

Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

David Vaculík

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu, kterým je část předního světlometu do osobního automobilu. V teoretické části je popsána problematika vstřikování plastů. V praktické části je popsána konstrukce vstřikovací formy.

Pomocí programu Autodesk Inventor byla provedena konstrukce 3D sestavy vstřikovací formy a navržen 2D výkres sestavy. Byly použity normy HASCO.

Klíčová slova: Konstrukce, vstřikovací forma, plastový díl.

ABSTRACT

This bachelor thesis covers the design of injection mould for plastic part, which is the part of car headlight. The theoretical part describes the injection of plastic parts. The design of injection mould is described in the practical part.

With the help of Autodesk Inventor the 3D assembly of injection mould and 2D production assembly plot have been designed.

Keywords: Design, Injection Mould, Plastic Part.

Poděkování patří mému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Tomáši Drgovi, za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a soustavnou pozornost, kterou mi věnoval při vypracovávání bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 23. 05. 2006

.....

jméno

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 VSTŘIKOVÁNÍ	9
1.1 VTŘIKOVACÍ CYKLUS	9
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	11
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	12
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA	13
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	14
3.1 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	15
3.2 NÁSOBNOST FORMY	16
3.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY	16
3.3.1 Plný kuželový vtok	18
3.3.2 Bodový vtok	18
3.3.3 Tunelový vtok	19
3.3.4 Boční vtok	20
3.3.5 Filmový vtok	21
3.3.6 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)	22
3.4 RÁM FORMY	23
3.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY	24
3.5.1 Vyhazovací kolíky	24
3.5.2 Vyhazování stírací deskou a trubkové vyhazovače	25
3.5.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů	25
3.5.4 Dvoustupňové vyhazování	25

3.5.5	Vzduchové vyhazování.....	25
3.6	MATERIÁLY FORMY	26
3.7	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	27
3.8	TEMPERACE FORMY	28
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	29
4	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	30
5	VSTŘIKOVACÍ FORMA	32
5.1	NÁSOBNOST FORMY	32
5.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU.....	33
5.3	TEMPERACE.....	34
5.4	VTOKOVÝ SYSTÉM	35
5.5	KONSTRUKCE FORMY	35
5.5.1	Pravá část vstřikovací formy.....	36
5.5.2	Levá část vstřikovací formy	37
5.5.3	Vyhazovací systém	38
5.6	SESTAVA FORMY	39
5.7	ŘEZ FORMOU	41
	ZÁVĚR.....	42
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	44
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	45
	SEZNAM PŘÍLOH.....	46

ÚVOD

Moderní doba si žádá efektivitu v nejrůznějších oblastech výroby. Jinak tomu není ani u využívání výrobků z plastů. Jedná se o materiál, který svými vlastnostmi předčí mnohé jiné materiály. Využívání plastů se rozšiřuje stále do více a více oblastí. Nároky na plastové výrobky trvale rostou. Člověk si na jejich přítomnost navyknul natolik, že si pomalu nedokáže představit život bez plastů.

Plasty lze zpracovávat a vyrábět několika způsoby. Jedna z nejpoužívanějších metod jejich zpracování je technologie vstřikováním. Finální výrobek se zpravidla nemusí dodatečně opracovávat, výrobu lze zautomatizovat a tím dosáhnout větší produktivnosti. Důraz je především kladen na konstrukci a provedení formy. Vyžaduje se minimální délka pracovního cyklu, automatizace procesu (oddělení vtokového zbytku od výstřiku, vyhození výstřiku a vtokového zbytku).

Technologie zpracování plastů vstřikováním je již mnoho desítek let známá a technologické postupy a konstrukce strojů i forem jsou na vysoké úrovni. Například, první vstřikovací stroj se jmenoval Krauss-Maffei. Byl vyvinut nejstarším výrobcem těchto strojů na světě z německého Mnichova. Sériově se vyráběl od roku 1926 - tehdy ještě pod značkou Eckert a Ziegler.

Pro urychlení, zkvalitnění a zjednodušení konstrukce forem se používají nejrůznější softwarová zařízení. Ty umožňují nejen kreslení formy. Konstrukce vstřikovací formy se řeší pro každý výrobek jednotlivě. Konstruktor má k dispozici jednotlivé normalizované části formy. Části formy volí především podle druhu vstřikovaného materiálu a složitosti výrobku. Samozřejmě záleží na více aspektech jako je například velikost výrobní série.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastů. 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 je ochlazen ve tvaru vyráběné součásti.

Je nesporné, že kvalita použitého plastu bude vždy důležitá a volba správného typu bude mít podstatný vliv na konečnou aplikaci. Je třeba si také uvědomit, že správná volba plastu může být degradována nesprávným technologickým postupem, který je nutné dokonale znát a během výroby ho respektovat.

Plasty pro vstřikování se dodávají granulované v pytlích, nebo jinak chráněné proti navlhnutí. Před zpracováním plastů se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, určeným na konkrétní výrobek. Obvykle to bývá sušení granulátu, mísení s přísadami rozdrčeného odpadu, barvení granulátu, míchání s nadouvadlem a podobně. Většina termoplastických materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu. To i při běžných zpracovatelských teplotách může vyvolat degradaci polymeru a tím i snížení kvality některých parametrů a také zhoršení kvality povrchu. U vstřikovacích strojů s nevytápěnou násypkou je nutné vysušený granulát do 30 minut zpracovat.

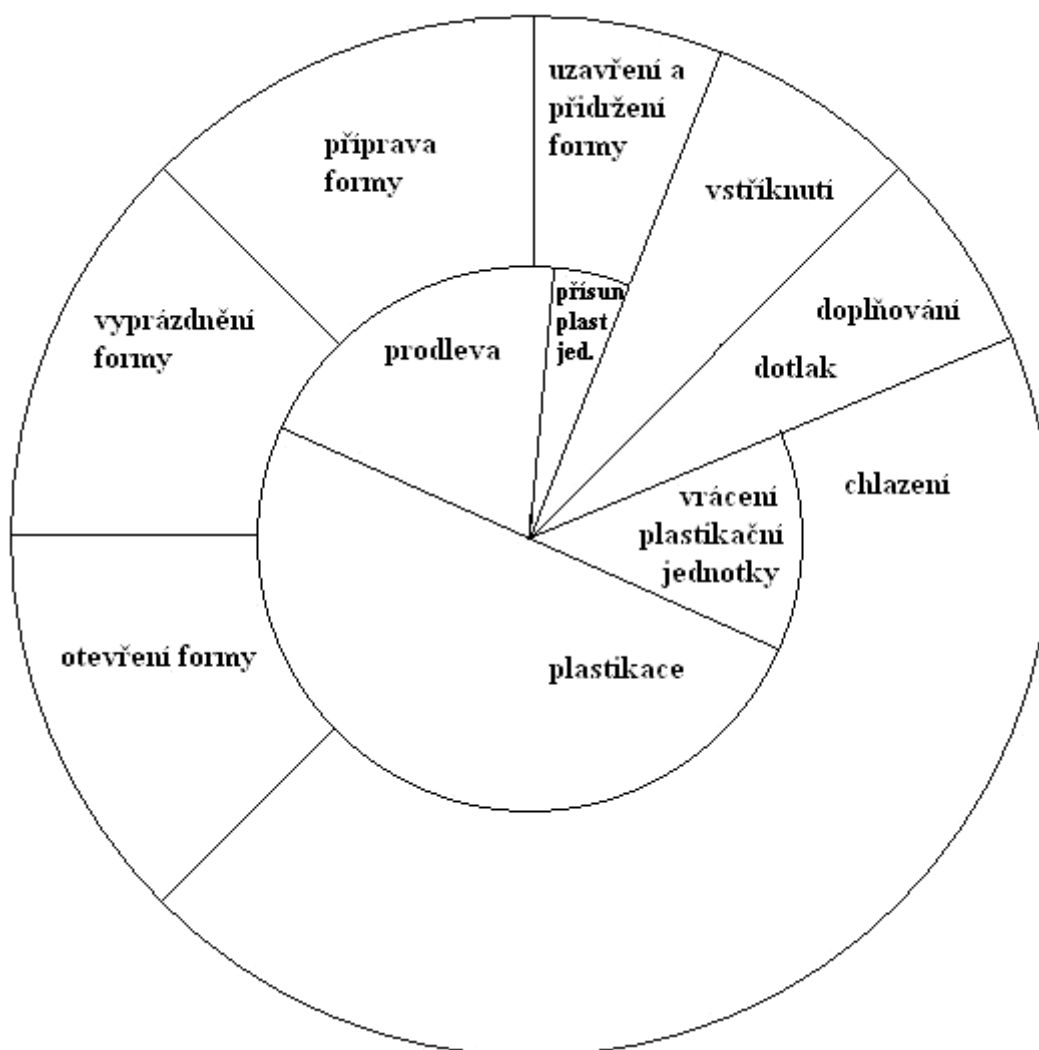
Vadné výstřiky, odpady a vtoky vzniklé při konstruování se mohou několikrát zpracovávat. Tato vlastnost se velmi často využívá, protože podíl odpadu, hlavně při výrobě malých výstřiků, je značný. Při 15 - 30% množství odpadu v granulátu se mohou vyrábět výstřiky bez podstatného vlivu na jeho vlastnosti. S rostoucím množstvím odpadu plastu jeho vlastnosti dále klesají. V některých případech (u nenáročných výstřiků) se vyrábí dílce i ze 100% odpadu.

1.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Připravený granulovaný plast se ve vstřikovacím stroji roztaví, zhomogenizuje a vstříkne do dutiny formy. Před vstupem taveniny do formy se tato musí připravit.

Pomocí technologie vstřikování se může zvýšit produkce. To se projeví optimální délkou pracovního cyklu. Jeho délka je výsledkem všech časových průběhů technologických

parametrů stroje i chladicího účinku formy. Také konstrukce součástí může délku pracovního cyklu ovlivnit především tloušťkou svých stěn.



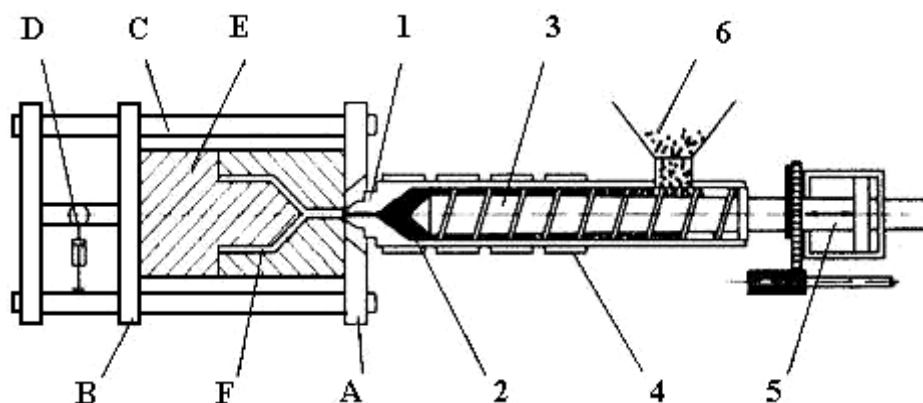
Obr. 1. Vstřikovací cyklus.

Po uzavření formy ve stroji je plastifikovaná hmota 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 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. Časy jednotlivých faktorů jsou ovlivněny nastavením stroje obsluhou. [2]

2 VTŘIKOVACÍ STROJ

Princip vstřikovacího stroje spočívá v roztavení a následném vstříknutí taveniny do uzavřené formy. Po ztuhnutí taveniny se forma otevře, vyjme se výstřik a stroj je připraven k další operaci. Konstrukce vstřikovacího stroje je charakterizována podle vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky, ovládání a řízení stroje.



Obr. 2. Schéma vstřikovacího stroje.

Části uzavírací jednotky:

- A – upínací deska pevná,
- B – upínací deska pohyblivá,
- C – vodící sloupy,
- D – uzavírací hydraulický válec,
- E – forma,
- F – dutina formy.

Části vstřikovací jednotky:

- 1 – vstřikovací tryska,
- 2 – pracovní válec,
- 3 – šnek,
- 4 – topení,
- 5 – vstřikovací píst,
- 6 – násypka

Záleží na:

- hmotnosti a rozměrech výrobků,
- přesnosti a kvalitě výstřiku,
- velikosti formy.

