

Konstrukce vstřikovací formy

Jiří Knot

Bakalářská práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří KNOT**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Provedte návrh vstřikovací formy.
3. Návrh vstřikovací formy doložte výkresem sestavy s kusovníkem.
4. Provedte zhodnocení návrhu a rozbor řešení.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I.díl -- Vstřikování termoplastů, 2. vyd.

Brno : UNIPLAST, 1999. 134 s.

[2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů II.díl -- Vstřikování termoplastů, 2.

vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 212 s.

[3] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. Formy a přípravky. 2. vyd. Praha : SNTL, 1985. 374 s. ISBN 414-33580.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Štěpán Šanda

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2008

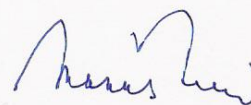
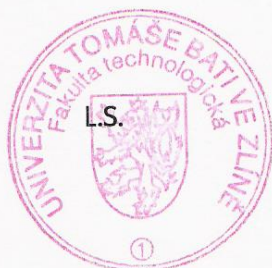
Termín odevzdání bakalářské práce:

6. června 2008

Ve Zlíně dne 1. února 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro vybraný plastový výrobek. V teoretické části byla popsána problematika zabývající se vstřikováním, návrhem a možnostmi konstrukce vstřikovacích forem. V praktické části byl vymodelován 3D model výrobku a 3D model vstřikovací formy. Dále byl zvolen materiál výrobku a stroj, na kterém bude vstřikování prováděno. Výsledky jsou podloženy textovou a výkresovou dokumentací. Modelování a výkresová dokumentace byly provedeny v programu CATIA V5R17.

Klíčová slova: Vstřikování, Vstřikovací forma

ABSTRACT

The bachelor's thesis discusses the structural design of an injection mould for a chosen plastic product. In the first part I start from the theoretical basis, dealing with the problems of the injection, suggestion and the possibility of the structural design of the injection moulds. Then I describe the functions of the injection machine. The practical part includes a three dimensional model of product, I suggest the material of the product and I did the construction of a three dimensional set-up. The construction was realized in CATIA V5R17 programme.

Keywords: Injection, Injection mould

Velmi rád bych poděkoval všem, kteří přispěli ke vzniku této bakalářské práce. Zvláště bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Štěpánu Šandovi za odborné vedení, poskytnuté rady, za čas a pozornost, kterou mi ochotně věnoval při vypracování této bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	4
1 TEORETICKÁ ČÁST	5
1 VSTŘIKOVÁNÍ	6
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	6
1.2 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY	7
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	8
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	9
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	10
2.3 OVLÁDÁNÍ A STUPEŇ ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE	11
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	12
3.1 KONSTRUKCE FOREM.....	12
3.1.1 Postup při konstrukci formy.....	13
3.1.2 Druhy vstřikovacích forem.....	13
3.1.3 Zaformování výstřiku	14
3.1.4 Návrh plastového dílu	15
3.2 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ	15
3.2.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků.....	15
3.2.2 Vyhazování pomocí šikmých válcových kolíků.....	16
3.2.3 Vyhazování pomocí lomených kolíků.....	16
3.2.4 Vyhazování stírací deskou.....	16
3.2.5 Vyhazování pomocí trubkového vyhazovače.....	17
3.2.6 Vzduchové vyhazování	17
3.2.7 Hydraulické vyhazování	18
3.2.8 Dvoustupňové vyhazování	18
3.2.9 Zpětný chod.....	18
3.3 TEMPERACE FOREM	19
3.3.1 Obecné zásady volby temperačních kanálů.....	19
3.3.2 Temperační prostředky.....	20
3.4 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	22
3.4.1 Obecné zásady řešení studených vtokových kanálů	23
3.5 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY	24
3.5.1 Isolované vtokové soustavy.....	24
3.5.2 Vytápěné rozvodné bloky.....	25
3.5.3 Vyhřívané trysky	26
3.6 VÝROBA ZÁVITŮ	28
3.6.1 Vytáčecí trn	29
3.6.2 Pohyblivé elementy vytáčecích forem.....	29
3.6.3 Čelistové formy pro závity	30
3.6.4 Výměnné závitové trny.....	30
4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	32

II	PRAKTICKÁ ČÁST	33
5	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	34
6	CHARAKTERISTIKA VÝROBKU.....	35
6.1	MATERIÁL VÝROBKU.....	35
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	37
7.1	VSTŘIKOVACÍ FORMA	37
7.2	NÁSOBNOST VSTŘIKOVACÍ FORMY	38
7.3	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU.....	38
7.4	ODFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	39
7.4.1	Ozubený hřeben.....	40
7.4.2	Kontrola ozubeného hřebenu na vzpěr.....	41
7.4.3	Závitový trn	42
7.4.4	Protimatice	43
7.4.5	Tvárník	43
7.4.6	Tvárnice.....	44
7.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	44
7.6	VTKOVÝ SYSTÉM.....	45
7.7	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	46
7.8	VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU	47
7.8.1	Tažný západkový systém.....	47
8	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	48
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	SEZNAM TABULEK.....	53
	SEZNAM PŘÍLOH.....	54

ÚVOD

Rozvoj výroby a zpracování polymerů v posledních několika desetiletích předstihuje rozvoj většiny jiných oborů. Je to dáno velmi širokou použitelností plastů pro nejrůznější technické a netechnické účely, snadnou zpracovatelností a výhodnými specifickými vlastnostmi některých polymerů. [4]

Výrobky z plastů se stále více uplatňují ve všech různých odvětvích spotřebního průmyslu, kde nahrazují klasické materiály jako je např. kov, vlna, bavlna, kůže, papír, sklo, dřevo aj. V mnoha případech také zlepšují estetický vzhled a užité vlastnosti výrobků. [4]

Velký význam má využití plastů ve strojírenství, neboť nahrazují některé kovy a jejich slitiny. Využívá se zde jejich odolnosti proti korozi a chemikáliím, výborných kluzných vlastností a malé hustoty. Při zpracování plastů, se v porovnání s kovy, snižuje pracnost, a také se snižuje spotřeba elektrické energie. V elektrotechnickém průmyslu se využívá dobrých elektroizolačních vlastností plastů. Použití lehčených plastů s výbornými tepelně izolačními vlastnostmi se využívá ve stavebnictví. Neméně efektivní je využívání plastů a pryže v automobilovém a obuvnickém průmyslu, v zemědělství, obalové technice, v chemickém průmyslu, zdravotnictví a dalších oborech. [4]

V hromadné výrobě tvářených výrobků se klade hlavní důraz na vysokou technickou úroveň tvářecího náradí a na jeho životnost. Životnost určuje konstruktér podle počtu vyráběných kusů. Požaduje se, aby formy pracovaly naprosto spolehlivě, při automatickém pracovním cyklu. Dalším požadavkem je vysoká kvalita povrchu a přesnost rozměrů výrobků. Více se zdůrazňuje dlouhodobá životnost, která se u velkých sérií počítá na tisíce pracovních cyklů. [5]

Vzhledem ke stále se rozvíjejícím možnostem strojů a objevování nových materiálů dochází k neustálému zrychlování výrobního procesu. Tento rozvoj vede k vyšším nárokům na používané stroje a vstřikovací formy. Z ekonomického hlediska je vhodné konstruovat vícenásobné formy. Z technického hlediska je však u vícenásobných forem obtížné dodržet stejné vstřikovací podmínky u všech výstřiků. Proto je nutné zvolit správnou násobnost a rychlost výrobního cyklu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikováním se vyrábějí výrobky, které mají většinou charakter konečného výrobku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů. Jedná se o proces cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i reaktoplasty a gumárenské směsi. [12]

