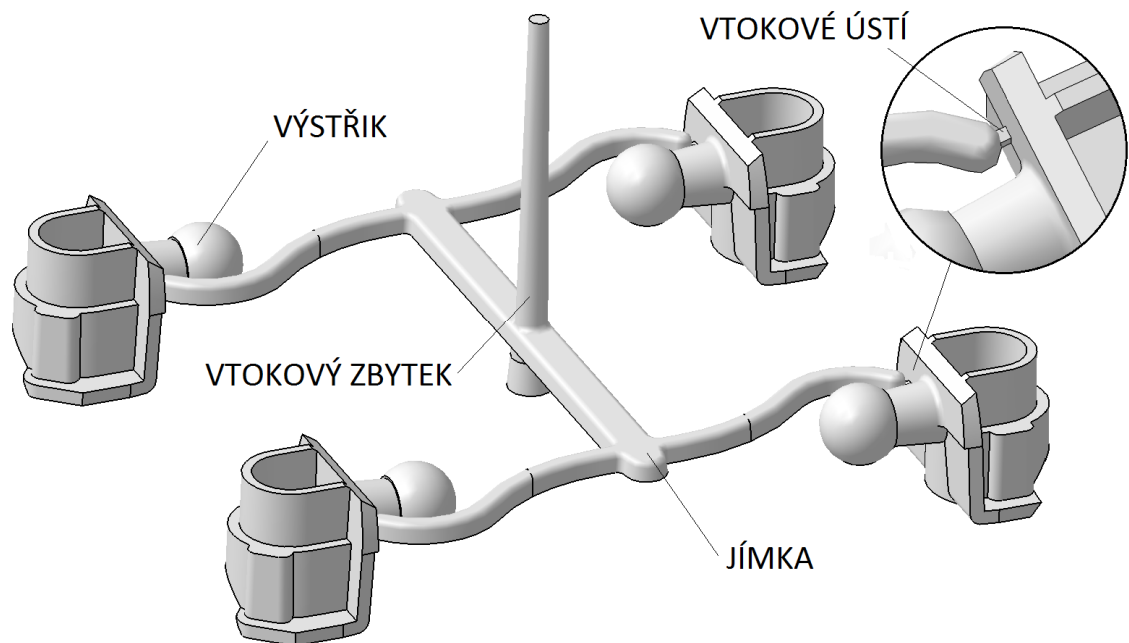
Obr. 32 Tvarová vložka - tvárnice



Obr. 33 Tvarová vložka - tvárník

6.4 Vtoková soustava

Pro snížení nákladů na výrobu formy a jednodušší konstrukci formy byla zvolena studená vtoková soustava. Vtoková soustava zajišťuje dopravení taveniny polymeru do tvarových dutin formy. Je nutné, aby délka rozvodných kanálů byla ke všem dutinám stejná a dutiny formy byly naplněny taveninou ve stejný okamžik. Snahou je také navrhnout co nejkratší rozvodné kanály k dutinám formy. Tím se snižuje riziko zamrznutí taveniny v rozvodných kanálech dříve, než dojde k úplnému naplnění dutin formy. Snižuje se také spotřeba materiálu na vtokový zbytek, který vzniká vytvrdnutím taveniny v rozvodných kanálech. Vtokový zbytek se pak následně od výstřiků odděluje a recykluje.



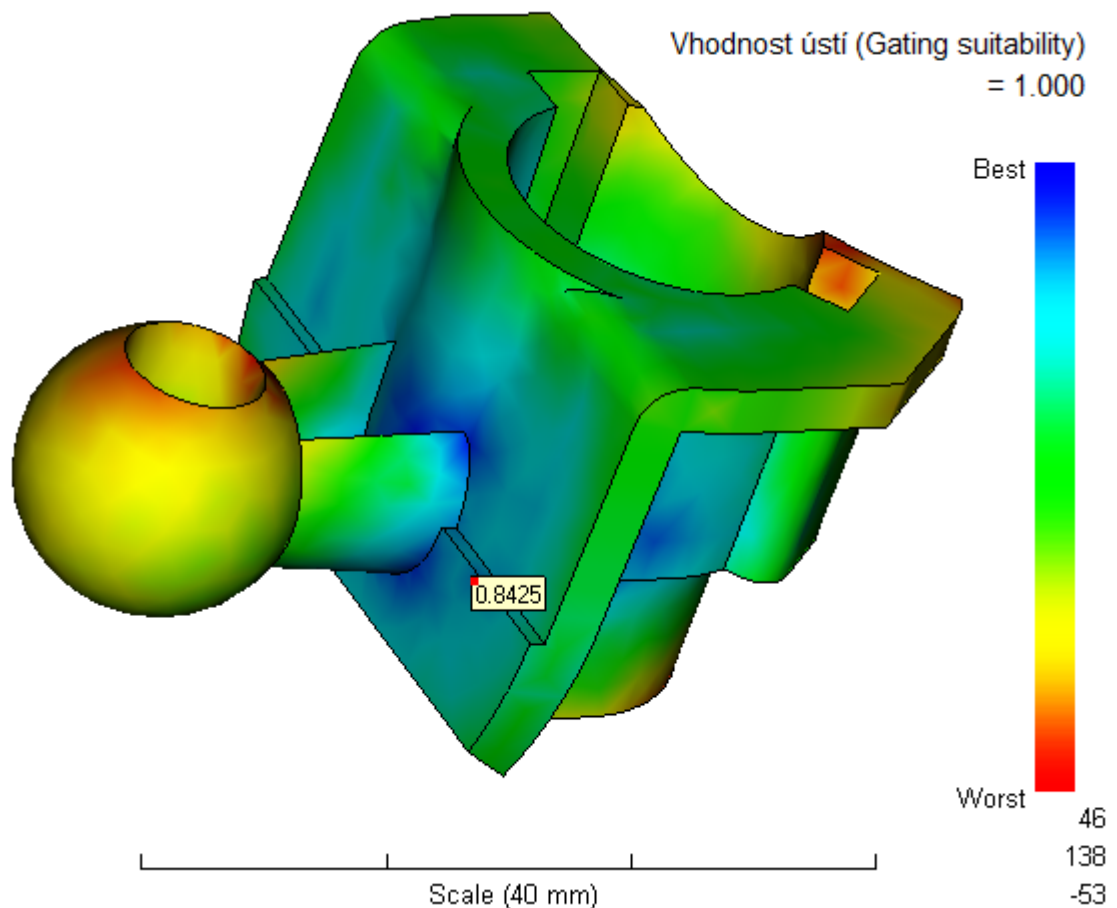
Obr. 34 Výrobky spojené vtokovým zbytkem

Rozvodný kanál vstupuje do dutiny formy prostřednictvím zúžení, které se nazývá vtokové ústí. To se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku a musí umožnit spolehlivé naplnění dutiny formy. Vtokové ústí pak umožní snadné oddělení výstřiku od vtokového zbytku.

Při návrhu vtokového systému bylo zvoleno boční vtokové ústí a jeho vhodné umístění stanoveno pomocí simulačního programu Autodesk Moldflow Insight.

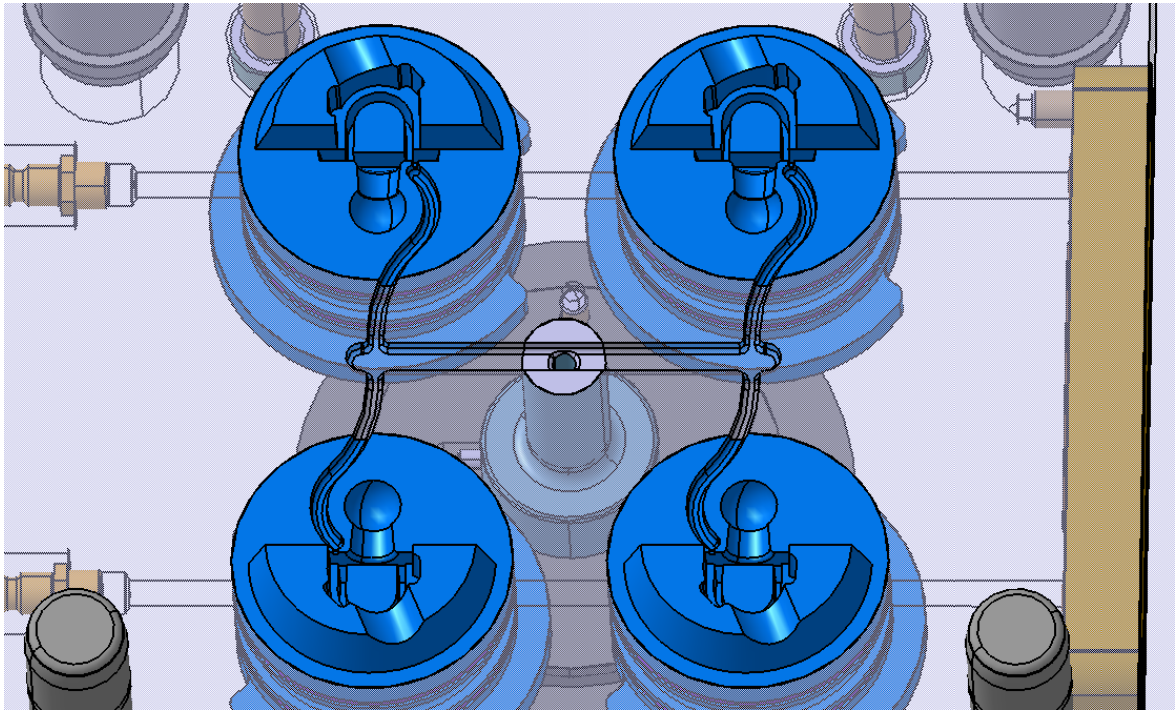
Software Autodesk Moldflow Insight jako součást řešení Autodesk pro digitální prototypování, je nástrojem pro simulaci vstřikovacího procesu na digitálním prototypu. Software Autodesk Moldflow Insight poskytuje možnost hloubkově řešit, vyhodnocovat a optimalizovat plastový díl i vstřikovací formu a tím napomáhá ke studiu vstřikovacích procesů, užívaných v současné praxi. Software Autodesk Moldflow Insight využívají přední světoví výrobci v automobilovém průmyslu, v odvětví spotřební elektroniky, zdravotního materiálu i obalů k tomu, aby jim ušetřil náklady. [16]

Na *Obr. 35* jsou zobrazeny grafické výsledky provedené analýzy. Cílem bylo stanovit vhodné místo pro umístění vtoku, nebo-li vtokového ústí. To má podstatný vliv na plnění dutiny formy taveninou, vytváření tzv. studených spojů, povrchový vzhled apod.



Obr. 35 Analýza umístění vtokového ústí

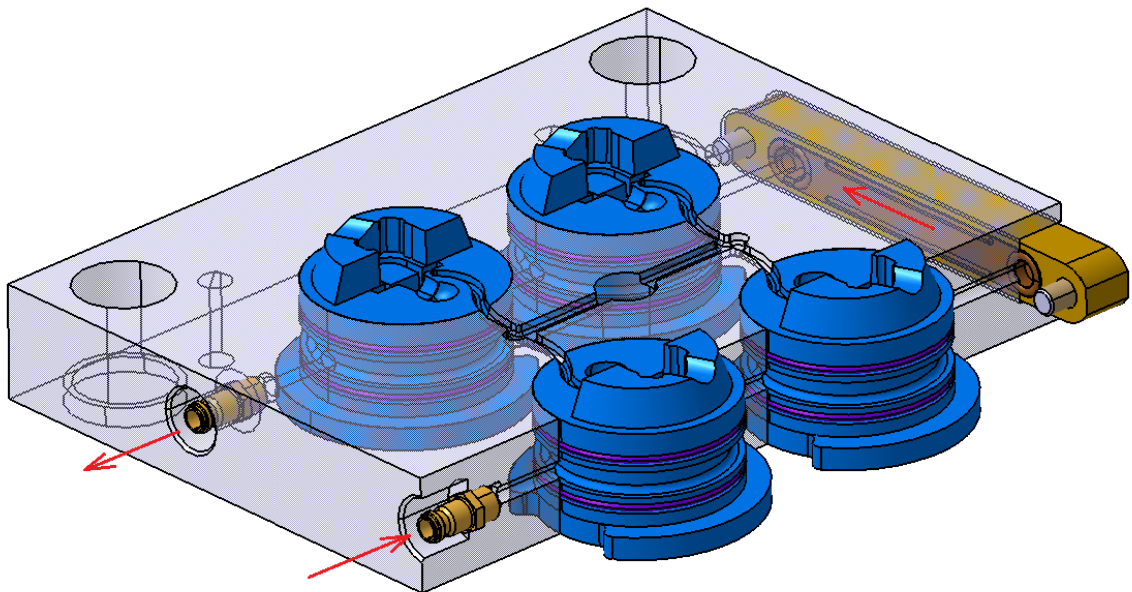
Vhodnost zvoleného umístění vtokového ústí je tedy dle analýzy 84%.