Vstřikovací stroj by měl:

- být tuhý a pevný při vstřiku,
- mít dostatečnou vstřikovací kapacitu,
- mít konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- mít vhodnou koncepci stroje. [6]

2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka musí zajistit dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny a dostatečně vysoký vstřikovací tlak. Vstřikovací jednotky se obvykle dělí podle způsobu plastikace na vstřikovací jednotku bez předplastikace a s předplastikací.

Ve vstřikovací jednotce bez předplastikace probíhá plastikace v tavící komoře (pístová plastikace) nebo v pracovním válci (šneková plastikace). Výhodou vstřikovacích jednotek s pístovou plastikací je jednoduchá konstrukce a snadné docílení poměrně vysokých vstřikovacích tlaků. Nevýhodou je horší homogenizace taveniny. Šneková plastikace dává větší výkony než pístová. Také rovnoměrnost prohřevu a homogenizace taveniny je lepší.

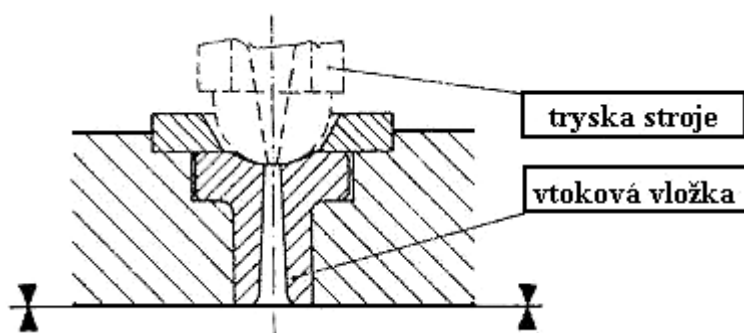
U vstřikovací jednotky s předplastikací může plastikace probíhat v plastikační komoře (pístová plastikace) nebo v pracovním válci (šneková plastikace). Vstřikování je v obou případech zajištěno vstřikovacím pístem.

U pístové předplastikace se tavenina připravuje v tavící komoře. Šneková předplastikace, i když složitější, se vyskytuje častěji. Toto uspořádání umožňuje spojit výhody šnekové plastikace s výhodami vstřikování pístem. Dosahuje se tím rychlé a dokonalé plastikace materiálu a vysokých vstřikovacích tlaků i rychlostí.

Nevýhodou tohoto uspořádání je složitost a vyšší nároky na seřizování a údržbu. Uplatnění nacházejí zejména při vstřikování objemových výrobků.

Vstřikovací tryska zajišťuje dočasné spojení vstřikovací jednotky s formou. Toto spojení musí být dokonale těsné. Konstrukční provedení vstřikovacích trysek závisí na druhu zpracovávaného materiálu.

Volně průtočné trysky jsou vhodné pro krátké vstřikovací cykly a materiály s vyšší viskozitou taveniny. Uzavíratelné trysky se používají při vstřikování nízkoviskozních tavenin, zejména při vertikálním uspořádání vstřikovací jednotky.



Obr. 3. Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku formy.

2.2 Uzavírací jednotka

Vstřikovací stroje mají nosnou konstrukci obvykle sloupovou. Uzavírací jednotka je složena z pevné opěrné desky, upínací desky, vodících sloupků a uzavíracího mechanismu. Menší stroje mívají konstrukci dvousloupovou, větší čtyřsloupovou. Nosné sloupy spojují jednotlivé části stroje a zároveň slouží k vedení jeho pohyblivých částí.

Otevření a bezpečné uzavření formy zajišťuje uzavírací ústrojí. Potřebná uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, resp. na velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstřikovacího tlaku. Uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu má rozhodující vliv na těsnost formy. Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulicko-mechanickou a elektromechanickou. [1]

3 VTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je nástroj, který je naplňován v průběhu vstřikování roztaveným plastem. Upíná se na vstřikovací stroj, který dopraví taveninu do jeho dutiny. Forma je složena z jednotlivých částí, z nichž každá plní požadovanou funkci. [3]

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 výrobku a produktivitu práce. Zpravidla se požaduje, aby výstřik nevyžadoval náročné dokončovací práce.

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.

Některé formy mají osu vtoku kolmou k dělicí rovině. Mohou však být i formy, jejichž osa vtoku leží v dělicí rovině. [4]

Forma na plasty dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Její dobrá kvalita plní požadavky:

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí.
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. Také vysokým využitím plastu.
- společensko-estetické, které umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy.

3.1 Konstrukce vstřikovací formy

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplívají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí. U formy se vyžaduje:

- vysoká přesnost a jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí i celků, pro zachycení potřebných tlaků,
- správnost funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování apod.,
- optimální životnost zaručenou konstrukcí, materiálem i výrobou.

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími 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 rotace, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny. Nezanedbat ani úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny.
- určení, případně 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 i odvzdušnění dutiny formy,
- návržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy,
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj,

- vhodné uspořádání střední a upínací formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce.

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 dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout.

3.2 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Výroba rozměrově přesných součástí vedle nepřesností jednotlivých tvarových dutin, zavádí také do produkce další, nikoliv zanedbatelný faktor chyb. Nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod. způsobují další rozměrové nepřesnosti. [2]

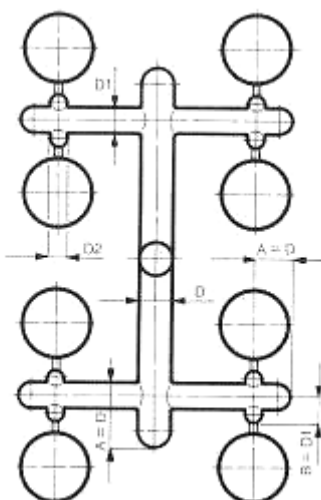
3.3 Vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

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

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit, aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnoběžné plnění,
- 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,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny,
- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min. $R = 1\text{ mm}$,
- stanovit úkosovitost všech vtoků pro jejich snadné doformování,
- leštit povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání,
- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku,
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem, ale někdy právě naopak pod úhlem větším než 90° ,
- průřezy vtokových systémů pro krystalické polymery jsou zpravidla větší, než pro amorfni.



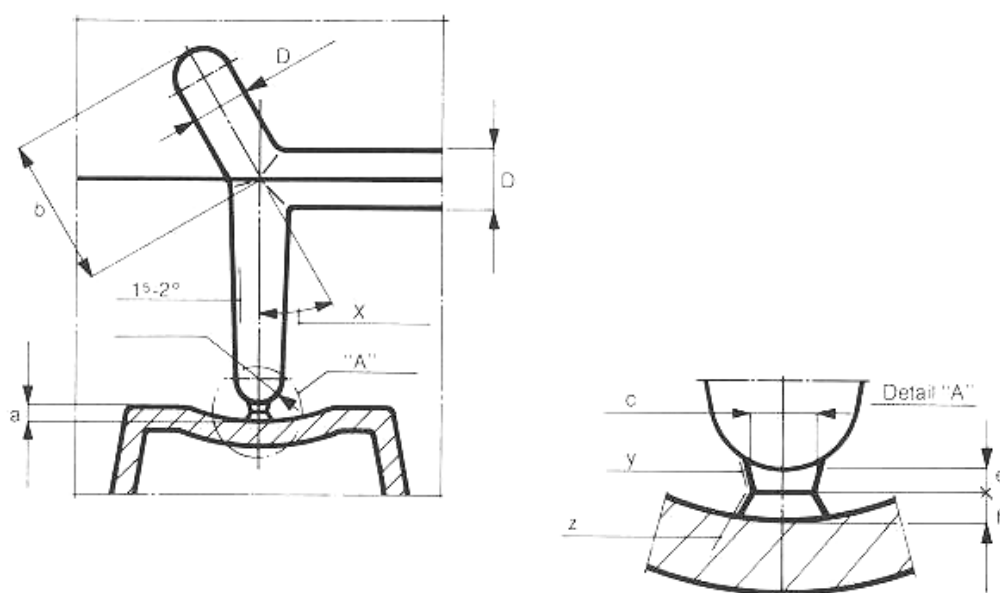
*Obr. 4. Vyvážená dráha
toku ke tvářecím dutinám.*

3.3.1 Plný kuželový vtok

Privádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu na výstřiku. Pro určení jeho průměru platí, že ústí vtoku má být o 1 až 1,5 mm větší, než je tloušťka stěny výstřiku. Pro menší tloušťky stěn výstřiku je vhodné vytvořit proti ústí čočkovité zahloubení.

3.3.2 Bodový vtok

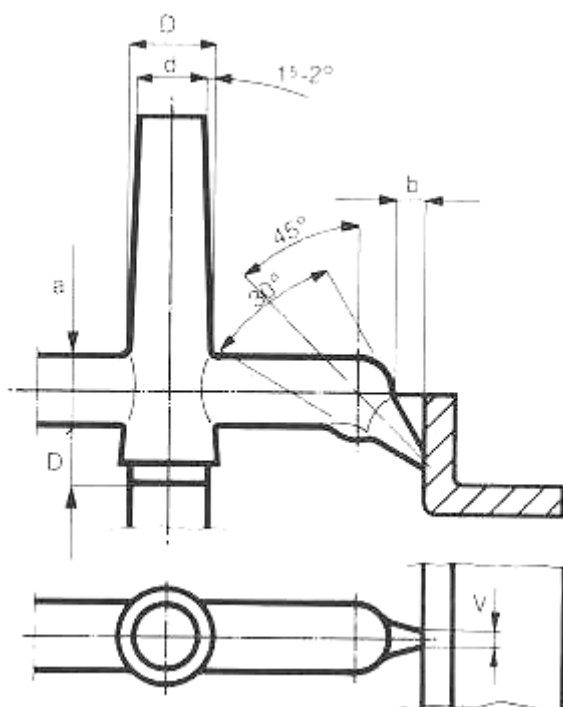
Je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. V zúženém místě dochází při odformování k odtržení vtokového zbytku od výstřiku. Utrhne se podle způsobu provedení ústí.



Obr. 5. Bodový vtok.

3.3.3 Tunelový vtok

Je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřík. Umístění může být v pevné i pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstříku. Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy nebo při vyhazování výstříku. Při konstrukci tunelového vtoku se nesmí zapomínat na přídržovač vtokového kanálu, obvykle kombinovaný s vyhazovačem. Jeho vzdálenost od ústí má být dostatečná (12 až 15mm). Ostré hrany, které by mohly způsobit zlomení vtokového zbytku ve vtokovém ústí, je třeba zaoblit.

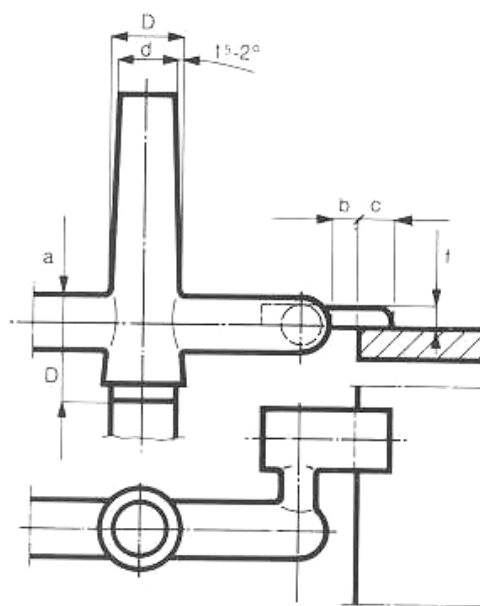


Obr. 6. Tunelový vtok.

3.3.4 Boční vtok

Je také typem se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený, jeho oddělení se řeší zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy.

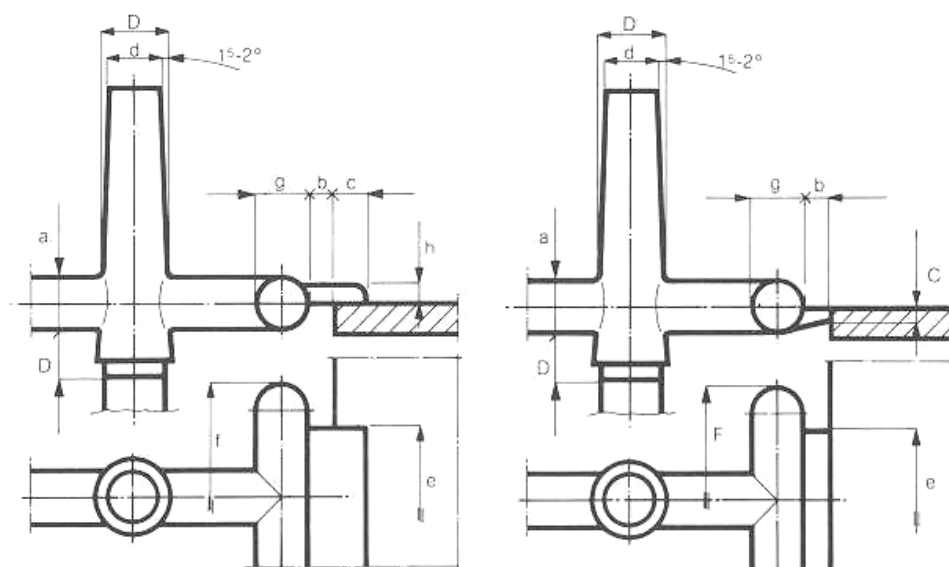
Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál zúžením, které je součástí formy. Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál zúžením průtokového průřezu. V tomto místě pak dochází ke zvýšení teploty taveniny.