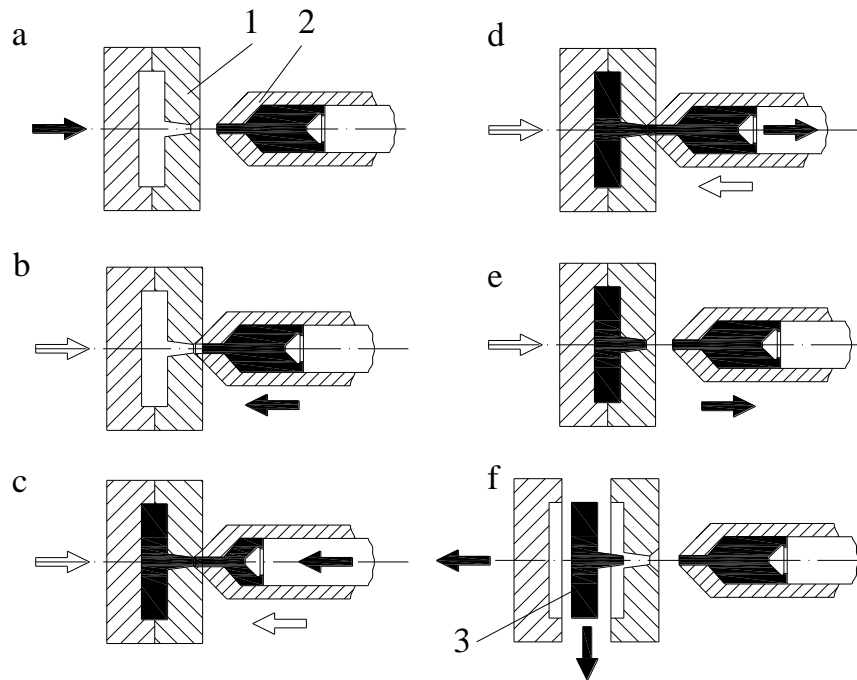
Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu, ve formě taveniny, vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny formy, kde ztuhne ve finální výrobek. [1]

Výhodami u vstřikování je krátký čas výrobního cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrá povrchová úprava. Naopak nevýhodami jsou vysoké investiční náklady a dlouhé doby nutné pro výrobu forem. [1]

1.1 Vstřikovací cyklus

Je to sled přesně po sobě jdoucích operací. Jedná se o proces, během něhož prochází plast teplotním cyklem. [12]

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti. Jedna se vztahuje k plastikační jednotce, druhá k formě. Schematicky je vstřikovací cyklus znázorněn na obrázku (*Obr. 1*). Po uzavření formy (a) se přisune plastikační jednotka tak, že vstřikovací tryska dosedne do ústí vtokového kanálu (b). Časový úsek, v němž se dutina formy plní, je tzv. doba plnění. Po zaplnění dutiny formy působí na vstříknutou hmotu tlak, tzv. dotlak (c). Doba, po kterou dotlak působí, je tzv. doba doplňování. Dotlak působí až do chvíle, kdy dojde k úplnému zatuhnutí vtokového ústí. Dále polymer tuhne ve formě bez působení vnějšího tlaku (d). V této fázi také začíná postupné doplňování vstřikovací komory plastikovaným materiálem. V další fázi (e) odjíždí plastikační jednotka od formy, forma se otevírá a výstřik se automaticky nebo ručně vyhazuje (f). Forma i plastikační jednotka jsou ve výchozí poloze a celý cyklus je možno opakovat. [3]



Obr. 1. Schématické znázornění vstřikovacího cyklu [3]

1 – forma; 2 – plastikační jednotka; 3 - výstřík

1.2 Vstřikované materiály

Plasty jako materiály jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami). Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy plastů. Nejčastěji vstřikujeme termoplasty. V menší míře se vstřikují reaktoplasty a gumárenské směsi. [1]

- termoplasty mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo nepřímé s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota se stává více viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochladnutí se dostanou řetězce opět do původního pevného stavu. Termoplasty lze opakovaně zpracovávat. [1]
- reaktoplasty mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzení) plastu (někdy i působením katalyzátoru). Jakmile je chemický proces ukončen, další tváření již není možné. [1]
- gumárenské směsi mají vlastnosti podobné jako reaktoplasty s tím rozdílem, že zesíťování (vulkanizace) je dosaženo přidáním vulkanizačního činidla. Vulkanizačními činidly mohou být síra, peroxid nebo oxidy kovů.

2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

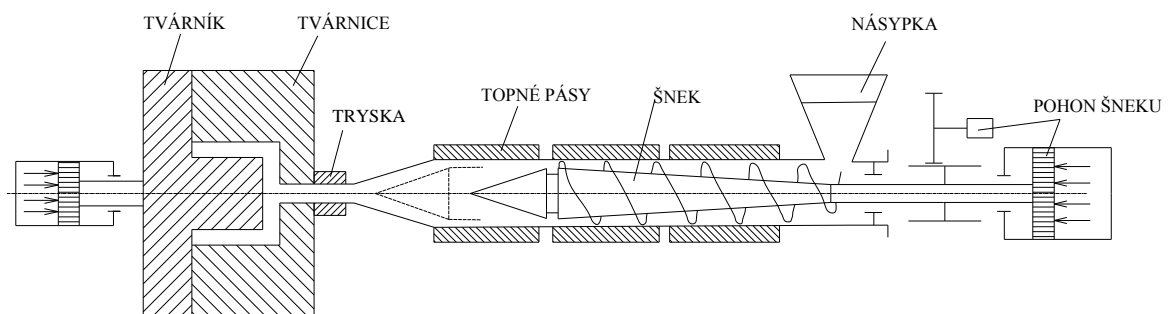
Úkolem vstřikovacího stroje je převést zpracovávaný materiál do plastického stavu a následně dopravit taveninu do dutiny formy. Konstrukce stroje je charakterizována podle vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky, ovládání a zařízení stroje. [1]

V dřívější době se používaly pístové vstřikovací stroje, ale postupem času je nahradily šnekové vstřikovací stroje. Mezi jejich přednosti patří [12]:

- spolehlivá plastikace a dobrá homogenizace materiálu,
- zabránění přehřívání materiálu v tavicí komoře,
- vysoký plastikační výkon a velký zdvihový objem,
- odstranění potíží při čištění komory a výměně materiálu,
- přesné dávkování materiálu,
- nízké tlakové ztráty během pohybu hmoty,
- vyšší účinnost zásahu do vstřikovacího procesu, (např. řízený dotlak).

Vstřikovací stroj musí splňovat tyto podmínky [1]:

- tuhost a pevnost v průběhu vstřikovacího cyklu
- konstantní tlak, rychlost, teplotu a jiné parametry v čase
- přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů



Obr. 2. Schéma vstřikovacího stroje [1]

2.1 Vstřikovací jednotka

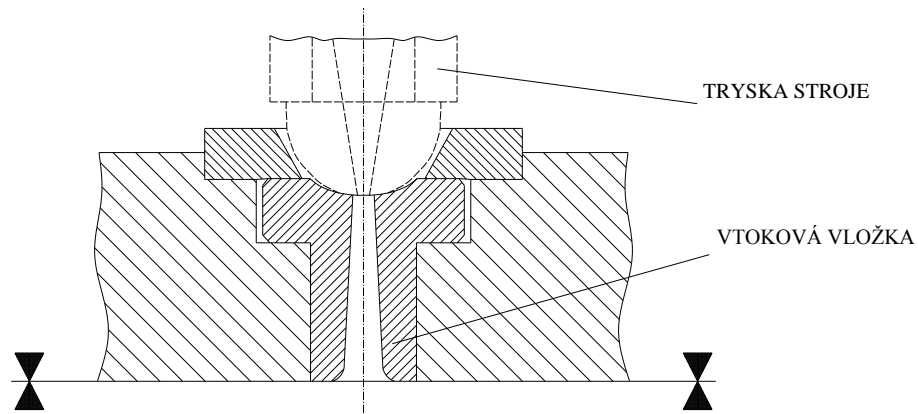
Vstřikovací jednotka se šnekovou plastikací je charakterizována parametry uvedenými v tabulce (Tab. 1)

Tab. 1. Parametry vstřikovací jednotky

označení	název	jednotka
D	průměr šneku	[mm]
L	délka šneku	[mm]
Q_v	vstřikovací kapacita	[m ³]
Q_p	plastikační kapacita	[kg.h ⁻¹]
$p_{vstř.}$	maximální vstřikovací tlak	[MPa]
v	objemová vstřikovací rychlost	[m ³ .s ⁻¹]

Vstřikovací kapacita Q_v představuje maximální objem taveniny, který lze na daném stroji vystříknout z tavicí komory do volného prostoru při jednom pracovním zdvihu šneku. Pokud vstřikujeme malé množství, setrvává zpracováváný materiál delší dobu ve vstřikovací jednotce, a tím může dojít k jeho degradaci. To se dá ovlivnit rychlejšími výrobními cykly. Plastikační kapacita stroje Q_p udává maximální množství taveniny v kilogramech, kterou je stroj schopen za jednu hodinu převést do plastického stavu. Materiál v plastickém stavu představuje množství hmoty, které bylo zahřáté na teplotu vstřikování, a bylo u něj dosaženo požadované teplotní homogenity. [12]