Obr. 36 Vtoková soustava

6.5 Temperace formy

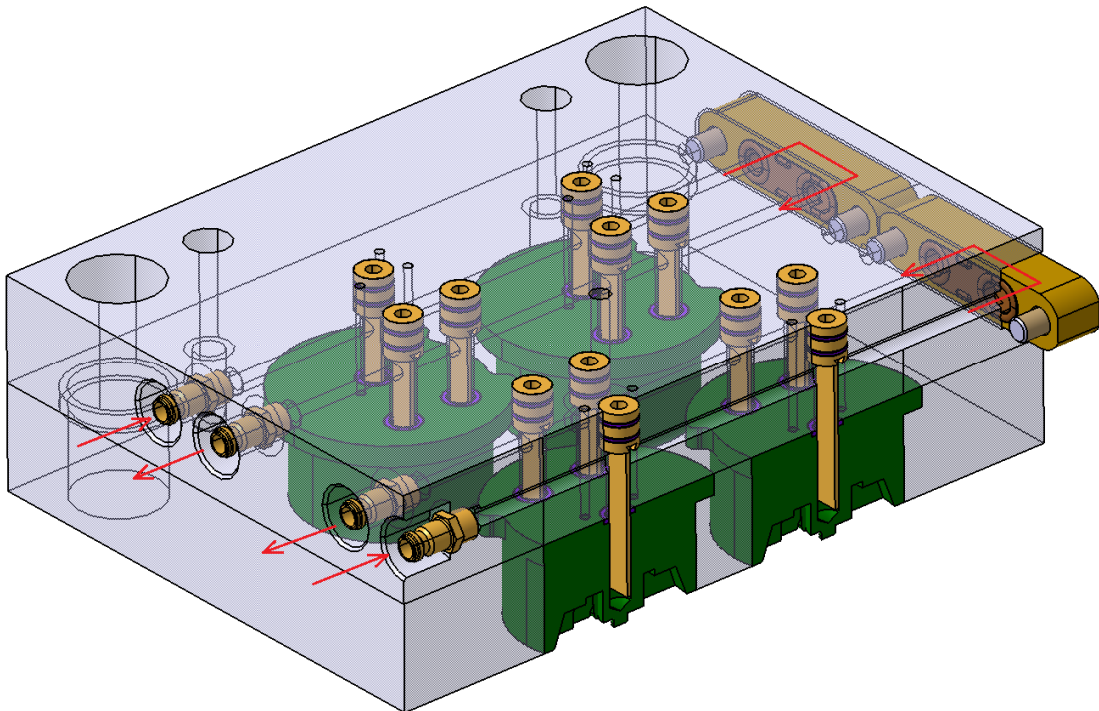
Temperace slouží k udržování konstantního tepelného pole formy. Je tvořena soustavou temperačních kanálů a dutin, kterými se odvádí nebo přivádí teplo prostřednictvím proudící temperační kapaliny. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého vstřikovacího cyklu.



Obr. 37 Temperace pravé části formy

Temperace tvárnice je zajištěna drážkou po obvodu tvarové vložky, kterou protéká temperační médium. Vrtanými kanály v tvarové desce kotevní pravé a s použitím obtokového můstku jsou pak jednotlivé kanály tvárnic propojeny v jeden samostatný okruh.

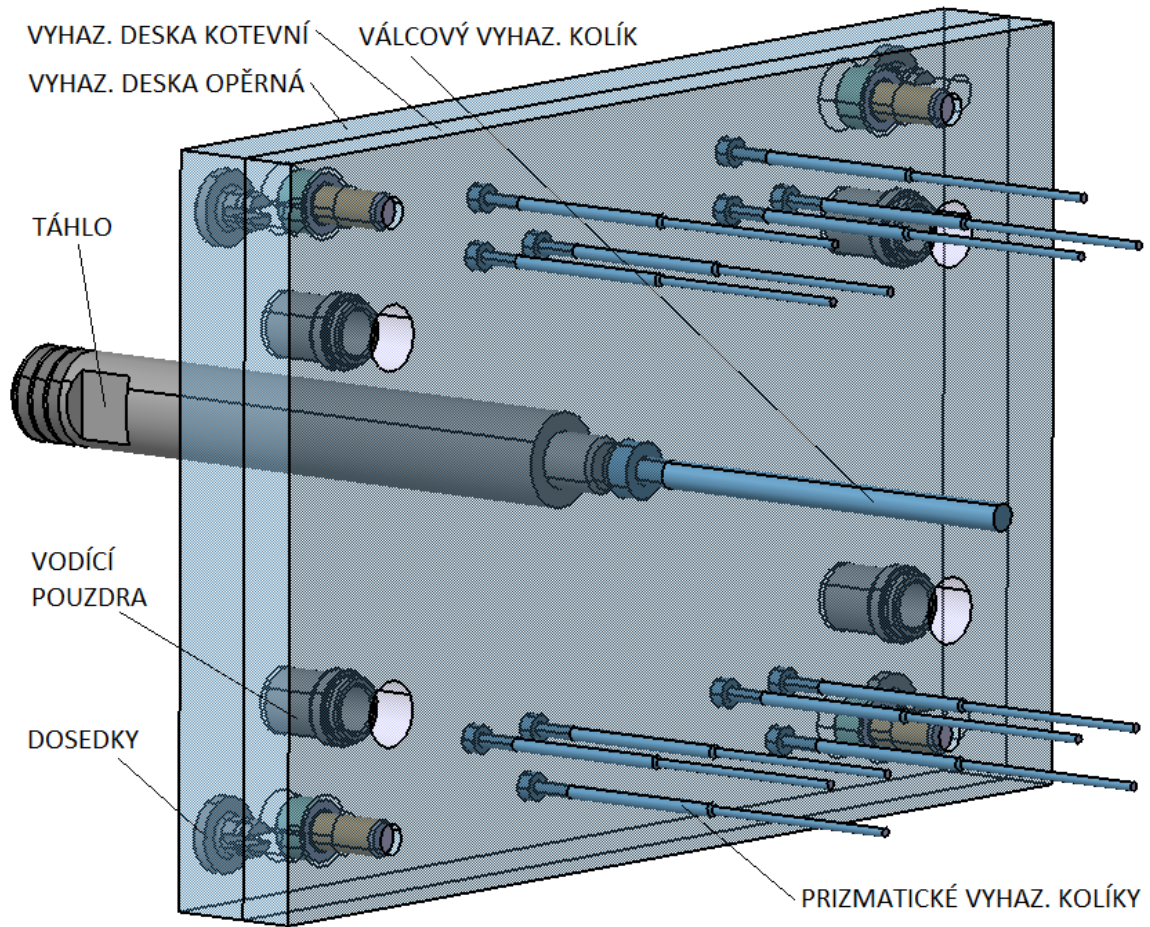
Další dva okruhy jsou zhotoveny v pohyblivé části formy, kde slouží k temperaci tvárníků. K tomu bylo použito temperačních vložek. Ty snadněji odvádí teplo z nepřístupných míst.



Obr. 38 Temperace levé části formy

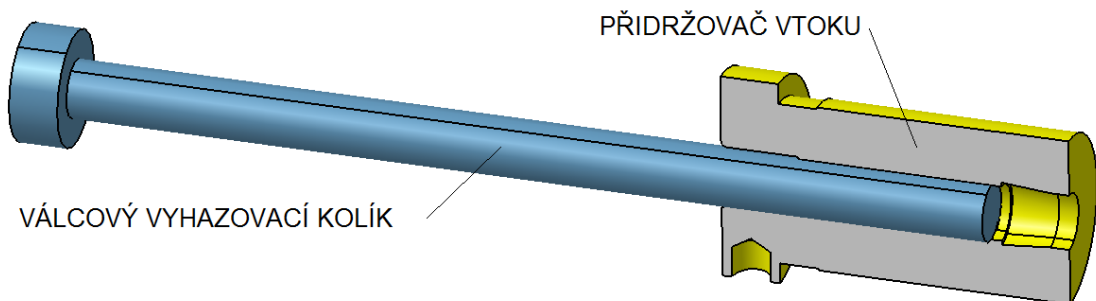
6.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém zajišťuje bezpečné vyhození výstřiku z formy bez porušení jeho tvaru. Nejprve je nutné ochlazení výstřiku v dutině formy na vyhazovací teplotu. Po dosažení této teploty dojde k vyhození výstřiku působením síly tří prizmatických vyhazovacích kolíků, které přímočarým pohybem vysunou výstřik z tvárníku. Zdvih vyhazovacích kolíků musí být dostatečně velký, aby dostal výstřik zcela mimo tvárník. Vyhazovací kolíky jsou ukotveny ve vyhazovací desce kotevní a zajištěny vyhazovací deskou opěrnou, ve které je našroubováno táhlo spojující vyhazovací systém s hydraulickým systémem vstřikovacího stroje. Pro přesné vedení vyhazovacích desek v přímočarém směru obsahují vyhazovací desky vodící pouzdra, které se pohybují po vodících sloupcích pevně ukotvených v upínací desce levé.



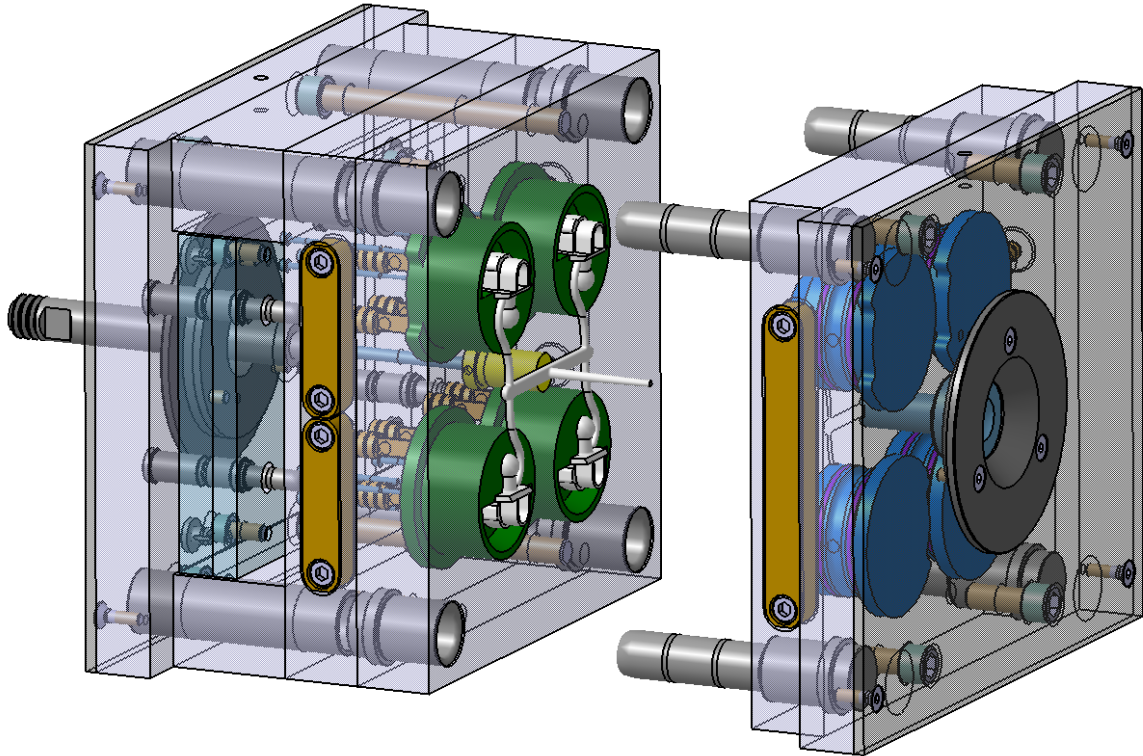
Obr. 39 Vyhazovací systém formy

Vyhození vtokového zbytku z přidržovače vtoku provádí vyhazovací kolík válcový. Ten při vyhození přetlačí kuželové zakončení vtokového zbytku přes zúžené válcové zakončení přidržovače vtoku.



