

Konstrukční řešení vstřikovací formy pro plastový díl

Petr Slovák

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Slovák**
Osobní číslo: **T13773**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukční řešení vstřikovací formy pro plastový díl**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Připravte 3D model vstřikovaného plastového dílu.
3. Provedte konstrukci vstřikovací formy pro daný díl.
4. Nakreslete 2D sestavu formy.
5. Navržené řešení vyhodnoťte.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. KAZMER, D. Injection mold design engineering. Munich, 2007.
2. BEAUMONT, J. P., NAGEL, R. L., SHERMAN, R. Successful injection molding: process, design, and simulation. Munich, 2002
3. BOBČÍK, L. Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1 a 2. Brno, 1999.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Huba**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **30. ledna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2015**

Ve Zlíně dne 9. února 2015

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

L.S.


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

Příjmení a jméno: Slovák Petr

Obor: Technologická zařízení

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 22.5.2015

Ull

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, užití-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). Odpirá-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 užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce popisuje konstrukci vstřikovací formy pro plastový výrobek. V první teoretické části se tato práce zabývá popisem základních informací o konstrukci forem, procesu vstřikování, vstřikovacích strojích a funkčních částech vstřikovací formy. V části druhé, a to praktické, je podrobně popsána konstrukce formy. Obsahuje popis výrobku, materiálu, volbu vstřikovacího stroje a celkové konstrukční řešení vstřikovací formy i s podrobným ekonomickým rozbohem. Pro sestavení formy byl použit program CATIA V5 s použitím normálií od firmy HASCO. Předmětem této práce je také celková ekonomická bilance, za kterou by bylo možné formu vyrobit.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikovací stroj, výstřik, CATIA V5

ABSTRACT

This bachelor work describes design of an injection mold for a plastic product. In theoretical part is focused on description of elementary information about the mold design, injection molding process, injection molding machines and functional parts of the injection mold. In the second, practical part, design of the mold itself is described. It includes the description of the product, materials, choice of the injection molding machine and the overall solution of the mold design together with detailed economic analysis. Program CATIA V5 was used for the assembly of the mold with the support of HASCO standard parts. The object of this work is also the overall economic aspect of the designed mold.

Keywords: injection mold, injecting machine, plastic part, CATIA V5

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi svými cennými radami pomáhali při psaní této práce. Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu, Ing. Jakubu Hubovi, za odborné rady, vřelou spolupráci a čas věnovaný ke konzultacím. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Vyoralovi za pomoc při cenové kalkulaci a Ing. Michalu Vrňatovi za odborné rady.

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 CYKLUS	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ PLASTICKÉ MATERIÁLY.....	13
1.2.1 Termoplasty.....	13
1.2.2 Reaktoplasty	14
1.2.3 Elastomery.....	14
1.2.4 Přísadové prvky.....	14
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	16
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	16
2.3 ŘÍZENÍ A OVLÁDÁNÍ STROJE	17
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA NA PLASTY	19
3.1 KONSTRUKCE FOREM	20
3.1.1 Výkres součásti	20
3.1.2 Násobnost formy	21
3.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje.....	22
3.1.4 Postup při konstrukci formy.....	22
3.1.5 Zaformování výstřiku.....	23
3.1.6 Dimenzování tvarové dutiny	24
3.1.7 Smrštění výstřiku	24
3.2 VTOKOVÁ SOUSTAVA	25
3.2.1 Studený vtokový systém (SVS)	25
3.2.2 Vyhřívaný vtokový systém (VVS).....	28
3.3 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ Z FORMY	31
3.3.1 Mechanické vyhazování.....	31
3.3.2 Hydraulické vyhazování.....	32
3.3.3 Pneumatické vyhazování.....	32
3.4 TEMPERACE FOREM.....	32
3.4.1 Aktivní temperační prostředky.....	33
3.4.2 Pasivní temperační prostředky	34
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ.....	35
3.6 MATERIÁLY FOREM.....	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	39
5 POPIS VÝROBKU	40
5.1 FUNKČNÍ ČÁSTI VÝROBKU	40
5.2 MATERIÁL VÝROBKU	40
6 VSTŘIKOVACÍ STROJ	41
7 KONSTRUKCE FORMY	42

7.1	NÁSOBNOST FORMY	43
7.2	ODFORMOVÁNÍ VÝSTRÍKU	43
7.3	NÁVRH TVAROVÉ DUTINY	43
7.4	V TOKOVÝ SYSTÉM	44
7.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	45
7.6	ODVZDUŠNĚNÍ.....	46
7.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	47
7.8	VODICÍ A STŘEDICÍ ČÁSTI	49
8	CENOVÁ BILANCE	50
8.1	STÍRACÍ DESKA	51
8.2	OPĚRNÁ DESKA LEVÁ	52
8.3	OPĚRNÁ DESKA PRAVÁ.....	53
8.4	TVAROVÁ DESKA LEVÁ	54
8.5	TVAROVÁ DESKA PRAVÁ	55
8.6	UPÍNACÍ DESKA LEVÁ	56
8.7	UPÍNACÍ DESKA PRAVÁ.....	57
8.8	VYHAZOVACÍ DESKY	58
8.9	ROZPĚRNÁ DESKA PRAVÁ.....	59
8.10	TVAROVÉ VLOŽKY	60
8.11	TVAROVÉ JÁDRO A STÍRACÍ VLOŽKA	61
8.12	CENOVÁ KALKULACE	62
8.13	DISKUZE VÝSLEDKŮ	64
	ZÁVĚR	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK.....	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	71

ÚVOD

Technologie vstřikování plastů, a to zejména termoplastů, byla postupem času od prvopočátků zdokonalována až do dnešní podoby masové výroby. S tímto rozvojem souvisí také rozvoj strojů a zařízení. Největší rozmach této technologie nastává během druhé poloviny dvacátého století, kdy se začala rozvíjet velká možnost využití termoplastů v automobilovém, elektronickém a dalších oblastech průmyslu.

Úplný počátek historie vstřikování sahá až do druhé poloviny devatenáctého století, kdy bratři Hyattové patentovali materiál, ze kterého později vznikl celuloid a to včetně stroje pro jeho vstřikování. Dále se vstřikování plastů jako výrobní obor začal rozvíjet po první světové válce ve dvacátých letech. V tomto období byl vynalezen pístový ručně ovládaný vertikální vstřikovací stroj, založena firma zaměřující se na výrobu forem. Později byl také nabízen první horizontální ručně ovládaný vstřikovací stroj. V Československu na konci dvacátých let vznikla výroba pístových vstřikovacích strojů. Do začátku padesátých let byly používány stroje s pístovou plastikací, než přišly na trh stroje s plastikací šnekovou a později pak patentovány šnekové vstřikovací jednotky v dnešní podobě. Se začátkem sedmdesátých let se začíná s elektronickým řízením strojů a později mikroprocesorové řídicí systémy. Od osmdesátých let započala automatizace výroby, je uveden první systém využívající 3D matematické modelování a první plně elektrický vstřikovací stroj. S koncem osmdesátých let až po konec dvacátého století přichází na trh bezsloupové horizontální vstřikovací stroje, objevují se zařízení pro technologii Rapid Prototyping a zahájen vývoj řídicího systému DynamicFeed.

V současnosti je velký posun ve vývoji vstřikovacích materiálů, které jsou směřovány na konkrétní výrobky. Dalším vývojem je modifikování vstřikovacího procesu, jeho zařízení a forem. Mezi modifikace vstřikovacího procesu se řadí vícekomponentní vstřikování, vstřikování dutých a tlustostěnných dílů s využitím tlaku inertního plynu a vody – GIT a WIT, technologii vstřikování strukturně lehčených plastů nebo vstřikování s regulací plnění dutiny formy v reálném čase – DynamicFeed.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

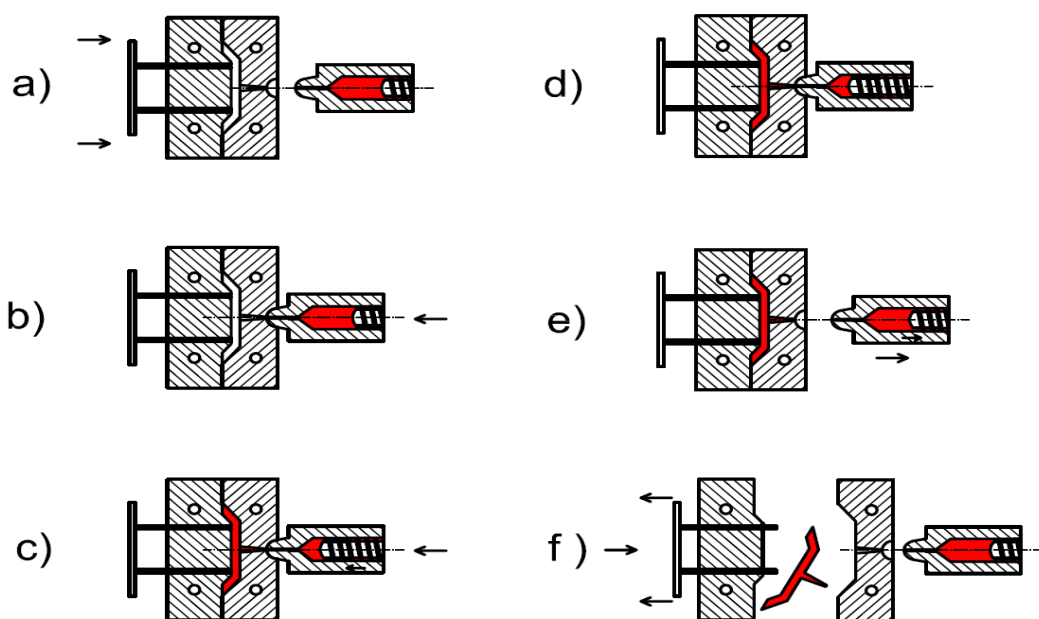
Vstřikování je nejvíce rozšířeným způsobem výroby plastových dílů. Na tomto fyzikálním procesu, a to velmi složitém, pracují v součinnosti tři prvky. Jsou to polymer, vstřikovací stroj a forma. Při procesu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji při působení tlaku přemístován do dutiny formy, kde posléze ochladne a vznikne tak požadovaný tvar vyráběné součásti.

Při výrobě se musí dbát na kvalitu použitého plastu, volbu správného typu plastu, ale i na správné volbě technologického postupu. [2]

1.1 Vstřikovací cyklus

Tento cyklus probíhá na vstřikovacím stroji a to tak, že se nejprve připravená směs plastového granulátu roztaví, ta zhomogenizuje, a pak vstříkne do dutiny formy.

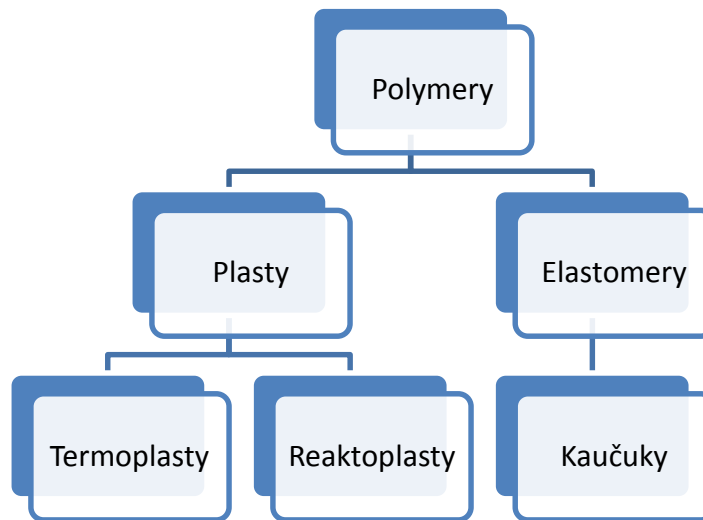
Průběh vstřikovacího cyklu je popsán na obrázku (obr.1). V první části dochází k plastikaci. Šnek se otáčí a posouvá zpět, zároveň plastikuje materiál a dopravuje jej ke vstřikovací trysce za uzavírání formy (a). K uzavřené formě se přisune plastikační jednotka (b) a vstříkne se z ní požadovaná dávka s dotlakem (c). Materiál ve formě chladne (d), plastikační jednotka se přesouvá do počáteční polohy a začíná v ní plastikace nové dávky (e). Dojde k otevření formy a výstřik je mechanicky nebo ručně vyhozen (f). Forma i plastikační jednotka jsou ve výchozích polohách a cyklus se opakuje.



Obr. 1 Vstřikovací cyklus [8]

1.2 Vstřikovací plastické materiály

Polymer je látka přírodní nebo syntetická, u které se několikanásobně opakuje v řetězci monomer jako článek základní prvek.



Obr. 2 Rozdělení polymerních materiálů

Plasty jsou látky se strukturou skládající se z makromolekulárních řetězců na rozdíl od kovů, jejichž struktura se skládá z krystalických mřížek. Vstřikováním se v drtivé většině případů vyrábí výstřiky z plastů a to konkrétně z termoplastů. V určité, ale velmi malé míře, se vyrábí z některých druhů kaučuků a reaktoplastů. [6]

1.2.1 Termoplasty

Jsou to polymerní materiály, které mají přímé řetězce, pak se jedná o lineární polymery, nebo mají řetězce s bočním vedením, a pak se jedná o polymery rozvětvené. Dle jejich vnitřní struktury se dělí: [6]

- amorfní – řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány
- semikrystalické – většina řetězců je pravidelně a těsně uspořádána a tvoří tak krystalické útvary. Zbylé řetězce mají uspořádání amorfni.

Při zahřátí přechází ze stavu tuhého do stavu plastického, kdy se dají dále tvářet a zpracovávat. Při ochlazení přechází do tuhého stavu u plastů amorfniých pod teplotou tečení T_f a v případě plastů semikrystalických pod teplotu tání T_m . Ohřev a ochlazení můžeme mnohokrát opakovat, protože při ohřevu nedochází ke změnám chemické struktury.

Termoplasty jsou nejpoužívanější materiály pro vstřikování a patří k nim polyethylen (PE), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA) nebo polyethylentereftalát (PET). [6]

1.2.2 Reaktoplasty

Tyto polymerní materiály byly dříve nazývány jako termosety. Od termoplastů se liší tím, že ačkoliv při počátečním stupni ohřívání měknou a lze je tedy tvářet, tak pouze jen po limitovaný čas. Pokud bychom dále zahřívali, došlo by k chemické reakci. Tato reakce je prostorovým zesíťováním struktury, jinak označována vytvrzování. Vytvrzené plasty již nelze dále roztavit ani rozpustit, protože by dalším ohřevem došlo k rozkladu hmoty. Mezi reaktoplasty patří epoxidové pryskyřice nebo fenolformaldehydové hmoty. [6]

1.2.3 Elastomery

Jedná se o polymerní materiály, které je možné také jako u reaktoplastů při počátečním stupni tvářet jen pro omezenou dobu. Důsledkem dalšího zahřívání dochází k chemické reakci a to k prostorovému zesíťování struktury. U elastomerů je tato reakce nazývána vulkanizace. Vyznačují se vysokou schopností vratné deformace. Nejvíce zastoupenou skupinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se vyrábí pryž. [6]

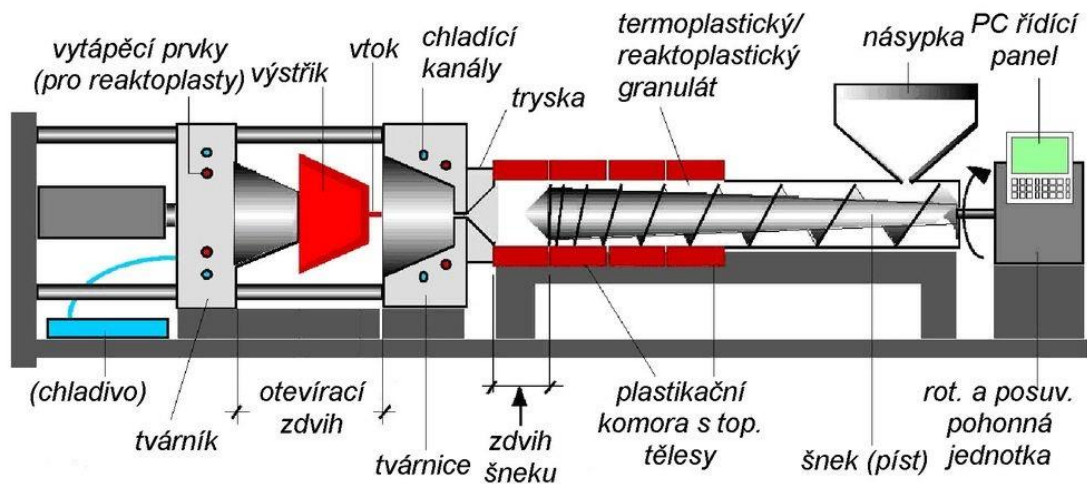
1.2.4 Přísadové prvky

Vlastnosti plastů se mohou měnit pomocí přísad pro splnění požadovaných parametrů. Jako přísady se používají: [2]

- vláknitá nebo prášková plniva, která mění fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Vláknitá plniva vyztužují hmotu a také zvyšují její pevnost. Prášková plniva při vyšší koncentraci působí opačně. Výjimkou jsou plniva aktivní, což jsou saze v kaučuku.
- změkčovadla se přidávají do tvrdých polymerů, aby se získala větší měkkost a ohebnost
- barviva slouží k získání potřebného odstínu
- stabilizátory zlepšují schopnost odolávat vyšším teplotám při zpracování, UV záření nebo stárnutí
- nadouvadla uvolňují při zpracování plyny, které tak vytváří lehčenou strukturu plastu

2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Proces vstřikování je v dnešní době zcela automatizovaný díky moderním strojům, které dosahují vysoké produktivity za správně zvolených vstřikovacích podmínek. Vzhledem k velké pořizovací ceně těchto strojů a forem je vstřikování vhodné pro velkosériovou výrobu.



Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje [5]

Vstřikovací stroj se volí dle parametrů: [4]

- Hmotnost a rozměry vyráběného výrobku
- Přesnost a kvalita výrobku
- Velikost vstřikovací formy (vzdálenost mezi vodicími sloupy)
- Maximální a minimální otevření stroje (zdvih)
- Plastikační výkon a uzavírací síla

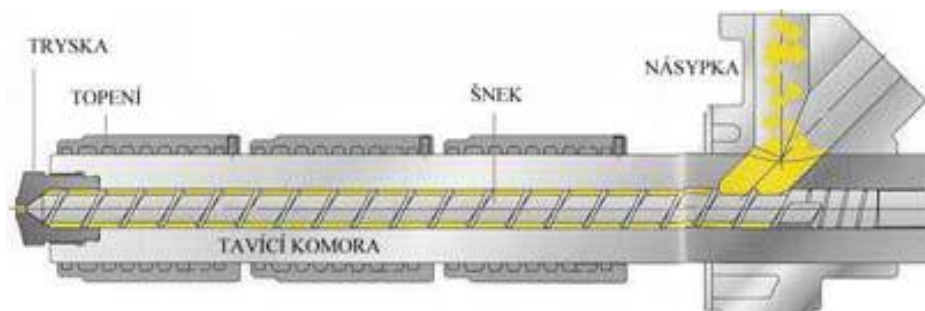
Vstřikovací stroj se skládá z těchto částí: [4]

- Vstřikovací jednotka
- Uzavírací jednotka
- Řízení a ovládání stroje

2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka má za úkol připravit a dopravit požadované množství roztaveného plastického materiálu s danými technologickými parametry do formy. Do tavného válce dopravuje zpracovávaný plast z násypky pohybem šneku. Šnekem se pak plast dále posunuje přes vstupní, přechodové a vstupní části. Dochází k plastikaci, homogenizaci a k hromadění před šnekem za současného odtlačování do zadní polohy. [10]

Kapacita vstřikovací jednotky je na jeden zdvih omezena, proto se volí množství dopravované taveniny menší. Množství však nesmí být moc malé, jinak dochází k setrvávání plastu ve vstřikovací jednotce po větší časový úsek, což má za následek jeho možnou degradaci. Degradaci je možno ovlivnit zrychlenými cykly. Maximální vstřikované množství by nemělo být větší jak 90% kapacity jednotky. Vlivem ochlazení (smrštění) a tím vzniklým úbytkem hmoty, je tedy nutné počítat s rezervou pro případné doplnění. Optimální množství je 80%. [2]



Obr. 4 Schéma vstřikovací jednotky [5]

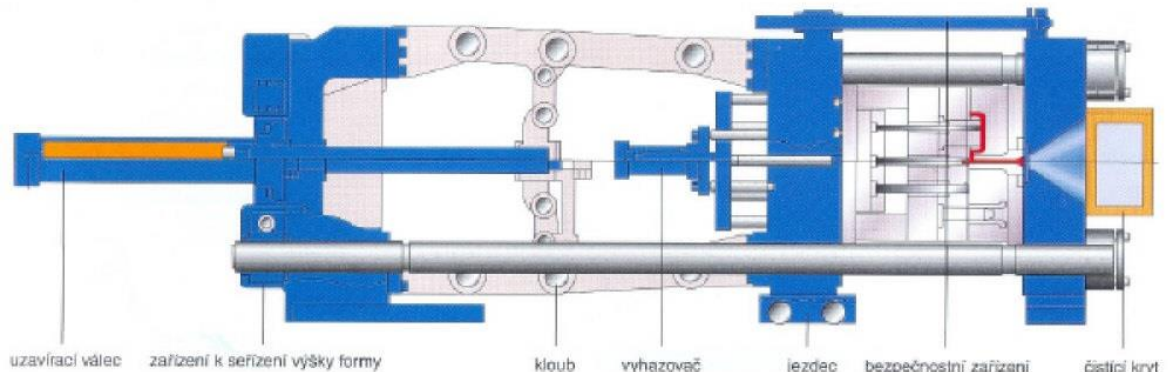
Vstřikovací jednotku s formou spojuje vyhřívaná tryska, která má kulové zakončení pro přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Aby byla zaručena správnost funkce trysky a vtokové vložky, musí být zajištěna jejich souosost, a také musí být menší průměr otvoru a menší poloměr trysky, než je u sedla vtokové vložky. [2]

Vstřikovací trysky mají dva funkční typy a to otevřený nebo uzavíratelný. Otevřené se používají pro vstřikování tavenin s větší viskozitou. Naopak pro taveniny s viskozitou menší jsou vhodné trysky uzavíratelné, které zamezují samovolnému vytékání. [2]

2.2 Uzavírací jednotka

Má za funkci ovládnutí formy a její dokonalé uzavření, otevření a v některých případech, i vyprázdnění. Dokonalé uzavření musí být zajištěno takovou silou, aby se při vstříknutí

taveniny forma vzniklým tlakem neotevřela. Sílu a rychlost uzavírání vstřikovací formy je možné na moderních strojích nastavit.



Obr. 5 Schéma uzavírací jednotky [5]

Hlavní části uzavírací jednotky jsou: [2]

- opěrná deska pevně spojená s ložem stroje
- pohyblivá deska, na kterou je upnuta pohyblivá část formy
- upínací deska otvorem pro trysku stroje, na kterou je připevněna nepohyblivá část vstřikovací formy
- vodící sloupky
- uzavírací a přidržovací mechanismus

Uzávěrací mechanismus má několik provedení. Jde o hydraulické, mechanické, kombinaci hydraulického a mechanického a také elektrické. Hydraulické uzavírací jednotky umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem se zajištěním vyžadujícím závoru. Hydraulicko-mechanické jednotky jsou používány u strojů malých gramáží, zaručují vyšší rychlost uzavírání a zpomalení rychlosti před celkovým uzavřením formy. Tento systém uzavírání pracuje na principu kloubového mechanismu, který je ovládán hydraulickým válcem. Hydraulický válec zajišťuje při vstřikování formu proti pootevření. [4]

2.3 Řízení a ovládání stroje

Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. Výkonná procesorová technika je důležitou součástí koncepce současných vstřikovacích strojů. Místo textové formy nastavování technologických parametrů se využívá grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje.

Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a také případně upravitelný. [2]

Koncepčně je takové seřízení rozděleno na části:

- sestavení grafu vstřikovacího stroje
- definice a nastavení parametrů
- kontrola procesů

Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv a to tím, že určuje a dodržuje přesnost:

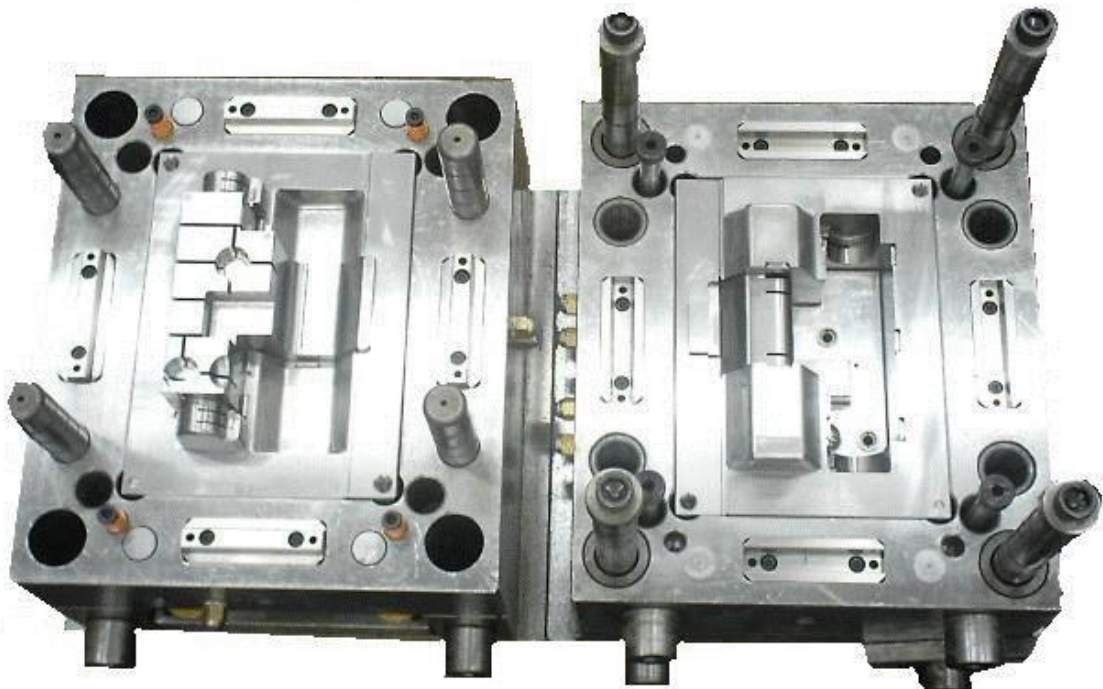
- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku.
- nastavení doby a výšky teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

Vedle stroje a plastu ovlivňuje tyto hodnoty i forma, její teplota a doba chlazení. [2]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA NA PLASTY

Ve vstřikovací formě se udává tavenině po ochlazení její budoucí tvar při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Kvalitní forma splňuje požadavky: [2]

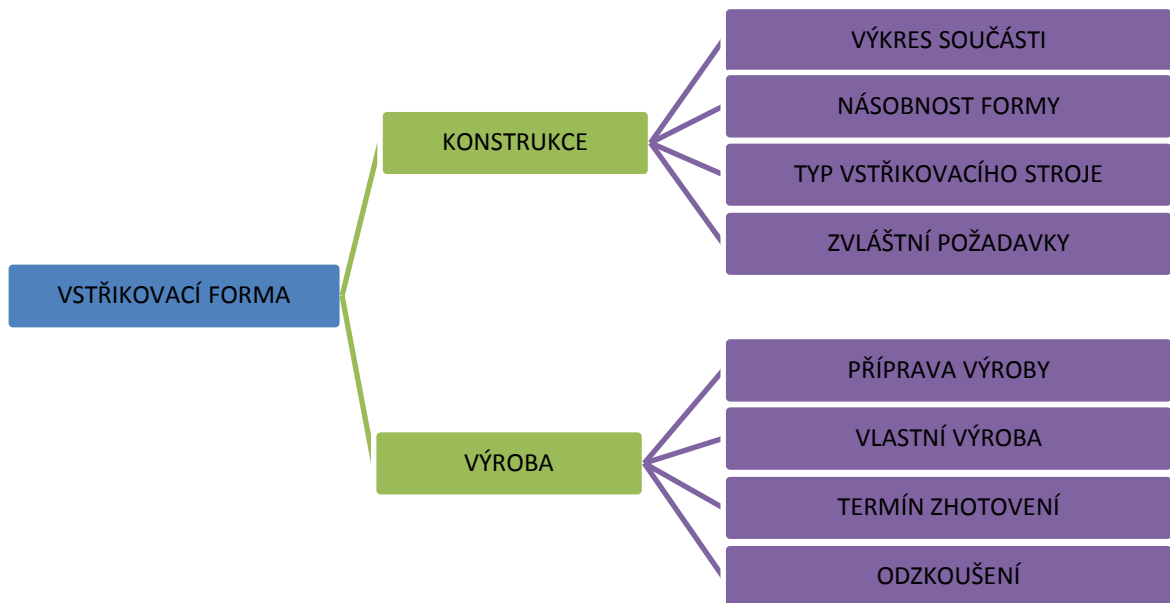
- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet výstřiků a to kvalitně a přesně (vhodný vtokový a temperační systém, vyhazování atd.). Forma by měla také zaručovat maximální tuhost a pevnost, vysokou přesnost funkčních ploch, snadnou manipulaci i obsluhu při výrobě.
- ekonomické, které mají na zřetel nízkou pořizovací cenu, vysokou produktivitu práce za přispění snadné a rychlé výroby dílů. Důležitým faktorem je i životnost vstřikovací formy.
- společenskoekonomické, které mají zaručit bezpečné pracovní prostředí při výrobě a konstrukci.



Obr. 6 Vstřikovací forma [11]

3.1 Konstrukce forem

Konstrukce a výroba vstřikovací formy je náročná. Nejčastěji ji zajišťují specializované podniky, které se touto činností zabývají. Při zajišťování formy kooperují dva na sobě závislé úkony, které jsou: zadání konstrukce formy a zadání výroby formy. [2]



Obr. 7 Technické údaje pro konstrukci a výrobu forem

3.1.1 Výkres součásti

Vyrobená součást z plastu by měla odpovídat jeho specifickým vlastnostem. Výrobek svým tvarem a rozměry musí umožnit jednoduchou výrobu a také musí být vyrobitelný technologií vstřikování. [2]

Výkres součásti musí definovat: [2]

- materiál součásti, označení chemického a obchodního značení plastu s jejím barevným odstínem.
- tvar
- rozměry
- hmotnost
- stupeň přesnosti a úchytky rozměrů, nebo zvláštní požadavky na rozměry součásti
- jakost povrchu s určením vzhledu a provedením výstřiku, povrchová úprava vzhledových ploch i s možností dezénu. Mělo by být na součásti naznačeno, kde bude možné umístit vtoky, dělicí rovinu nebo vyhazovače.

Vzhledem k vyrobiteľnosti součásti je potřeba tvar zvolit tak, aby vyhovoval tvářecím podmínkám. Jeho tvar, rozměry a tolerance by se měly řídit zásadami pro konstrukci výstřiků dle norem. Při navrhování rozměrů se musí dbát, aby byly malé rozdíly v tloušťkách stěn, zaoblené ostré hrany, pozvolné přechody stěn apod. Díky takto zvoleným podmínkám je velká pravděpodobnost, že při výrobě nevzniknou vady na součásti. [4]

3.1.2 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzování je dle hlediska: [2]

- charakteru a přesnosti výstřiku
- požadovaného množství výrobků
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje
- požadovaného termínu dodávky
- ekonomiky výroby

Takové součásti, které se vyznačují velkou tvarovou složitostí, nebo jsou velkých rozměrů, se většinou vyrábí na jednonásobných formách. Násobnost by však měla být z hlediska kvality a přesnosti výstřiku co nejmenší. Výroba rozměrově přesných součástí s sebou nese do produkce další nezanedbatelné faktory chyb. Další rozměrové nepřesnosti způsobují nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, rozdílné vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod. [4]

Násobnost formy se určuje z několika hledisek, jako jsou:

- vstřikovací kapacita stroje
- plastikační výkon
- velikost uzavírací síly
- termín dodávky

Ekonomický požadavek na výrobu formy a s tím spojenou výrobu výstřiků, je jednoznačný pro větší počet tvarových dutin. Potřebný počet kusů, který se má vyrobit, se tak zajistí snadněji při nižších výrobních nákladech. [2]

3.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou složkou pro dosažení kvalitních výrobků. Jeho volbu ovlivňují: [2]

- hmotnost a rozměry vyráběného dílu
- požadovaná přesnost a kvalita výstřiků
- velikost formy

Navržený stroj proto musí mít: [2]

- dostatečnou vstřikovací kapacitu
- dostatečný uzavírací tlak
- vhodnou koncepci stroje

U volby vhodného vstřikovacího stroje by se mělo počítat s tím, že celkové množství hmoty musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Tato dávka je závislá na plastikačním čase, kterým je dán vstřikovací cyklus. Využití plastikačního výkonu se pohybuje od 10 – 90 %. [2]

Maximální vstřikované množství nemá překročit 90 %, protože ve stroji je nutná rezerva zplastikovaného materiálu, pro případné doplnění při jejím úbytku smrštěním. Tavenina je vstřikována do formy přes otevřenou nebo uzavíratelnou trysku.

Jakost a rozměry výstřiku jsou ovlivněny kvalitou vstřikovacího stroje. Kvalita stroje je dána jeho konstrukcí, přesností řízení jednotlivých parametrů stroje, reprodukovatelností a stálostí parametrů. U všech výrobců tato kvalita není stejná, proto je třeba volit vhodný vstřikovací stroj uvážlivě. [4]

3.1.4 Postup při konstrukci formy

Pro konstruktéra forem jsou podkladem výkres vyráběné součásti s konstrukčním návrhem. Konstrukce jako taková má následující postup: [2]

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Hlavním cílem je znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdílnost v tloušťkách stěn pro možný nežádoucí výskyt propadlin a lunek. Nemělo by se také opomenout zkontrolovat úpravy ostrých hran a rohů, které mají za následek velké pnutí a obtížné plnění dutiny.

- určení a upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. 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 kanálku i ústí vtoků.
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému a odvzdušnění dutin formy
- návržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy.
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků.
- kontrola funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, vstřikovací a uzavírací tlak.