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

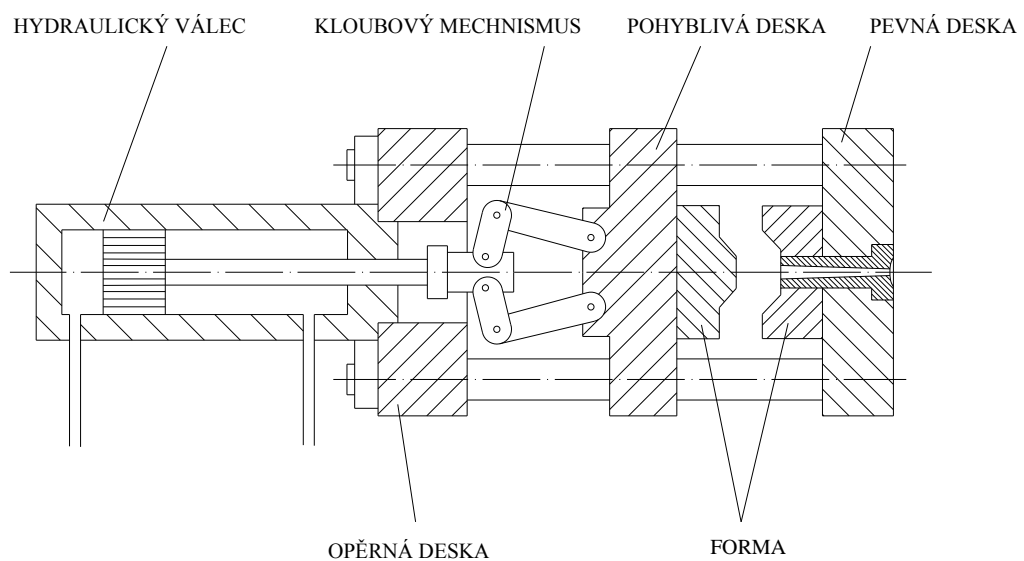


Obr. 3. Dosednutí trysky stroje na trysku formy [1]

Vstříkovací trysky mohou být otevřené a uzavíratelné. Otevřené se používají nejčastěji pro vstříkování taveniny s větší viskozitou. Uzavíratelné trysky zamezují samovolnému vytékání materiálu při plastikaci. K otevření trysky dochází otevřením jehlového ventilu při dosednutí trysky do sedla vtokové vložky. [1]

2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka slouží k ovládní formy. Zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je nastavitelná a je přímo závislá na velikosti vstříkovacího tlaku a ploše dutiny v dělicí rovině. Uzavírací mechanismus může mít nejrůznější druhy provedení. Nejčastěji se však používají mechanické, hydraulické nebo jejich kombinace. [1]



Obr. 4. Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [1]

2.3 Ovládání a stupeň řízení vstřikovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá re-produkovatelnost technologických parametrů bývá význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepříznivě kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. [1]

Současná koncepce vstřikovacích strojů se neobejde bez výkonné procesorové techniky. Pomocí procesorové techniky je pracovní cyklus sestaven do potřebných programových sekvencí a tím je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný. Řídící jednotka zaručuje:

- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení.
- nastavení doby a výšky teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiku.

Všechny tyto zmíněné parametry jsou řízeny tzv. zpětnou vazbou, která se snaží udržovat je konstantní při co nejmenší odchylce. [1], [6]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je nástroj, jehož používáním na vstřikovacím stroji vznikne výrobek z polymerní hmoty. Forma udává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností.[9]

Požadavky na vstřikovací formu [1]:

- technické, zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet součástí v dané kvalitě a přesnosti.
- ekonomické, vyznačující se vyznačují nízkou pořizovací cenou a nízkými provozními náklady
- společenskoekonomické, vyžadující dodržení všech bezpečnostních zásad

3.1 Konstrukce forem

Konstrukce vstřikovací formy je velmi nákladná a zdlouhavá. Výroba vstřikovaného dílu probíhá na vstřikovacím stroji v krátkém čase, za působení dostatečného tepla a tlaku. Základní požadavky na stroj a formu spolu úzce souvisí, protože dnes používané vstřikovací formy jsou technicky komplikovaná zařízení, na které jsou kladeny velké nároky. [9], [1]

U formy se vyžaduje [5]:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků pro zachycení potřebných tlaků,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vhodný temperační systém, vyha-zovací systém, odvzdušnění apod.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se projeví ve zvýšené pracnosti při jejich konstrukci i výrobě. Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. I když materiál forem (většinou ocel) dosahuje tvrdosti (38 – 45) HRC a kalené díly dosahují tvrdosti (50 – 60) HRC, bývá někdy nešetrné

zacházení příčinou jejich nedokonalé funkce, snížené přesnosti i životnosti. Proto je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze. [1], [15]

3.1.1 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce pak má následující postup [1]:

- posouzení výkresu výrobku z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Určení hlavní dělicí roviny popřípadě vedlejších rovin.
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě.
- stanovení koncepce vtokového a temperančního systému, vyhazovacího systému a odvzdušnění.
- volba vhodného středění a uspořádání formy s ohledem na bezpečnost.
- kontrola funkčních parametrů vstřikovací formy, hmotnost výrobku, průmětná plocha, vstřikovací tlak, uzavírací síla atd.

3.1.2 Druhy vstřikovacích forem

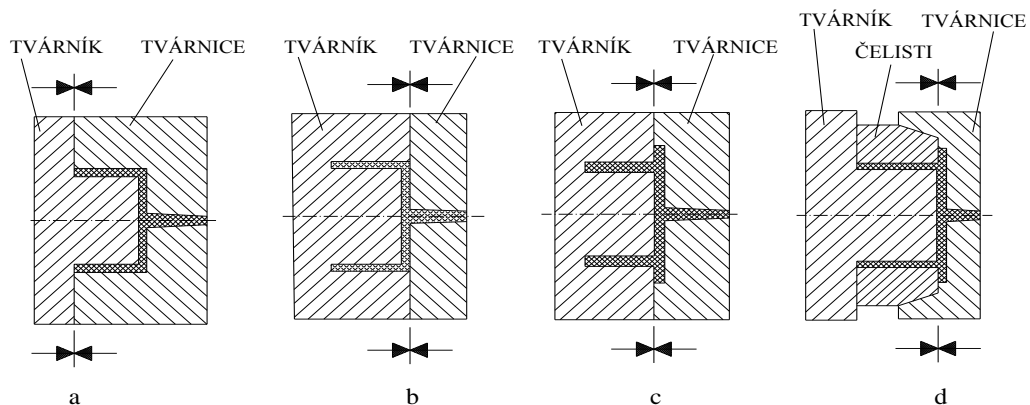
Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je rozdělit do následujících skupin [8]:

- a) podle konstrukce vstřikovacích strojů
 - s vtokem kolmo na dělicí rovinu
 - s vtokem do dělicí roviny
- b) podle násobnosti
 - jednonásobné
 - vícenásobné
- c) podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení
 - dvoudeskové
 - třidedkové
 - etážové
 - čelist'ové
 - vytáček

- d) podle způsobu vyhazování výstřiků
- s mechanickým vyhazováním
 - s pneumatickým vyhazováním
 - se stírací deskou
 - s kombinovaným vyhazováním

3.1.3 Zaformování výstřiku

Budoucí výstřík se musí do dělicí roviny zaformovat tak, aby při rozevírání formy nejprve opustil jednu část formy, zpravidla tvárnici, a spolehlivě zůstal až do vyhození na tvárníku. Díky smrštění vzniká mezi tvárníkem a výstřikem třecí síla, kterou je nutno překonat při vyhazování. Pokud je výstřík členitější, je nutné použít další dělicí rovinu (zpravidla kolmou k základní) vytvořenou čelistmi nebo posuvnými jádry. Čelisti nebo posuvná jádra vytvářejí části výstřiku, které nelze zaformovat do základních dělicích ploch. Umístění výstřiku je velmi náročné a vyžaduje značnou zkušenost. Existují přitom obecně platné zásady, které je třeba respektovat. Obrázek (Obr. 5) znázorňuje nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku. [3]