Obr. 40 Vyhození vtokového zbytku

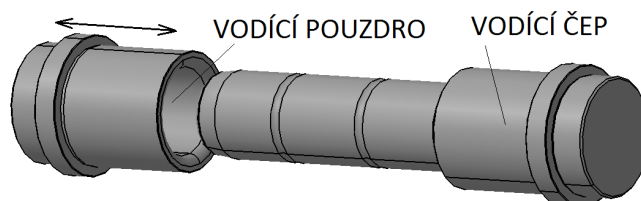
Ve fázi vstřikovacího cyklu, kdy dojde k otevření formy, zůstávají výstřiky včetně vtokového zbytku na levé straně formy, dokud nedojde k jejich vyhození vyhozovacím systémem.



Obr. 41 Forma ve fázi otevření

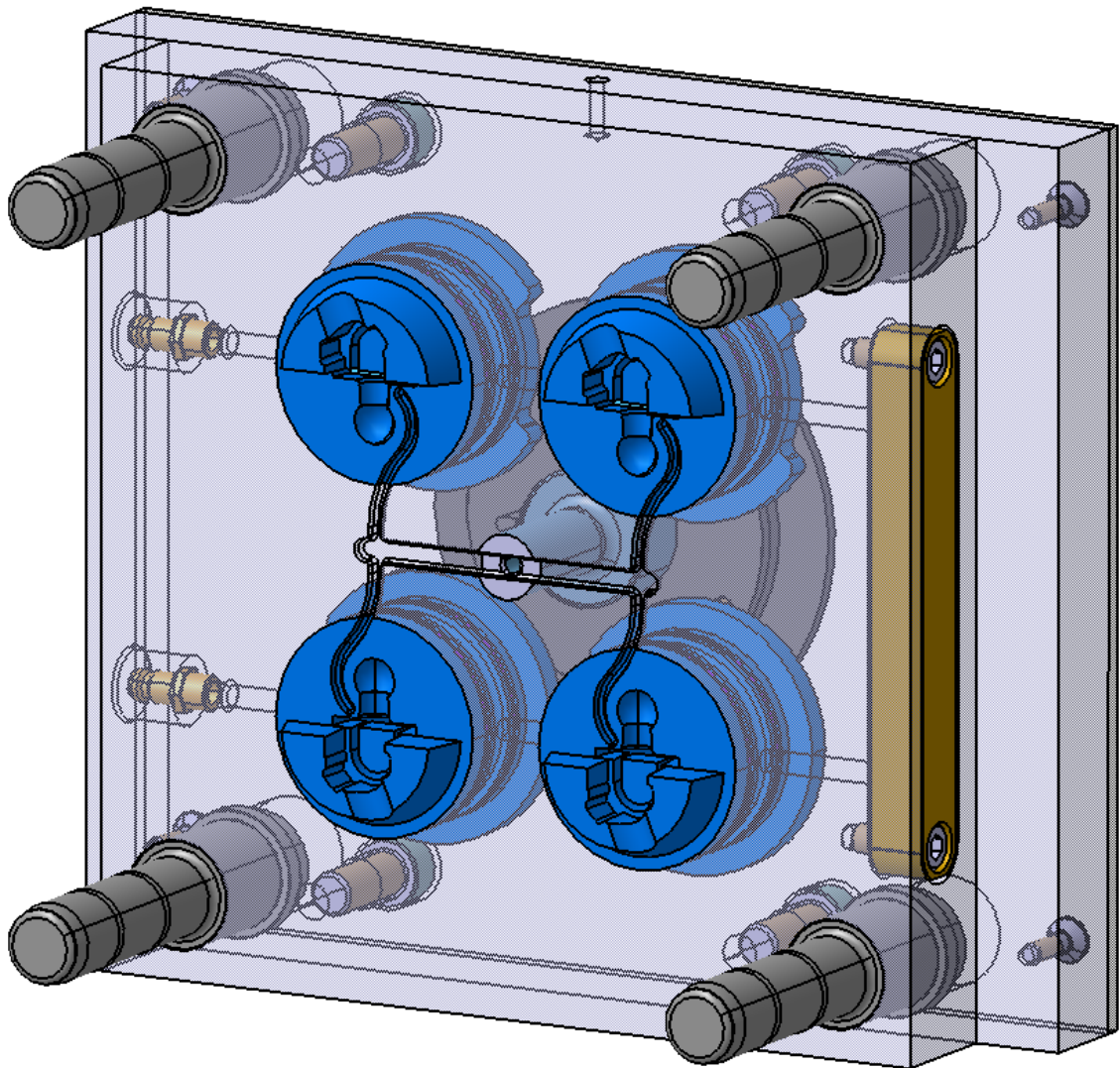
6.7 Vodící elementy a spojovací součásti

Při otevírání a uzavírání formy jsou pravá a levá část vzájemně vedeny vodícími čepy ve vodících pouzdrech. Tím dochází k vystředění této pohyblivé části formy vůči pevné části formy. Přesné vymezení vzájemné polohy upínací desky levé, rozpěrek a opěrné desky zajišťují tzv. středící trubky. Tvarová deska kotevní levá je pak vůči opěrné desce středěna vodícími pouzdry. Vodící čepy v pravé části formy pak také zajišťují vymezení tvarové desky kotevní vůči upínací desce. Pevné spojení desek zajišťují šrouby.