3.1.5 Zaformování výstřiku

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

Dělicí rovina je velké většině případů jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může být i šikmá nebo různě tvarovaná. Taková provedení mají za následek obtížnější výrobu formy, a proto v zájmu se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovězení formy během plnění a tím dát vzniku otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Z těchto důvodů je zapotřebí, aby dělicí rovina: [2]

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy
- byla pravidelného a jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře vyrobitelná
- probíhala v hranách výrobku
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů
- nezanechávala funkční nebo vzhledové závady
- u koncepcí s více dělicími rovinami jich bylo co nejmenší počet

3.1.6 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů tvoří po uzavření formy její tvarovou dutinu a jejich dimenzování je důležitou částí konstrukčního řešení. V případě, že dimenzování není správně provedeno, hrozí nedodržení rozměrů výstřiku. Pokud tento stav nenastane u rozměru s předepsanou tolerancí, lze problém vyřešit úpravou technologických parametrů. V opačném případě je nutná nákladná korekce rozměrů formy. Opotřebení dutiny formy je v rozmezí 10 – 40 % z celkové tolerance výrobku. [2]

Povrch i rozměry výstřiku jsou určeny přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy. Ta je většinou složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 – IT 10 a je ovlivňována třemi činiteli: [4]

- smrštění plastu
- výrobní tolerance
- opotřebení dutiny formy

3.1.7 Smrštění výstřiku

Nepřesný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření plastu je způsobeno chybným dimenzováním rozměru. Správný odhad velikosti provozního smrštění pro určité rozměry dílů je občas těžké určit. U složitějších výstřiků se hodnoty výpočetního smrštění moc často neshodují s hodnotami uváděnými od výrobců plastů v tabulkách. Je proto zvykem se odkazovat na zkušenosti z praxe. [1]

Velikost smrštění ovlivňuje: [4]

- tvar výstřiku (rozměry a tloušťka stěn apod.)
- konstrukce formy (vtokový systém, poloha ústí vtoku, temperace formy apod.)
- technologie vstřikování (tlak, teplota taveniny apod.)

Velikost smrštění se udává v % a je to rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích.

Smrštění se dělí na dvě časové fáze: [4]

- velikost provozního smrštění se stanoví 24 hodin po výrobě součásti a tvoří až 90% z jeho hodnoty.
- zbytek je dodatečné smrštění, které probíhá v závislosti na typu polymeru.

3.2 Vtoková soustava

Proudění roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy je zprostředkováno vtokovým systémem formy. Naplnění dutiny taveninou by mělo proběhnout v co nejkratším čase a s minimálními odpory. Musí zajišťovat správné a rovnoměrné naplnění dutiny formy, snadné odtržení nebo oddělení od výstřiku. [12]

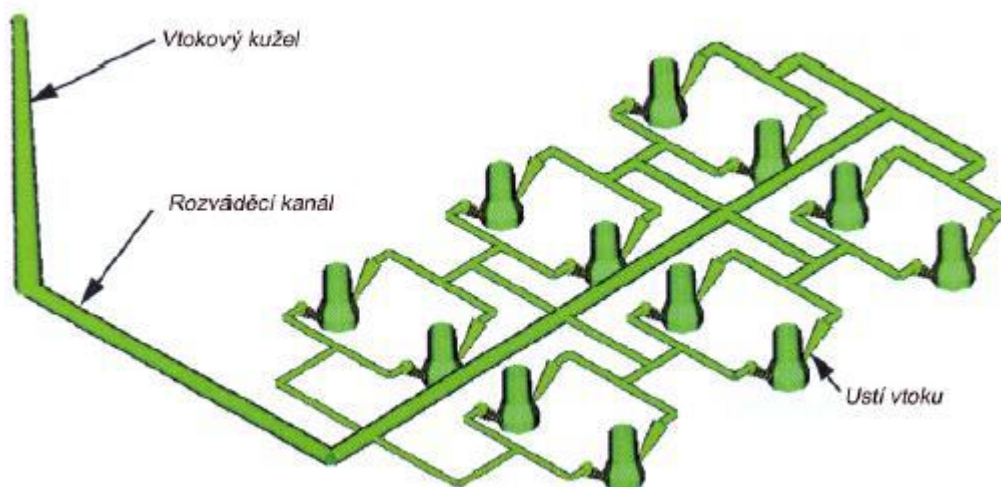
Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují: [2]

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku
- spotřebu materiálu plastu
- náročnost opracování na začištění výstřiku
- energetickou náročnost výroby

Uspořádání vtokového systému je dáno konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem musí tavenina dorazit ke všem ústím vtoku ve stejnou dobu a za stejného tlaku současně. [2]

3.2.1 Studený vtokový systém (SVS)

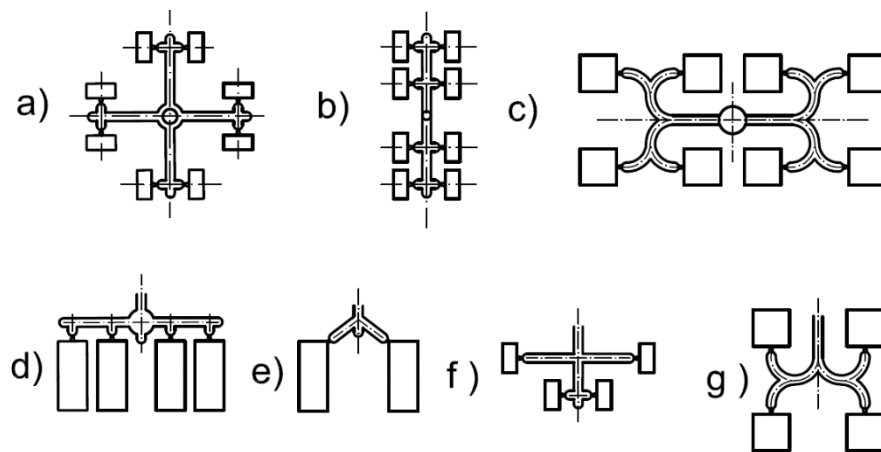
Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Prouděním taveniny studeným vtokovým systémem viskozita na vnějším povrchu prudce roste, ale uprostřed je naopak nejnižší. V důsledku vysoké viskozity se kladou nároky na systém, ve kterém musí působit vysoké tlaky. Ty se pohybují v rozmezí 40 – 200 MPa. [10]



Obr. 8 Vtokový systém [7]

Studené vtokové systémy musí fungovat tak, aby: [2]

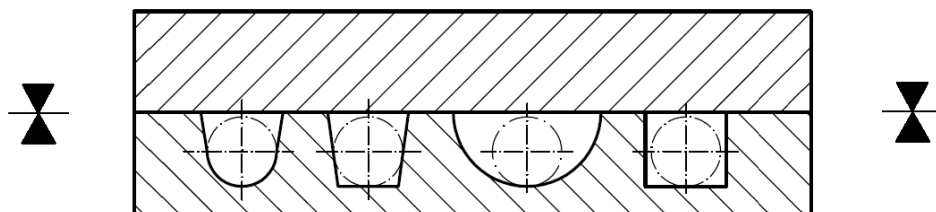
- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší včetně tlakových i časových ztrát.
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá s výsledkem rovnovážného plnění. Vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňující velikost pnutí a existenci míst se sníženou pevností (studených spojů), kde vlivem částečného ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení. Pokud je to možné, je dobré naplnit dutinu jedním vtokem, aby tím vznikalo co nejméně studených spojů.



Obr. 9 Volby vtokových systémů [2]

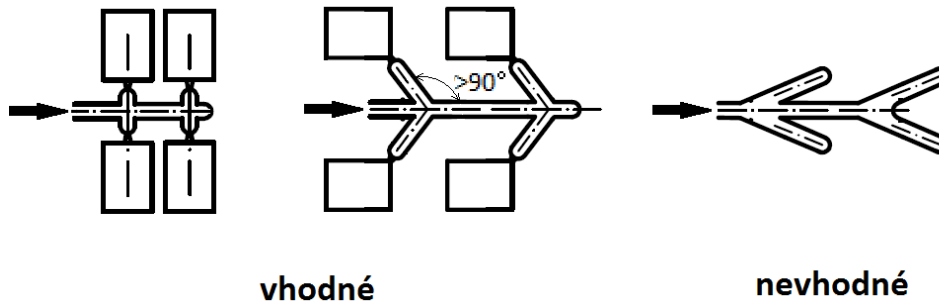
a, c, e, f, g – vhodná řešení b, d – nutná korekce vtokových ústí

- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Musí se ale přihlížet ke spotřebě plastu. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez, což vede k minimálním ochlazovacím ztrátám. Průřezy vtokových kanálů existují v několika verzích.



Obr. 10 Volby průřezů vtokových kanálů [2]

- u vícenásobných forem bylo odstupňování průřezů kanálů pro zachování stejné rychlosti proudící taveniny.
- neproniklo chladnější čelo proudící taveniny do tvarové dutiny zachycením v prodloužení rozváděcího kanálu. Tím dojde ke snížení povrchových vad výstříků.
- větvení vtokového systému nebylo navrženo pod ostrým úhlem, ale naopak větším, než je 90° .



Obr. 11 Větvení vtoků [2]

Podle tvaru výstříku se volí typ vtoku: [2]

- **plný kuželový vtok** přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou a je vhodný pro tlustostěnné výstříky. Používá se u plastů s vysokou viskozitou, kde je nutný delší dotlak. Využívá se pro jednodušší výrobky. Odstranění vtoku od výstříku je pracné a vždy zanechává stopu.
- **bodový vtok** je typ zúženého vtokového ústí s převážně kruhovým průřezem. Leží v dělicí rovině ale i mimo. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem. Nejprve musí dojít k odtržení vtokového ústí a potom až k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. Po odtržení vtokového ústí může na výrobku zůstat výstupek nebo může nastat vytržení materiálu. Tento problém lze vyřešit vytvořením čokovitého nálitku proti ústí vtoku. Bodový vtok není vhodný pro výrobky větších rozměrů z méně viskózních a plněných polymerů.
- **tunelový vtok** je zvláštním typem bodového vtoku. Vtokový zbytek může ležet v dělicí rovině jako výrobek, proto není nutné konstruovat systém třídeskové formy. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která

odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy, nebo při vyhazování výstřiku. Při konstrukci se nesmí zapomenout na přidržovač vtokového kanálu v kombinaci s vyhazovačem. Není vhodný pro křehké materiály jako je PS nebo PMMA.

- **boční vtok** je nejpoužívanějším vtokovým ústím. Je typ se zúženým vtokovým ústím ležícím v dělicí rovině s obvykle obdélníkovým průřezem. Při odformování zůstane vtokový zbytek od výrobku neoddělený. Aby se zamezilo volnému vstřikování do dutiny formy, upravuje se ústí do tvaru vějíře.
- **filmový vtok** je nejpoužívanějším typem z bočních vtoků. Využívá se pro plnění kruhových a trubicových dutin se zvýšeným požadavkem na kvalitu. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst ústí je nerovnoměrné. S rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu klesá tlak. Tento problém se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu.

3.2.2 Vyhřívaný vtokový systém (VVS)

Z technologických a i ekonomických důvodů se začaly používat vyhřívané (horké) vtokové soustavy. Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které pracují s minimálním úbytkem tlaku i teploty. [13]

Technologie vstřikování VVS pracuje na principu, že po naplnění dutiny formy zůstává polymer po celé délce VVS stále taveninou. To lze použít jen v případě bodového vyústění malého průřezu, kde i přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. V místě stříku je vhodné vytvořit čočkovité zahloubení, aby nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. [13]

Výhody VVS: [4]

- systém umožňuje automatizaci výroby, což vede ke zkrácení výrobního cyklu
- snížená spotřeba polymeru (tzv. bezvtokové vstřikování)
- snižují náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků a tím není nutné je recyklovat
- snadná montáž, demontáž a údržba
- vlastní regulace teploty všech částí

Nevýhody VVS:

- konstrukční provedení vstřikovacích forem s VVS je náročnější
- nutné regulátory a snímače teploty VVS
- energeticky a ekonomicky jsou nákladnější v porovnání se SVS

Vyhřívání trysky – umožňují propojit vstřikovací stroj s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňují zlepšit technologické podmínky vstřikování.

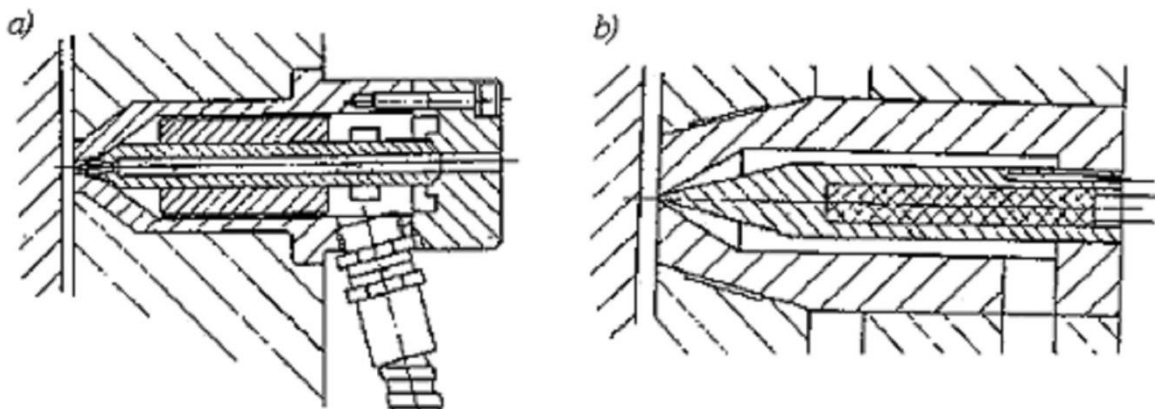
[13]

Nepřímo ohřívání trysky mají dva druhy provedení: [2]

- dotápěná tryska s vlastním zdrojem tepla má miniaturní topné těleso zabudované do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku.
- dotápěná tryska rozvodovým blokem se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívávaného rozvodu vtoků na trysku.

Přímo ohřívání trysky mají dva základní druhy provedení: [2]

- trysky s vnějším topením pracují na principu, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Kolem tělesa je z vnějšku umístěno topení.
- trysky s vnitřním topením pracují na principu, kde tavenina obtéká vnitřní vyhřívávanou vložku (torpédo), které je z tepelně vodivého materiálu.



Obr. 12 Vyhřívání tryska [2]

Vyústění vtoku do dutiny formy může být provedeno: [2]

- jedním otvorem přímo proti vtokovému kanálu. Při rychlejším pracovním cyklu někdy tavenina nestačí zatuhnout a na výstřiku zůstane stopa ve tvaru výstupku.
- více otvory, kde je odstraněna nevýhoda u trysky s jedním otvorem.

Vyhřívané rozvodné bloky – slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Používají se v kombinaci s vyhřívanými nebo i izolovanými tryskami. Pro jejich správnou funkci je potřeba zajistit rovnoměrné vytápění, nebo dojde k ovlivnění tokového chování taveniny a tlakovému rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. [13]

Tepelně izolovaný ocelový rozváděcí blok je uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pravé části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben poloze rozváděcích kanálů a vyrábí se ve tvarech: I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy. [2]

Vytápění je zajišťováno zvenku elektrickým odporovým topením pomocí hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. Provedení otvorů kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivé, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody a mrtvé kouty. [2]

Výkon ohřevu rozvodného bloku musí zajistit, aby se dosáhlo: [2]

- rychlého ohřevu
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v rozvodném bloku i trysce
- eliminace tepelných ztrát



Obr. 13 Tepelně izolovaný ocelový rozváděcí blok [9]

3.3 Vyhazování výstřiků z formy

Vyhazování výstřiků z formy je operace, při které se z dutiny formy nebo z tvárniku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží různá vyhazovací zařízení, která fungují automaticky nebo poloautomaticky. [4]

Vyhazování má dvě fáze: [4]

- dopředný pohyb – vlastní vyhazování
- zpětný pohyb – návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Základní podmínky správného vyhazování: [4]

- hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy $> 30'$.
- rovnoměrné vysouvání vyhazovacího systému
- stopy po vyhazovacím zařízení musí být minimální.

Vyhazovací systém by měl vyvodit dostatečnou vyhazovací sílu. Její velikost závisí na: [4]

- velikosti smrštění výrobku ve formě
- složitosti výrobku a jakosti povrchu dutiny formy
- technologických podmínkách při vstřikování
- pružných deformací formy

3.3.1 Mechanické vyhazování

Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce mají různá provedení: [3]

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Systém se používá v případě, že lze vyhazovače umístit proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Kolíky by měla být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné
- vyhazování stírací deskou představuje stahování výstřiku z tvárniku po celém jeho obvodu. Díky velké styčné ploše nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování a deformace jsou minimální. Využívá se při vyhazování tenkostěnných nebo rozměrných výstřiků a u vícenásobných forem. Stírání je vhodné, pokud výstřik dosedá na stírací desku v rovině, nebo je plocha výstřiku mírně zakřivena. Speciálním případem stírání tlakem je funkce trubkového vyhazovače.

- šikmé vyhazování je speciální forma 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.
- dvoustupňové vyhazování vyžaduje dva vzájemně se ovlivňující vyhazovací systémy. Je možné vyhazovat s časovým posunem a s rozdílnou velikostí zdvihu. Používá se při vyhazování slabostěnných výstřiků. Kombinace systémů dvoustupňového vyhazování je např. stírání s vyhazovacími kolíky.

3.3.2 Hydraulické vyhazování

Používá se k ovládní mechanických vyhazovačů. Ty nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Hydraulická jednotka v dnešní době už není součástí vstřikovací formy, jak tomu bylo v minulosti. Mnohem častěji se vyskytují jako jednotky používané k ovládní bočních posuvných čelistí. [3]

3.3.3 Pneumatické vyhazování

Je systémem vhodným pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů, jako jsou nádoby nebo kbelíky, které při vyhazování vyžadují zavzdušnit, aby nedošlo k deformacím. [3]

Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy, tím se umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích.[3]

3.4 Temperace forem

Temperování forem slouží k udržování konstantní teploty uvnitř formy. Cílem je, aby byl dosažen optimální krátký pracovní cyklus vstřikování za předpokladu zachování všech technologických požadavků na výrobu. Toho se docílí ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. Před zahájením výroby se musí forma vyhřát na pracovní teplotu. [1]

Roztavený polymer, přiváděný během vstřikování do formy, se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá, proto je nutné temperační soustavou formy odvést toto přebytečné teplo během pracovního cyklu. [1]

Temperace má za úkol: [4]

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy v určené výši po celém povrchu její dutiny v závislosti na druhu zpracovávaného plastu
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby měl celý pracovní cyklus ekonomickou délku.