Obr. 7. Boční vtok.

3.3.5 Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další.



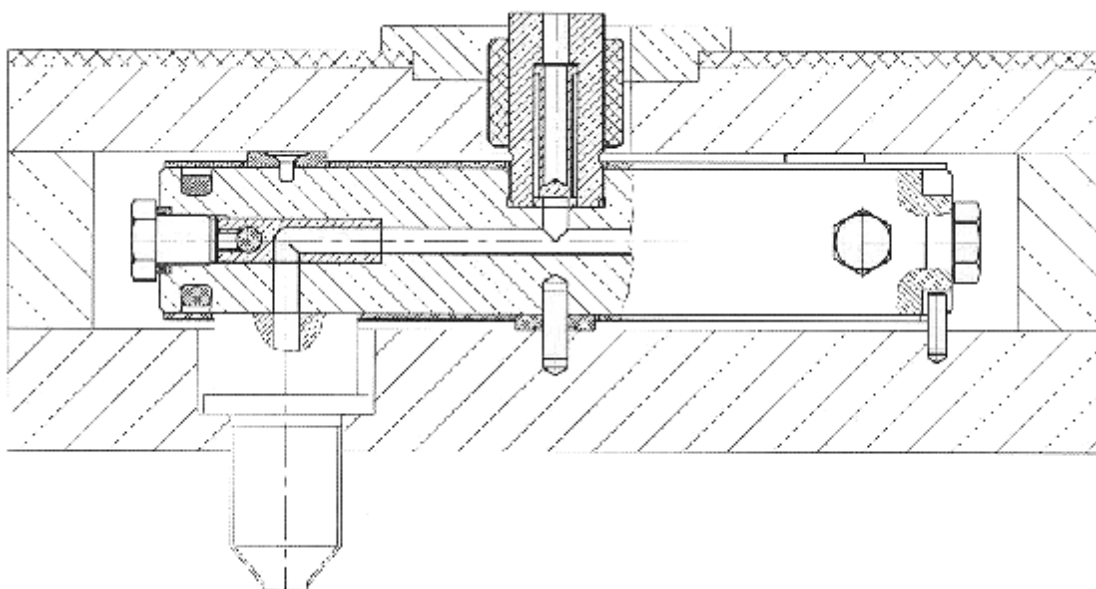
Obr. 8. Filmový vtok.

3.3.6 Vyhříváné vtokové soustavy (VVS)

Snaha po úsporách vstřikovaného materiálu a práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhříváných vtokových soustav (VVS). Vtokové soustavy mají vyhříváné trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Používání VVS narůstá, protože:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu,
- odpadá manipulace a regulace zbytků a problémy při jejich zpracování.

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [6]



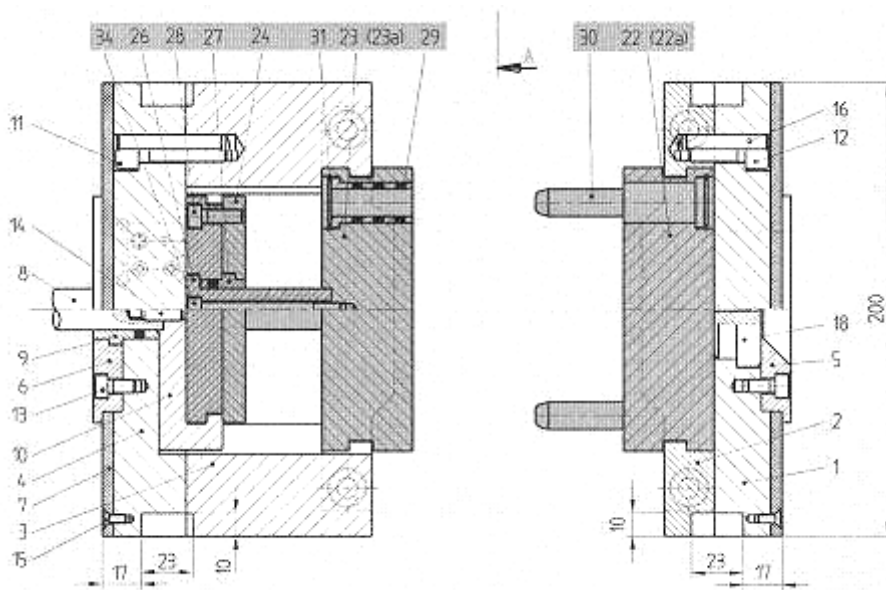
Obr. 9. Vyhříváná vtoková soustava Hasco.

3.4 Rám formy

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí. Mimo uvedené činnosti musí rám umožnit:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji,
- dokonalé a bezpečné upnutí na stroji,
- přesné vedení pohyblivých dílů formy,
- snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů,
- vhodné umístění temperačního a vyhazovacího systému.

Využívání normálí 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 stavebních prvků zavedla na trh řada firem. Z nich nejznámější jsou normálie fy HASCO, SUSTAN, STRACK a další.



Obr. 10. Rám vstřikovací formy od firmy Hasco.

3.5 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. Má dvě fáze:

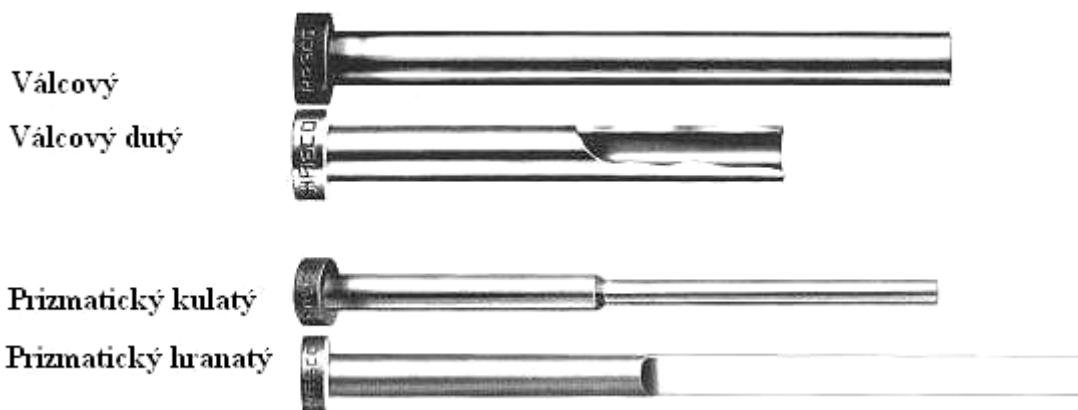
- dopředný pohyb, vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Ve zvláštních případech, kdy je výstřik mělký, se vyhazovačů nemusí použít. Postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen.

3.5.1 Vyhazovací kolíky

Nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výstřiků. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar.

Vyhazovací desky slouží k ukotvení a ovládání vyhazovacích kolíků. U větších rozměrů vyhazovacích desek je vhodnější, aby ve formě nedosedaly na celou plochu, ale jen na zvláštní dorazy.



Obr. 11. Typy vyhazovacích kolíků.

3.5.2 Vyhazování stírací deskou a trubkové vyhazovače

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku velké 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. Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy. Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen:

- tlakem vyhazovacího systému,
- tahem ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy jeho pevnou deskou).

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatím co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro.

3.5.3 Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy k ní pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Uspořádání takového systému má různou podobu a je možné ho kombinovat i s přímým vyhazováním.

3.5.4 Dvoustupňové vyhazování

Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Využívá se také při oddělování (ostříhávání) vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou zdvojených vyhazovačů se odstříhnou vtoky a druhou se zpožděným zdvihem se výstřiky vyhodí.

3.5.5 Vzduchové vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kbelík) velmi výhodný.

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

3.6 Materiály formy

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností.

Takové druhy představují:

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

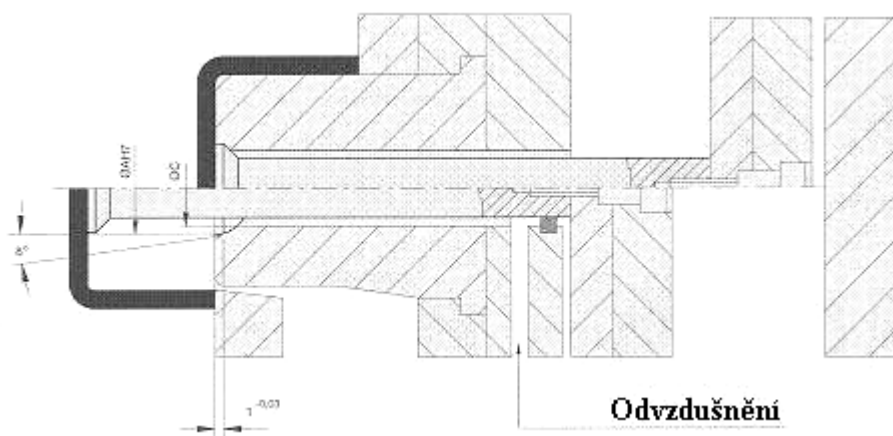
Oceli jsou daleko nejvýznamnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to všechno má vliv na kvalitu forem.

Z hlediska technologie výroby výstřiků má ještě materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrusitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelnosti a prokalitelnosti,
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení. [3]

3.7 Odvzdušnění formy

Při plnění dutiny formy taveninou je třeba zajistit únik zejména vzduchu, který je v ní obsažen na počátku vstřiku. Vzduch může uniknout kolem jader, vyhazovacích kolíků apod. V dělicích rovinách se vytvářejí drážky 0,05 - 0,2mm hluboké a 3 - 6mm široké. Umísťují se na protilehlé straně ústí vtoku. [4]



Obr. 12. Odvzdušnění vyhazovacího kolíku.

Při určitém stavu technologických parametrů a větších tloušťkách stěn výstřiku, může vzduch, který nemá možnost být z formy vytlačen, vniknout do taveniny a po zchladnutí v ní zůstává jako bubliny. Obvykle jsou ve výstřiku rozloženy na protilehlé straně vtoku. Bubliny vzniklé z jiného důvodu, např. vlhkostí polymeru nebo jeho přehřátím (rozkladem), jsou různě rozloženy po celém výstřiku.

3.8 Temperace formy

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. [3]

Na řešení temperačního systému má vliv více faktorů, z nichž je nutno uvést zejména:

- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku, příp. dráha toku a tloušťka stěn výstřiku,
- požadavky na jakost a přesnost výstřiku,
- druh a rozměry vtokového systému.