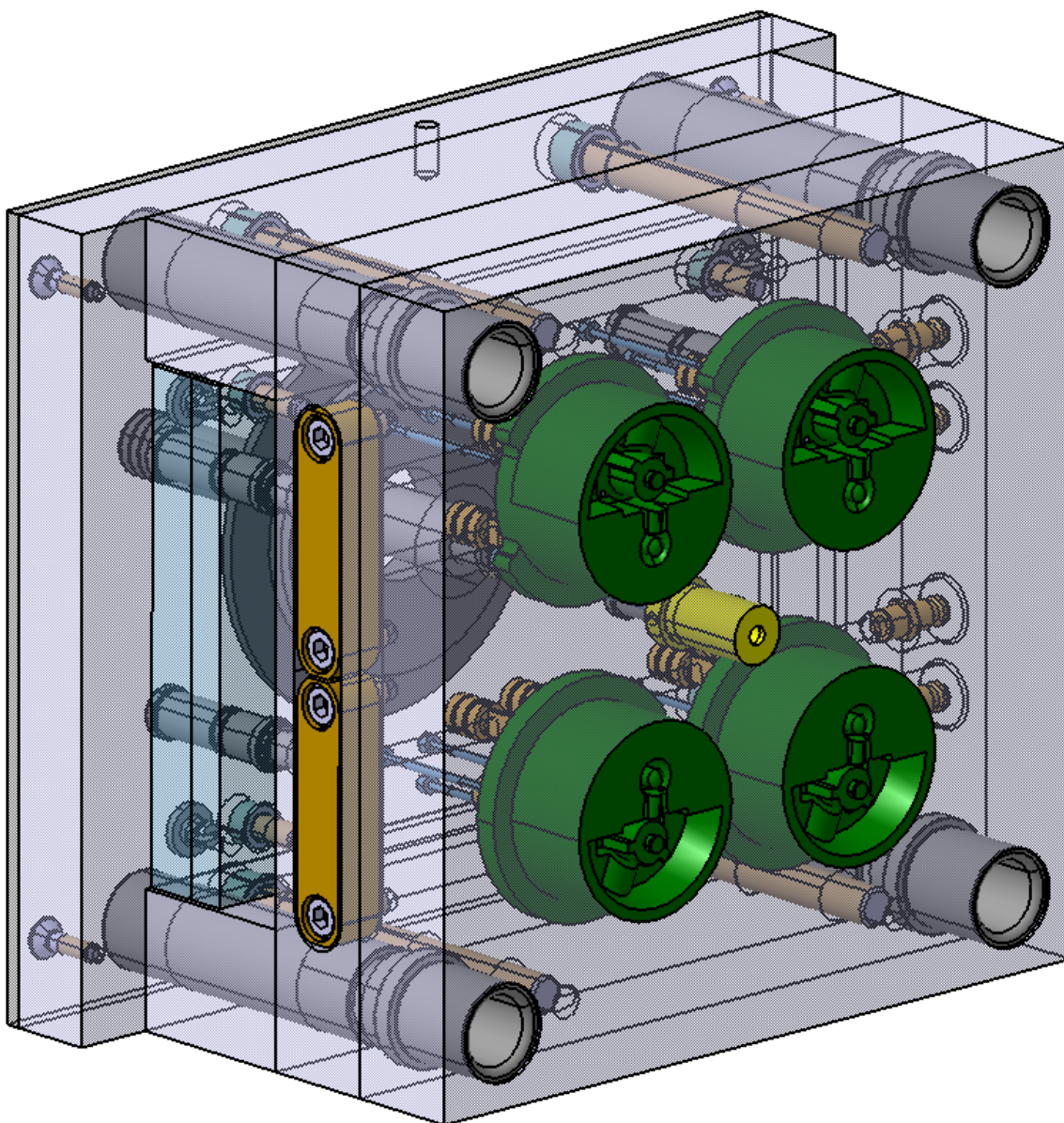


Obr. 42 Vodící elementy

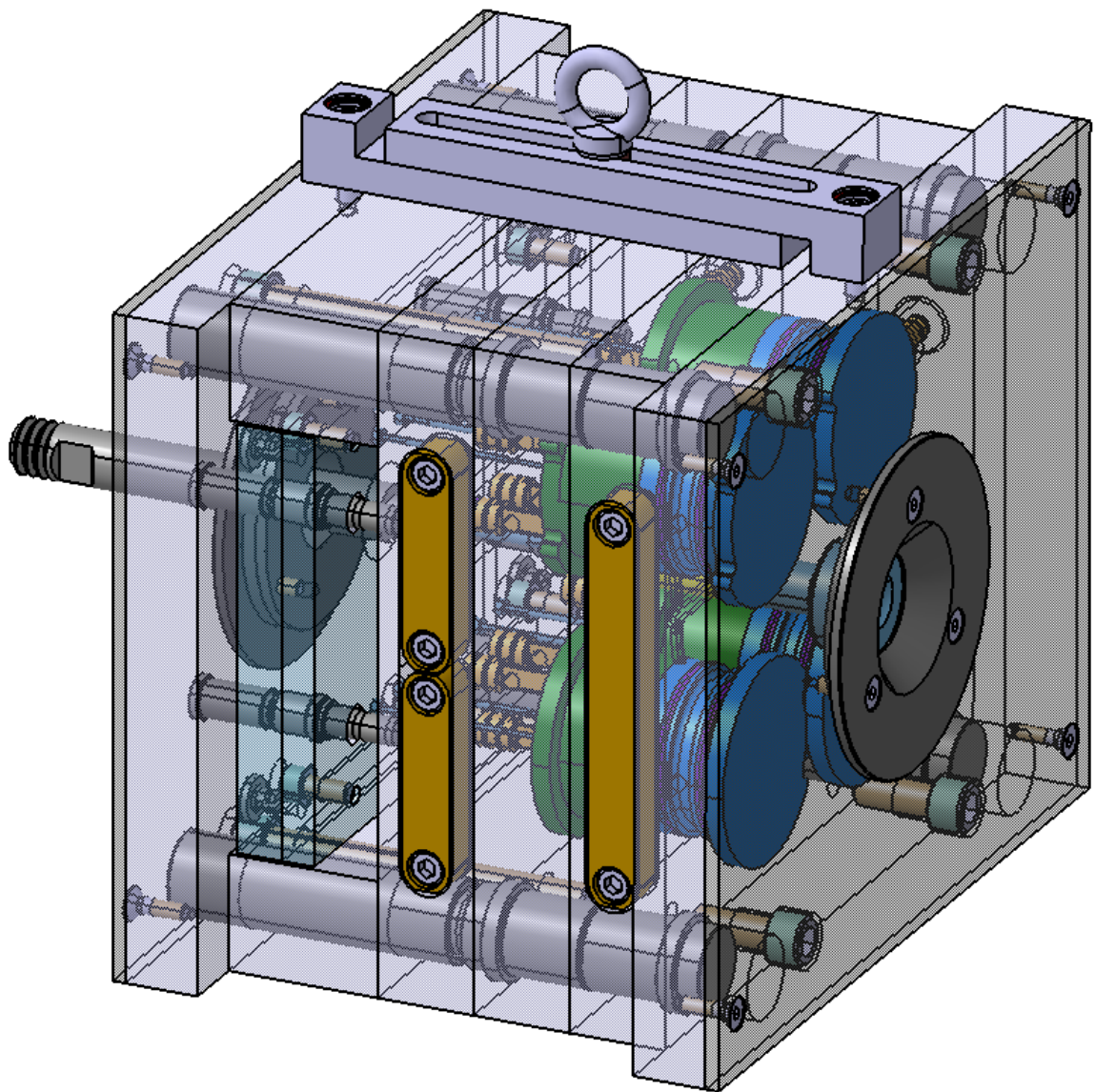
6.8 Kompletní sestava formy



Obr. 43 Pravá část formy



Obr. 44 Levá část formy



Obr. 45 Zavřená forma

7 SESTAVENÍ FORMY

Pro navrženou vstřikovací formu byly zhotoveny dva soubory výkresů. A to soubor výkresů, podle nichž je možné upravit normálie HASCO, ze kterých se navržená forma skládá a soubor výkresů, podle nichž by jednotlivé díly byly kompletně zhotoveny firmou, specializující se na výrobu vstřikovacích forem. Obě skupiny výkresů byly zaslány do firmy OBZOR, výrobní družstvo Zlín s požadavkem o cenový rozbor, z něhož vyplývají náklady na úpravu normálií HASCO pro navrženou formu a náklady na kompletní zhotovení těchto jednotlivých dílů vstřikovací formy touto firmou.

Veškeré ceny jsou uvedeny bez DPH. Ceny normálií odpovídají cenám uvedených v eshopu na stránkách výrobce. Ty výrobce uvádí v eurech, proto byl proveden přepočítání dle kurzu, který dne 3.2.2012 odpovídal 1€= 25,16 Kč.

7.1 Forma sestavená z normálií (Forma 1)

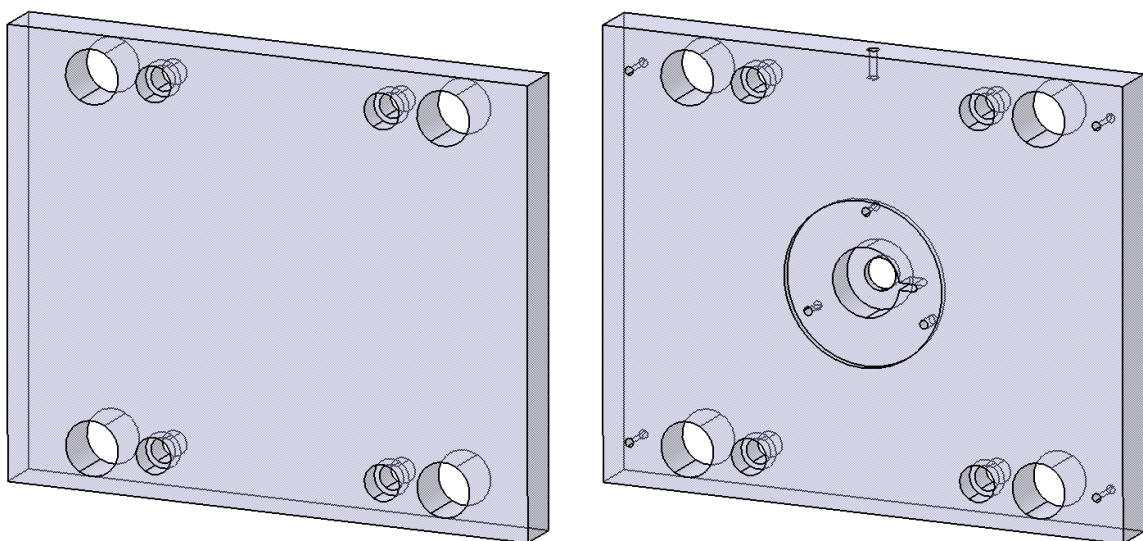
U této formy je uvažován nákup všech dílů od výrobce normálií HASCO se snahou co nejmenších dodatečných úprav těchto dílů. Přesto je nutné některé díly obrábět a upravit na požadované rozměry a tvar, případně u nich provádět další technologické operace nezbytné pro jejich správnou funkci v navržené konstrukci vstřikovací formy.

7.1.1 Upínací deska pravá

Upínací deska HASCO K16/249x296/27 obsahuje pouze díry pro vodící čepy a díry pro šrouby, které spojují upínací desku s tvarovou deskou kotevní pravou. Je tedy nutné tento díl dále obrábět a vytvořit díru pro vtokovou vložku včetně drážky pro kolík, zabraňující pootočení vtokové vložky. Dále vytvořit díru pro středící kroužek pravý včetně děr se závity pro přitažení středícího kroužku pravého prostřednictvím šroubů k upínací desce. Středící kroužek pak také zabraňuje vysunutí vtokové vložky z upínací desky a přitlačí izolační desku k desce upínací. Izolační deska je dále v rozích přišroubována k upínací desce prostřednictvím šroubů, pro které je nutno vytvořit v desce upínací díry se závity. Pro montáž přepravního můstku je nutno v horní části zhotovit díru se závitem.

Tab. 4 Upínací deska pravá

Normálie	HASCO K16/246x296/27
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	3 254 Kč (129,35 €)
Cena dodatečných úprav	6 000 Kč



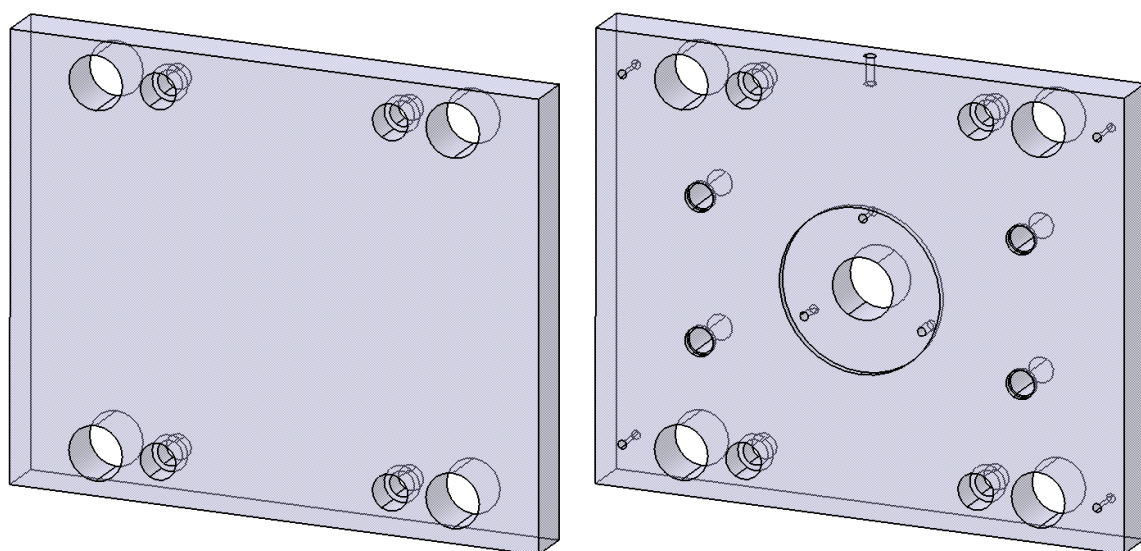
Obr. 46 Upínací deska pravá (normálie, dokončený díl)

7.1.2 Upínací deska levá

Normálie pro upínací desku levou je stejná jako pro upínací desku pravou. Další obrábění je zde také nezbytné. Jedná se zejména o středovou díru, kterou prochází táhlo, díru pro středící kroužek levý včetně děr se závity pro dotažení středícího kroužku levého k upínací desce prostřednictvím šroubů, díry pro nalisování vodících sloupků sloužících k vedení vyhazovacích desek, zhotovení děr se závity pro dotažení izolační desky k desce upínací za použití šroubů a díru se závitem pro montáž transportního můstku.

Tab. 5 Upínací deska levá

Normálie	HASCO K16/246x296/27
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	3 254 Kč (129,35 €)
Cena dodatečných úprav	8 000 Kč



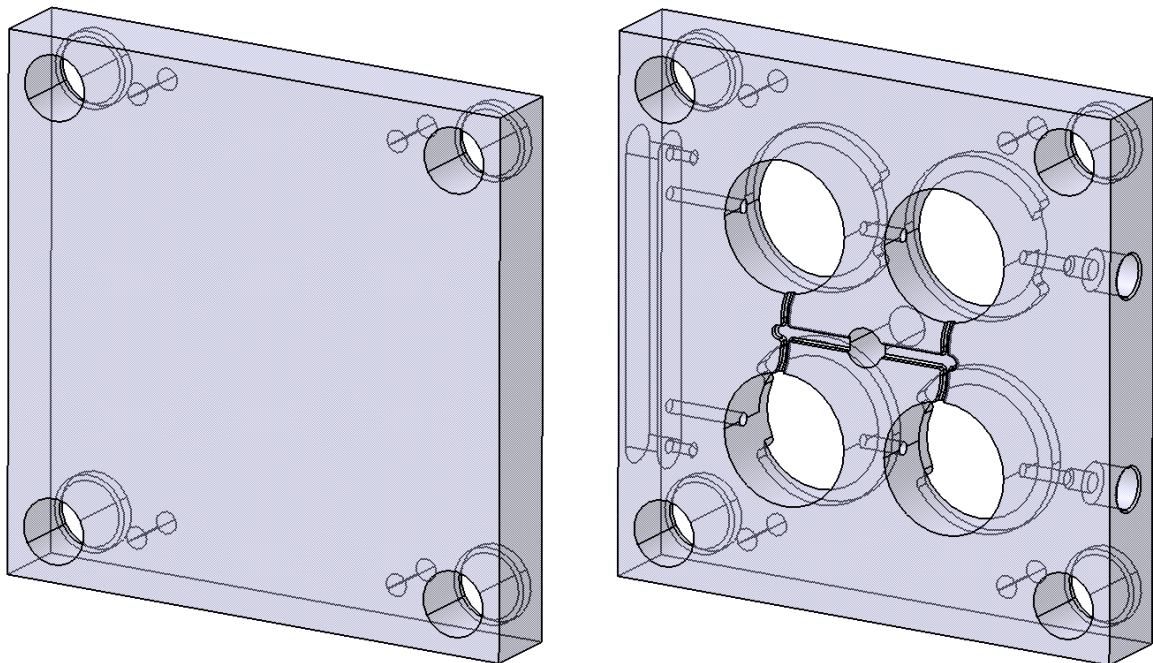
Obr. 47 Upínací deska levá (normálie, dokončený díl)

7.1.3 Tvarová deska kotevní pravá

Tvarová deska kotevní je zhotovená z normálie HASCO K20/246x246x36. Ta obsahuje díry pro vodící čepy a díry se závity pro spojení tvarové desky kotevní s upínací deskou pravou pomocí šroubů. V této desce je nutné dále zhotovit otvory pro tvarové vložky, díru pro vtokovou vložku, rozvodné kanály, temperační kanály, drážku pro zapuštěnou obtokovou spojku včetně děr se závity, pro dotažení této spojky k tvarové desce prostřednictvím šroubů.