Pokud forma disponuje dostatečnou hmotností a dobře řešeným temperačním systémem, zvýší se při vysokých vstřikovacích tlacích její tepelná i rozměrová stabilita a naopak se sníží nebezpečí deformace. [3]

Lokální nerovnoměrné rozložení teplot formy má za následek zvětšení rozměrových a tvarových úchylek výstřiku. [3]

Na energetické bilanci formy i okolního prostředí záleží ochlazení a případně ohřev formy. Teplo se odvádí nebo přivádí soustavou kanálů a dutin, kterými proudí temperační prostředek, který udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. [3]

Tepelné ztráty jsou způsobeny u vstřikovacích forem: [4]

- vedením do upínacích ploch vstřikovacího stroje
- odvodem tepla okolním vzduchem
- vyzářením do okolí

Temperační systém bývá umístěn: [4]

- v pevné (vtokové) části formy
- v pohyblivé části.

Vzdálenost kanálů od tvarové dutiny má být optimální, protože je třeba dbát na dostatečnou tuhost a pevnost tvarové dutiny. Je vhodné volit větší počet menších kanálů než menší počet větších kanálů. Rozmístění kanálů kolem tvarové dutiny by mělo být rovnoměrně v různých vzdálenostech v závislosti na tvaru a tloušťce stěny výrobku. Průřez kanálu se volí dle druhu polymeru, velikosti výrobku a způsobu zaformování. [3]

3.4.1 Aktivní temperační prostředky

Temperační prostředky jsou média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Volba temperačního prostředku závisí na koncepci formy a na technologii výroby výstřiku. [3]

Aktivní temperační prostředky působí přímo na formě. Přivádí nebo odvádí teplo z formy.

Mezi aktivní temperační prostředky patří: [3]

- kapaliny proudící nuceným oběhem temperačními kanály uvnitř formy. Dochází zde k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. Kapalné prostředky používané k temperaci formy jsou voda, oleje nebo glykoly. Voda se vyznačuje vysokým přestupem tepla, nízkou viskozitou, nízkou cenou a ekologickou nezávadností. Použitelná je pouze do 90 °C. další nevýhodou vody je vznik koroze a usazování kamene. Oleje jsou použitelné k temperování i v teplotách nad 100 °C, ale mají nižší přestup tepla než u vody. Glykoly nekorodují a neuspávají systém, ale znečišťují prostředí a stárnou.
- vzduch se používá vzhledem k jeho malé účinnosti jen v případě, kdy použití kapaliny není pro dostatek pro nedostatek prostoru možné.
- topné elektrické články se využívají k temperaci forem s požadovanou vyšší teplotou v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší než teplo dodané taveninou. Používají se většinou topné patrony a prstencová topná tělesa s větší povrchovou zátěží, které umožňují v relativně malých objemech předat velké množství energie do vytápěné části formy.

3.4.2 Pasivní temperační prostředky

Pasivní temperační prostředky svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy. Aktivní a pasivní temperační prostředky se používají ve vzájemné vazbě. [4]

Mezi pasivní temperační prostředky patří: [3]

- tepelně izolační materiály, které se využívají pro omezení přestupu tepla do upínacích desek stroje. K tomuto účelu jsou vhodné pevnostně a tepelně odolné materiály např. PA 66, Sklotextit ARV nebo Sklotextit SI. Pro omezení ztrát tepla vyzařováním je doporučeno povrch leštit, chromovat, niklovat nebo pokrýt hliníkovou fólií.
- tepelně vodivé materiály, které se využívají k přívodu nebo odvodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných (tenké tvárníky, vtokové trysky). Používá se měď a její slitiny Be, Co, Zr, Cd, Sn nebo hliník a jeho slitiny. Tepelně vodivé materiály dobře odvádí teplo od povrchu tvarové dutiny. Nejúčinnějším prostředkem je tepelná trubice, zařízení, které umožňuje intenzivní přenos tepla

z oblastí o vyšší teplotě do oblastí s nižší teplotou i při malém teplotním rozdílu mezi nimi.

3.5 Odvzdušnění

Vady na výstřicích mohou být způsobeny během výrobního procesu různými činiteli. Jedním z takových činitelů, který ovlivňuje kvalitu výstřiků, je odvzdušnění forem. Při každém výrobním cyklu jsou tvarové dutiny formy před naplněním polymerní taveninou zavzdušněny. Neodvedený vzduch uzavřený v tvarových dutinách vstřikovacích forem může vyvolat tyto technologické problémy nebo vady: [4]

- nedostřiky způsobené zamrznutím čela taveniny
- spálená místa na výstřicích způsobená tzv. Dieselovým efektem
- tvorba bublin ve stěnách výstřiků s větší tloušťkou stěn
- výskyt studených spojů způsobující vady povrchu a snížení pevnosti
- vnesení vnitřního pnutí do výstřiku
- potřeba velkého zvýšení vstřikovacího tlaku
- velké tlakové výkyvy v dutině formy.

Odvod vzduchu z tvarových dutin vstřikovacích forem je možné řešit již při konstrukci forem empiricky, kde se využívá znalostí konstruktéra, nebo s využitím počítačových analýz plnění dutiny formy. V případě, že ani jedna z možností nevede k řešení problému, musí se přikročit do fáze zkoušení. To však může být jednoduché, obtížné, ale i nákladné. [3]

Na stálost rychlosti plnění má velký vliv správné a účinné odvzdušnění formy a platí, čím je větší rychlost plnění, tím musí být účinnější odvzdušnění tvarové dutiny formy. Kombinace neúčinného odvzdušnění tvarové dutiny formy a použití vysoké rychlosti plnění má za následek vznik spáleného místa na výstřiku, tzv. Dieselova efektu, v důsledku ohřevu vzduchu stlačovaného taveninou pod vlivem vysokého tlaku až dojde ke spálení plněného materiálu. [3]

Při pomalém plnění dutiny formy dochází k uvolňování ztuhlého polymeru ze stěn formy a jeho strhávání do proudící taveniny, kdy stržené částice působí jako heterogenní vměstky a nepříznivě ovlivňují rozměrovou stabilitu výstřiku. Pomalý tok přispívá ke vzniku studených spojů. Pokud bude nedostatečná rychlost plnění a tlak, vzduch se pak

soustřeďuje na protilehlou stranu od vtoku. Nemůže-li vzduch uniknout vlivem tlaku, vznikne nedotečený výstřik. [3]

Způsoby odvzdušnění: [4]

- hlavní dělicí rovinou, vedlejšími rovinami
- vřely mezi tvarovými pevnými částmi formy
- vřely mezi pohyblivými částmi formy
- odvzdušňovacími kanály.

Problémy s odvzdušněním se vyskytují zejména u nových forem s dobře těsnícími dělicími rovinami a vyhazovači. Nedostatečné odvzdušnění také vzniká zanedbáním čištění dutiny od konzervačních prostředků, které jsou unášeny proudící taveninou do odvzdušňovacích mezer. [1]

3.6 Materiály forem

Vstřikovací forma je nákladný nástroj sestavený z funkčních a pomocných dílů. Na každý z dílů jsou kladeny určité materiálové požadavky.

Materiál s ohledem na funkci musí splňovat: [4]

- dobrou obrobiteľnosť
- zvýšenou odolnosť proti otěru
- odolnosť proti korozi
- odolnosť proti chemickým vlivům polymeru
- vyhovující tepelnou zpracovatelnost
- stálost rozměrů a minimální deformace
- vhodné fyzikální vlastnosti.

Od vstřikovací formy se vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů a s tím výrazně souvisí volba materiálu, která je ovlivněna provozními podmínkami výroby, které jsou určeny: [4]

- druhem vstřikovaného polymeru
- požadovanou přesností a jakostí výstřiku
- podmínkami vstřikování
- vstřikovacím strojem

Nejvíce využívanými materiály jsou ty, které mají široký rozsah užitečných vlastností:

- oceli různých jakostí
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al, apod.)
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé, apod.)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

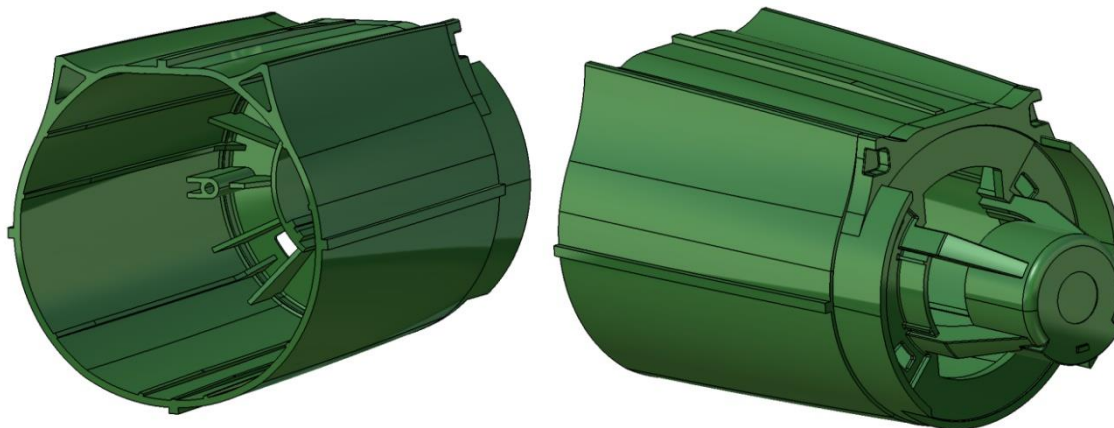
V bakalářské práci byly stanoveny cíle:

- vypracování literární studie na dané téma
- navrhnout 3D model vstřikovaného výrobku
- provést konstrukci vstřikovací formy pro zvolený díl
- nakreslit 2D řez vstřikovací formy včetně příslušných pohledů a kusovníku
- vypracovat cenovou bilanci pro pořízení vstřikovací formy

V praktické části je cílem zkonstruovat vstřikovací formu pro zadaný díl a vypracovat kompletní cenovou kalkulaci pro pořízení formy. K tomuto výrobku se vytvářel 3D model formy a také 2D dokumentace s kusovníkem a s cenovým rozbořem. Pro sestavení vstřikovací formy se využívalo normalizovaných dílů od firmy HASCO a to co v největším možném množství i pro následné minimalizování dodatečných úprav pro snížení celkové pořizovací ceny. Při konstrukci byl použit program CATIA V5R19.

5 POPIS VÝROBKU

Vstříkovaným výrobkem je centrální kryt motoru bezpříklepové vrtačky.



Obr. 14 Vstříkovaný díl

5.1 Funkční části výrobku

Centrální kryt vrtačky má tloušťku stěny 1,5mm a je opatřen žebry pro přesné uložení motoru, ložiska, a také pro zpevnění výrobku. V krytu jsou také místa pro přišroubování, aby nedošlo k volnému pohybu motoru. Celkový objem dílu činí 39,57 cm³.

5.2 Materiál výrobku

Materiálem výrobku byl zvolen polyamid 6 s obsahem 30% skelných vláken s obchodním označením Ultramid B3EG6 PA6-GF30. Zvolený materiál je dodáván firmou BASF. Materiál se vyznačuje rozměrovou stabilitou a má velmi dobré fyzikální vlastnosti.

Tabulka 1: Vlastnosti materiálu PA6-GF30

Označení	PA6-GF30
Obchodní název	Ultramid B3EG6
Hustota	1360 kg/m ³
Teplota tavení	220 °C
Teplota vstříkování	270-290 °C
Teplota formy při vstříkování	80-90 °C
Podélné smrštění	0,35%
Modul pružnosti v tahu	185MPa
Index toku taveniny MVR 275/5	50cm/10min

6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

K vstřikování výrobku byl zvolen vstřikovací stroj od německé firmy ARBURG ALLROUNDER 470 H 1000 – 400, který je k dispozici na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.



Obr. 15 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H

Základní technické parametry stroje:

Tabulka 2: Parametry uzavírací jednotky

Uzavírací síla (max.)	1000kN
Otevírací síla (max.)	350 kN
Výška formy	250 - 500 mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	470x470 mm
Otevírací zdvih	760 mm
Vyhazovací síla (max.)	175 kN

Tabulka 3: Parametry vstřikovací jednotky

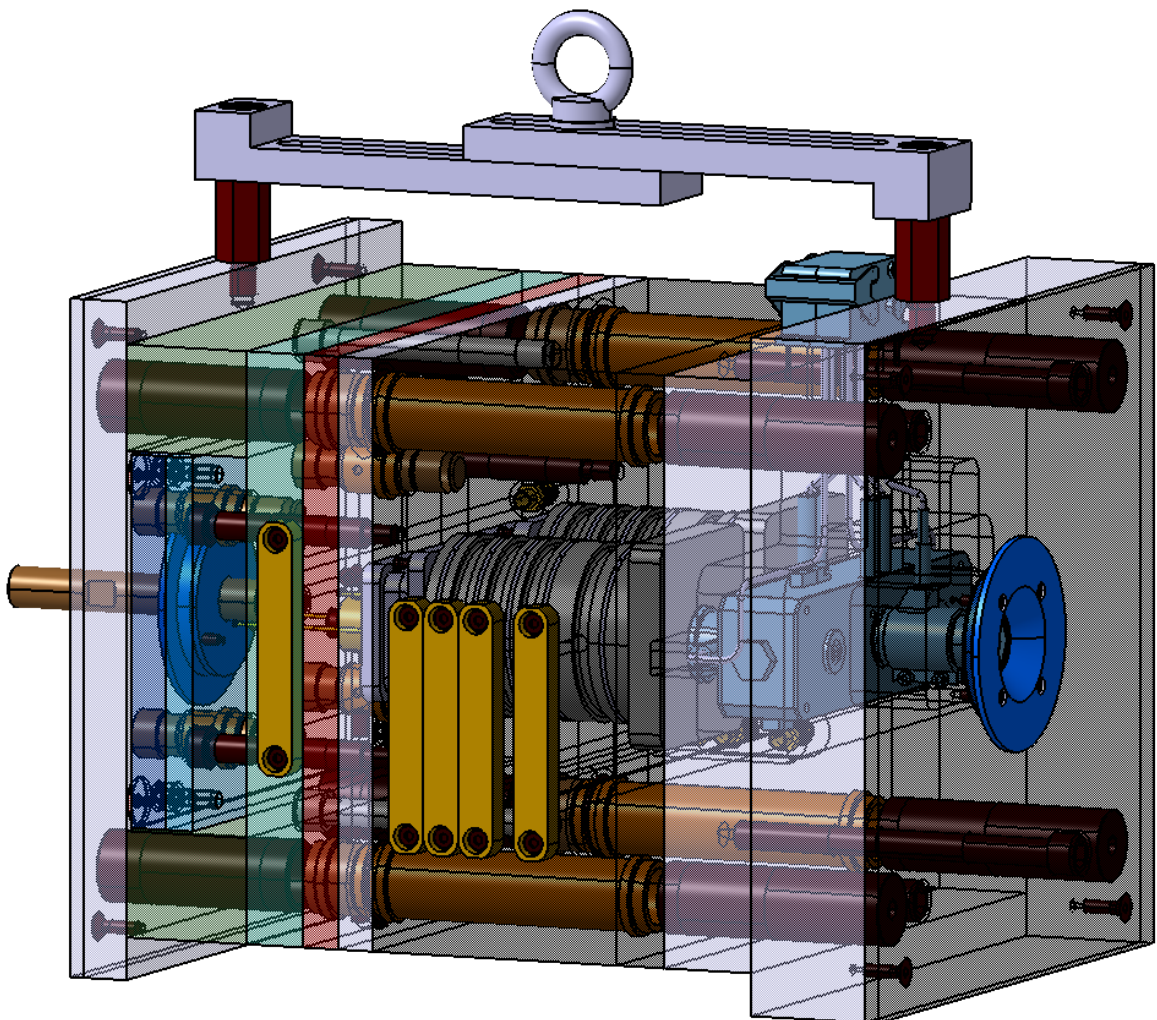
Průměr šneku	35 mm
Účinná délka šneku L/D	23
Tah šneku (max.)	160 mm
Objem vstřikované dávky (max.)	154 cm ³
Vstřikovací tlak (max.)	2500 bar
Rychlost toku taveniny (max.)	492 cm/s
Krouticí moment šneku (max.)	480 Nm

7 KONSTRUKCE FORMY

Dle rozměrů a složitosti daného výrobku byla volena velikost a konstrukce vstřikovací formy. Snahou bylo navrhnout konstrukčně jednoduchou, přesnou a také levnou vstřikovací formu za využití normalizovaných dílů v případech, kdy to bylo konstrukčně možné. Normalizované díly byly vybírány z katalogu od firmy HASCO.