Volbu temperačního systému a řešení chladících okruhů značně komplikují vyhazovací prvky. Také členité výrobky vyžadují často složité temperační kanály. Zejména tenké výstupky a dlouhá jádra se obtížně temperují. Používá se často též vložek z vysoce vodivých kovů. Jako temperační médium se nejčastěji používá voda. Pro teploty vyšší (až 300°C) lze použít oleje. Výjimečně lze k chlazení použít také stlačeného vzduchu. Temperační okruh může být otevřený nebo uzavřený. Druhý případ je častější. [4]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

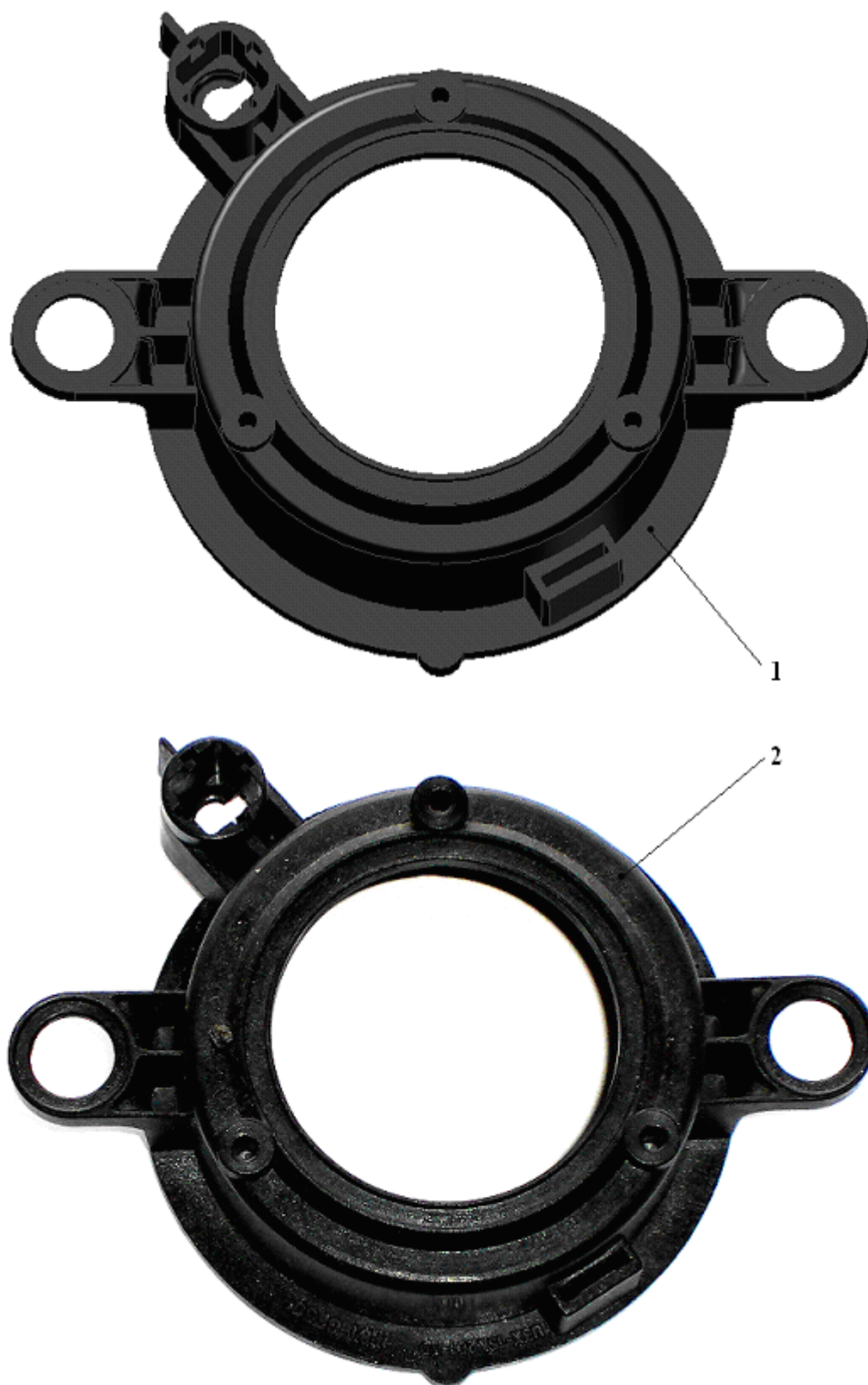
4 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstřikovaný výrobek je část předního světlometu osobního automobilu. Použitý materiál je polymer PBT plněný 30% skelných vláken. Patří mezi mechanicky a chemicky odolnější polymerní materiály. Jde o víčko (krytku) elektrických konektorů, tudíž se požaduje určitá odolnost materiálu vzhledem k prostředí, ve kterém plní svoji funkci.

Chemická odolnost PBT je především proti:

- minerálním mazivům,
- alifatickým uhlovodíkům,
- aromatickým uhlovodíkům (podmíněně),
- benzínu,
- slabé minerální kyselině,
- silné minerální kyselině (podmíněně),
- slabé organické kyselině,
- alkoholům,
- slabým louhům (podmíněně),
- vlivům atmosférických podmínek (podmíněně). [9]

Pro konstrukci plastového dílu byl použit program Autodesk Inventor. Je to strojírenský CAD systém (pod kódovým názvem Rubicon), který umožňuje práci se sestavami o desítkách tisíc komponent.



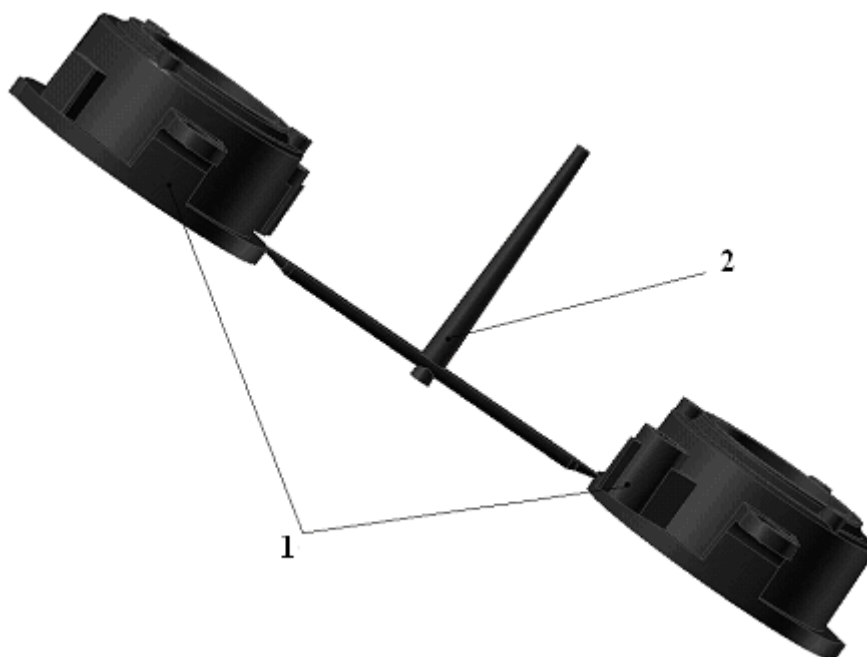
Obr.13. Vstříkovaný výrobek - 1. Model výstříku, 2. Skutečný výstřík.

5 VSTŘIKOVACÍ FORMA

V programu Autodesk Inventor byla také nakreslena a následně vymodelována sestava vstřikovací formy ve 3D a zároveň 2D výkres této sestavy. Model vstřikovací formy je sestaven z několika dílů, které jsou normované firmou HASCO. Použijí se díly z elektronické knihovny katalogu HASCO 3D Universal Module. Použité komponenty mají potřebné rozměry ke konstrukci forem.

5.1 Násobnost formy

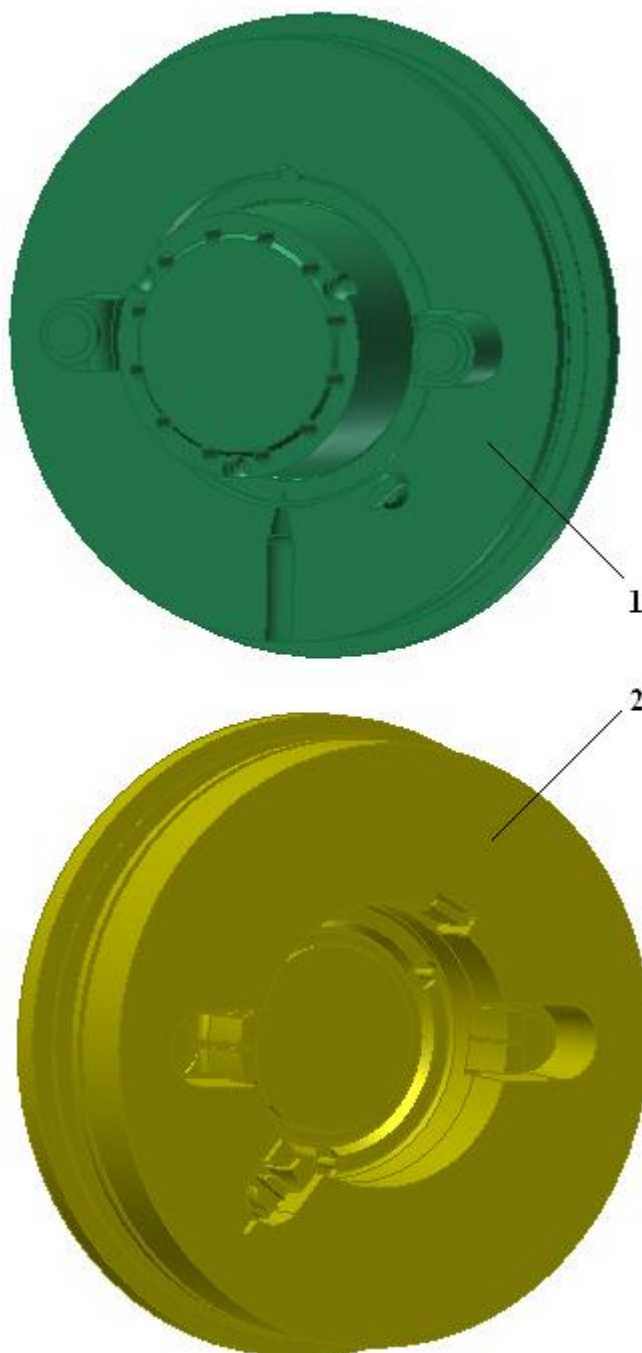
Násobnost formy je ovlivněna mnoha činiteli. Záleží především na složitosti a přesnosti výstřiku, požadovaného množství výrobku, na kapacitě vstřikovacího stroje a na ekonomice výroby. V tomto případě se jedná o výrobek náročnější na dodržení přesnosti rozměrů. Proto se volí násobnost formy menší, tedy forma dvojnásobná.



Obr. 14. Násobnost formy - 1. Výstřik, 2. Vtokový zbytek.

5.2 Zaformování výstřiku

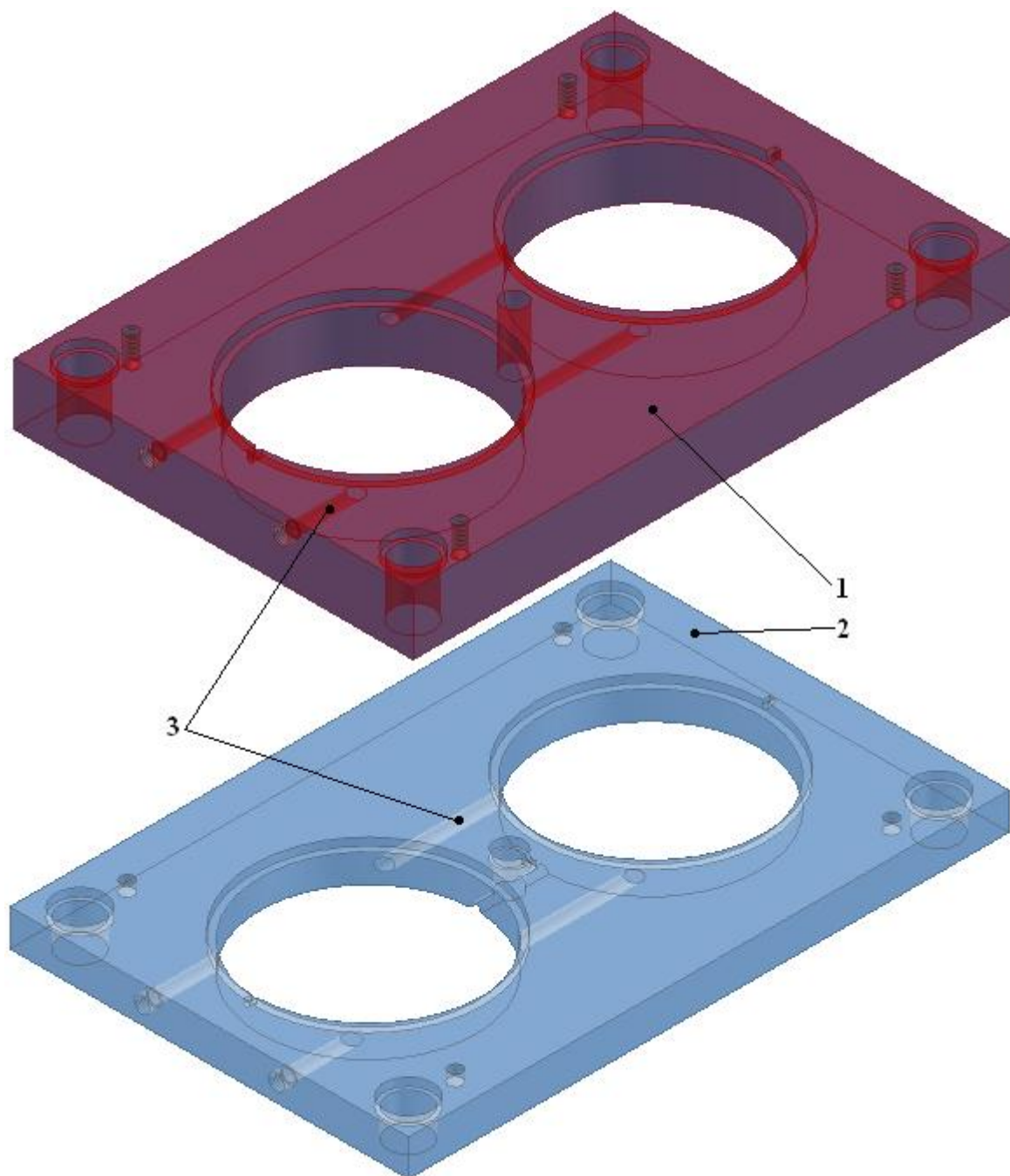
Zaformování výstřiku je dáno jeho tvarem. V našem případě bylo použito jedné dělicí roviny, neboť to tvar výstřiku umožňoval. Byly vytvořeny tvárník a tvárnice, jak je naznačeno na obr. 15. Při otevření formy zůstane výstřik na tvárníku, odkud je poté vyhozen pomocí vyhazovačů.