Tab. 6 Tvarová deska kotevní pravá

Normálie	HASCO K20/246x246/36
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	3 447 Kč (137,02 €)
Cena dodatečných úprav	18 000 Kč



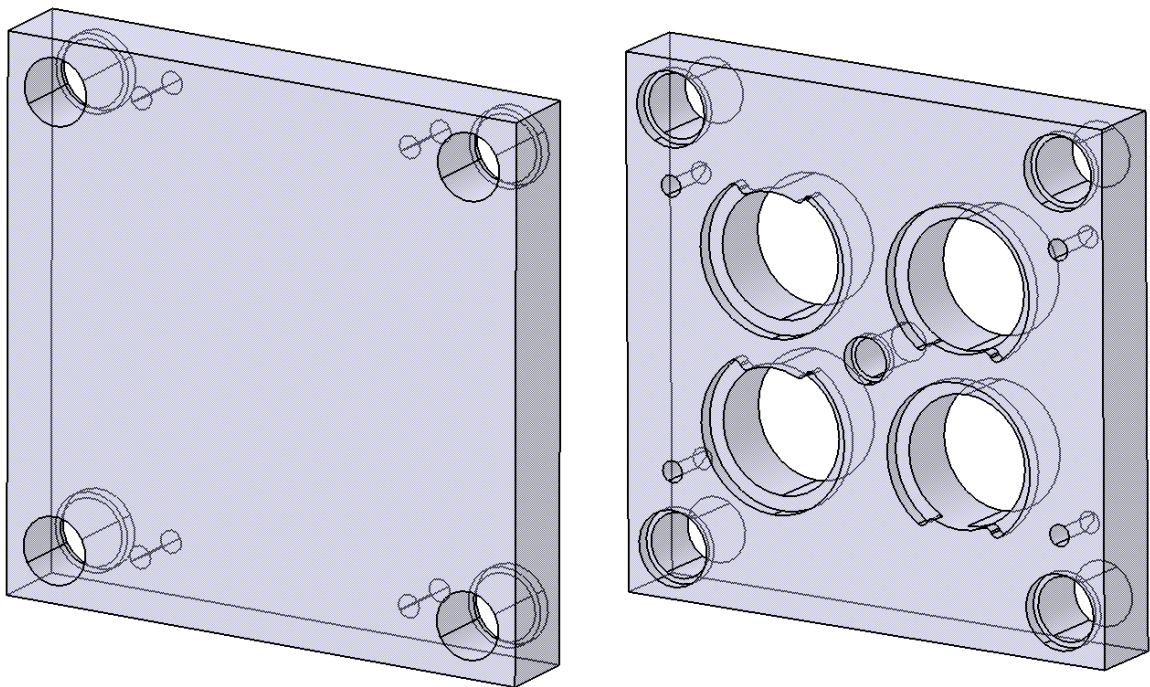
Obr. 48 Tvarová deska kotevní pravá (normálie, dokončený díl)

7.1.4 Tvarová deska kotevní levá

Normálie tvarové desky kotevní levé je shodná s normálií tvarové desky kotevní pravé. Dodatečně je nutno v této desce zhotovit otvory pro tvarové vložky a díru pro přídržovač vtoku.

Tab. 7 Tvarová deska kotevní levá

Normálie	HASCO K20/246x246/36
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	3 447 Kč (137,02 €)
Cena dodatečných úprav	10 000 Kč



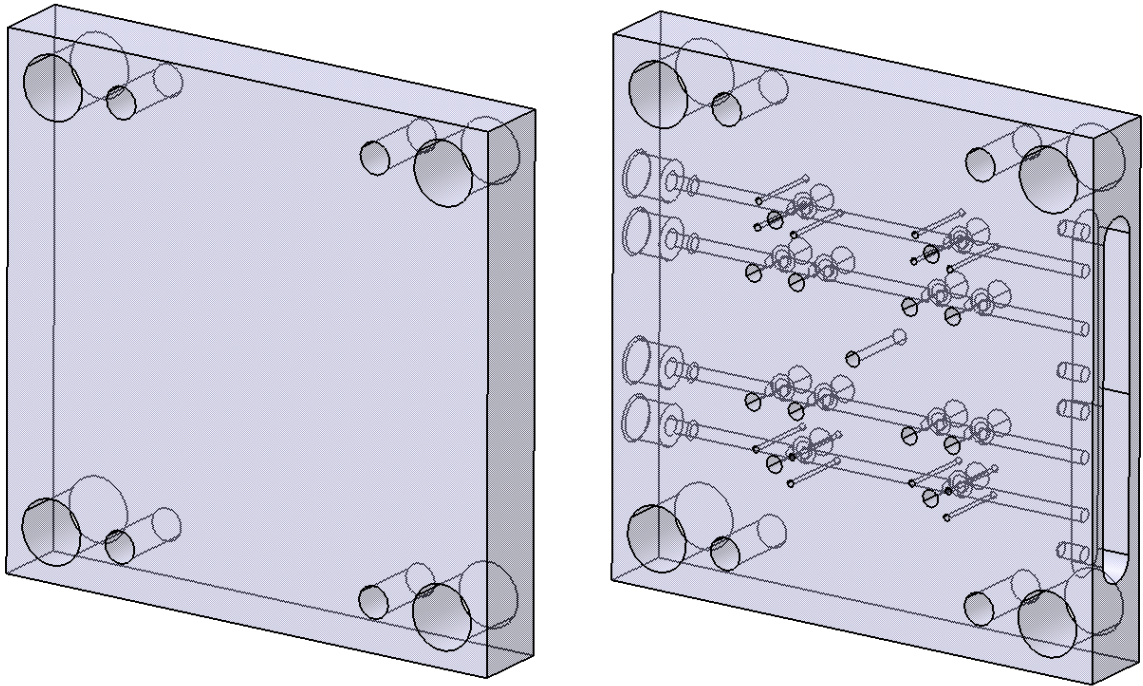
Obr. 49 Tvarová deska kotevní levá (normálie, dokončený díl)

7.1.5 Opěrná deska

Opěrná deska HASCO K30/246x246x36 obsahuje díry pro středící trubky a díry, kterými procházejí šrouby zajišťující pevné spojení všech desek levé části formy. V opěrné desce jsou dodatečně zhotoveny temperační kanály, díry pro temperační vložky, drážka pro zapuštěné obtokové spojky včetně děr se závity pro dotažení obtokových spojek k opěrné desce pomocí šroubů (obtokové spojky propojují jednotlivé temperační kanály), díry, kterými prochází vyhazovací kolíky. Vzhledem ke složitosti opěrné desky je nutné provést několik obráběcích operací, to se značně projeví na ceně tohoto dílu.

Tab. 8 Opěrná deska

Normálie	HASCO K20/246x246/36
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	3 392 Kč (134,83 €)
Cena dodatečných úprav	18 000 Kč



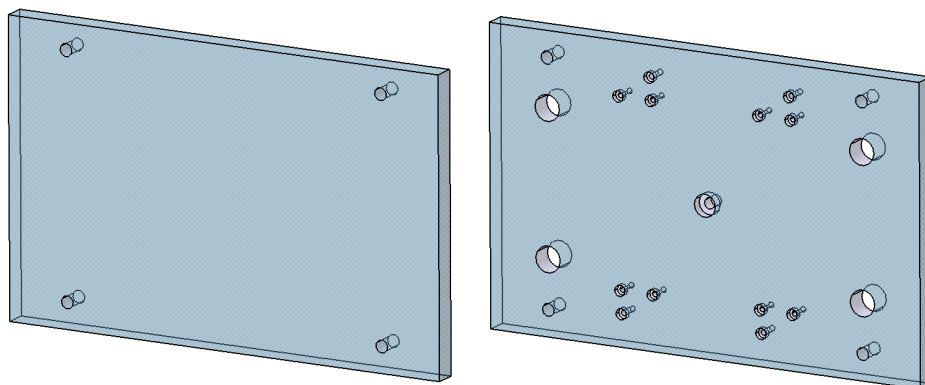
Obr. 50 Opěrná deska (polotovar, dokončený díl)

7.1.6 Vyhazovací deska kotevní

Vyhazovací deska kotevní HASCO K60/246/246x12 obsahuje pouze díry se závitem M8 pro utažení k desce vyhazovací opěrné prostřednictvím šroubů. Do této desky je nutné dále zhotovit pouze díry pro ukotvení vyhazovacích kolíků a díry pro vodící pouzdra.

Tab. 9 Vyhazovací deska kotevní

Normálie	HASCO K60/246x246/12
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	1 362 Kč (54,15 €)
Cena dodatečných úprav	4 000 Kč



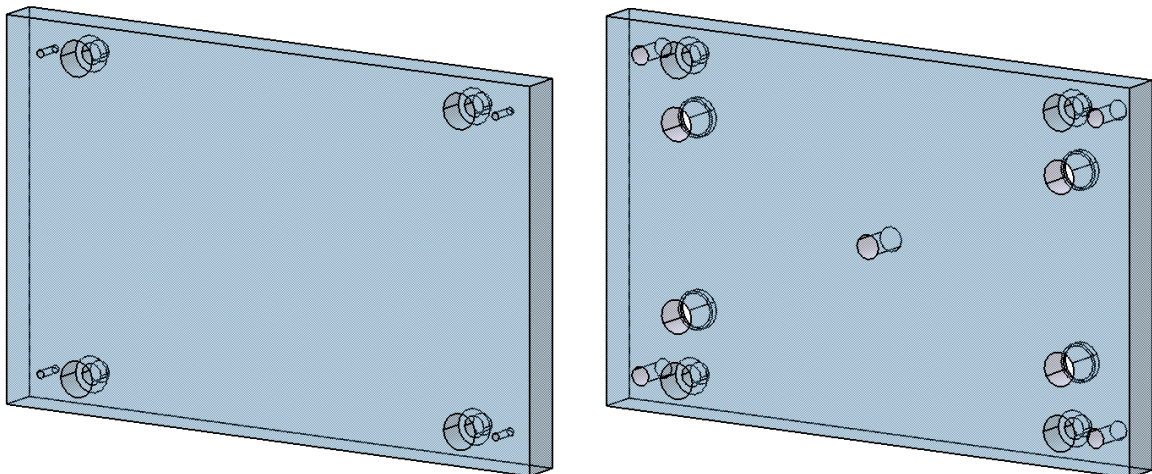
Obr. 51 Vyhazovací deska kotevní (normálie, dokončený díl)

7.1.7 Vyhazovací deska opěrná

Vyhazovací deska opěrná HASCO K70/246x246x17 obsahuje díry pro šrouby, které spojí vyhazovací desku kotevní s vyhazovací deskou opěrnou a dále díry se závitem sloužící po přišroubování dosedky. Pro tuto formu je však použita dosedka, která se do otvoru lisuje, proto je nutno tyto díry zvětšit na průměr 8H11. Nezbytné je zhotovit v desce díry pro vodičí pouzdra a ve středu desky díru se závitem pro našroubování táhla.