Obr. 5. Nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku [3]

a - tvárnice vytváří vnější a tvárník vnitřní tvar výstřiku

b, c - tvárník vytváří vnitřní i vnější tvar, tvárnice jen část vnějšího tvaru výstřiku

d - tvárník formuje vnitřní, tvárnice a čelisti vnější tvar výstřiku

Dělicí rovina bývá nejčastěji přímá. Nevyhneme se však ani šikmé nebo tvarované dělicí ploše. Takové plochy se řeší tak, aby při uzavírání formy nedocházelo k rozkladu sil, které by měly za následek značné namáhání dosedacích ploch. Pokud by docházelo k rozkladu sil, mohly by tyto síly způsobit i stranový posuv jedné poloviny formy proti druhé. Dělicí

plochy mají být provedeny s možností dolícování, aby stopy po dělení na výstřiku byly co nejmenší. Správné zaformování může ovlivnit celkovou konstrukci formy, pracnost její výroby a často i funkční nebo provozní spolehlivost. [3]

3.1.4 Návrh plastového dílu

Plastové díly svou konstrukcí patří mezi součásti s vysokou tvarovou složitostí. Většina součástí je řešena jako vyztužené skořepiny, to znamená, že mají při poměrně malé tloušťce stěn zvýšenou tuhost dosaženou výztužným žebrováním. Cílem není pouze snížit spotřebu plastu na výrobu součásti, ale také zajistit nízkou hmotnost a tvarovou stálost plastového dílu včetně jeho vysoké odolnosti vůči mechanickému namáhání. Snahou při návrhu plastového dílu je, aby při minimální hmotnosti konstrukce dosáhnout maximální tuhosti dílu. [13]

3.2 Vyhazování výstřiků

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny formy vysune nebo vytlačí výrobek. K vyhození slouží vyhazovací zařízení, které má svou funkci zajišťovat automatický nebo poloautomatický výrobní cyklus. [2]

Vyhazovací cyklus má dvě fáze:

- dopředný pohyb (vlastní vyhození výrobku z formy)
- zpětný pohyb (návrat vyhazovacího systému do původní polohy)

Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení, může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkčních dutin nebo jako část tvárníku. [2]

3.2.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků je nejrozšířenějším, nejlevnějším a také velmi spolehlivým způsobem vyhazování. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Aby byl výstřik vyhozen bez poškození, musí být zvolen správný tvar a umístění vyhazovačů. Vyhazovací kolík se musí opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a při vyhazování výstřiku nesmí dojít k jeho deformaci.

Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Musíme dbát na to, aby se nám vyhazovací kolíky neprotínaly s kanály temperačního systému. Forma by pak nebyla správně funkční. Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/k6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. Vůle v uložení plní částečně funkci odvodu vzduchu. [2]

3.2.2 Vyhazování pomocí šikmých válcových kolíků

Vyhazování pomocí šikmých válcových kolíků řadíme do skupiny mechanického vyhazování. Šikmé kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Úhel sklonu kolíků bývá od 15° do 25° (výjimečně 30°). Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Hluboké zápichy se odformovávají pomocí šikmých válcových kolíků, které procházejí tvárnici, ve které je pro ně vytvořeno vedení. Tvárnice je uložena ve vedení a při otvírání formy je tvárnice nucena konat pohyb po vedení a tím dochází k odformování výstřiku. Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu, a je možné ho kombinovat i s přímým vyhazováním. Je snahou, aby způsob byl funkčně spolehlivý a výrobně jednoduchý. [2]

3.2.3 Vyhazování pomocí lomených kolíků

Vyhazování pomocí lomených kolíků je téměř stejné jako vyhazování pomocí šikmých válcových kolíků s tím rozdílem, že může dojít ke zpoždění odsunu posuvných čelistí při otvírání formy. Tím je možné vytáhnout čelist s jádrem při téměř jakémkoliv otevření formy. Výhodou oproti šikmým kolíků je, že sklon uzavíracích ploch může být menší. Úhel sklonu kolíků bývá od 12° do 25°, a vůle mezi lomeným kolíkem a čelistí bývá (0,2 - 0,5) mm. Lomené kolíky se vyrábí i s obdélníkovým průřezem, který má větší nosnou plochu než válcový průřez. Poměr stran u obdélníkových lomených kolíků bývá 1:1,5 až 2. [2]

3.2.4 Vyhazování stírací deskou

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Deformace na výstřiku jsou minimální

a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde vzniká nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných výstřiků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírací desku lze použít tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo pod mírným úhlem. Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstřiku od stírací desky (např. odpruženým vyhazovačem). To proto, že zde často dochází k nalepení výstřiku na stírací desku. Výstřik zůstane přichycen na stírací desce díky svým povrchovým napětím a elektrostatické síle. Lze použít i ofukování stlačeným vzduchem. [2]

Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen [2]:

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

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku, spojenou táhly, se stírací deskou. Síla může být také vyvozena pružinami, hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením. Na stírací desce bývá přišroubován tzv. stírací kroužek, který zvyšuje životnost desky. Nedochozí tedy k opotřebení stírací desky, ale opotřebovává se stírací kroužek, který se po opotřebení vymění. [2]

3.2.5 Vyhazování pomocí trubkového vyhazovače

Je speciálním případem stírací desky. Trubkový vyhazovač připomíná svou konstrukcí válcový vyhazovač, ale svou funkcí se podobá stírací desce. Skládá se z pevné a pohyblivé části. Pevnou část tvoří jádro vyhazovače, které bývá většinou ukotveno v levé upínací desce. Pohyblivou částí je trubka ukotvená ve vyhazovacích deskách. Jádro trubkového vyhazovače může plnit také funkci tvárníku. [2]

3.2.6 Vzduchové vyhazování

Je vhodné pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače) bez záruky dobré funkce. 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. Použití pneumatického vyhazování je ome-

zeno jen na některé tvary výstřiků. Nevýhodou je, že může dojít k nerovnoměrnému otvírání prostřednictvím stlačitelnosti vzduchu. [2]

3.2.7 Hydraulické vyhazování

Využívá se k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Také se využívá k ovládní bočních posuvných čelistí pro svou jednoduchou konstrukci a zaručenou funkci. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače, se setkáváme jen výjimečně. [2]

3.2.8 Dvoustupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se používá například k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci s jiným způsobem vyhazování. [2]

3.2.9 Zpětný chod

Návrat vyhazovacího systému při uzavírání formy je důležitou složkou jeho činnosti. Pokud dojde k zachycení výstřiku na vyhazovači, dojde při zpětném pohybu k jeho setření. To umožňuje automatizovat výrobu. Zpětným pohybem se vyhazovací systém vrací do původní polohy, aby se mohl konat další vstřikovací cyklus. [2]

Zpětný pohyb může být zajištěn:

- vratnými kolíky, kterými se vrátí vyhazovací systém současně s uzavřením formy.
- pružinami, jež působí na vyhazovací systém stále a při odlehčení dopředného tlaku se vrací do původní polohy
- klíny a vačkami, používají se při nutnosti návratnosti systému ještě před uzavřením formy. Je vhodný u forem s menšími zdvihy vyhazovačů, a u forem s bočními jádry

3.3 Temperace forem

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.

Dutina formy se během vstřikování vyplní taveninou, která se v dutině ochlazuje na teplotu vhodnou k vyjmutí výstřiku. Temperace ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá, ale každý další výstřik je třeba vyrobit při stanovené teplotě. Je proto nutné přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy. [2]

Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy. V takovém případě jsou tepelné ztráty formy větší, než ohřátí formy taveninou a musí se naopak ohřívát. Také před zahájením výroby je nutno nejprve formu vyhřát na pracovní teplotu. Jinak by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiků. [2]

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální hodnotě po celém povrchu její dutiny (podle druhu zpracovávaného plastu)
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku

Dobře řešený temperační systém zajišťuje zvýšení tepelné i rozměrové stability formy a snížení nebezpečí deformace výstřiku. [2]

3.3.1 Obecné zásady volby temperačních kanálů

Správně zvolený temperační systém se musí řídit těmito zásadami [2]:

- kanály umístit v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny formy při zachování její dostatečné tuhosti
- kanály umístit a dimenzovat tak, aby teplo bylo intenzivně odváděno z míst, kde je forma ve styku s proudem vstřikované taveniny

- průtok temperačního média regulovat tak, aby při chlazení proudila kapalina od nejteplejšího místa formy k nejchladnějšímu místu formy. U ohřívání naopak.
- průřez temperačního kanálu volit z výrobních důvodů kruhový. Je však možné volit i jiný průřez.
- rozmístění kanálů se volí s ohledem na tvar výstřiku
- po cestě temperačního média se nemají vytvářet mrtvé kouty z důvodu usazování nečistot a vodního kamene.
- průměr temperačního kanálu nemá být menší než 6 mm, jinak hrozí ucpání nečistotami, vodním kamenem apod.