Obr. 15. Zaformování výstřiku – 1. Tvárník, 2. Tvárnice.

5.3 Temperace

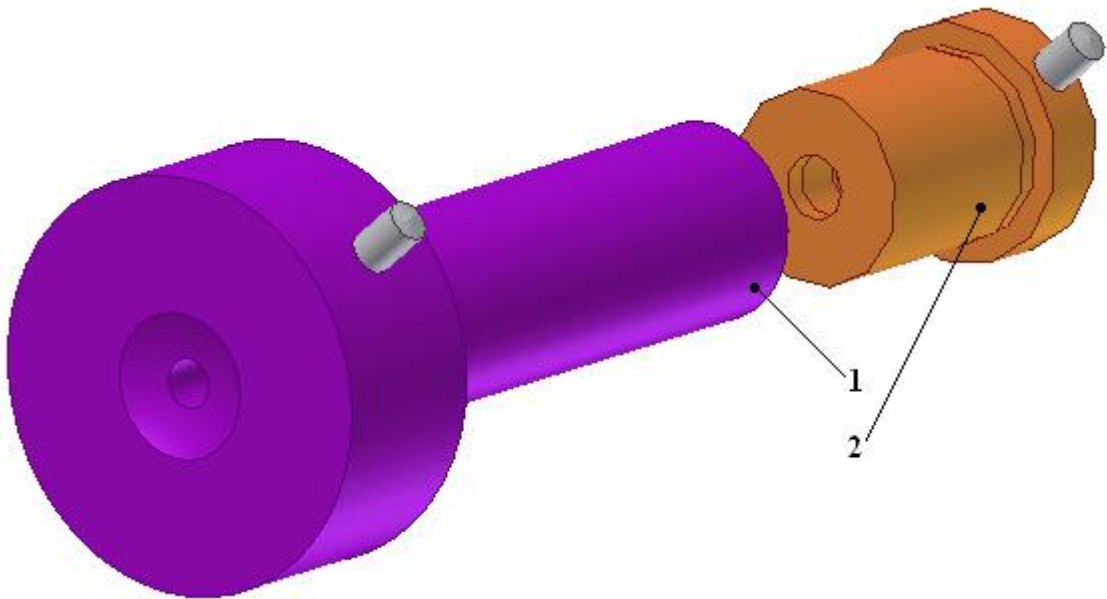
Temperace formy byla navržena tak, jak je naznačeno na obr. 16. Jako temperační medium bude použit olej.



Obr. 16. Temperační desky - 1. Tvarová deska (pravé části formy),
2. Tvarová deska (levé části formy), 3. Temperační kanálky.

5.4 Vtokový systém

Byl zvolen studený vtokový systém, dále byla použita vtoková vložka a rozvodné vtokové kanály, které byly vymodelovány v tvarové desce. Použito bylo také přidržovače vtoku, který zajišťuje vytažení zatuhlého ústí vtoku z vtokové vložky.



Obr. 17. Vtokový systém - 1. Vtoková vložka, 2. Vytřhávač vtoku.

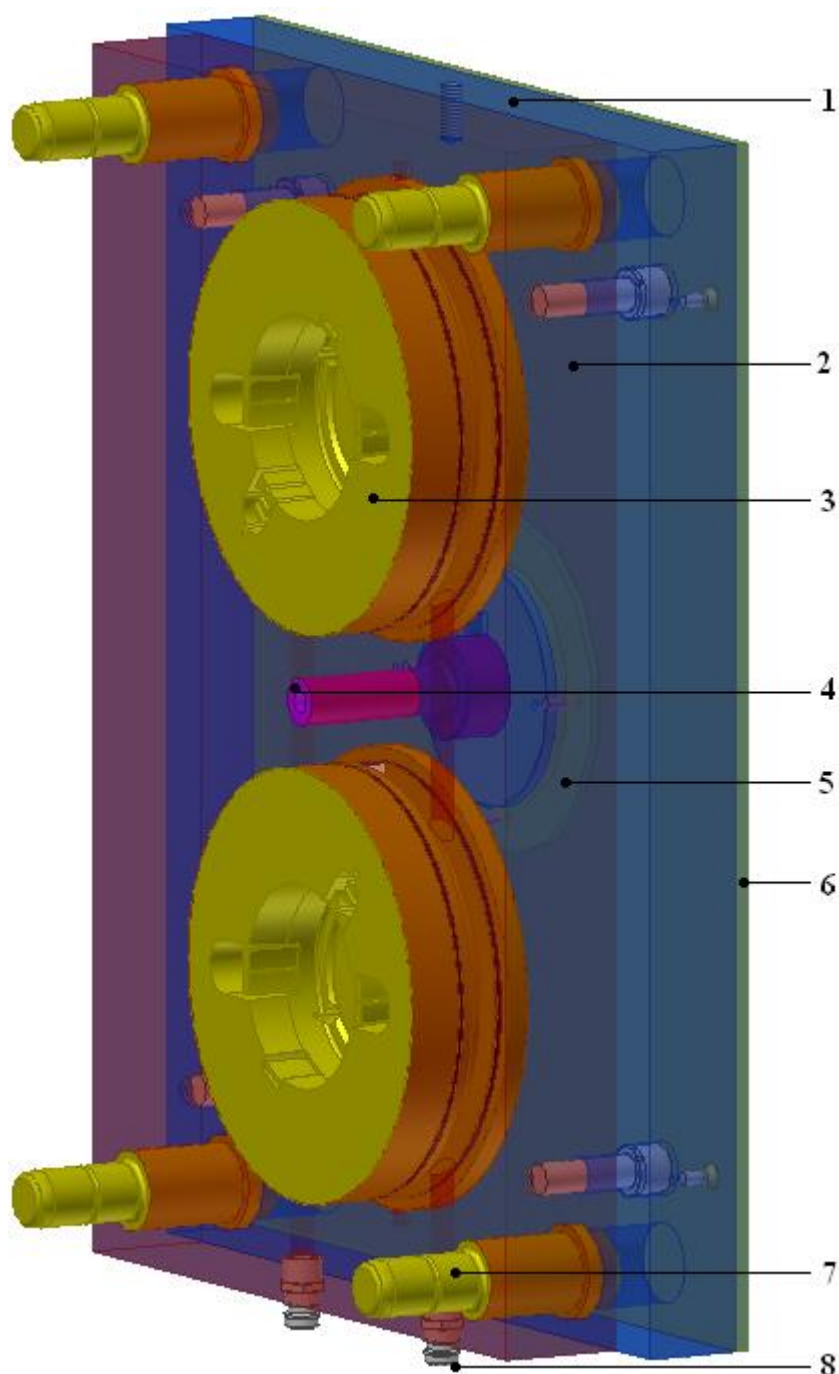
5.5 Konstrukce formy

Forma je složena ze tří funkčních částí:

1. Pravá část vstřikovací formy
2. Levá část vstřikovací formy
3. Vyhazovací systém

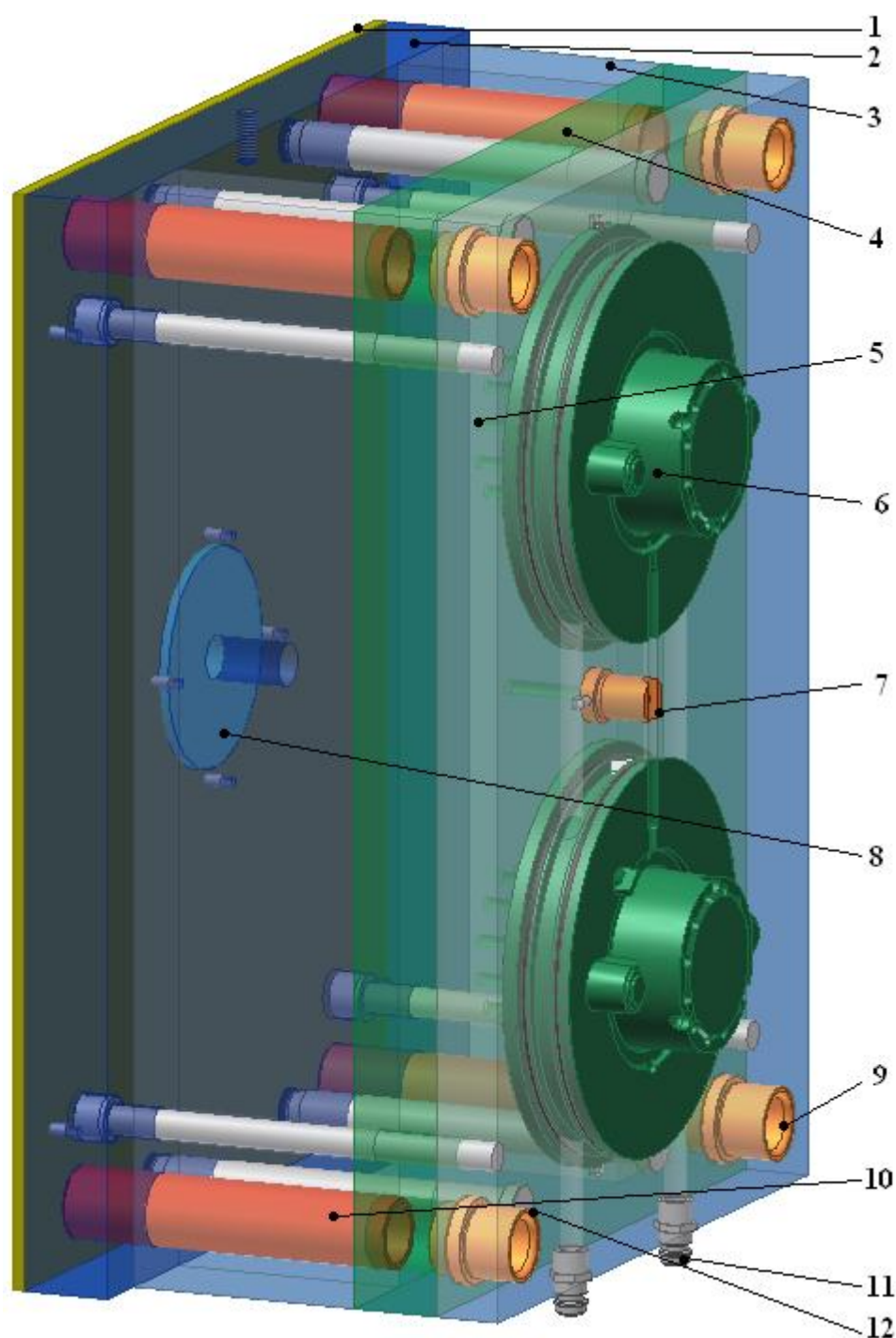
Dvě z těchto tří částí jsou mechanicky pohyblivé, aby byl zachován výrobní cyklus formy. Dále budou jednotlivé části popsány podrobněji. [5, 7, 8]