Tab. 10 Vyhazovací deska opěrná

Normálie	HASCO K70/246x246/17
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	1 696 Kč (67,41 €)
Cena dodatečných úprav	3 000 Kč



Obr. 52 Vyhazovací deska opěrná (normálie, dokončený díl)

7.1.8 Středící kroužek pravý a levý

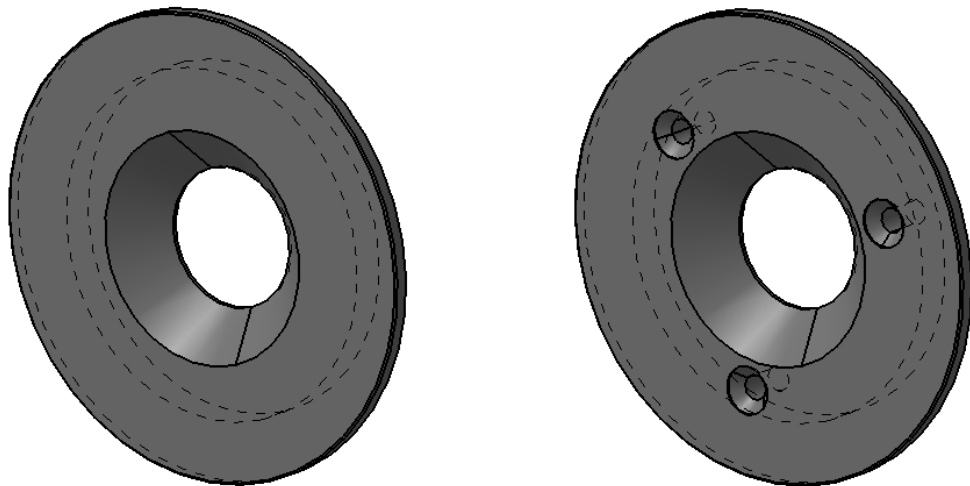
Pro středící kroužek pravý byla použita normálie HASCO K100/120x13 a pro středící kroužek levý normálie HASCO K500/120x13. U těchto dílů je nutné dále zhotovit pouze díry pro šrouby, které slouží k přišroubování daného kroužku k dané upínací desce.

Tab. 11 Středící kroužek pravý

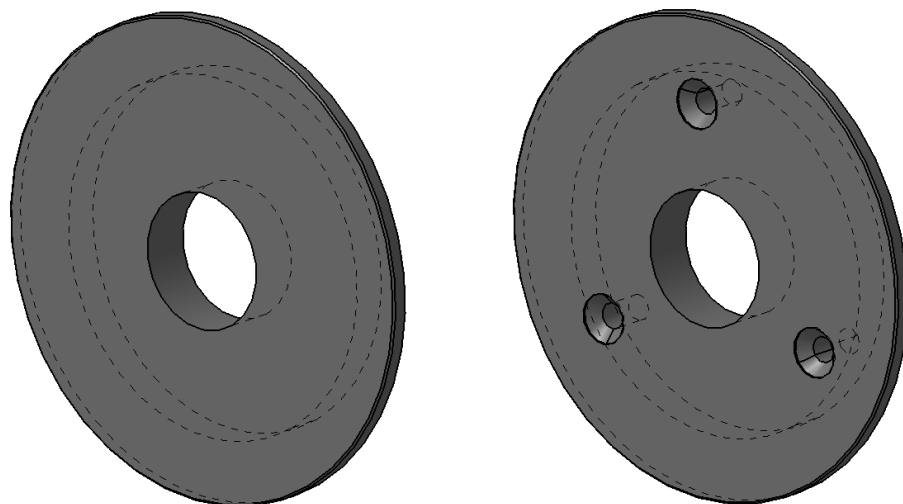
Normálie	HASCO K100/120x13
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	630 Kč (25,04 €)
Cena dodatečných úprav	500 Kč

Tab. 12 Středící kroužek levý

Normálie	HASCO K500/120x13
Materiál (W.Nr.)	1.1730
Cena normálie	557 Kč (22,13 €)
Cena dodatečných úprav	500 Kč



Obr. 53 Středící kroužek pravý (normálie, dokončený díl)



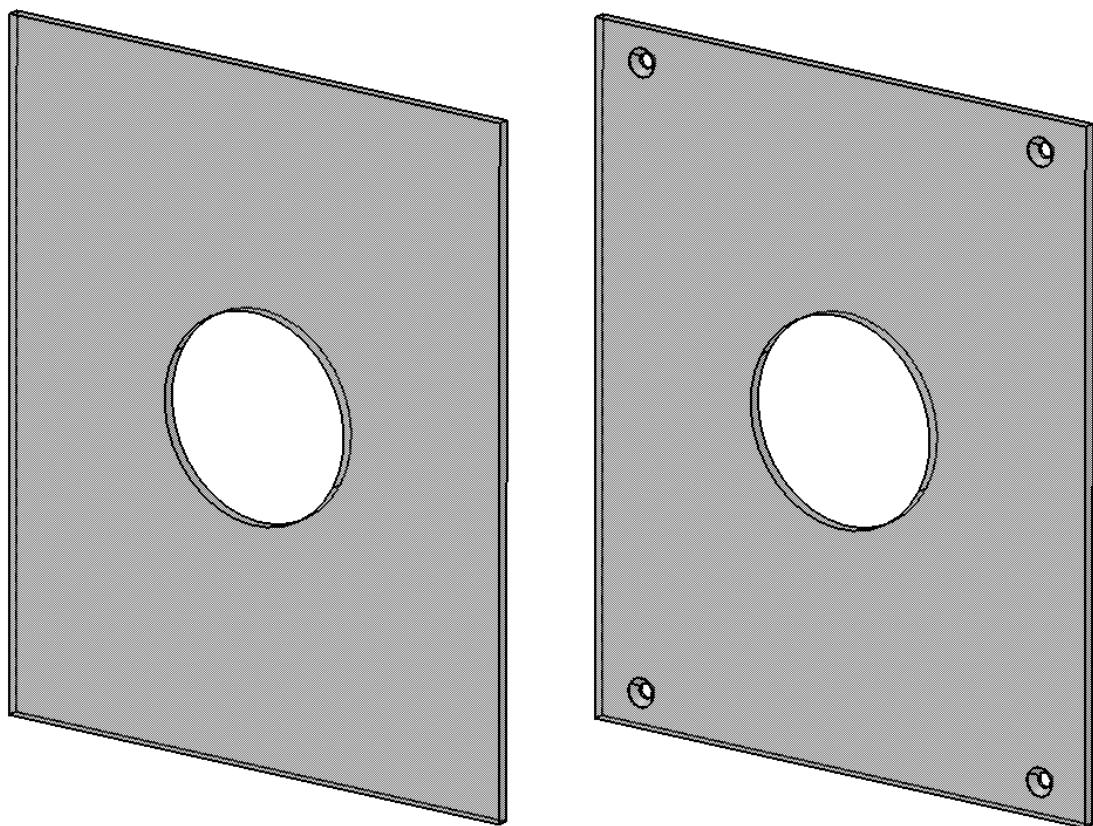
Obr. 54 Středící kroužek levý (normálie, dokončený díl)

7.1.9 Izolační deska

U izolační desky HASCO Z121/246x296/5/90 je nutno zhotovit díry pro šrouby, které spojují izolační desku s deskou upínací.

Tab. 13 Izolační deska

Normálie	HASCO Z121/246x296/5/90
Materiál	S. Pryskyřice
Cena normálie	1707 Kč (67,85 €)
Cena dodatečných úprav	400 Kč



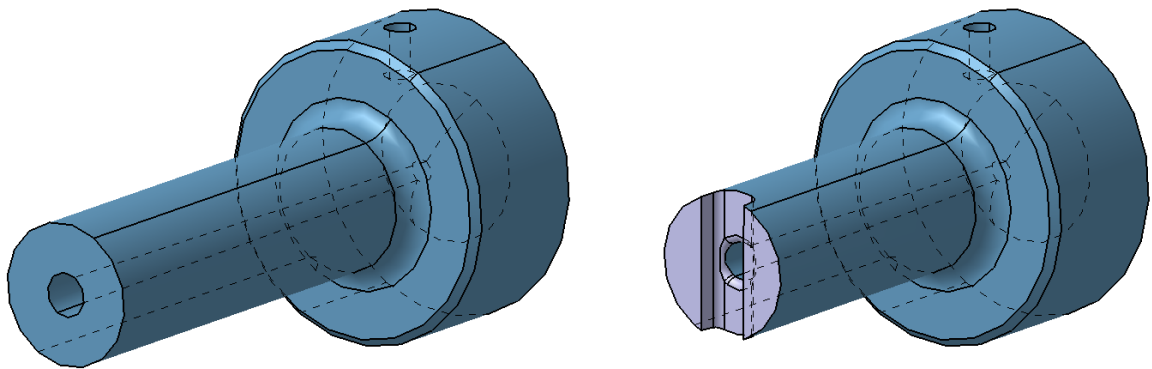
Obr. 55 Izolační deska (normálie, dokončený díl)

7.1.10 Vtoková vložka

Vtoková vložka byla zvolena HASCO Z511/18x56/3/1/2. Její délku je potřeba upravit na požadovaný rozměr a zhotovit v ní část rozvodného kanálu pro taveninu.

Tab. 14 Vtoková vložka

Normálie	HASCO Z511/18x56/3/1/2
Materiál (W.Nr.)	1.2826
Cena normálie	1132 Kč (44,99 €)
Cena dodatečných úprav	1500 Kč



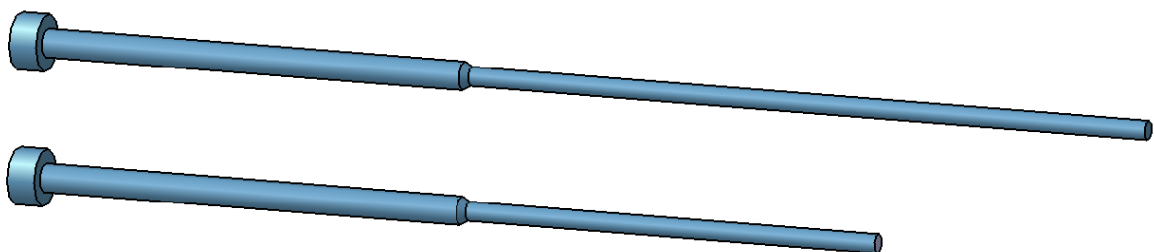
Obr. 56 Vtoková vložka (normálie, dokončený díl)

7.1.11 Prizmatické vyhazovací kolíky

Úprava prizmatických vyhazovacích kolíků spočívá pouze ve zkrácení jejich délky na požadovaný rozměr.

Tab. 15 Prizmatický vyhazovač

Normálie	HASCO Z44/2x125
Materiál (W.Nr.)	1.2343
Cena normálie	188 Kč (7,48 €)
Cena dodatečných úprav	250 Kč



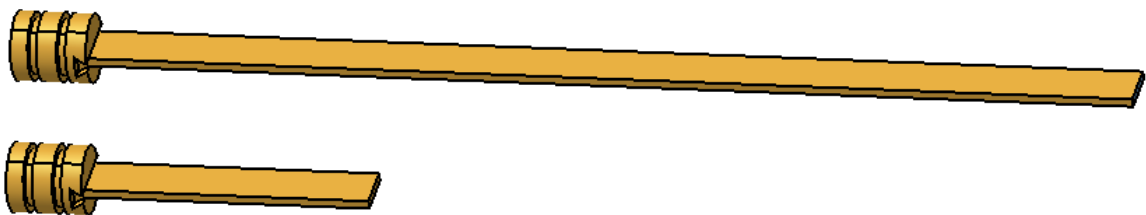
Obr. 57 Prizmatický vyhazovač (normálie, dokončený díl)

7.1.12 Temperační vložky

Úprava temperačních vložek HASCO Z965/1,5x8x180 spočívá také pouze ve zkrácení jejich délky na požadovaný rozměr.