Výkon temperačního okruhu lze zvýšit [2]:

- zvětšením rozdílu teploty formy a temperačního média
- vytvořením podmínek pro zvětšení součinitele prostupu a přestupu tepla, vzdáleností temperačních kanálů od líce formy, vznikem turbulentního proudění, použití materiálu s větší tepelnou vodivostí apod.
- zapojením zvláštní větve chlazení

3.3.2 Temperační prostředky

Temperační prostředky jsou média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělují se na [2]:

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

Volba temperačních prostředků je ovlivněna především koncepcí formy a požadavky na technologii výroby výstřiků. Používají se ve vzájemné vazbě.

Aktivní prostředky představují [2]:

- kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály vytvořenými uvnitř formy. K přestupu tepla dochází mezi formou a kapalinou. Charakteristika kapalin, které se obvykle používají je uvedena v tabulce (

- vzduch se používá buď jako volné proudění (při odvodu tepla z povrchu formy a při chlazení tvarových částí po dobu otevření formy), nebo nucené proudění působením tlaku či podtlaku. Vzhledem ke své malé účinnosti se chlazení vzduchem používá tam, kde není dostatek místa pro chlazení kapalinou. Vzduchem se chladí tenké tvárníky, jádra atd.
- topné elektrické články se využívají především k temperaci forem s požadovanou vyšší teplotou v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší, než teplo dodané vstříkovaným plastem.

Tab. 2. Charakteristika kapalin používaných k temperaci

Typ	Výhody	Nevýhody	Poznámka
voda	vysoký přestup tepla nízká viskozita nízká cena ekologická nezávadnost	použitelné do 90°C vznik koroze usazování vodního kamene	v tlakových okruzích je možno vodu použít i při vyšších teplotách
olej	možnost temperace i nad 100 °C	zhoršený přestup tepla	
glykol	omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí znečišťování prostředí	

Pasivní prostředky představují [2]:

- tepelně izolační materiály. Využívají se především pro omezení přestupu tepla do upínacích desek vstříkovacího stroje a to v případech, kdy požadujeme vysokou teplotu formy. Pro omezení ztrát tepla vyzařováním se vnější část upínacích desek formy tepelně izoluje.
- tepelně vodivé materiály. Využívají se k odvodu respektive přívodu tepla z míst obtížně temperovatelných (tenké tvárníky, vtokové trysky) do míst, kde lze již odvod respektive přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. K výrobě obtížně temperova-

telných součástí se používá materiálů jako je např. měď a její slitiny s Be, Co, Zr, Cd, Sn, nebo hliník a jeho slitiny. Použití těchto materiálů je omezeno jejich vlastnostmi (pevnost, tvrdost, korozní odolnost, otěruvzdornost, rozměrová stabilita apod.)

- tepelná trubice. Zařízení, které umožňuje intenzivní přenos látky z oblasti o vyšší teplotě do oblasti o nižší teplotě i při malém rozdílu teplot. Trubice je uzavřena zátkami na obou stranách a je částečně naplněna vhodnou teplonosnou látkou. Při ohřevu jedné části trubice teplem ze zdroje se teplonosné medium vypařuje a přitom odebírá značné množství tepla. Vzniklé páry proudí vnitřním evakuovaným prostorem trubice do opačné chlazené části, kde kondenzují. Při kondenzaci je předáváno výparné teplo chladicímu prostředí. Vypařování i kondenzace probíhá i při malém rozdílu teplot. Pro uzavření pracovního cyklu se musí zajistit nepřetržitý vratný tok zkondenzovaného teplonosného media z chlazené do ohřívané části trubice. Tepelné trubice se dělí na gravitační, rotační a kapilární. U gravitačních se přemísťuje náplň trubice působením zemské tíže. Rotační tepelné trubice využívají odstředivých sil. Kapilární jsou nejuniverzálnější, protože mohou pracovat v jakékoliv poloze. Kapilární tlak zajišťuje vhodná kapilární soustava (jemné drážky, vrstvy drátěné tkaniny aj.).

3.4 Studené vtokové systémy

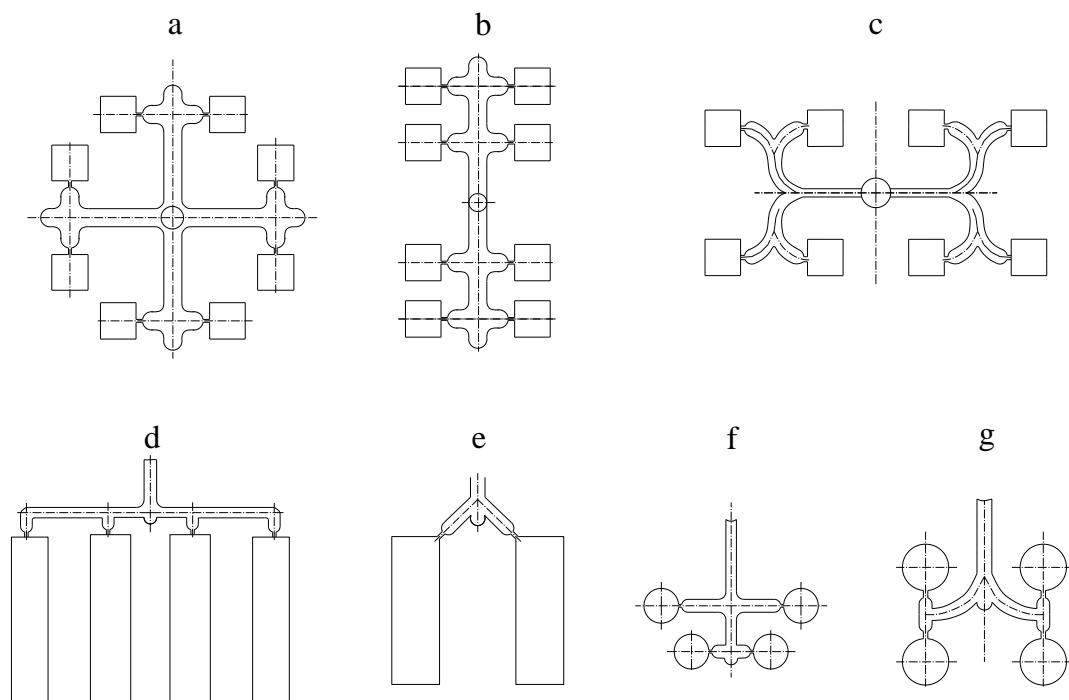
Tavenina proudí od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy vtokovým systémem. Dutina formy by se měla naplnit v co nejkratším čase a s minimálním odporem. Tavenina je vstřikována do relativně studené formy velkou rychlostí. Při průtoku taveniny studeným vtokovým systémem na povrchu prudce roste viskozita, nejmenší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje velké vstřikovací tlaky (40 až 200 MPa). Po zaplnění tvarové dutiny taveninou vzroste prudce odpor a poklesne průtok. Nastává postupné tuhnutí odvodem tepla do stěn formy. [1]

Vlivem tření taveniny dochází k vývinu tepla. Teplo je koncentrováno do míst nejvyššího smykového napětí. Zvýšení teploty je krátkodobé, může však dojít ke zvýšení teploty až o 20 °C (záleží na materiálu), a tím může dojít k degradaci materiálu.[7]

3.4.1 Obecné zásady řešení studených vtokových kanálů

Funkční zásady vtokového systému musí zabezpečit aby [1]:

- dráha toku od vstřikovacího stroje a dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a existenci míst se sníženou pevností tzv. studených spojů.

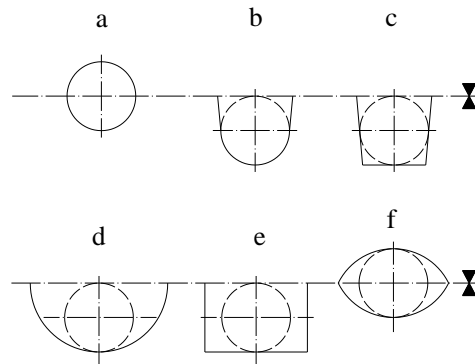


Obr. 6. Obecné zásady volby vtokového systému [1]

a,c,e,f,g – vhodná řešení ; b,d – nevhodná řešení

- průřez vtokových kanálů musí zajistit vyplnění tvářecí dutiny a umožnit působení dotlaku. Musíme však přihlídnout ke spotřebě plastu. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazování minimální. Této podmínce nejlépe vyhovuje kruhový průřez.