Základní technické parametry formy:

- rozměry 396 x 396 x 519,4 mm
- hmotnost vstřikované dávky 108 g



Obr. 16 Vstřikovací forma

7.1 Násobnost formy

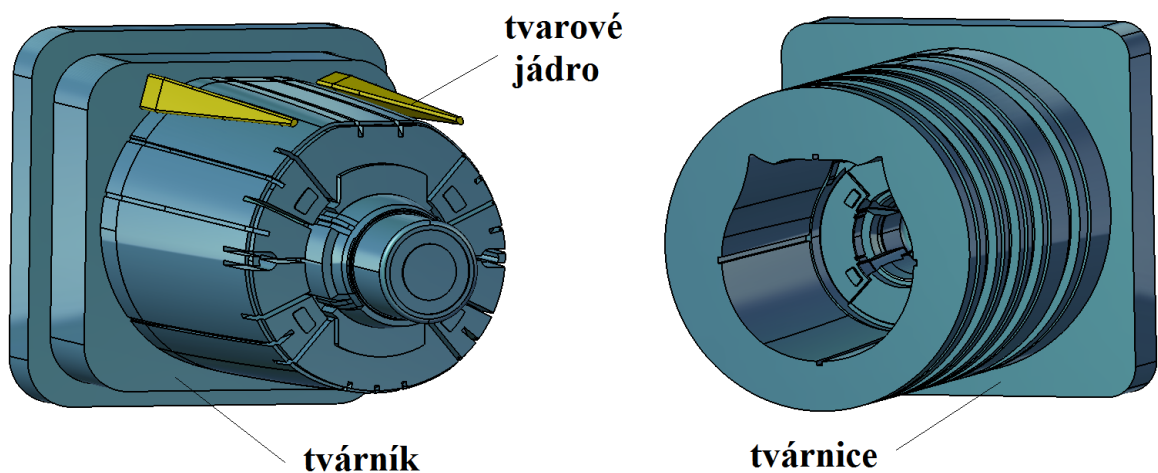
Násobnost formy se stanovuje dle požadovaného množství výrobků, velikosti výrobku, kapacity plastikační jednotky vstřikovacího stroje a ekonomiky výroby. S ohledem na velikost výrobku, rozměrovou přesnost, ekonomickou a časovou výhodnost byla zvolena dvojnásobná forma.

7.2 Odformování výstřiku

Při konstrukci vstřikovací formy je hlavní zásadou správně zvolit dělicí rovinu. Rovina by měla být co nejjednoduššího tvaru vedená v hranách výrobku. V případě zadaného dílu, který je tvarově členitý, není třeba volit vedlejší dělicí roviny, ale pouze jednu hlavní, která leží mezi čely pravé a levé části formy.

7.3 Návrh tvarové dutiny

Tvar výstřiku se při vstřikování udává ve tvarové dutině vstřikovací formy. Dutina je tvořena tvarovými vložkami vyráběnými z ušlechtilé nástrojové oceli, které jsou vystaveny vysokým teplotám a smykovému napětí mezi povrchem tvarových vložek a taveninou polymeru. Tvarové vložky je proto nutné tepelně zpracovat (popouštět, kalit, cementovat). Dbá se na přesné opracování, aby nedošlo k úniku polymeru mimo dutinu formy. Špatný návrh a zhotovení způsobí nedodržení rozměrů výstřiku.

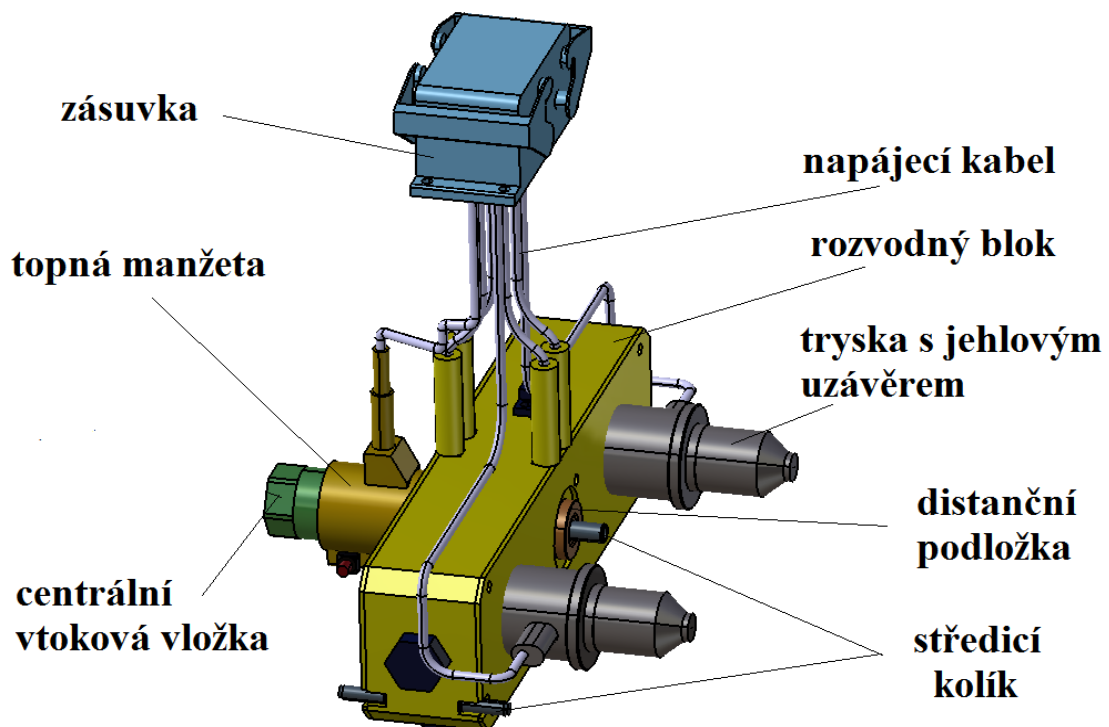


Obr. 17 Tvarové vložky

7.4 Vtokový systém

Vtokovým systémem formy proudí tavenina od vstřikovacího stroje, tedy jeho plastikační jednotky, do tvarové dutiny formy. Dutina by měla být naplněna taveninou v nejkratším možném čase a s minimálním odporem.

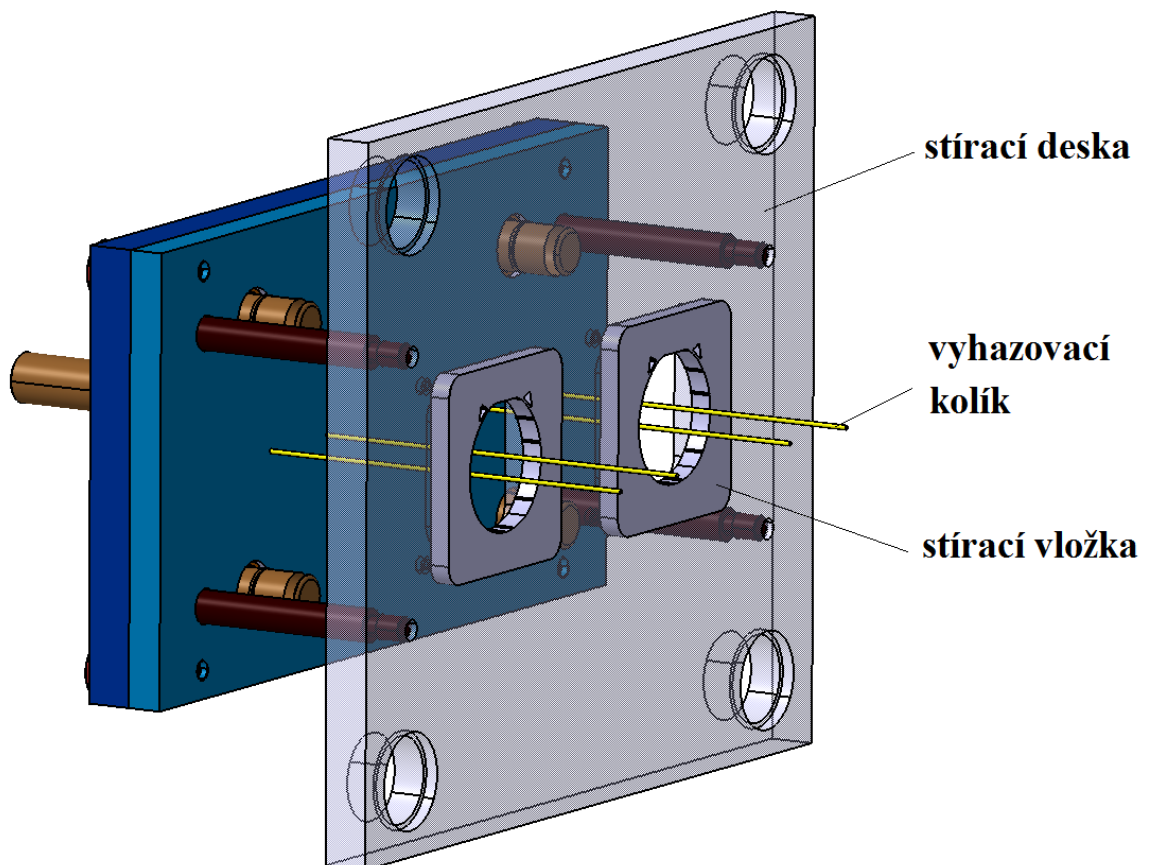
V případě konstrukčního řešení této vstřikovací formy byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. V porovnání se systémem studeného vtoku je nevýhoda ve vyšší pořizovací ceně a nákladnějším provozu. Výhodami jsou zamezení tvorby vtokových zbytků, což snižuje spotřebu polymeru a i cenu, tak i absence dokončovacích operací spojených s odstraňováním vtokových zbytků od výstřiků, které na nich vytváří stopy. Horký vtokový systém je uložen v dutině vložené desky, která se nachází mezi deskou opěrnou a deskou upínací. Systém se skládá z rozvodného bloku s centrální vtokovou vložkou a dvěma vstřikovacími tryskami s jehlovým uzávěrem. Rozvodný blok je vyhříván topným hadem a vystředěn a zajištěn proti pootočení kolíky. Pro zachycení vstřikovacích tlaků jsou na bloku upevněny distanční kroužky. Ústí trysky je přímo naproti čelu vstřikovaného výrobku.



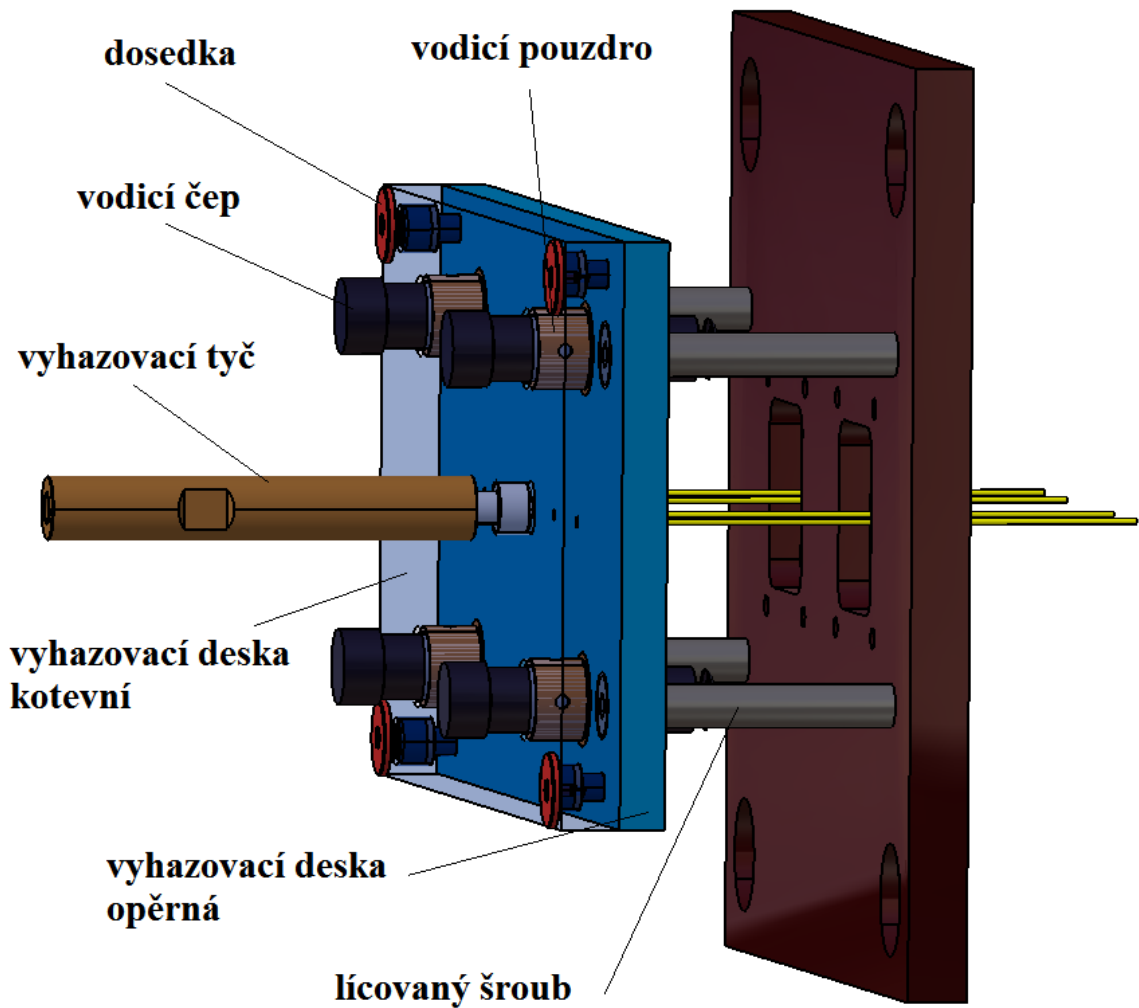
Obr. 18 Vtokový systém

7.5 Vyhazovací systém

Vyhazování výstřiku je zprostředkováno kombinací stírací desky a válcových kolíků. Válcové kolíky mají funkci tvarových jader v počáteční poloze. Stírací deska je opatřena stíracími vložkami pro možnou výměnu v případě opotřebení a také závity pro lícované šrouby, které tahem táhla přes kotevní vyhazovací desku zajišťují její pohyb vpřed. Vzhledem k tomu, že výrobek je velmi hluboký, pohyb vyhazovacího systému byl navržen na krátkou vzdálenost. Pro úplné vyhození výstřiku z formy se bude starat robotická ruka opatřená přípravkem pro bezpečné vyjmutí.



Obr. 19 Vyhazovací systém - přední pohled



Obr. 20 Vyhazovací systém - zadní pohled

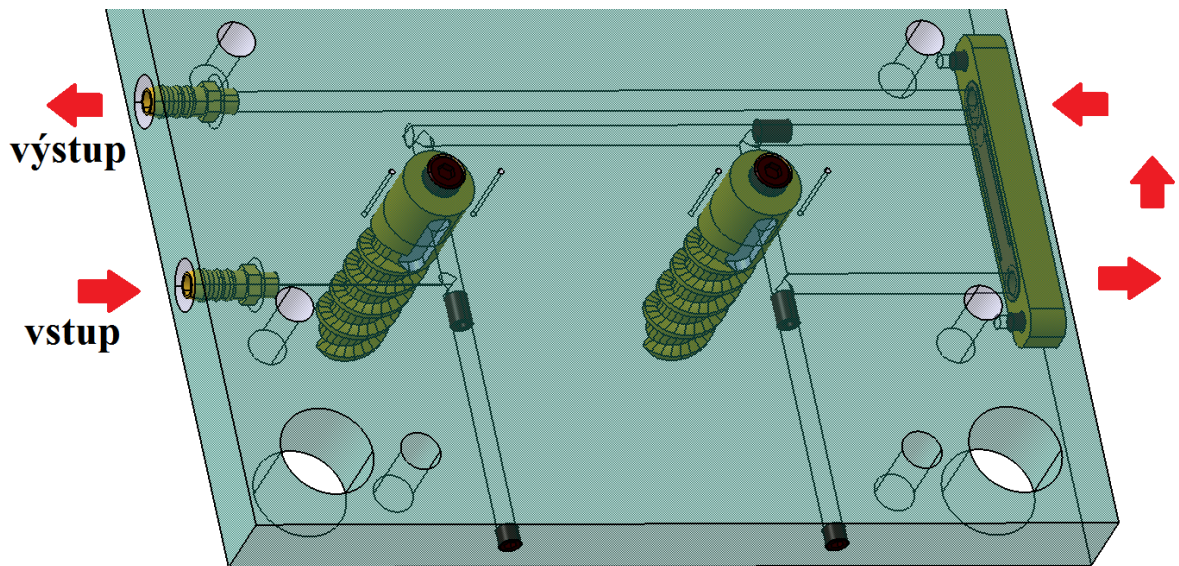
7.6 Odvzdušnění

V dutině formy při vstřikování dochází k stlačování vzduchu čelem taveniny, který se vlivem tlaku a zvyšování teploty ohřívá a tím může způsobit degradaci materiálu, tzv. Diesel efekt. Následkem špatného odvzdušnění vznikají na výrobcích tvarové a vzhledové vady. V tomto případě konstrukčního řešení se předpokládá, že vzduch bude unikat nerovnostmi v dělicí rovině a vůlemi mezi vyhazovači.

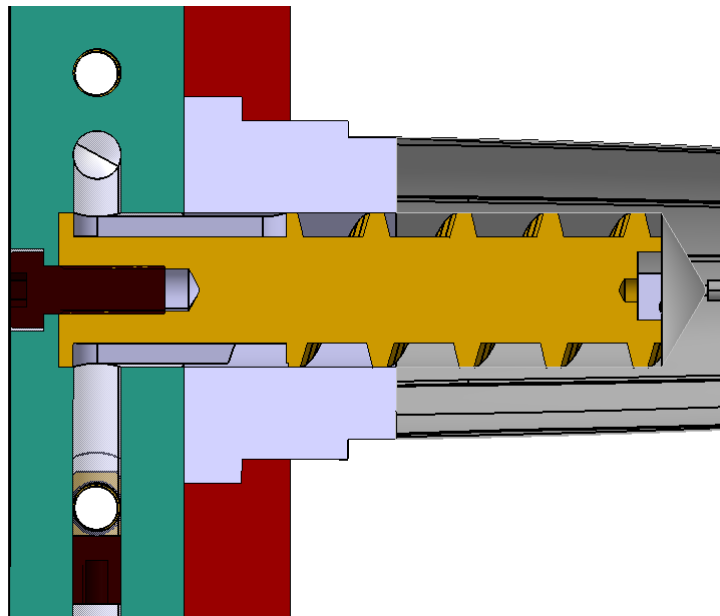
7.7 Temperační systém

Temperační systém má za cíl zajistit rovnoměrné rozložení teplotního pole po celém povrchu tvarové dutiny vstříkovací formy.