Tab. 16 Temperační vložka

Normálie	HASCO Z965/1,5x8x180
Materiál	PA
Cena normálie	106 Kč (4,2 €)
Cena dodatečných úprav	200 Kč



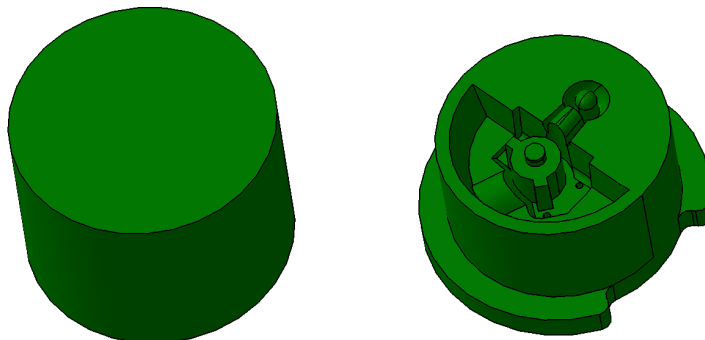
Obr. 58 Temperační vložka (normálie, dokončený díl)

7.1.13 Tvárové vložky - tvárník, tvárnice

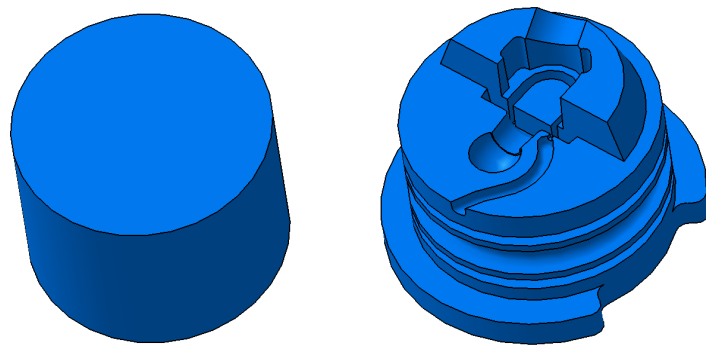
Pro tvarové vložky byl zvolen polotovár HASCO P8000/81x60/1.2767. Ten je třískově obráběn a tvarová dutina dokončena elektroerozivním obráběním. Následně je povrch dutiny vyleštěn na předepsanou drsnost a provedeno cementování a kalení.

Tab. 17 Tvarová vložka - tvárník, tvárnice

Polotovár	HASCO P8000/81x60/1.2767
Materiál (W.Nr.)	1.2767
Cena polotovaru	914 Kč (36,31 €)
Cena dodatečných úprav	21 500 Kč



Obr. 59 Tvárník (polotovár, dokončený díl)



Obr. 60 Tvárnice (polotovár, dokončený díl)

7.1.14 Neupravované díly

Tyto díly byly vybrány z katalogu normálií HASCO v požadovaných rozměrech bez nutnosti další úpravy:

-	vodící čep	Z00/36/22x75
-	vodící sloupek	Z03/27/10x50
-	vodící pouzdro	Z10/36/22
-	vodící pouzdro	Z10/17/10
-	připojovací nátrubek	Z81/9/10x1
-	obtoková spojka	Z9645/8x26x30
-	obtoková spojka	Z9645/8x94x98
-	těsnění	Z98/9,5/1,5, Z98/54/3
-	přidržovač vtoku	Z53/18x36
-	válcový vyhazovací kolík	Z40/6x100
-	šrouby	Z33/6x20, Z30/8x16, Z30/12x30, Z30/12x120
-	dosedka	Z551/16x3
-	kolík	Z25/4x10
-	rozpěrka	K40/246x246x56
-	táhlo	Z1681/20x140

7.1.15 Cenová kalkulace

Tab. 18 Stanovení ceny formy (Forma 1)

Popis	Označení (dle katalogu normálií HASCO)	Počet kusu [n]	Cena normálie [Kč / 1 ks]	Cena za úpravu [Kč/ 1 ks]	Cena celkem [Kč/ n ks]
Upínací deska pravá	K16/246x296x27	1	3 254 Kč	6 000 Kč	9 254 Kč
Upínací deska levá	K16/246x296x27	1	3 254 Kč	8 000 Kč	11 254 Kč
Tvarová deska kotevní p.	K20/246x246x36	1	3 447 Kč	18 000 Kč	21 447 Kč
Tvarová deska kotevní l.	K20/246x246x36	1	3 447 Kč	10 000 Kč	13 447 Kč
Opěrná deska	K30/246x246x36	1	3 392 Kč	18 000 Kč	21 392 Kč
Vyhaz. deska kotevní	K60/246x246x12	1	1 362 Kč	4 000 Kč	5 362 Kč
Vyhaz. deska opěrná	K70/246x246x17	1	1 696 Kč	3 000 Kč	4 696 Kč
Izolační deska	Z121/246x296/5/	2	1 707 Kč	400 Kč	4 214 Kč
Sřídící kroužek pravý	K100/120x13	1	630 Kč	500 Kč	1 130 Kč
Sřídící kroužek levý	K500/120x13	1	557 Kč	500 Kč	1 057 Kč
Vtoková vložka	Z511/18x56/3/1/2	1	1 132 Kč	1500 Kč	2 632 Kč
Prizmatický vyhazovač	Z44/2x125	12	188 Kč	250 Kč	5 256 Kč
Temperační vložka	Z965/1,5x8x180	12	106 Kč	200 Kč	3 672 Kč
Tvarová vložka-tvárník	P8000/81x60/1.27	4	914 Kč	21 500 Kč	89 656 Kč
Tvarová vložka-tvárnice	P8000/81x60/1.27	4	914 Kč	21 500 Kč	89 656 Kč
Rozpěrka	K40/246x246x56	2	1 382 Kč		2 764 Kč
Sřídící trubka	Z20/30x120	4	285 Kč		1 140 Kč
Vodící čep	Z00/36/22x75	4	452 Kč		1 808 Kč
Vodící sloupek	Z03/27/10x50	4	167 Kč		668 Kč
Vodící pouzdro	Z10/36/22	4	308 Kč		1 232 Kč
Vodící pouzdro	Z10/17/10	4	149 Kč		596 Kč
Táhlo	Z1681/20x140	1	2 463 Kč		2 463 Kč
Připojovací nátrubek	Z81/9/10x1	6	17 Kč		102 Kč
Válcový vyhaz. kolík	Z40/6x100	1	81 Kč		81 Kč
Obtoková spojka	Z9645/8x26x30	2	932 Kč		1 864 Kč
Obtoková spojka	Z9645/8x94x98	1	1 209 Kč		1 209 Kč
Těsnění	Z98/9,5/1,5	36	19 Kč		684 Kč
Těsnění	Z98/54/3	8	54 Kč		432 Kč
Dosedka	Z551/16x3	4	101 Kč		404 Kč
Šroub M6x20	Z33/6x20	14	3 Kč		42 Kč
Šroub M8x16	Z30/8x16	10	2 Kč		20 Kč
Šroub M12x30	Z30/12x30	4	6 Kč		24 Kč
Přidržovač vtoku	Z53/18x36	1	353 Kč		353 Kč
Kolík 4x10	Z25/4x10	1	3 Kč		3 Kč
Transportní můstek	Z70/1	1	4 987 Kč		4 987 Kč
Celková cena formy					305 001 Kč

7.2 Forma sestavená z dílů kompletně vyrobených (Forma 2)

V tomto případě bylo uvažováno, že výrobu jednotlivých dílů této formy provede firma OBZOR, výrobní družstvo Zlín. Forma tedy bude tvořena převážně díly, které by kompletně zhotovila tato firma s výjimkou několika málo dílů, které je přesto vhodnější z hlediska jejich jednoduchosti a dostupnosti nakoupit jako normalie (šrouby, těsnění, temperační vložky apod.).

7.2.1 Kompletně zhotovené díly

Díly, které by byly kompletně zhotoveny na míru:

- upínací desky, tvarové desky kotevní, vyhazovací deska kotevní, vyhazovací deska opěrná, opěrná deska, rozpěrky,
- středící kroužky, středící trubky, vodící čepy, vodící sloupky, vodící pouzdra, táhlo,
- vtoková vložka, přidržovač vtoku, válcový vyhazovací kolík, prizmatické vyhazovací kolíky,
- tvárové vložky - tvárníky, tvarové vložky - tvárnice.

7.2.2 Normálie

Díly nakoupené od výrobce normalíí HASCO a následně upravené:

- izolační deska Z121/246x296/5/90
- temperační vložka Z965/1,5x8x180

Díly nakoupené o výrobce normalíí HASCO bez nutnosti další úpravy:

- přípojovací nátrubek Z81/9/10x1
- obtokové spojky Z9645/8x26x30, Z9645/8x94x98
- těsnění Z98/54/3, Z98/9,5/1,5
- dosedka Z551/16x3
- šrouby Z33/6x20, Z30/8x16, Z30/12x30, Z30/12x120
- kolík Z25/4x10

7.2.3 Cenová kalkulace

Tab. 19 Stanovení ceny formy (Forma 2)

Kompletně zhotovené díly					
Popis	Počet kusu [n]	Cena za zhotovení dílu [Kč/ 1 ks]	Cena celkem [Kč/n ks]		
Upínací deska pravá	1	9 000 Kč	9 000 Kč		
Upínací deska levá	1	11 000 Kč	11 000 Kč		
Tvarová deska kotevní pravá	1	22 000 Kč	22 000 Kč		
Tvarová deska kotevní levá	1	14 000 Kč	14 000 Kč		
Opěrná deska	1	22 000 Kč	22 000 Kč		
Vyhazovací deska kotevní	1	7 000 Kč	7 000 Kč		
Vyhazovací deska opěrná	1	6 000 Kč	6 000 Kč		
Středící kroužek pravý	1	1 700 Kč	1 700 Kč		
Středící kroužek levý	1	1 700 Kč	1 700 Kč		
Vtoková vložka	1	2 500 Kč	2 500 Kč		
Prizmatický vyhazovač	12	850 Kč	10 200 Kč		
Tvarová vložka-tvárník	4	24 500 Kč	98 000 Kč		
Tvarová vložka-tvárnice	4	24 500 Kč	98 000 Kč		
Rozpěrka	2	4 500 Kč	9 000 Kč		
Středící trubka	4	1 250 Kč	5 000 Kč		
Vodící čep	4	1 450 Kč	5 800 Kč		
Vodící sloupek	4	1 300 Kč	5 200 Kč		
Vodící pouzdro (02-BC-020)	4	1 450 Kč	5 800 Kč		
Vodící pouzdro (02-BC-021)	4	1 400 Kč	5 600 Kč		
Táhlo	1	800 Kč	800 Kč		
Válcový vyhazovací kolík	1	650 Kč	650 Kč		
Přidržovač vtoku	1	2 700 Kč	2 700 Kč		
Normálie					
Popis	Označení (dle katalogu normálií HASCO)	Počet kusu [n]	Cena normálie [Kč/ 1 ks]	Cena za úpravu [Kč/ 1 ks]	Cena celkem [Kč/ n ks]
Izolační deska	Z121/246x296/5/9	2	1707 Kč	400 Kč	4 214 Kč
Temperační vložka	Z965/1,5x8x180	12	106 Kč	200 Kč	3 672 Kč
Připojovací nátrubek	Z81/9/10x1	6	17 Kč		102 Kč
Obtoková spojka	Z9645/8x26x30	2	932 Kč		1 864 Kč
Obtoková spojka	Z9645/8x94x98	1	1 209 Kč		1 209 Kč
Těsnění	Z98/9,5/1,5	36	19 Kč		684 Kč
Těsnění	Z98/54/3	8	54 Kč		432 Kč
Dosedka	Z551/16x3	4	101 Kč		404 Kč
Šroub M6x20	Z33/6x20	14	3 Kč		42 Kč
Šroub M8x16	Z30/8x16	10	2 Kč		20 Kč
Šroub M12x30	Z30/12x30	4	6 Kč		24 Kč
Přidržovač vtoku	Z53/18x36	1	353 Kč		353 Kč
Kolík 4x10	Z25/4x10	1	3 Kč		3 Kč
Transportní můstek	Z70/1	1	4 987 Kč		4 987 Kč
Celková cena formy					361 660 Kč

8 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Normálie, nebo-li typizované díly pro sestavování vstřikovacích forem byly zavedeny za účelem zrychlení a zdokonalení konstrukce a výroby forem. Vzhledem k sériové výrobě těchto normálií se u mnoha z nich snížila jejich cena. To také potvrzují výsledky praktické části bakalářské práce.

Navrženou vstřikovací formu pro zadaný díl je výhodnější z hlediska ceny sestavit z normálií, i když je nutné s některými z nich dále pracovat a upravovat je na požadované rozměry a tvar. Najdou se ale díly, které je levnější vyrobit než nakoupit jako normálie. Jedná se zejména o upínací desky, táhlo a vtokovou vložku. To vyplývá z porovnání cen jednotlivých dílů (*Tab. 20*).