Na (Obr. 7) jsou vyobrazeny průřezy výrobně vhodných a výrobně nevhodných kanálů. Podmínce, že kanál při minimálním povrchu má mít co největší průřez vyhovují pozice a, b, c vyobrazené na zmíněném obrázku.



Obr. 7. Průřezy vtokových kanálů [1]

a, f – výrobně nevýhodné

b, c, d, e – výrobně vhodné

3.5 Vyhřívání vtokové soustavy

Vyhřívání vtokové soustavy umožňuje vstřikování bez vtokového zbytku. Tavenina po naplnění formy zůstává v plastickém stavu. To umožňuje použít bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. Výrobní náklady formy s vyhříváním vtokovou soustavou jsou vyšší, než u forem se studeným vtokem. Zvyšuje se také energetická náročnost formy. [1]

Výhody forem s vyhříváním vtokovou soustavou [1]:

- automatizace výroby
- zkracuje výrobní cyklus
- snižuje spotřebu plastu
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokového zbytku

3.5.1 Isolované vtokové soustavy

Isolované vtokové soustavy jsou bez ohřívání ústí vtoku. Rozváděcí bloky pracují s teplotami nižšími, než je bod tavitelnosti zpracovaného plastu. Rozváděcí kanály vedou k jednotlivým tvářecím dutinám formy. Mají velký průřez, protože proudící tavenina se na chladných stěnách kanálu ochlazuje a vytváří tak tepelně izolující vrstvu ztuhlého plastu ve formě trubky. Uvnitř této trubky proudí horký plast. V místě ústí vtoku plast rychle ztuhne,

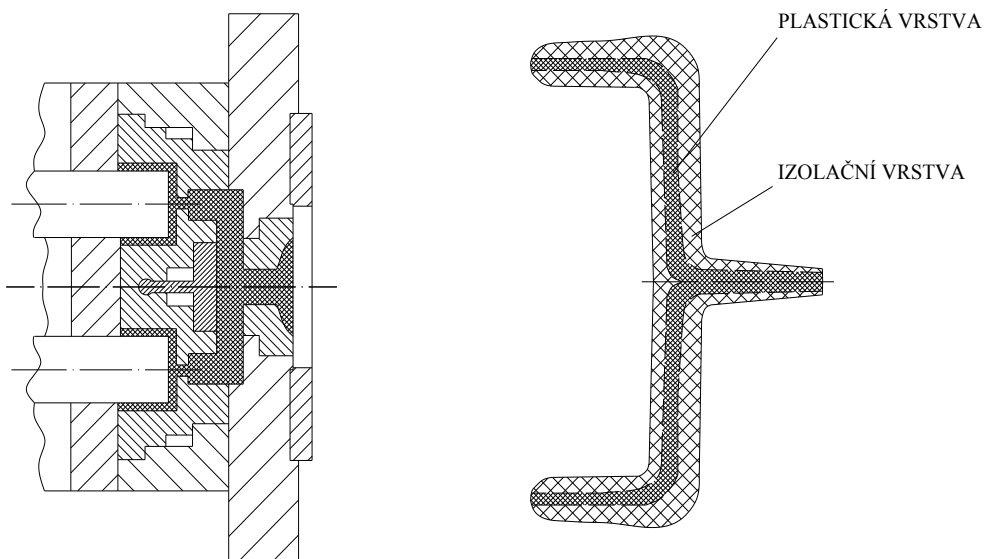
a při vyhození výstřiku se vtok oddělí. Při dalším vstřiku se ústí vtoku horkou taveninou pod vstřikovacím tlakem opět otevře. [3]

Výhody této konstrukce [3]:

- relativně nízké náklady na výrobu
- nižší spotřeba energie, protože zde nejsou přídavná topení
- velmi dobrá těsnost proti unikání taveniny

Nevýhody této konstrukce [3]:

- při delším přerušení ztuhne tavenina v celém průřezu rozváděcího kanálu, proto musí být formy konstruovány tak, aby se daly snadno a rychle ve vstřikovacím stroji rozvírat a ztuhlá vtoková větev vyjímat.
- vstřikovaný plast má mít široký rozsah zpracovatelských teplot
- dochází ke strhávání izolační vrstvy proudící taveninou



Obr. 8. *Isolované vtokové soustavy [1]*

3.5.2 Vytápěné rozvodné bloky

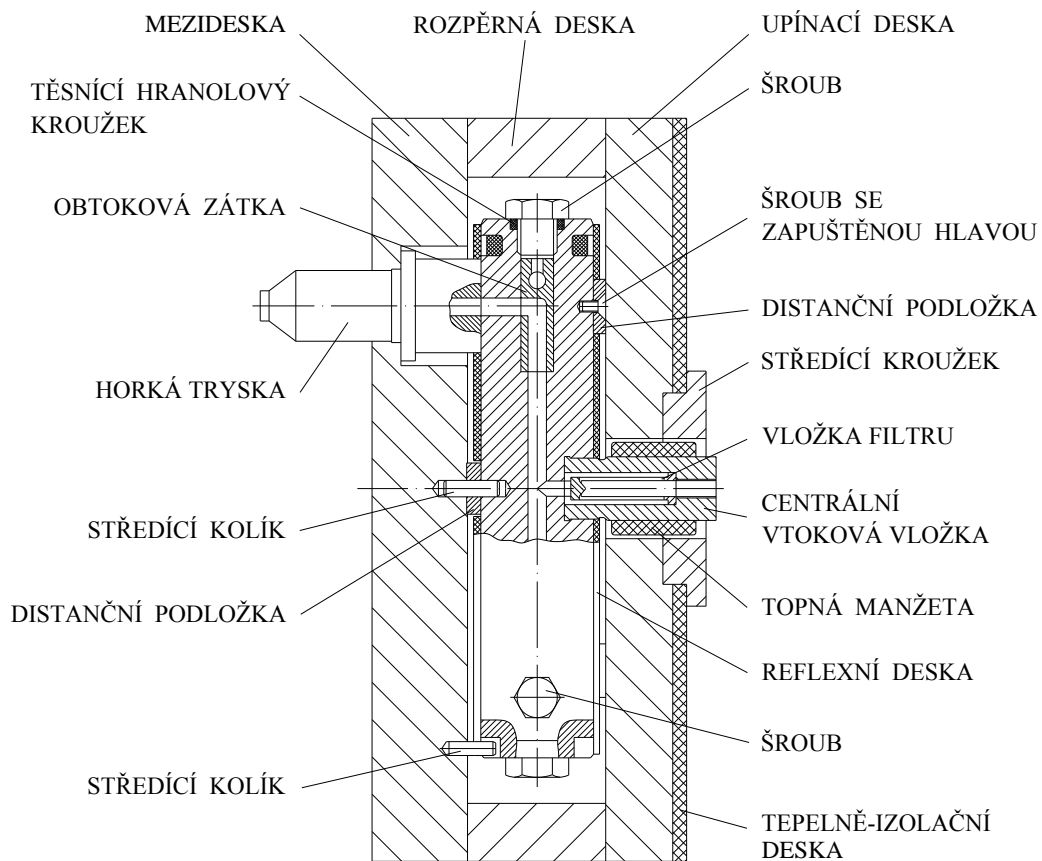
Obvyklým řešením je také uložení rozváděcích kanálů do ohřívaného rozváděcího bloku nebo desky. Je vložen mezi tvarovou a upínací desku formy. Jsou v něm vyvrtány rozvádě-

cí kanály, kterými proudí tavenina. Teplo, přiváděné do bloku topnými elementy, vstupuje do taveniny stěnami rozváděcího kanálu. [3]

Rozváděcí blok se běžně ohřívá [3]:

- válcovými topnými tělesy
- topnými deskami
- topnými tyčemi zalitými v bloku

Teplota rozváděcího bloku se reguluje různými regulačními přístroji pomocí snímačů teploty. [6]