Systém temperace tvárníků na levé části formy je tvořen pomocí vrtaných kanálů o průměru 10 mm do opěrné desky, kde dané otvory ústí do vyfrézovaných drážek u dvouchodých temperačních spirálových vložek. Tok kapaliny požadovaným směrem je zajišťován pomocí obtokového můstku, vnějších a vnitřních ucpávek.

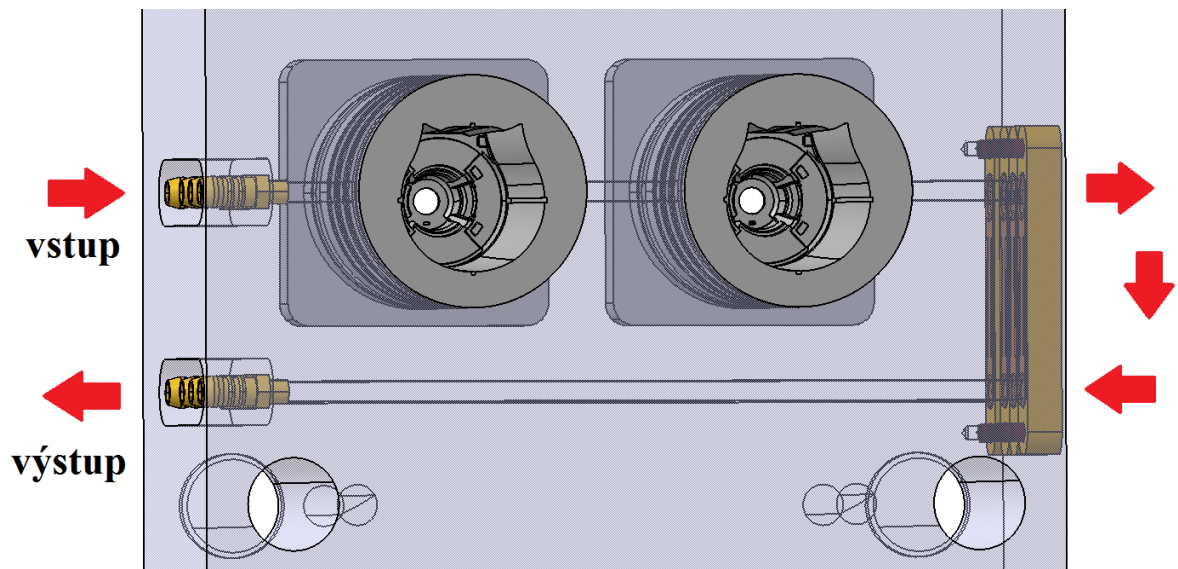


Obr. 21 Temperace levé strany

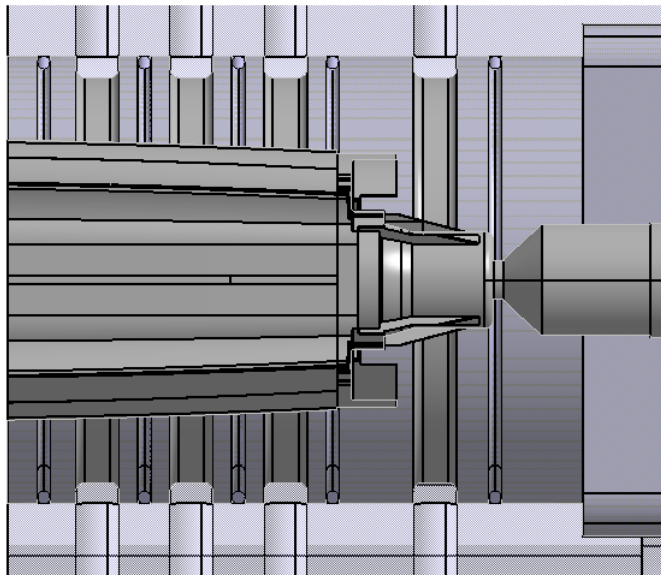


Obr. 22 Temperace levé strany - řez

Na pravé straně formy je temperace tvárnic zajišťována pomocí vrtaných kanálů o průměru 10 mm v tvarové desce. Kapalina pak dále proudí vyfrézovanými drážkami po obvodě tvárnic, které jsou pro těsnost spoje mezi tvárnicemi a tvarovou deskou opatřeny O-kroužkem. Vzhledem k velké hloubce výrobku bylo zapotřebí vytvořit 4 nezávislé temperační okruhy.



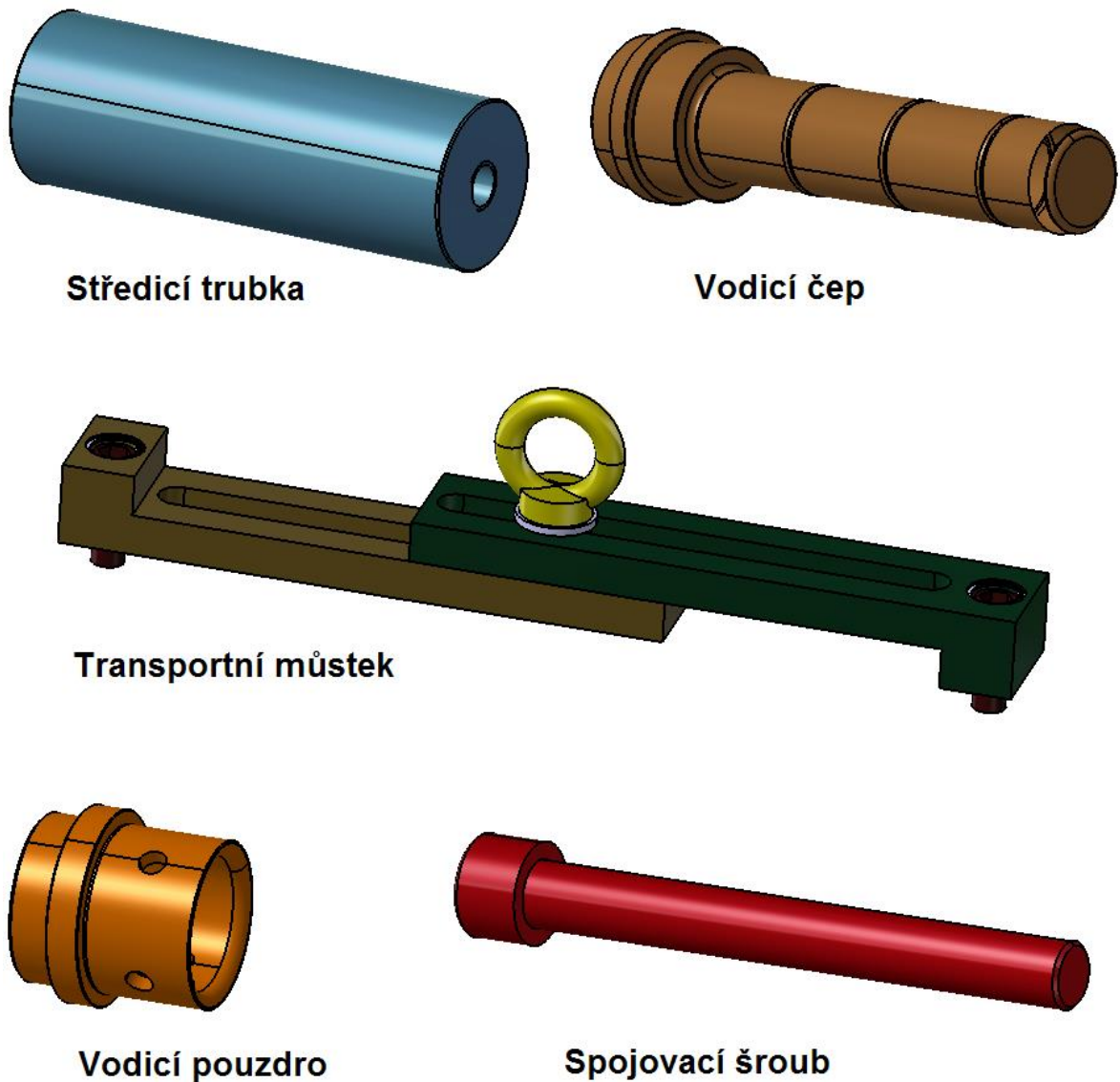
Obr. 23 Temperace pravé strany



Obr. 24 Temperace pravé strany - řez

7.8 Vodicí a středící části

Levá a pravá část formy jsou během otevírání a zavírání vedeny pomocí vodicích čepů, které jsou ve vodicích pouzdech. Forma je upnuta ke vstřikovacímu stroji upínkami za upínací desku. Upínací, rozpěrné a opěrné desky jsou vzájemně vystředěny pomocí středících trubek. Vystředění formy a stroje je zajišťováno středícími kroužky. Pevné spojení desek se docílí spojením šrouby. Pro snadnější manipulaci jeřábem je forma vybavena transportním můstkem.



Obr. 25 Vodicí a středící části

8 CENOVÁ BILANCE

Při návrhu vstřikovací formy byly použity normálie od německé firmy HASCO pro maximální snížení nákladů jejího pořízení a také pro snížení nákladů pro dodatečné úpravy konečných rozměrů. I přes velké množství použitých normálií při sestavení formy je nutné tyto díly obrábět a upravit na požadované rozměry a tvar. Ceny uváděné za dodatečné úpravy byly konzultovány s Ing. Janem Vyoralem, který ohodnotil na základě 3D modelů a jejich přeměření náklady za technologické operace.

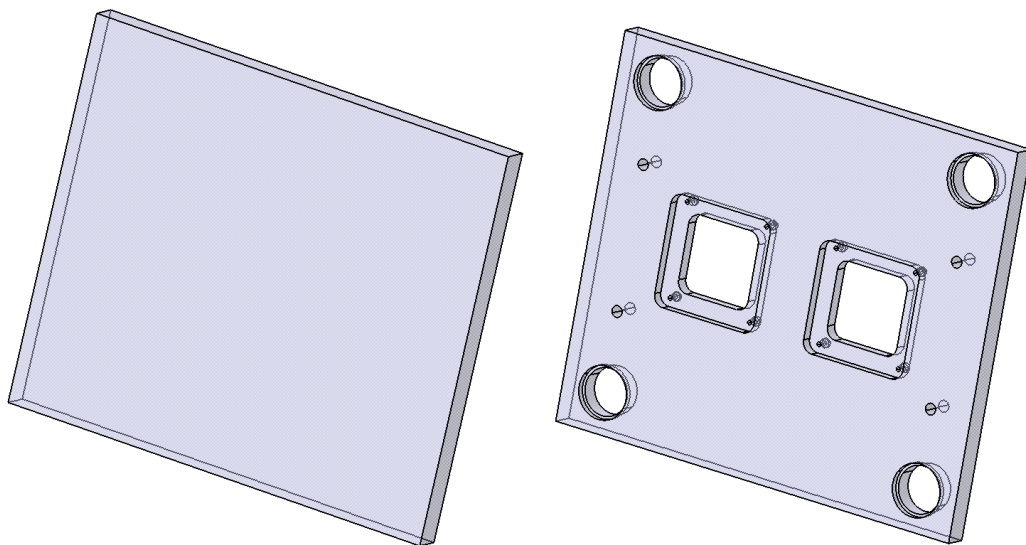
Ceny normálií odpovídají aktuálním cenám uváděných na oficiálních internetových stránkách výrobce. Ceny jsou uváděny v eurech, proto byl proveden přepoččet dle kurzu ze dne 2. 5. 2015, který byl dle ČNB $1\text{€} = 27,35\text{ Kč}$.

8.1 Stírací deska

Stírací deska HASCO P/346x396x22/1.1730 je polotovár bez jakýchkoli děr. V této desce je tedy nutné vykonat několik obráběcích operací pro vytvoření závitových děr pro líčované šrouby, které budou zajišťovat posun desky. Dále je nutné vytvořit otvory pro tvarové vložky a stírací vložky. Pro ukotvení stíracích vložek v desce se musí vyfrézovat díry se závitem pro šrouby se zápusťnou hlavou a také díry pro uložení vodicích pouzder.

Tabulka 4: Stírací deska

Polotovár	HASCO P/346x396x22
Materiál	1.1730
Cena polotovaru	(122,29 €) 3 344,63 Kč
Cena za dodatečné úpravy	5 500 Kč
Celková cena	8 845 Kč



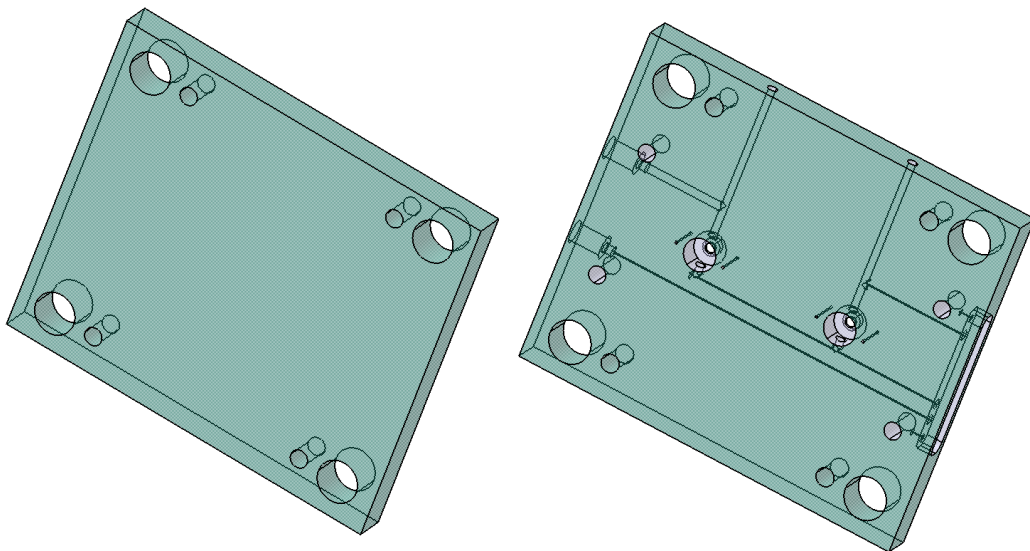
Obr. 26 Stírací deska (polotovár/konečný díl)

8.2 Opěrná deska levá

Opěrná deska levá HASCO K30/346x396x36 se dodává s otvory pro vodící čepy a s dírami pro šrouby. Dále je zde potřeba vyvrtat otvory pro kanály, kterými bude protékat temperační kapalina, otvory pro vyhazovací kolíky a otvory pro šrouby, které spojují stírací desku s deskou vyhazovací. Pro uložení temperačních dvouchodých spirál je třeba vyfrézovat otvory a vyfrézovat drážky pro uložení obtokového můstku a koncovky hadic.

Tabulka 5: Opěrná deska levá

Normálie	HASCO K30/346x396x36
Materiál	1.1730
Cena normálie	(232,30 €) 6 353,41 Kč
Cena za dodatečné úpravy	7 500 Kč
Celková cena	13 853 Kč



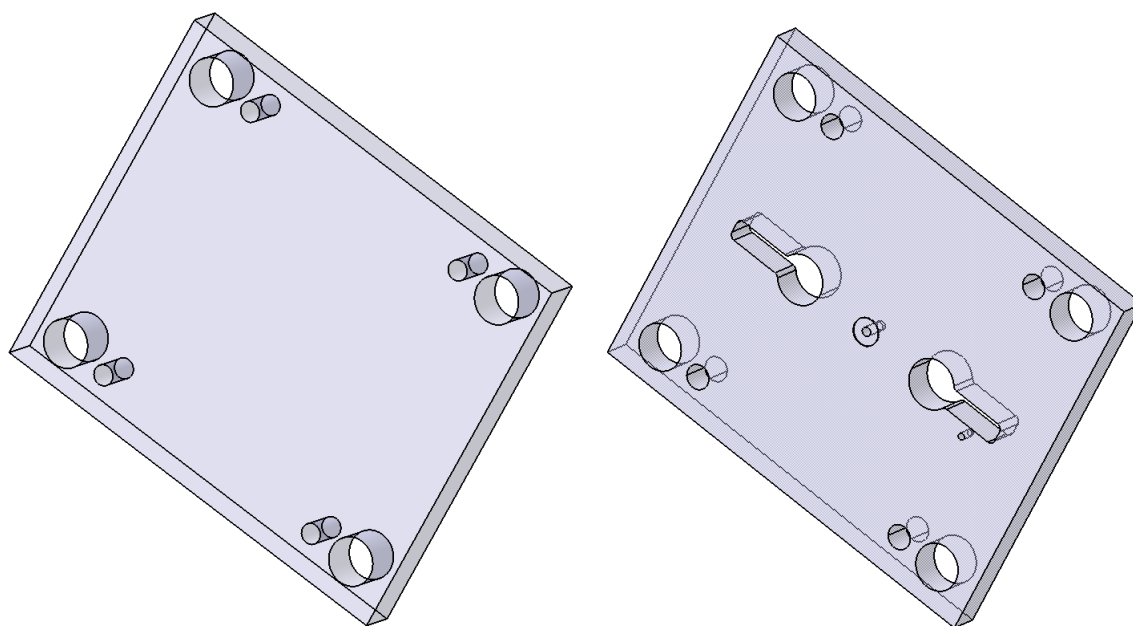
Obr. 27 Opěrná deska levá (normálie/konečný díl)

8.3 Opěrná deska pravá

Opěrná deska pravá HASCO K30/346x396x36 se dodává s otvory pro vodící čepy a pro spojovací šrouby. Nejprve je nutné zkrátit tloušťku stěny z 36 mm na požadovaných 30 mm. Dále je potřeba vyvrtat díry pro středící kolík a distanční kolík. Frézováním se vytvoří drážka pro distanční podložku a také otvory, ve kterých se nachází vyhřívané trysky s napájecími kabely.