5.5.1 Prává část vstříkovací formy



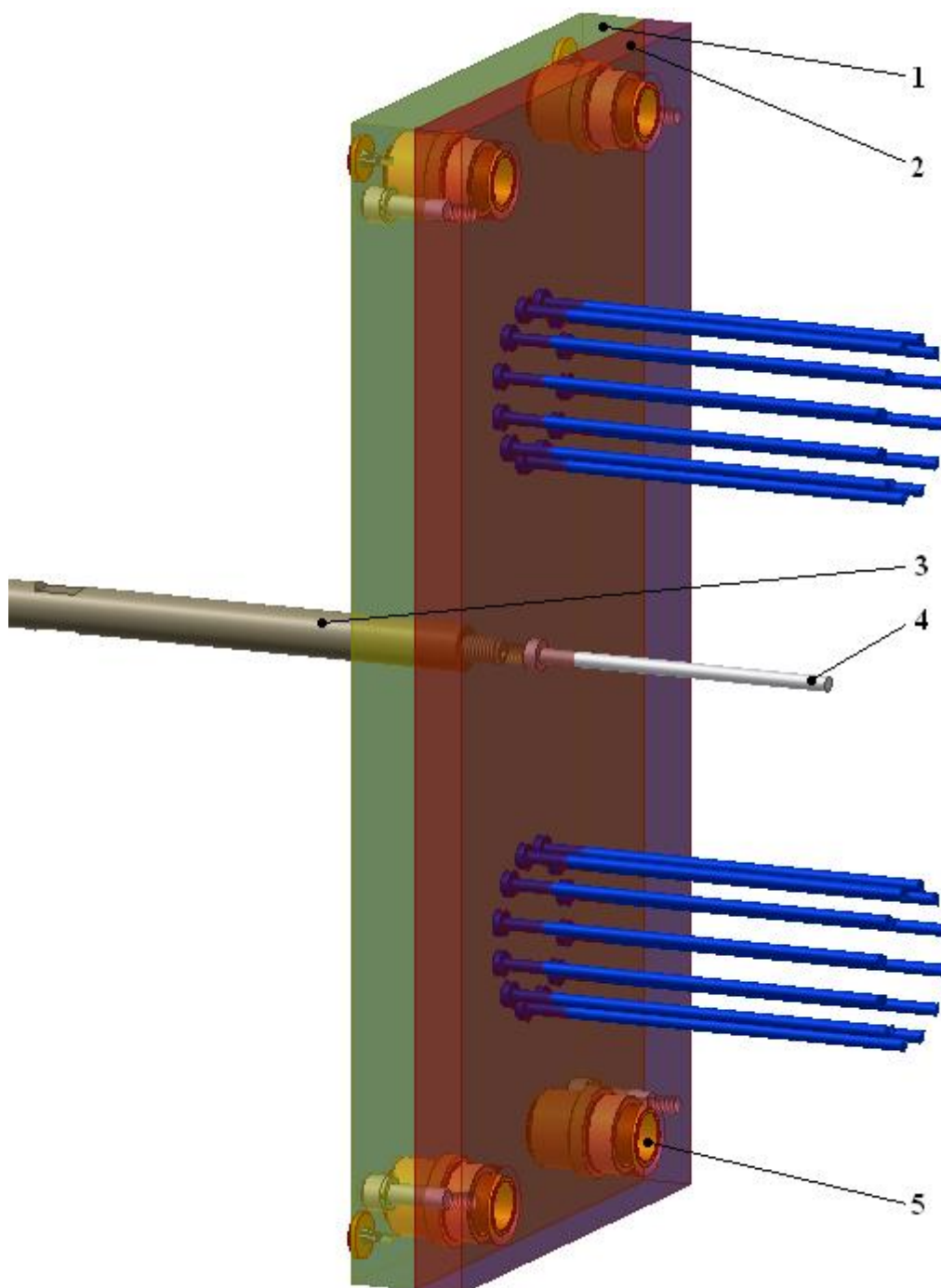
Obr. 18. Prává část vstříkovací formy - 1. Upínací deska, 2. Tvarová deska, 3. Tvárnice, 4. Vtoková vložka, 5. Středící kroužek, 6. Izolační deska, 7. Vodící čep, 8. Koncovka chlazení rychloupínací.

5.5.2 Levá část vstříkovací formy



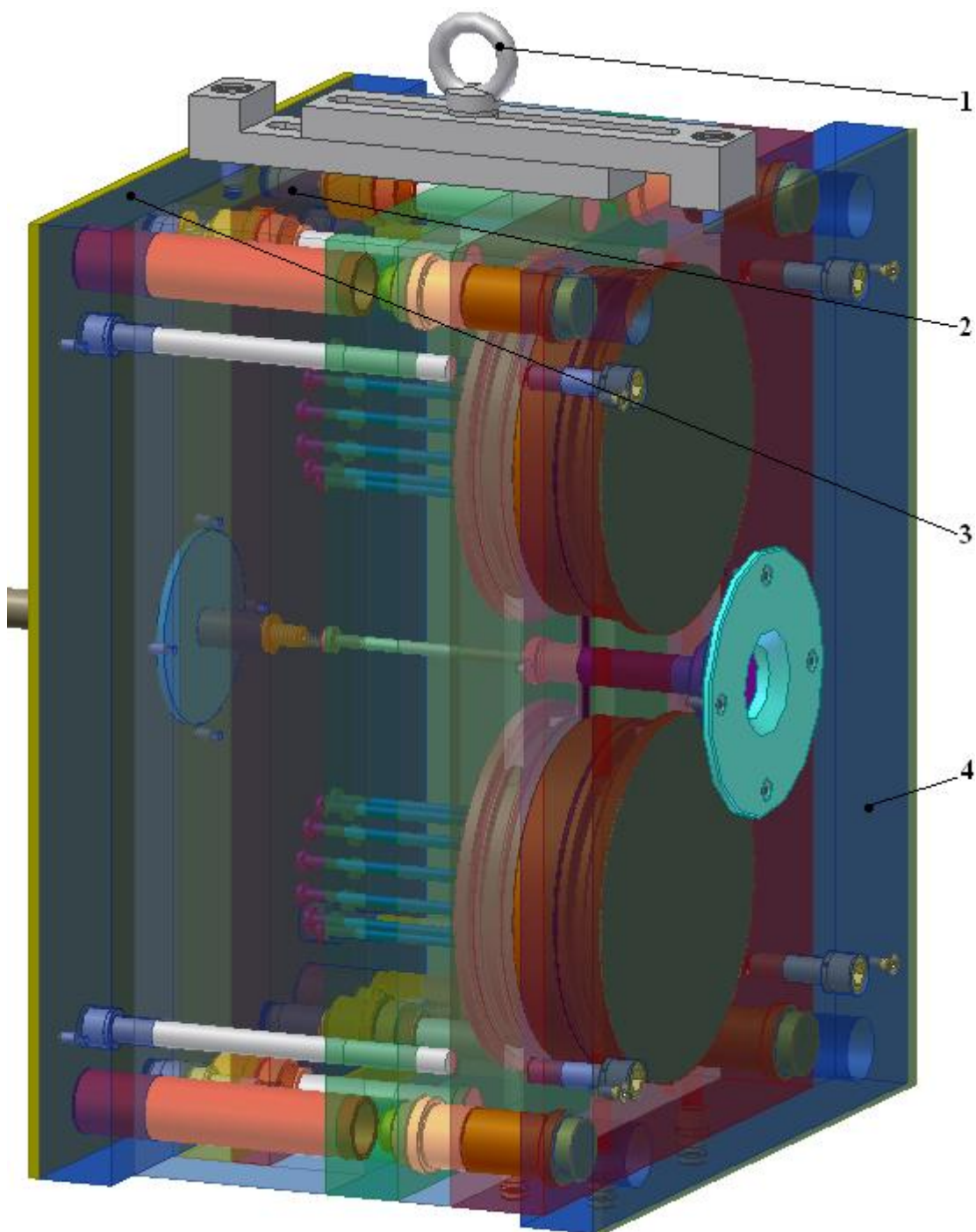
Obr. 19. Levá část vstříkovací formy - 1. Izolační deska, 2. Upínací deska, 3. Rozpěrky, 4. Mezideska, 5. Tvarová deska, 6. Tvárník, 7. Vytrhávač vtoku, 8. Středící kroužek, 9. Vodící pouzdro, 10. Vodící trubka, 11. Koncovka chlazení rychloupínací, 12. Vodící čep.

5.5.3 Vyhazovací systém

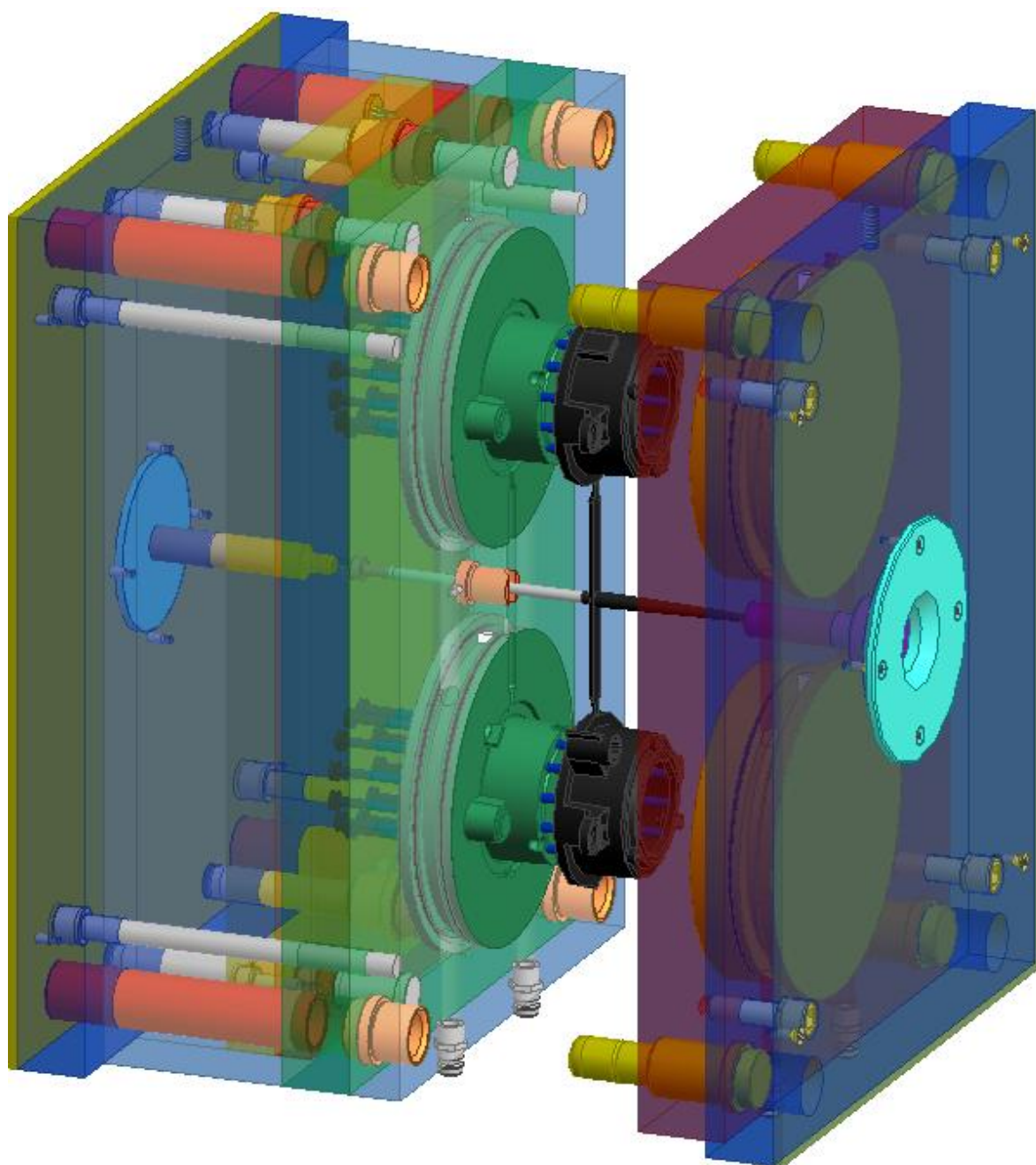


Obr. 20. Vyhazovací systém - 1. Opěrná deska, 2. Kotevní deska, 3. Táhlo vyhazovače, 4. Kolíkový vyhazovač, 5. Vodicí pouzdro.