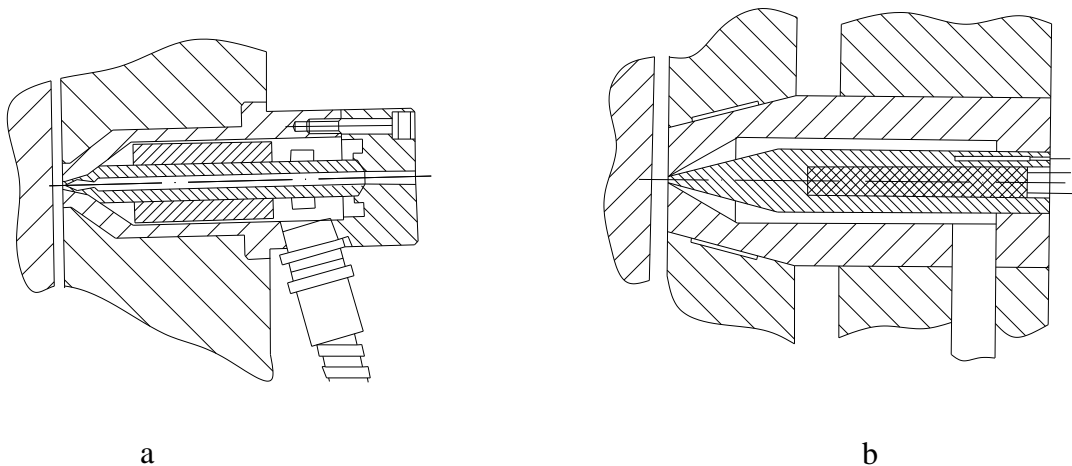
Obr. 9 Horký vtokový systém [14]

3.5.3 Vyhřívání trysky

Konstrukce vyhřívání trysky umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána

jiným zdrojem vtokové soustavy. Vyhřívané trysky umožňují zlepšit technologické podmínky vstříkávání. Nepřímo ohřívané trysky mají dvě provedení [1]:

- dotápěná tryska s izolovaným rozvodem vtoku. Obsahuje miniaturní topné těleso, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. Zde je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus
- dotápěná tryska rozvodovým blokem se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší než předchozí způsob. Používá se pro vícenásobné formy.



Obr. 10. Vyhřívaná tryska [1]

a - s vnějším vytápěním

b - s vnitřním vytápěním

Vlastní vyústění vtoku do dutiny formy může být provedeno [1]:

- jedním otvorem, tzn. přímo proti vtokovému kanálu. Při rychlejším pracovním cyklu však někdy nestačí tavenina zatuhnout a na výstřiku zůstane stopa ve tvaru výstupku.
- více otvory. Zde je odstraněna nevýhoda popisovaná v předchozím způsobu. Obvykle se vyrábí dva nebo tři otvory o průřezu 1 až 3 mm podle hmotnosti výstřiku.

Otvory bývají skloněny k ose vtokové vložky pod úhlem 15° až 30°.

3.6 Výroba závitů

Vstřikováním lze vyrábět výstřiky s vnitřním i vnějším závitem (např. šroubové uzávěry na lahve a tuby). Problémem při výrobě výstřiků se závitem je odformování a vyhazování. [2]

Vstřikované závity mají lepší mechanické vlastnosti než závity dodatečně obráběné, protože vlákna se při obrábění potrhají a dochází tak k poklesu pevnosti. Profil vyráběného plastového závitu by neměl být jemný a ostrý. Z pevnostních důvodů se doporučuje vyrábět závity s větším stoupáním, většího průměru bez ostrých hran a s velkým nosným profilem. Doporučené typy závitů jsou oblý, trapézový a jim podobné závity. Vhodné jsou také závitů přerušované, které jsou snadnější na odformování. Můžeme vyrobit jak závity vnější, tak i závity vnitřní. [2]

Závit v menších sériích se vyrábí ve formách [2]:

- jednodílných čelist'ových
- dvoudílných čelist'ových rozevíracích i výměnných
- s výměnnými závitovými jádry
- s pevným stíracím závitovým trnem
- pomocí rozpínacích trnů nebo vložek

Při sériové výrobě se používá poměrně složitých forem s automatickým vytáčením a dokonalým vyhazováním. Způsob vytáčení se dá řešit pomocí [2]:

- šroubu a matice s velkým stoupáním ovládané pohybem formy
- ozubené tyče s ozubeným kolem také ovládané otvíráním a uzavíráním formy
- ozubené tyče s ozubeným kolem, ovládané hydraulickým válcem
- přídatného elektromotoru
- jiného vytáčivého uspořádání

Pro vyšroubování závitového trnu se používá nejrůznějších způsobů [2]:

- ručně s pomocí přípravků mimo vstřikovací stroj
- s pomocným zařízením, většinou v otevřené formě. Pohon vytáčecích elementů se realizuje pomocí elektromotoru, ozubeným hřebenem spojeným s hydraulickým nebo pneumatickým válcem. Výhodou je možnost opakování vytáčecího cyklu. Nevýhodou je nutnost přídatného energetického zdroje.

Vytáčení závitových trnů může být provedeno během otvírání formy nebo pohybem vyhazovacího trnu. Při otvírání formy se pohybový šroub otáčí spolu s ozubeným kolem a po-

hání další ozubené kolo, upevněné na vytáčecím trnu. Otáčivým pohybem se vytáčí z výstřiku trn a zašroubovává se do nepohybující se matice. Když je trn z výstřiku vytočen, pomocí táhla je posunuta stírací deska, která výstřik vyhodí. Při uzavírání formy se vytáčecí trn zašroubuje zpět do výchozí polohy pro vstřikování prostřednictvím pohybového šroubu a ozubených kol. V průběhu pracovního cyklu nesmí pohybový šroub opustit matici. [2]

Aby mohlo dojít k vytočení závitového trnu z výstřiku, musíme zamezit otáčivému pohybu výstřiku. U nerotačních tvarů nemůže dojít k otáčení výstřiku, ale u rotačních tvarů ano. Tomu je zabráněno jednoduchým konstrukčním způsobem, kdy jsou na výstřiku vytvořeny zářezy nebo výstupky, které brání pootočení. Pokud není možné na výstřiku vytvořit zářezy nebo výstupky, volí se vstřikování bočním vtokem, kterým je výstřik zabezpečen proti pootočení. [2]

3.6.1 Vytáčecí trn

K odformování závitu vytáčením byla doposud vyvinuta celá řada konstrukcí. Výstřik a trn při otáčení mohou mít celou řadu způsobů vzájemného pohybu [2]:

- trn se otáčí a posouvá výstřik, který se neotáčí
- trn se otáčí a posouvá ze stojícího výstřiku
- výstřik se otáčí i posouvá ze stojícího závitového trnu

Způsob odformování, který bude ve formě použit, závisí převážně na tvaru výstřiku a ovlivňuje celkovou koncepci formy. Axiální pohyb je vyvolán otáčením šroubu ve stojící matici, která je pevně ukotvena v desce formy. Stoupání závitu matice i výstřiku musí být stejné. U trnu, který se jen otáčí a nekoná axiální pohyb je jeho uložení jednodušší. Trn, který se ve formě posouvá, se musí před uzavřením formy vrátit do výchozí polohy. Dobrá funkce formy s vytáčecími závitovými trny vyžaduje přesnost jednotlivých dílů při jejich výrobě. Vlastnosti forem s vytáčecím zařízením jsou uvedeny v příloze (P I). [2]

3.6.2 Pohyblivé elementy vytáčecích forem

Pro výrobu všech pohybových součástí systému vytáčecích forem (vytáčecí trn, ozubená kola, pohybový šroub apod.) je nutné použít na výrobu kvalitních, nejlépe nástrojových ocelí, které jsou vhodně tepelně upraveny. Také se doporučuje volit rozdílně tvrdé materiály (ocel – bronz atd.). Tím docílíme snížení tření a kvalitnější chod u vzájemně pracujících

součástí. U spojení pohybového šroubu s maticí se často sníží tření speciálně upravenou maticí s kluznými válečky nebo s odlitou maticí z kompozice apod. Důležité je také mazání všech pohybových částí. [2]

Stoupání pohybového šroubu se má pohybovat mezi (60 – 200) mm. Výška profilu závitu je velká, protože přenáší velké síly. Pohybový šroub bývá vyroben z oceli o pevnosti asi 1000MPa. Záleží na zvoleném materiálu a způsobu zpracování. Matice se obvykle vyrábí z bronzu a podobných kovů, případně s různými kluznými i valivými elementy. Délka pohybového šroubu bývá omezena. Pokud není dostatečná pro odformování, musí se počet otáček zvýšit vhodným převodem ozubených kol. [2]

3.6.3 Čelist'ové formy pro závity

Čelist'ové formy umožňují výrobu výstřiků s vnějším závitem. Podle konstrukce je lze rozdělit na jednodílné a dvoudílné. U závitů ve dvoudílných vložkách může dojít k přesazení závitových čelistí formy. Přesazení způsobí nepřesnost u závitu, a také může dojít ke vzniku otřepů. Tomu lze zabránit vytvořením výřezu v místech spojů, ale přesnost závitu se tím nezlepší. [2]