Tabulka 6: Opěrná deska pravá

Normálie	HASCO K30/346x396x36
Materiál	1.1730
Cena normálie	(232,30 €) 6 353,41 Kč
Cena za dodatečné úpravy	3 000 Kč
Celková cena	9 353 Kč



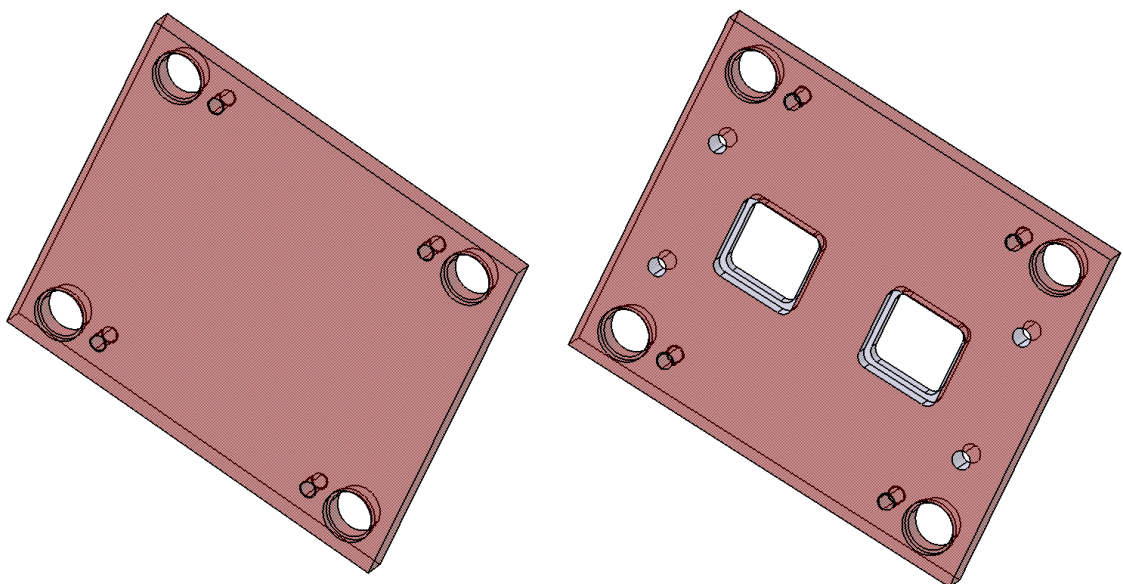
Obr. 28 Opěrná deska pravá (normálie/konečný díl)

8.4 Tvarová deska levá

Tvarová deska levá K20/346x396x22 se dodává s otvory pro uložení vodicích čepů a otvory pro spojovací šrouby. Je potřeba vyvrtat otvory pro šrouby spojující stírací desku s deskou vyhazovací. Frézováním je nutno vytvořit otvory pro uložení tvarových vložek (tvárníků).

Tabulka 7: Tvarová deska levá

Normálie	HASCO K20/346x396x22
Materiál	1.1730
Cena normálie	(179,65 €) 4 913,43 Kč
Cena za dodatečné úpravy	4 000 Kč
Celková cena	8 913 Kč



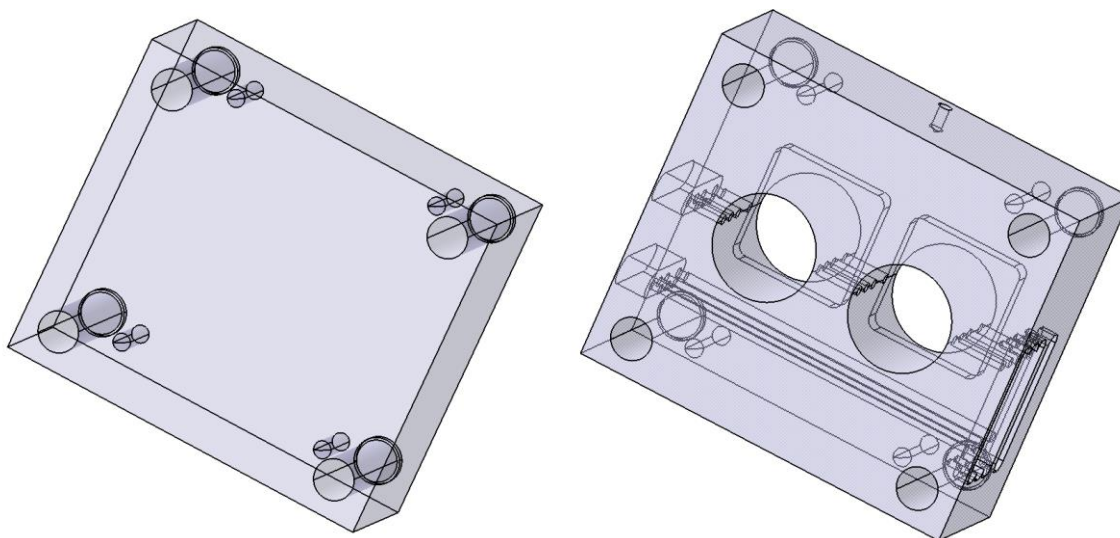
Obr. 29 Tvarová deska levá (normálie/konečný díl)

8.5 Tvarová deska pravá

Tvarová deska pravá K20/346x396x156 se dodává s dírami pro vodící pouzdra a s dírami se závity pro spojovací šrouby. Nejprve se zkrátí tloušťka desky ze 156 mm na požadovaných 154,4 mm. Vrtáním se vytvoří kanály o průměru 10 mm pro proudění temperační kapaliny. Dále se frézováním vytvoří díry se závitem pro zašroubování distančního šroubu, pro šrouby spojující obtokové vložky s deskou a závity pro přípojky. Frézováním se také vytvoří drážky pro obtokové vložky, koncovky hadic a otvory pro ukotvení tvarových vložek (tvárnic).

Tabulka 8: Tvarová deska pravá

Normálie	HASCO K20/346x396x156
Materiál	1.1730
Cena normálie	(649,41 €) 17 761,36 Kč
Cena za dodatečné úpravy	28 000 Kč
Celková cena	45 761 Kč



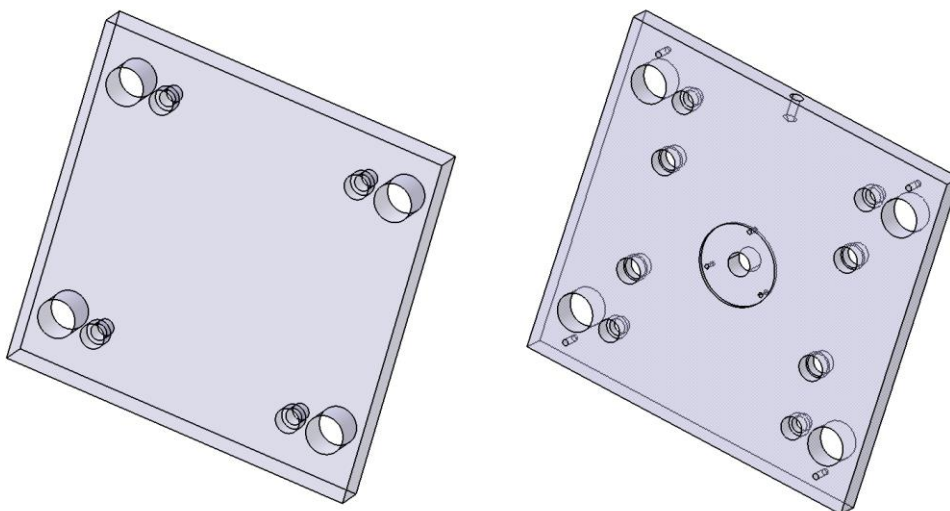
Obr. 30 Tvarová deska pravá (normálie/konečný díl)

8.6 Upínací deska levá

Upínací deska levá K11/346x396x27 se dodává s dírami pro středící trubky a pro uložení spojovacích šroubů. Je nutno vyvrtat otvory pro vodící čepy vyhazovacího systému a díru pro vyhazovací tyč. Dále je nutno vytvořit frézováním závity pro šrouby, které budou spojovat desku upínací s izolační, závity pro přišroubování středící příruby a závit pro transportní můstek. Frézováním se také vytvoří díry pro hlavy čepů a zapuštění příruby.

Tabulka 9: Upínací deska levá

Normálie	HASCO K11/346x396x27
Materiál	1.1730
Cena normálie	(214,77 €) 5 874 Kč
Cena za dodatečné úpravy	5 000 Kč
Celková cena	10 874 Kč



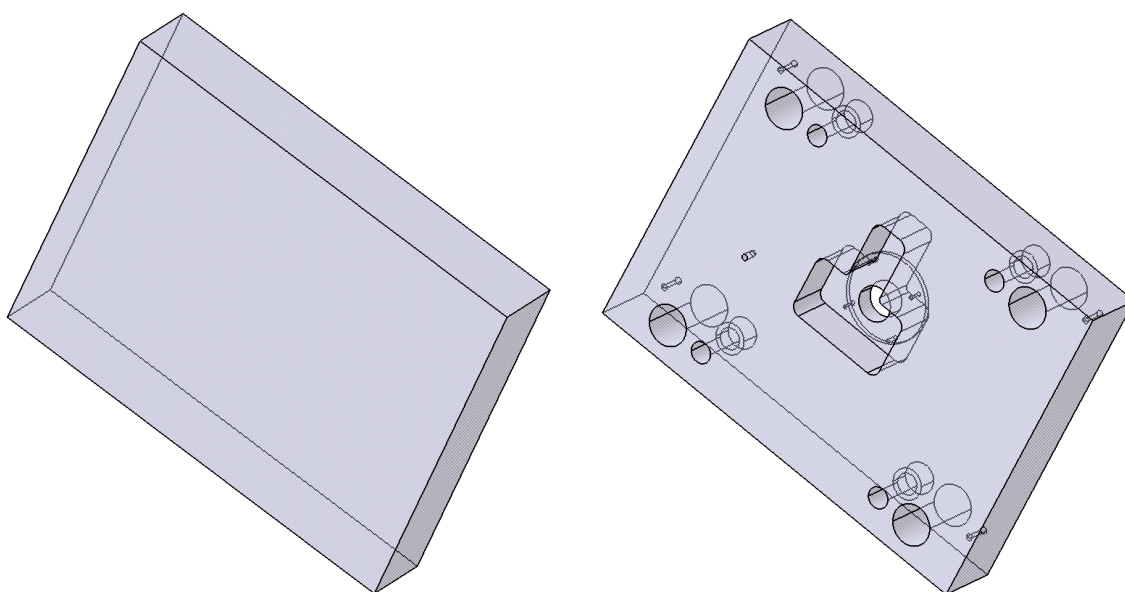
Obr. 31 Upínací deska levá (normálie/konečný díl)

8.7 Upínací deska pravá

Upínací deska pravá P/396x396x76 se dodává bez jakýchkoliv otvorů. Tloušťka stěny je potřeba zkrátit z původních 76 mm na požadovaných 72,1 mm. Vrtáním se vytvoří díry pro středící trubky, díry pro spojovací šrouby, díra pro centrální vtokovou vložku a díra pro středící kolík. Dále je potřeba vyfrézovat závity pro šrouby spojující izolační desku s deskou upínací pravou a závity pro přišroubování středícího kroužku. Frézováním se také vytvoří dutina pro centrální vtokovou vložku a topnou manžetu a na opačné straně se vytvoří otvor pro zapuštění středícího kroužku. Pro tuto desku nelze využít normalizované desky z důvodu velké tloušťky na požadovanou desku.

Tabulka 10: Upínací deska pravá

Polotovar	HASCO P/396x396x76
Materiál	1.1730
Cena polotovaru	(300,13 €) 8 208,56 Kč
Cena za dodatečné úpravy	15 500 Kč
Celková cena	23 709 Kč



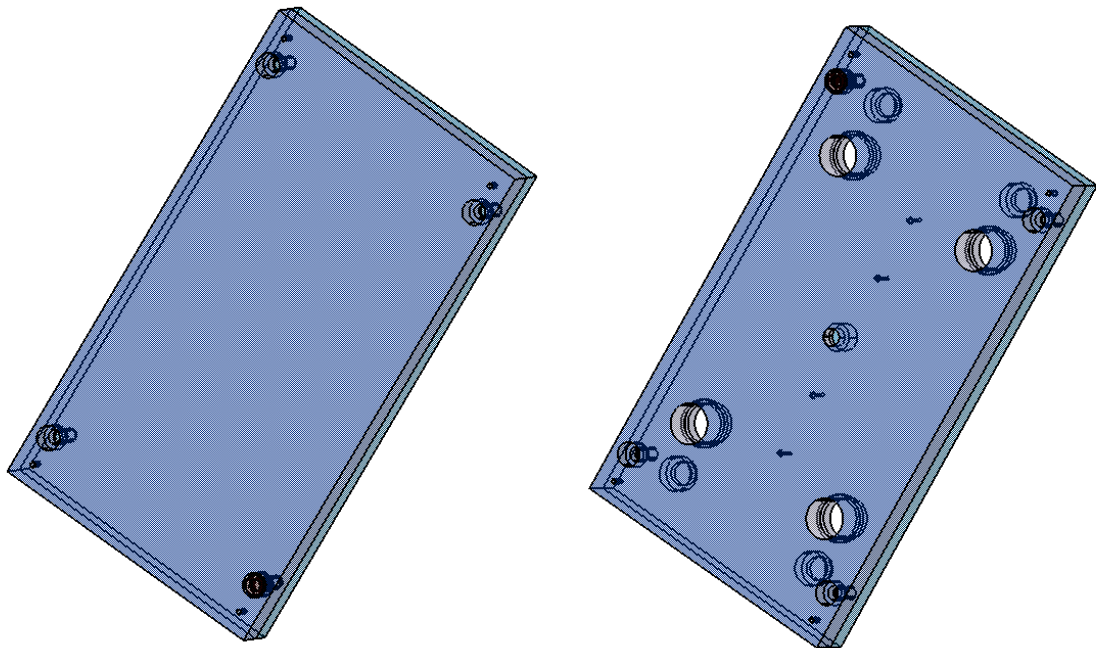
Obr. 32 Upínací deska pravá (polotovar/konečný díl)

8.8 Vyhazovací desky

Sestava vyhazovacích desek K60/70/346x396 se dodává se závity pro přišroubování distančních podložek a otvory pro šrouby, které desky spojují. Ve vyhazovací desce kotevní K60 je potřeba vyvrtat otvory pro vodící pouzdro a otvory pro vyhazovací kolíky. Frézováním vytvořit otvory pro hlavy šroubů, které jsou spojeny se stírací deskou. Na desce vyhazovací opěrné K70 je třeba vyfrézovat závit pro vyhazovací tyč a otvory pro zapuštění vodícího pouzdra.

Tabulka 11: Vyhazovací desky

Normálie	HASCO K60/70/346x396
Materiál	1.1730
Cena normálie	(242 €) 6 618,70 Kč
Cena za dodatečné úpravy	5 500 Kč
Celková cena	12 119 Kč



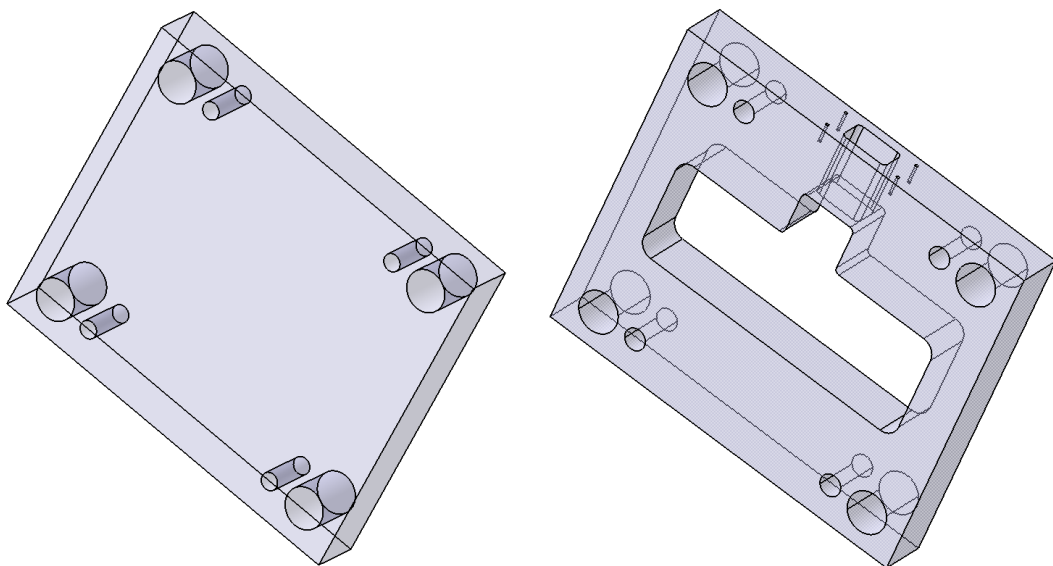
Obr. 33 Vyhazovací desky (normálie/konečný díl)

8.9 Rozpěrná deska pravá

Rozpěrná deska pravá K30/346x396x56 se dodává s dírami pro středící trubky a spojovací šrouby. Tloušťku desky 56 mm je nutno zkrátit na požadovanou míru 55 mm. Frézováním se vytvoří dutina pro uložený vyhřívaný vtokový systém a otvor pro napájecí kabely do zásuvky. Pro ukotvení zásuvky se vytvoří závity.