Cenový rozdíl (dle *Tab. 20*) udává, o kolik procent je cena normálie včetně úpravy nižší případně vyšší vzhledem k ceně dílu kompletně zhotoveného.

Tab. 20 Porovnání cen jednotlivých dílů

Popis	Cena normalie včetně úpravy [Kč/1 ks]	Cena zhotoveného dílu [Kč/1 ks]	Cenový rozdíl [%]
Upínací deska pravá	9 254 Kč	9 000 Kč	+ 2,7
Upínací deska levá	11 254 Kč	11 000 Kč	+ 2,3
Tvarová deska kotevní pravá	21 447 Kč	22 000 Kč	- 2,5
Tvarová deska kotevní levá	13 447 Kč	14 000 Kč	- 4,0
Opěrná deska	21 392 Kč	22 000 Kč	- 2,8
Vyhazovací deska kotevní	5 362 Kč	7 000 Kč	- 23,4
Vyhazovací deska opěrná	4 696 Kč	6 000 Kč	- 21,7
Středící kroužek pravý	1 130 Kč	1 700 Kč	- 33,5
Středící kroužek levý	1 057 Kč	1 700 Kč	- 37,8
Vtoková vložka	2 632 Kč	2 500 Kč	+ 5,0
Prizmatický vyhazovač	438 Kč	850 Kč	- 48,5
Tvarová vložka-tvárník	22 414 Kč	24 500 Kč	- 8,5
Tvarová vložka-tvárnice	22 414 Kč	24 500 Kč	- 8,5
Rozpěrka	1382 Kč	4 500 Kč	- 69,3
Středící trubka	285 Kč	1 250 Kč	- 77,2
Vodící čep	452 Kč	1 450 Kč	- 68,8
Vodící sloupek	167 Kč	1 300 Kč	- 87,2
Vodící pouzdro (02-BC-020)	308 Kč	1 450 Kč	- 78,8
Vodící pouzdro (02-BC-021)	149 Kč	1 400 Kč	- 89,4
Táhlo	2 463 Kč	800 Kč	+ 67,5
Válcový vyhazovací kolík	81 Kč	650 Kč	- 87,5
Přidržovač vtoku	353 Kč	2 700 Kč	- 86,9

ZÁVĚR

Pro splnění cílů této bakalářské práce byl nejprve vytvořen 3D model zadaného plastového dílu. Pomocí CAD počítačového projektování byla navržena vstříkovací forma, která slouží jako nástroj pro výrobu této plastové součástky. Dle rozměrů vstříkovaného dílu a násobnosti formy byly voleny jednotlivé komponenty sestavy z katalogu normálií HASCO. Proto, aby bylo možné rozhodnout, zda je tuto formu výhodnější z ekonomického hlediska sestavit z nakoupených normálií nebo z dílů kompletně vyráběných, byly zhotoveny 2 soubory výkresů. Ty popisují formu sestavenou z normálií a formu složenou z převážně vyráběných dílů na míru. Ve spolupráci s firmou OBZOR, výrobní družstvo Zlín byl vyhotoven cenový rozbor, ze kterého vyplývají náklady na tyto dvě varianty zhotovení navržené formy. Z hlediska celkové ceny formy je pak zřejmé, že její sestavení z dílů typizovaných je finančně a časově méně náročné než kompletní výroba jejich jednotlivých dílů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů*. Díl 1 . 2. upr. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 133 s.
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů*. Díl 2 . 1. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 214 s.
- [3] MAŇAS, M., HELŠTÝNSKÝ, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [4] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. Praha: Sekurkon, 2009, 229 s. ISBN 978-808-6604-442.
- [5] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef, KAŇOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*. Brno : VUT, 1979. 278 s.
- [6] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1986. 229 s.
- [7] Firemní katalog normálií HASCO.
- [8] Firemní katalog normálií DME.
- [9] HASCO [online]. [cit. 2012-01-28]. Dostupné z: <<http://www.hasco.com/>>
- [10] Firemní katalog normálií STRACK NORMALIEN.
- [11] Firemní katalog produktů EWIKON.
- [12] MENGES, Georg, MICHAELI, Walter, MOHREN, Paul. *How to make in jections molds*. Cincinnati (Ohio): Hanser/Gardner, 2001. 3. ISBN 1-56990-282-8. Venting of molds, s. 259-269.
- [13] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1975. 374 s. ISBN 414-33580
- [14] BELCHER, SAMUEL.: *Practical guide to injection blow molding*. 1st ed. CRC Press, 2007, ISBN 9780824757915
- [15] HENRYCH, J, WEBER, A, DOLEŽEL, J. *Standardizace rámu a součástí forem pro vstřikování termoplastu*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1986. 152 s.
- [16] SMARTPLAST [online]. [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: <<http://www.smartplast.cz/>>
- [17] PLASTICS PORTAL [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <<http://www.plasticsportal.net>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HRc	Tvrdość dle Rockwella [Rockwell]
CAD	Computer Aided design - počítačem podporované navrhování
MVR	Objemový index toku taveniny [$\text{cm}^3/10\text{min}$]
PBT GF10	Polybutylentereftalát s obsahem 10% skelných vláken
Al	Hlíník
Cu	Měď
2D	Dvourozměrný prostor
3D	Trojrozměrný prostor
Kč	Koruna česká (měnová jednotka)
€	Euro (měnová jednotka)
°C	Celsiův stupeň
ks	Kus
W.Nr.	Číslo materiálu
DPH	Daň z přidané hodnoty
mm	Milimetr (délková jednotka)
MPa	Megapascal (jednotka tlaku)
s	Sekunda (základní jednotka času)
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm]
%	Procenta

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma vstřikovacího stroje</i>	12
<i>Obr. 2 Vstřikovací cyklus</i>	15
<i>Obr. 3 Zaformování výrobku [4]</i>	16
<i>Obr. 4 Vylehčení stěny</i>	17
<i>Obr. 5 Různá uspořádání žeber [1]</i>	18
<i>Obr. 6 Poloměry zaoblení [5]</i>	18
<i>Obr. 7 Popis rámu vstřikovací formy</i>	21
<i>Obr. 8 Příklady normálií Hasco [9]</i>	23
<i>Obr. 9 Řez vtokovou vložkou</i>	24
<i>Obr. 10 Vtokový systém formy [1]</i>	24
<i>Obr. 11 Příklady stejné délky vtokových drah [4]</i>	25
<i>Obr. 12 Rozváděcí kanály [4]</i>	25
<i>Obr. 13 Koncepce vtokového ústí [4]</i>	26
<i>Obr. 14 Vyhřívaná tryska</i>	29
<i>Obr. 15 Příklad vyhřívání trysek výrobce STRACK NORMA [10]</i>	29
<i>Obr. 16 Vyhřívání trysek výrobce THERMOPLAY</i>	30
<i>Obr. 17 Vyhřívání vtoková soustava použitá ve formě [11]</i>	30
<i>Obr. 18 Dutina formy (tvarové vložky)</i>	32
<i>Obr. 19 Způsoby odvodu tepla [4]</i>	33
<i>Obr. 20 Vliv rozmístění kanálků na průběh teploty povrchu tvárnice [2]</i>	34
<i>Obr. 21 Chlazení výstřiků o různé tloušťce stěny [2]</i>	35
<i>Obr. 22 Temperace tvárnice [2]</i>	36
<i>Obr. 23 Příklady temperačních vložek firmy HASCO [7]</i>	37
<i>Obr. 24 Teplené trubice firmy DME [8]</i>	38
<i>Obr. 25 Vyhazovací kolíky výrobce HASCO [7]</i>	40
<i>Obr. 26 Stírací deska (kroužek) [2]</i>	41
<i>Obr. 27 Posuvný systém šikmého vyhazovače [8]</i>	42
<i>Obr. 28 Talířový pneumatický ventil HASCO Z4911 [7]</i>	43
<i>Obr. 29 Přímočarý hydraulický motor HASCO Z2301 [7]</i>	43
<i>Obr. 30 Vstřikovaný díl</i>	46
<i>Obr. 31 Dělicí rovina</i>	47
<i>Obr. 32 Tvarová vložka - tvárnice</i>	48

<i>Obr. 33</i> Tvarová vložka - tvárník.....	48
<i>Obr. 34</i> Výrobky spojené vtokovým zbytkem	49
<i>Obr. 35</i> Analýza umístění vtokového ústí	50
<i>Obr. 36</i> Vtoková soustava.....	51
<i>Obr. 37</i> Temperace pravé části formy	51
<i>Obr. 38</i> Temperace levé části formy.....	52
<i>Obr. 39</i> Vyhazovací systém formy.....	53
<i>Obr. 40</i> Vyhození vtokového zbytku.....	53
<i>Obr. 41</i> Forma ve fázi otevření.....	54
<i>Obr. 42</i> Vodící elementy	54
<i>Obr. 43</i> Pravá část formy	55
<i>Obr. 44</i> Levá část formy	56
<i>Obr. 45</i> Zavřená forma	57
<i>Obr. 46</i> Upínací deska pravá (normálie, dokončený díl)	59
<i>Obr. 47</i> Upínací deska levá (normálie, dokončený díl).....	60
<i>Obr. 48</i> Tvarová deska kotevní pravá (normálie, dokončený díl)	61
<i>Obr. 49</i> Tvarová deska kotevní levá (normálie, dokončený díl).....	62
<i>Obr. 50</i> Opěrná deska (polotovar, dokončený díl)	63
<i>Obr. 51</i> Vyhazovací deska kotevní (normálie, dokončený díl)	63
<i>Obr. 52</i> Vyhazovací deska opěrná (normálie, dokončený díl).....	64
<i>Obr. 53</i> Středící kroužek pravý (normálie, dokončený díl).....	65
<i>Obr. 54</i> Středící kroužek levý (normálie, dokončený díl)	65
<i>Obr. 55</i> Izolační deska (normálie, dokončený díl).....	66
<i>Obr. 56</i> Vtoková vložka (normálie, dokončený díl)	67
<i>Obr. 57</i> Prizmatický vyhazovač (normálie, dokončený díl).....	67
<i>Obr. 58</i> Temperační vložka (normálie, dokončený díl)	68
<i>Obr. 59</i> Tvárník (polotovar, dokončený díl).....	68
<i>Obr. 60</i> Tvárnice (polotovar, dokončený díl)	69

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Doporučená velikost úkosů [1]</i>	19
<i>Tab. 2 Temperační média [2]</i>	35
<i>Tab. 3 Charakteristika vstříkovaného materiálu [17]</i>	46
<i>Tab. 4 Upínací deska pravá</i>	59
<i>Tab. 5 Upínací deska levá</i>	60
<i>Tab. 6 Tvarová deska kotevní pravá</i>	61
<i>Tab. 7 Tvarová deska kotevní levá</i>	61
<i>Tab. 8 Opěrná deska</i>	62
<i>Tab. 9 Vyhazovací deska kotevní</i>	63
<i>Tab. 10 Vyhazovací deska opěrná</i>	64
<i>Tab. 11 Středící kroužek pravý</i>	64
<i>Tab. 12 Středící kroužek levý</i>	65
<i>Tab. 13 Izolační deska</i>	66
<i>Tab. 14 Vtoková vložka</i>	67
<i>Tab. 15 Prizmatický vyhazovač</i>	67
<i>Tab. 16 Temperační vložka</i>	68
<i>Tab. 17 Tvarová vložka - tvárník, tvárnice</i>	68
<i>Tab. 18 Stanovení ceny formy (Forma 1)</i>	70
<i>Tab. 19 Stanovení ceny formy (Forma 2)</i>	72
<i>Tab. 20 Porovnání cen jednotlivých dílů</i>	73

SEZNAM PŘÍLOH

- P I. Výkresy sestavy (Forma 1)
- P II. Kusovník (Forma 1)
- P III. Výkresy sestavy (Forma 2)
- P IV. Kusovník (Forma 2)
- P V. CD disk obsahují:
- Kompletní výkresovou dokumentaci (Forma 1)
 - Kompletní výkresovou dokumentaci (Forma 2)
 - Bakalářskou práci v elektronické podobě.