5.6 Sestava formy

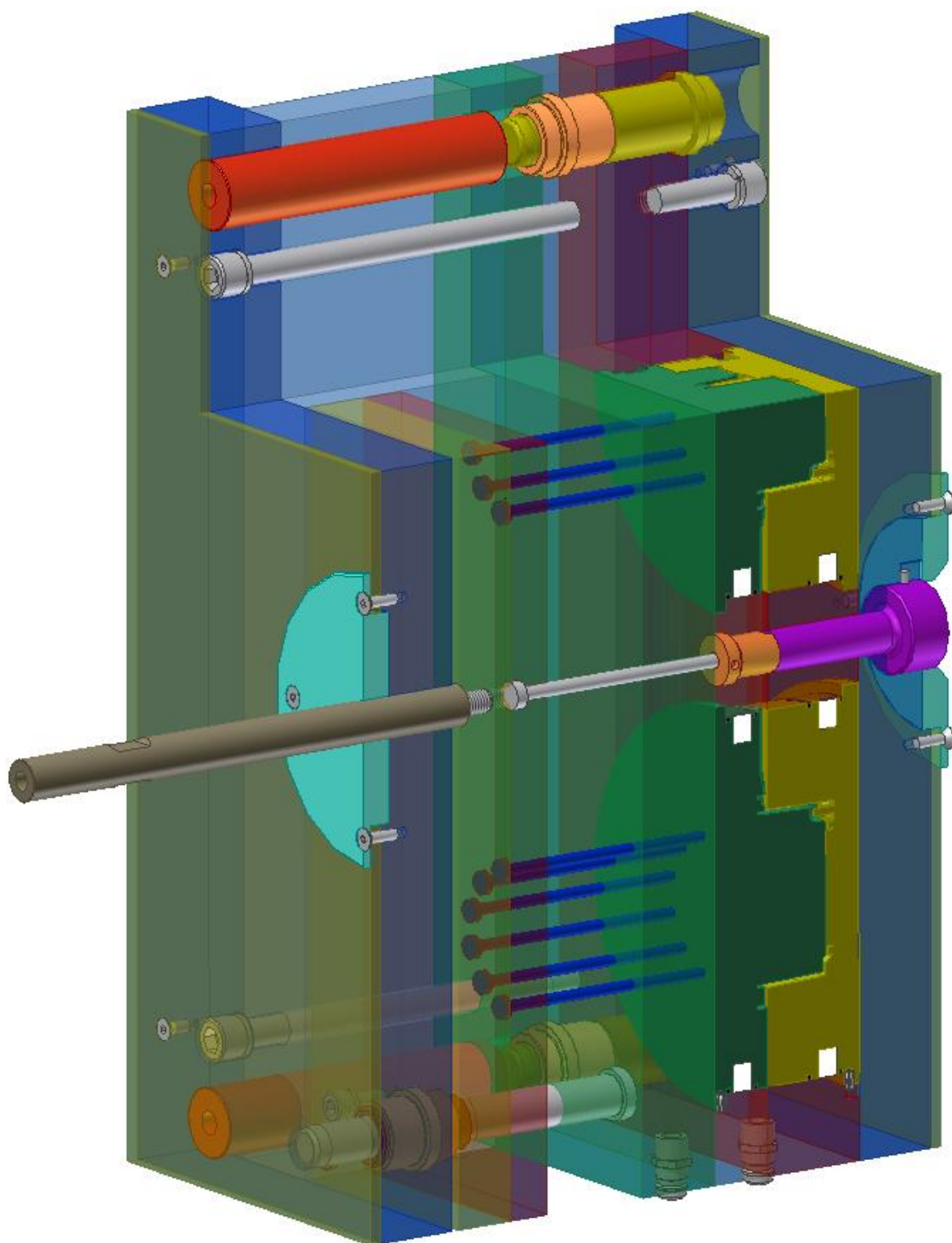


Obr. 21. Uzavřená forma - 1. Nosič formy, 2. Vyhazovací systém, 3. Levá část vstříkovací formy, 4. Pravá část vstříkovací formy.



Obr. 22. Vyhazování výstříku z formy.

5.7 Řez formou



Obr. 23. Řez formou.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce měla za úkol konstrukci vstřikovací formy pro daný plastový díl v programu Autodesk Inventor.

Nejprve bylo nutné vymodelovat plastový díl do 3D podoby. Následně se podle tohoto modelu vytvořily tvarové části formy, tvárník a tvárnice. Jejich spojením se vytvořila dutina ve tvaru požadovaného výstřiku. Dutina byla poté vsazena do formy, která se vytvořila z normovaných dílů a součástí firmy HASCO.

Z hlediska složitosti plastového dílu je forma dvojnásobná. Byla použita studená vtoková soustava. Chlazení tvárnice a tvárníku je zajištěno cirkulací temperačního média, které protéká chladicími kanálky ve tvarových deskách. Vyhazovací kolíky jsou použity válcové, které jsou souměrně poháněny vyhazovací deskou. Navržená forma je dvojnásobná.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAŇAS, M. HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II.* 1. vyd. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-x.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I.díl – Vstřikování termoplastů.* 2. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 134 s.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II.díl - Vstřikování termoplastů.* 1. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 212 s.
- [4] TOMIS, F. HELŠTÝN, J. KAŇKOVSKÝ, J. *Formy a přípravky.* 2. vyd. Praha: SNTL, 1985. 374 s. ISBN 414/33580.
- [5] LEINVEBER, J. ŘASA, J. VÁVRA P. *Strojírenské tabulky.* Praha: Sciantia, 1999. ISBN 80-7183-164-6.
- [6] OLŠAN, J. *Bakalářská práce: Konstrukce vstřikovací formy pro pryžový díl.* 1. vyd. Zlín, 2004.
- [7] MENGES, G. MICHAELI, W. MOHREN, P. *How to Make Injection Mould.* Munich: Hanser Publishers, 2001. ISBN 1-56990-282-8.
- [8] GASTROW. *Ijection Moulds 130 Proven Design.* Munich: Hanser Publishers, 2002. ISBN 1-56990-282-8.
- [9] *Polybutylentereftalát s 30 % skleněných vláken odolný vůči hoření* [online]. [cit. 2006-02-03]. Dostupný z WWW: <www.lpm.cz>.
- [10] *Autodesk Inventor* [online]. [cit. 2006-02-03]. Dostupný z WWW: <www.autodeskclub.cz>.
- [11] *HASCO 3D Katalog* [online]. Dostupný z WWW: <www.hasco.com>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLU A ZKRATEK

2D	Dvojměrný prostor.
3D	Trojměrný prostor.
Al	Chemická značka hliníku.
Cu	Chemická značka mědi.
PBT	Polybutylentereftalát.
R	Označení rozměru poloměru.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vstřikovací cyklus.....	10
Obr. 2. Schéma vstřikovacího stroje	11
Obr. 3. Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku formy	13
Obr. 4. Vyvážená dráha toku ke tvářecím dutinám	18
Obr. 5. Bodový vtok	19
Obr. 6. Tunelový vtok	20
Obr. 7. Boční vtok.....	21
Obr. 8. Filmový vtok.....	21
Obr. 9. Vyhřívaná vtoková soustava HASCO	22
Obr. 10. Rám vstřikovací formy od firmy Hasco	23
Obr. 11. Typy vyhazovacích kolíků.....	24
Obr. 12. Odvzdušnění vyhazovacího kolíku	27
Obr. 13. Vstřikovaný výrobek	31
Obr. 14. Násobnost formy.	32
Obr. 15. Zaformování výstřiku	33
Obr. 16. Temperační desky	34
Obr. 17. Vtokový systém.....	35
Obr. 18. Pravá část vstřikovací formy.....	36
Obr. 19. Levá část vstřikovací formy	37
Obr. 20. Vyhazovací systém.	38
Obr. 21. Uzavřená forma.....	39
Obr. 22. Vyhazování výstřiku z formy.....	40
Obr. 23. Řez formou.....	41

SEZNAM PŘÍLOH

PI Kusovník.

PII Sestava vstřikovací formy.

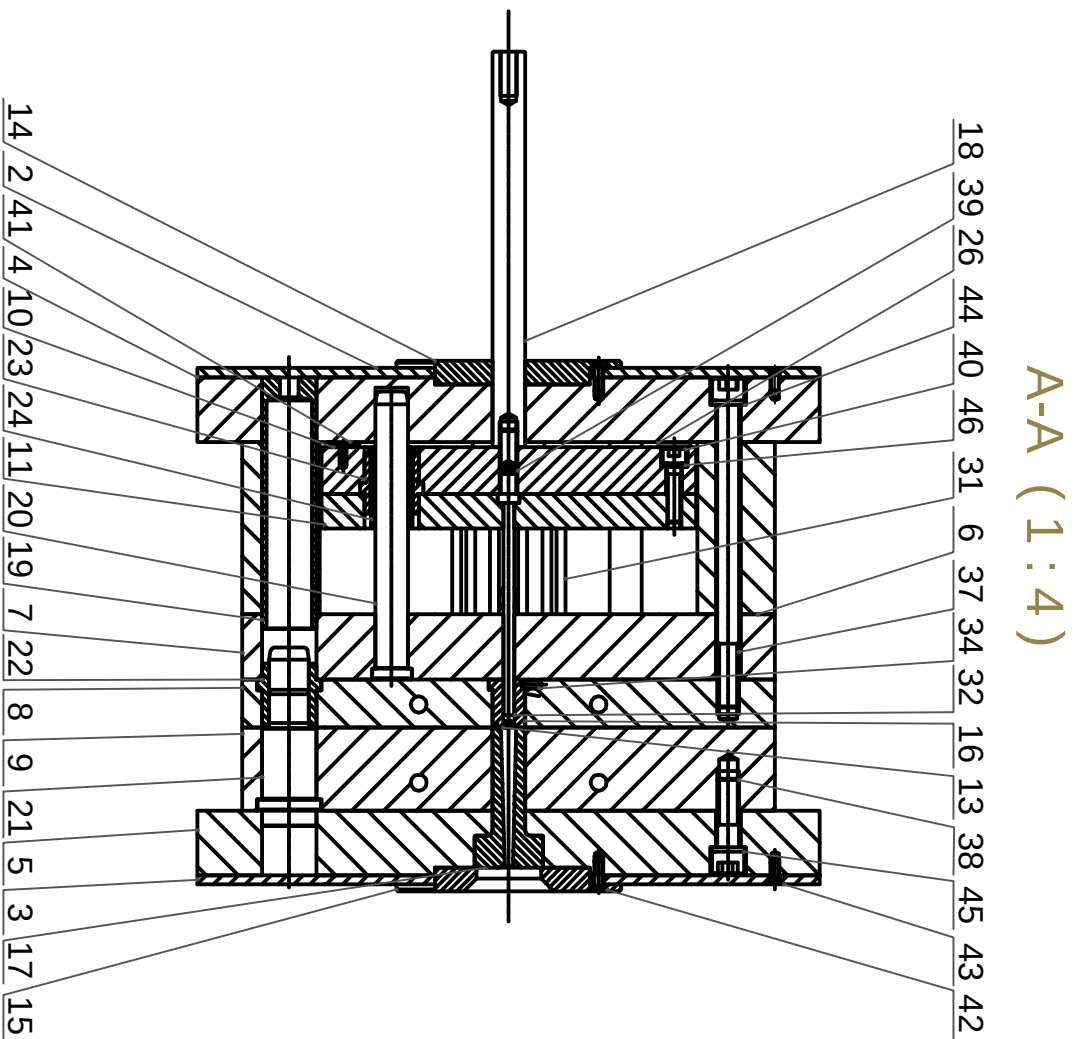
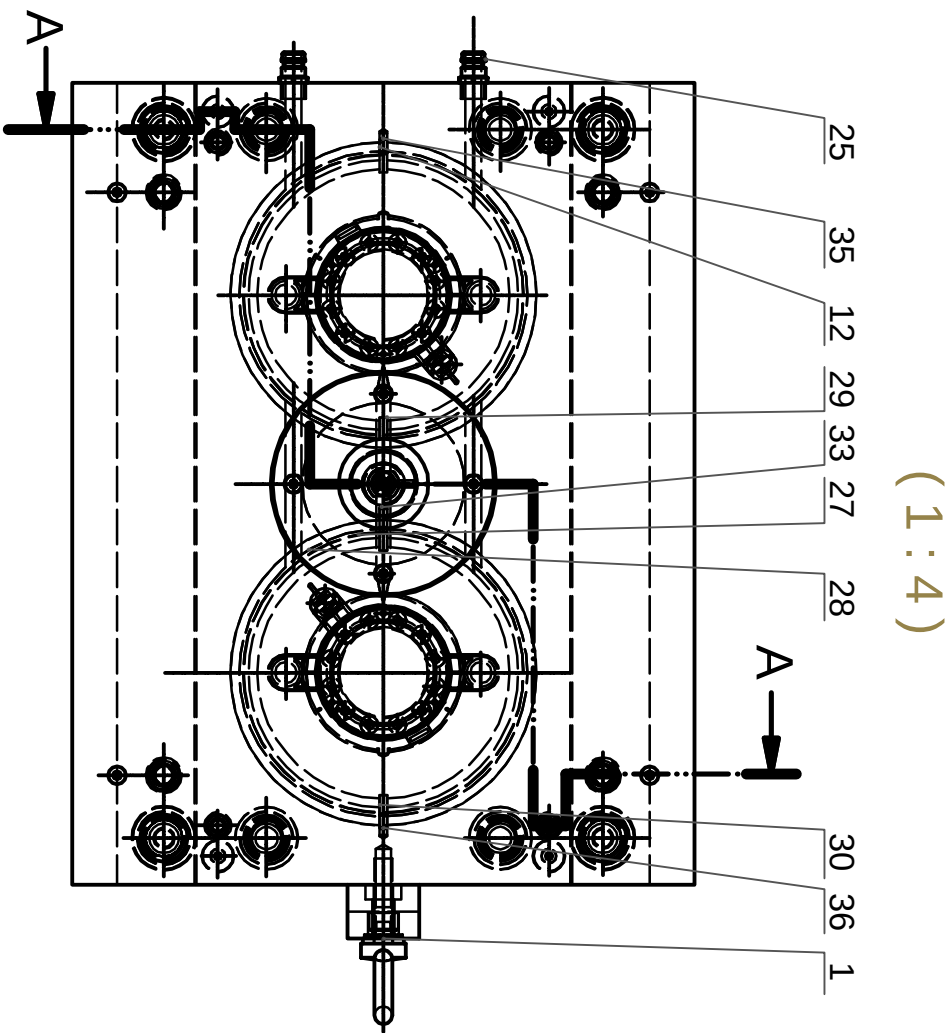
PIII CD ROM: 1. Bakalářská práce.