Tabulka 12: Rozpěrná deska pravá

Normálie	HASCO K30/346x396x56
Materiál	1.1730
Cena normálie	(316,48 €) 8 655,73 Kč
Cena za dodatečné úpravy	17 000 Kč
Celková cena	25 656 Kč



Obr. 34 Rozpěrná deska pravá (normálie/konečný díl)

8.10 Tvarové vložky

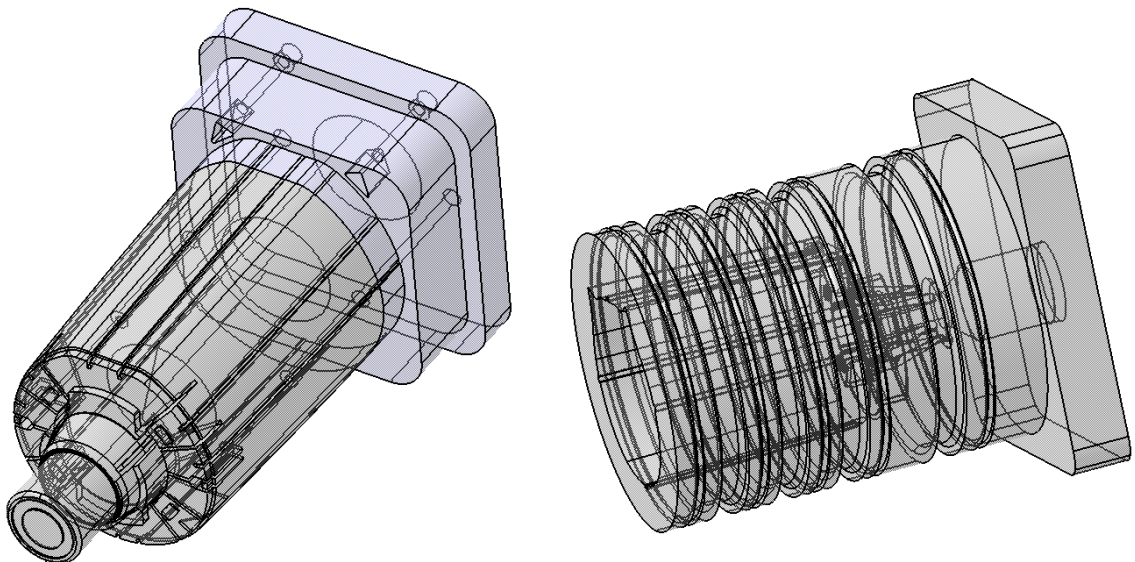
Tvarové vložky se budou vyrábět z polotovaru 130x130x170 mm. Jejich výroba bude frézováním na 5 osých frézkách a elektroerozivním obráběním. U tvárníků pak bude vnitřní otvor pro temperační spirálu vrtán.

Tabulka 13: Tvárník

Polotovar	80x80x160 mm
Materiál	1.2085
Cena polotovaru	1 433 Kč
Cena za dodatečné úpravy	57 000 Kč
Celková cena	58 433 Kč

Tabulka 14: Tvárnice

Polotovar	130x130x170 mm
Materiál	1.2085
Cena polotovaru	4 267 Kč
Cena za dodatečné úpravy	65 000 Kč
Celková cena	69 267 Kč



Obr. 35 Tvárník a Tvárnice

8.11 Tvarové jádro a stírací vložka

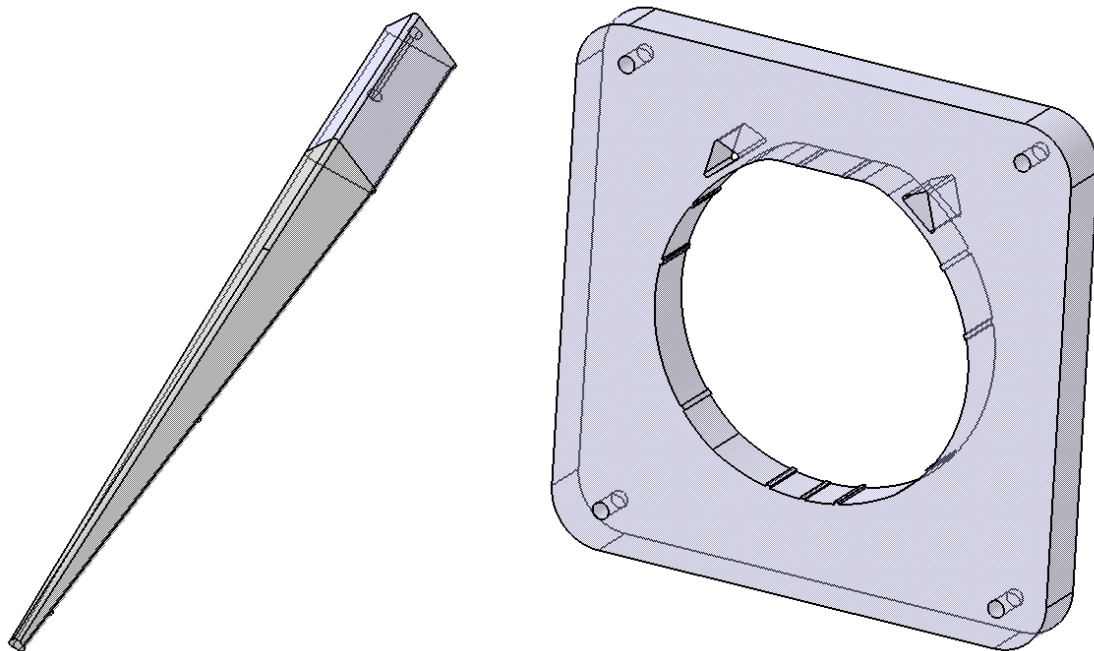
Tvarová jádra a stírací vložky se vyrábí frézováním a elektroerozivním obráběním. Nejprve frézováním a dokončovací práce elektroerozivně.

Tabulka 15: Tvarové jádro

Polotovar	20x20x100 mm
Materiál	1.2085
Cena polotovaru	60 Kč
Cena za dodatečné úpravy	7 000 Kč
Celková cena	7 060 Kč

Tabulka 16: Stírací vložka

Polotovar	80x80x15 mm
Materiál	1.2085
Cena polotovaru	140 Kč
Cena za dodatečné úpravy	10 500 Kč
Celková cena	10 640 Kč



Obr. 36 Tvarové jádro a stírací vložka

8.12 Cenová kalkulace

Tabulka 17: Cenová kalkulace hlavních funkčních dílů

Název	Označení	Počet [ks]	Cena [Kč]
Stírací deska	P/346x396x22	1	8 845
Tvarová deska levá	K20/346x396x22	1	8 913
Tvarová deska pravá	K20/346x396x156	1	45 761
Opěrná deska levá	K30/346x396x36	1	13 853
Opěrná deska pravá	K30/346x396x36	1	9 392
Upínací deska levá	K11/346x396x27	1	10 874
Upínací deska pravá	P/346x446x76	1	23 709
Vyhazovací desky	K60/70/346x396	1	12 119
Rozpěrná deska pravá	K30/346x396x56	1	25 656
Tvárnice	130x130x170	2	138 534
Tvárník	80x80x160	2	116 866
Tvarová jádra	20x20x100 mm	4	28 240
Stírací vložky	80x80x15 mm	2	21 280
Cena celkem [Kč]			464 003

Tabulka 18: Cenová kalkulace upravených normalizovaných dílů

Název	Označení	Cena normálie [Kč]	Cena úpravy [Kč]	Počet [ks]	Cena [Kč]
Izolační deska levá	Z121/346x446/8,5/90	5537	550	1	6 087
Izolační deska pravá	Z121/346x446/8,5/90	5537	550	1	6 087
Vyhazovací kolík	Z40/2x250	151	150	4	1 204
Temperační spirála	Z961/32x125	562	1 200	2	3 524
Vodící pouzdro pravé	Z10/156x32	1 428	350	4	7 112
Držák tvarových jader	Z40/3x63	65	350	1	415
Středící kroužek	K100/125x16,5	897	550	1	1 447
Vyhazovací tyč	Z02/24x160	477	350	1	827
Cena celkem [Kč]					26 703

Tabulka 19: Normalizované díly levé strany formy bez úprav

Název	Označení	Cena normálie [Kč]	Počet [ks]	Cena [Kč]
Šroub M16	Z31/16x140	142	4	568
Přípojka	Z87/13/11x1	24	2	48
Šroub M12	M12x25	12	4	48
Obtokový můstek	Z9645/10x84x90	1 495	5	7 475
Šroub M8	Z32/8x12	11	2	22
Šroub M6	Z32/6x20	4	3	12
Šroub M4	Z32/4x12	7	4	28
Šroub M10	Z32/10x25	9	8	72
Šroub M8	Z33/8x25	6	4	24
Šroub M16	Z38/16x100	228	4	912
Středicí trubka	Z20/42x120	371	4	1 482
Transportní můstek	Z70/3	9 358	1	9 358
Uzavírací šroub	Z94/10x1	8	2	16
Uzavírací zátka	Z942/10	51	3	151
Vodící čep střed.	Z00/22/30x130	733	4	2 932
Vodící čep vyhaz.	Z011/24x100	317	4	1 268
Vodící pouzdro vyhaz.	Z1000W/27x24	1 015	4	4 060
Vodící pouzdro střed.	Z11/32/30	217	4	868
Desky rozpěrné	K40/346x396x76	3 243	1	3 243
Distanční šroub	Z701/16/27x50	388	1	388
Pojistný kroužek	Z67/42x1,75	11	4	44
Středicí příruba	K501/125x16,5	742	1	742
Cena celkem [Kč]				33 763

Tabulka 20: Normalizované díly pravé strany formy bez úprav

Název	Označení	Cena normálie [Kč]	Počet [ks]	Cena [Kč]
Vtokový systém	H106 + 2x Z101	72 484	1	72 484
Topná manžeta	Z1134/30/40/200	2 502	1	2 502
Napájecí kabel	Z1295/1	1 051	7	7 357
Přípojka	Z87/13/11x1	24	8	192
Šroub M16	Z31/16x180	215	4	860
O-kroužek	Z98/100/3	154	10	1 540
Obtokový můstek	Z9645/10x84x90	1 495	4	5 980
Šroub M8	Z32/8x12	11	8	88
Šroub M6	Z32/6x20	4	3	12
Šroub M8	Z33/8x25	6	4	24
Středicí trubka	Z20/42x140	427	4	1 708
Šroub M3	Z31/3x16	9	4	38
Distanční šroub	Z701/16/27x50	388	1	388
Zásuvka	Z1227/16/8	1 805	1	1 805
Cena celkem [Kč]				94 977

8.13 Diskuze výsledků

Po sečtení všech hodnot dostaneme hodnotu 608 257 Kč na pořízení vstřikovací formy. Uvažovaná produkce výrobků, které se budou vyrábět na této formě, je 50 000 výrobků měsíčně.

Jako další nákladovou položku musíme brát materiál, tím je PA6-GF30. Hrubým odhadem bude spotřeba materiálu na jeden měsíc cca 3 tuny, což se při orientační ceně 70 Kč/kg rovná částce 210 000 Kč. Dále je potřeba zahrnout náklady za provoz, údržbu a amortizaci. Vzhledem k tomu, že je stroj vybaven robotickou rukou pro vyjmutí výstřiků z formy, není třeba zahrnovat do kalkulace mzdu dělníka.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo v její teoretické části popsat princip technologie vstřikování a návrh vstřikovací formy.

Podstata této práce však spočívala v návrhu vstřikovací formy pro zvolený plastový díl, kterým je kryt vrtačky z materiálu PA6-GF30. Konstrukce formy se odvíjela od tvaru plastového dílu, který je tenkostěnný a tvarově rozmanitý. Forma byla sestavena z normálií firmy HASCO, aby se docílilo snížení pořizovací ceny. Pro případ snížení nákladů za spotřebu materiálu je použit horký vtokový systém. Teplota formy je zajišťována vrtanými kanály na straně pravé a na straně levé kombinací vrtaných kanálů a dvouchodých temperačních spirálových vložek. Vyhození výstřiků z formy je prováděno hlavně stírací deskou a kolíky, které mají spíše funkci jader. Zdvih vyhazování je konstruován na krátkou vzdálenost, protože je ke stroji uvažováno automatické vyformování výstřiků pomocí robotické ruky.

Pro formu byl zvolen typ vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUNDER 470 H, který je k dispozici na UTB ve Zlíně.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZEMAN, L. Vstřikování plastů. 1. vyd. Praha: BEN, 2009. 247s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: 1. díl - Vstřikování termoplastů. 1. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 134s
- [3] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: 2. díl - Vstřikování termoplastů. 1. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 214s
- [4] STANĚK, M. přednášky T5KF
- [5] LENFELD, P. Technologie II - Vstřikování plastů. Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupné z www:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [6] LENFELD, P. Technologie II - Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. Technická universita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupné z www:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [7] Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupné z www:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf
- [8] HEDRYCH, J. Zpracování polymerů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1986. 272 s.
- [9] HASCO. Dostupné z www:
<http://www.hasco.com>
- [10] KAZMER, D. Injection mold design engineering. Munich, 2007. 423s
- [11] <http://www.chinamoldmaker.org/china-injection-molding-manufacturer.html>
- [12] BEAUMONT, J. P., NAGEL, R. L., SHERMAN, R. Successful injection molding: process, design, and simulation. Munich, 2002. 362s
- [13] UNGER, P. Hot runner technology. Cincinnati, OH, 2006. 241s
- [14] BASF. Dostupné z www: <http://www.basf.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T _g	Teplota skelného přechodu [°C]
T _f	Teplota viskozního toku [°C]
T _m	Teplota tání [°C]
Cr	Chrom
Cd	Kadmium
Al	Hliník
Cu	Měď
Be	Berilium
MPa	Jednotka tlaku
Kg/m ³	Jednotka hustoty
€	Euro, evropská měna
Kč	Koruna česká, měna
°C	Jednotka teploty
PA	Polyamid

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vstřikovací cyklus [8]	12
Obr. 2 Rozdělení polymerních materiálů.....	13
Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje [5]	15
Obr. 4 Schéma vstřikovací jednotky [5]	16
Obr. 5 Schéma uzavírací jednotky [5]	17
Obr. 6 Vstřikovací forma [11]	19
Obr. 7 Technické údaje pro konstrukci a výrobu forem.....	20
Obr. 8 Vtokový systém [7]	25
Obr. 9 Volby vtokových systémů [2].....	26
Obr. 10 Volby průřezů vtokových kanálů [2].....	26
Obr. 11 Větvení vtoků [2].....	27
Obr. 12 Vyhřívaná tryska [2].....	29
Obr. 13 Tepelně izolovaný ocelový rozváděcí blok [9].....	30
Obr. 14 Vstřikovaný díl	40
Obr. 15 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H.....	41
Obr. 16 Vstřikovací forma	42
Obr. 17 Tvarové vložky	43
Obr. 18 Vtokový systém	44
Obr. 19 Vyhazovací systém - přední pohled.....	45
Obr. 20 Vyhazovací systém - zadní pohled	46
Obr. 21 Temperace levé strany	47
Obr. 22 Temperace levé strany - řez.....	47
Obr. 23 Temperace pravé strany	48
Obr. 24 Temperace pravé strany - řez.....	48
Obr. 25 Vodicí a středící části	49
Obr. 26 Stírací deska (polotovár/konečný díl).....	51
Obr. 27 Opěrná deska levá (normálie/konečný díl).....	52
Obr. 28 Opěrná deska pravá (normálie/konečný díl).....	53
Obr. 29 Tvarová deska levá (normálie/konečný díl)	54
Obr. 30 Tvarová deska pravá (normálie/konečný díl)	55
Obr. 31 Upínací deska levá (normálie/konečný díl).....	56
Obr. 32 Upínací deska pravá (polotovár/konečný díl).....	57

Obr. 33 Vyhazovací desky (normálie/konečný díl)	58
Obr. 34 Rozpěrná deska pravá (normálie/konečný díl)	59
Obr. 35 Tvárník a Tvárnice.....	60
Obr. 36 Tvarové jádro a stírací vložka	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vlastnosti materiálu PA6-GF30	40
Tabulka 2: Parametry uzavírací jednotky	41
Tabulka 3: Parametry vstřikovací jednotky	41
Tabulka 4: Stírací deska.....	51
Tabulka 5: Opěrná deska levá.....	52
Tabulka 6: Opěrná deska pravá	53
Tabulka 7: Tvarová deska levá	54
Tabulka 8: Tvarová deska pravá	55
Tabulka 9: Upínací deska levá.....	56
Tabulka 10: Upínací deska pravá.....	57
Tabulka 11: Vyhazovací desky	58
Tabulka 12: Rozpěrná deska pravá	59
Tabulka 13: Tvárník.....	60
Tabulka 14: Tvárnice	60
Tabulka 15: Tvarové jádro.....	61
Tabulka 16: Stírací vložka	61
Tabulka 17: Cenová kalkulace hlavních funkčních dílů.....	62
Tabulka 18: Cenová kalkulace upravených normalizovaných dílu	62
Tabulka 19: Normalizované díly levé strany formy bez úprav	63
Tabulka 20: Normalizované díly pravé strany formy bez úprav	64

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Materiálový list Ultramid B3EG6 PA6 – GF30
- P II Výkres sestavy
- P III Kusovník
- P IV Bakalářská práce ve formátu PDF
- P V 3D model formy v programu CATIA V5R19