2. Model formy a výstřiku v programu Autodesk Inventor.

3. Výkresová dokumentace v programu AutoCAD.

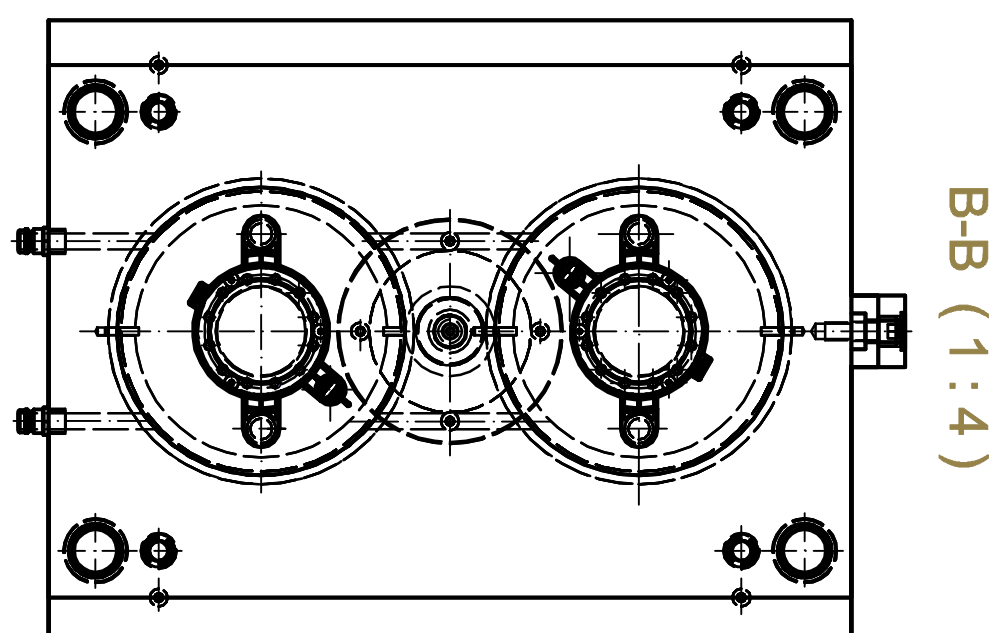
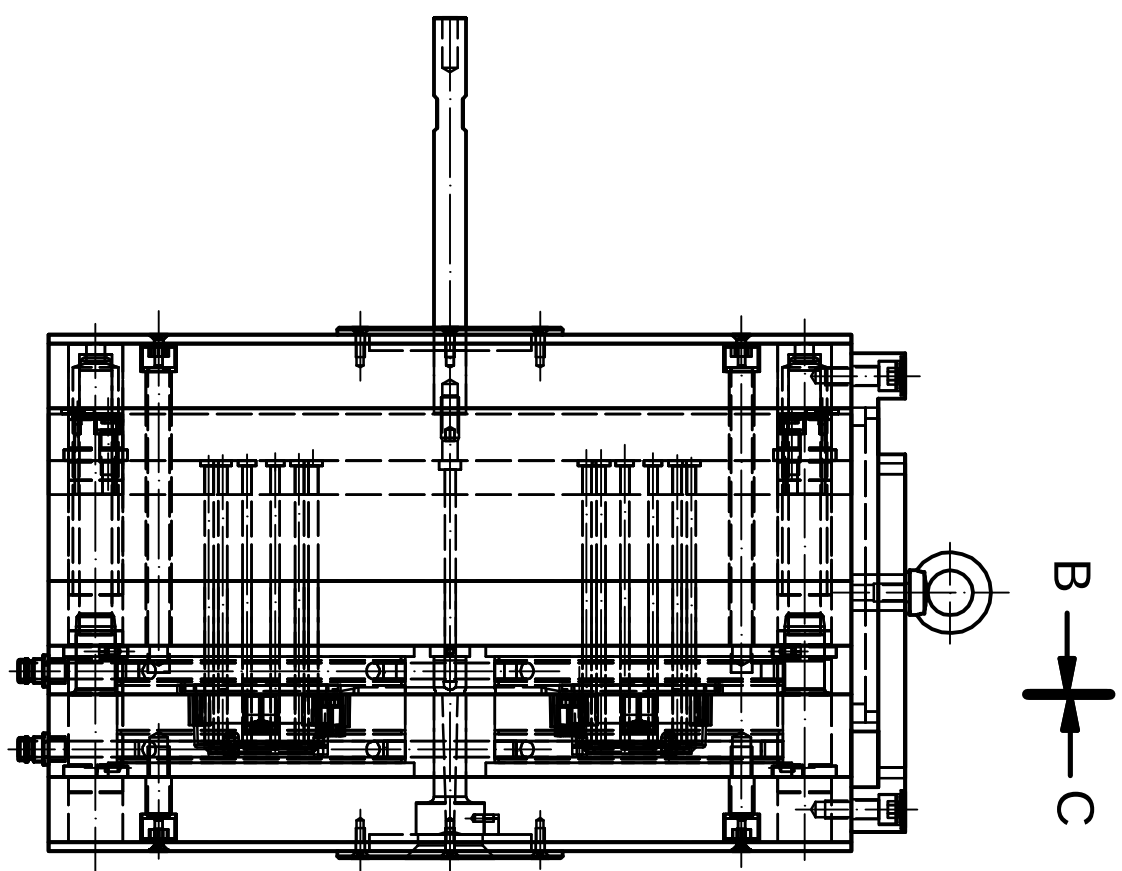
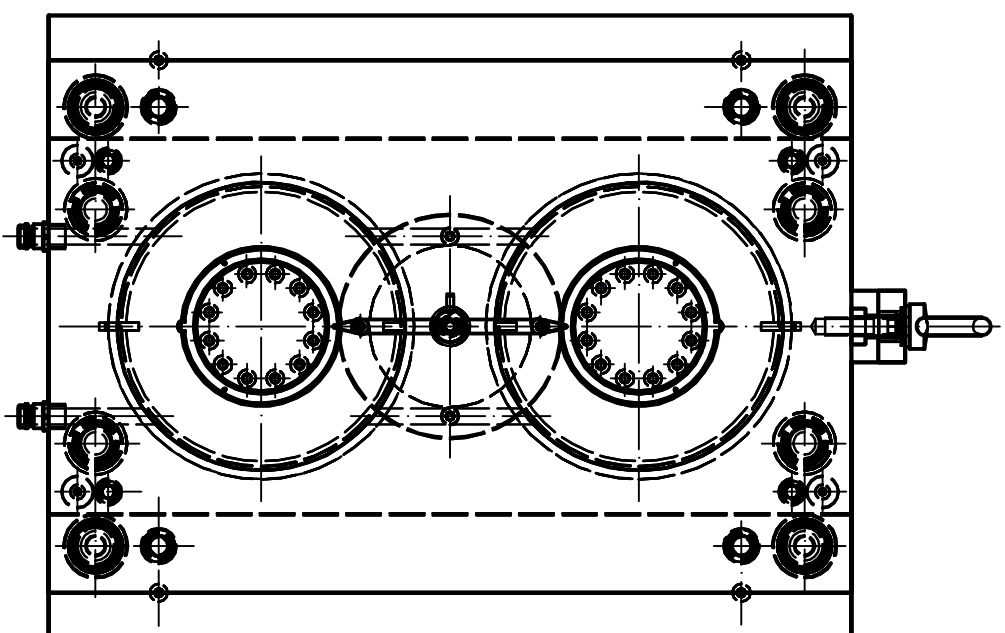
PŘÍLOHA PI: KUSOVNÍK

Pozice	ks	Název - rozměr	Norma	Materiál	Poznámka
1	1	Nosič formy	Z70 (A210-300)		
2	1	Izolační deska levá	Z121/346 446/5		
3	1	Izolační deska pravá	Z121/346 446/5		
4	1	Upínací deska levá	K10/346x446x36		
5	1	Upínací deska pravá	K10/346x446x36		
6	2	Rozpěrka	K40/296x446x96		
7	1	Mezideska	K30/296x446x36		
8	1	Tvarová deska levá	K20/296x446x27		
9	1	Tvarová deska pravá	K20/296x446x27		
10	1	Opěrná deska		11600	kal. HRC 52-54
11	1	Kotevní deska		11600	kal. HRC 52-54
12	2	Tvárník		19552	kal. HRC 52-54
13	2	Tvárnice		19552	kal. HRC 52-54
14	1	Středící kroužek levý	K500/125x12		
15	1	Středící kroužek pravý	K500/125x12		
16	1	Vytrhávač vtoku	Z53/18x27		
17	1	Vtoková vložka	Z51/18x76/4,5/15,5		
18	1	Táhlo vyhazovače	Z02/18x220		
19	4	Vodící trubka	Z20/30x140		
20	4	Vodící čep	Z012/18x160		
21	4	Vodící čep	Z00/46/22x45		
22	4	Vodící pouzdro	Z10W/27/22		
23	4	Vodící pouzdro	Z10W/27/24		
24	4	Vodící pouzdro	Z12/18x45		
25	4	Koncovka rychloupínací	Z81/13/14		
26	4	Doraz	Z55/18x3		
27	4	Těsnící kroužek 2x2	CSN 02 9310		
28	4	Těsnící kroužek 2x2	CSN 02 9310		
29	3	Přepážka		19015	
30	3	Přepážka		19015	
31	24	Kolíkový vyhazovač	Z40/5x160		
32	1	Kolíkový vyhazovač	Z40/6x125		
33	1	Kolík 4h8 x 12	Z25/4x12		
34	1	Kolík 4h8 x 10	Z25/4x10		
35	2	Kolík 4h8 x 8	ISO 2338		
36	2	Kolík 4h8 x 8	ISO 2338		
37	4	Šroub M12 x 170	Z31/12x170		
38	4	Šroub M12 x 40	Z31/12x40		
39	1	Šroub M10 x 24	Z31/10x24		
40	4	Šroub M8 x 25	Z31/8x25		
41	4	Šroub M4 x 8	Z33/4x8		
42	8	Šroub M5 x 16	Z33/5x16		
43	8	Šroub M5 x 12	Z33/5x12		
44	4	Podložka pérová M12	T4104/12		
45	4	Podložka pérová M12	T4104/12		
46	4	Podložka pérová M8	T4104/8		



ě

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 19.4.2006	
David Vaculík			19.4.2006	
UTB ve Zlín			řikovací forma.	
Vst		Vydání	Líst	
			1 / 2	



Kreslí	Kontroloval	Schválí - dne	Datum 19. 4. 2006	
David Vaculík				
UTB ve Zlín			řekovací forma.	
			Vst	Vydání
			2	Líst / 2