Osa závitu u dvoudílných závitových čelistí je buď rovnoběžná, nebo kolmá na dělicí rovinu. Při otvírání se čelisti od sebe oddálí a výstřik se závitem se z formy snadno vyjme. Dvoudílné čelisti lze otvírat - ručně (mimo formu)

- nuceně (přímo ve formě)

U ručního otvírání se využívá různých přípravků. U nuceného otvírání se využívá např. šikmých kolíků, lomených kolíků, uzavíracími klíny atd. [2]

3.6.4 Výměnné závitové trny

Při výrobě menší série výstřiků s závitem se nevyplatí konstruovat formu s vytáčecím zařízením. Při využití výměnných závitových trnů je konstrukce formy jednodušší. Nevýhodou však je prodloužení pracovního cyklu. [2]

Závitové trny mohou být [2]:

- výměnné a vyšroubovatelné

Nevýhodou je prodloužení pracovního cyklu z důvodu vkládání pevných závitových trnů do formy. Výstřiky vyrobené pomocí závitových trnů jsou však dostatečně přesné. [2]

Výstřík je z formy vyhozen i s výměnným závitovým trnem, který je z výstřiku vyšroubován ve speciálních přípravcích mimo stroj. Výhodou jsou trny s přerušovaným závitem, kterým k vyšroubování stačí jen část otáčky. Trny se závitů by měli být hladké, nejlépe broušené, aby vyšroubování bylo snadné. [2]

- rozpínací (kleštiny)

Mechanismy vytáčecích forem lze nahradit rozpínacím kleštinovým tvárníkem. Speciální kleština je udržována v rozevřeném stavu kuželovým trnem. Při otvírání formy se trn z kleštiny vysune, ta se vlastní pružností sevře, a výstřík je z formy vyhozen stírací deskou. Výroba formy je pak mnohem jednodušší, i když výroba kleštiny je složitá a náročná. Nevýhodou je, že kleštinové tvárníky je možné využít jen pro větší průměry závitů. [3]

U některých plastů se nemusejí pevné trny z výstřiku šroubovat, ale setřou se stíracím kroužkem. Využívá se pružnosti plastů. Povolené protažení ukazuje tabulka (Tab. 3) i s vhodnými druhy plastů. [2]

Tab. 3. Plasty používané pro stírací závitové trny a velikosti dovoleného protažení

Materiál	Max. $\frac{D-d}{D} \cdot 100$	Materiál	Max. $\frac{D-d}{D} \cdot 100$
ABS	8%	PE-LD	21%
SAN	nevhodný	PE-HD	6%
PS	nevhodný	PP	5%
POM	5%	PC	nevhodný
PA	9%	PPO	nevhodný

4 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část je rozdělena na tři kapitoly. První kapitola se zabývá obecným popisem vstřikování jeho výhodami a nevýhodami. Podrobný popis vstřikovacího cyklu popisuje sled po sobě jdoucích operací od příjezdu plastikační jednotky k formě až po vyhození hotového výstřiku z dutiny formy. V další části je rozdělení materiálů ke vstřikování a popis jejich základních vlastností.

Druhá kapitola je věnována popisu vstřikovacího stroje a podmínkám, které by měl vstřikovací stroj splňovat. Úkolem vstřikovacího stroje je převést zpracovávaný materiál do plastického stavu a následně dopravit zplastikovaný materiál do dutiny formy. Ke vstřikovacímu stroji nezbytně patří jeho ovládání, vstřikovací a uzavírací jednotka, jejichž funkce je v kapitole popsána.

Třetí kapitola se zabývá možnostmi konstrukce vstřikovací formy. Popisuje postup při konstrukci vstřikovací formy, druhy vstřikovacích forem a způsoby zaformování výstřiku. Dále popisuje způsoby vyhazování výstřiku z dutiny formy jejich konstrukční řešení spolu s výhodami a nevýhodami daného vyhazovacího systému. Temperační systém je zaměřen na obecné zásady při volbě temperačních kanálů. Dobře řešený temperační systém zajišťuje zvýšení tepelné i rozměrové stability výrobku a snížení nebezpečí deformace výstřiku. Vtokový systém je rozdělen na studený vtokový systém a na vyhřívané vtokové soustavy. U vyhřívané vtokové soustavy jsou popsány konstrukční řešení a možnosti použití u izolované vtokové soustavy, vytápěných rozvodných bloků a vyhřívaných trysek.

Ve třetí kapitole jsou popsány možnosti výroby závitů vstřikováním. Se vstřikovanými výrobky se závitem je možné se setkat nejčastěji ve formě různých druhů uzávěrů. Závity se vyrábějí pomocí vytáčecích trnů, pohyblivých elementů vytáčecích forem, čelistových forem a výměnnými závitovými trny.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma
- vymodelovat 3D model zadaného plastového dílu
- vymodelovat sestavu vstřikovací formy pro zadaný plastový díl
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy

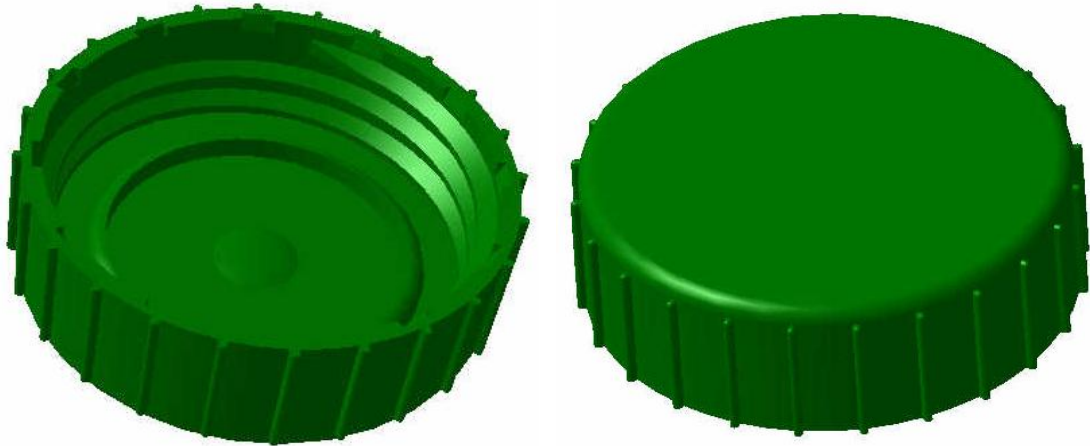
Teoretická část je zaměřena na problematiku vstřikování, obecné zásady při konstrukci a možnosti konstrukce vstřikovacích forem. Teoretická část také obsahuje popis funkce vstřikovacího stroje a základní vlastnosti materiálů vhodných ke vstřikování.

Praktická část je zaměřena na konstrukci vstřikovací formy. Cílem bylo navrhnout vstřikovací formu, která bude obsahovat normálie zrychlující a zlevňující konstrukci. Konstrukce vstřikovací formy musí splňovat tyto požadavky:

- spolehlivou funkci
- požadovanou jakost výrobků
- nízké náklady na výrobu

6 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

Zadaným výrobkem je uzávěr plastového barelu (kanistru), určeného pro balení a přepravu kapalných látek různého původu.



Obr. 11. 3D model výrobku

Na vnější válcové části výrobku jsou žebra, sloužící proti prokluzu při manipulaci s uzávěrem. Na vnitřní válcové části je lichoběžníkový nerovnoramenný závit se stoupáním 5 mm. Uvnitř uzávěru je vyroben kruhový výstupek, vedle kterého se vlepuje těsnění z důvodu zlepšení těsnosti. Těsnění se vlepuje až v konečné fázi výroby do hotového výstřiku.

6.1 Materiál výrobku

Zvoleným materiálem je polypropylen PP. Polypropylen se řadí do skupiny termoplastů. Má velmi dobré mechanické vlastnosti a mimořádnou odolnost proti stárnutí. Je použitelný v širokém rozsahu teplot a má velmi malou nasákavost. Pro své dobré vlastnosti se využívá v mnoha odvětvích průmyslu. [15]

Z velkého množství druhů polypropylenů byl vybrán Metocene X50109 vyráběný firmou Basell Polyolefins Europe. Jedná se o neplněný typ polymeru.

Vzhledem k uvedeným vlastnostem polypropylenů, znázorněných v tabulce (*Tab. 4*), bylo zvoleno smrštění polypropylenů 1%. S ohledem na to byla dutina formy zvětšena o 1%.

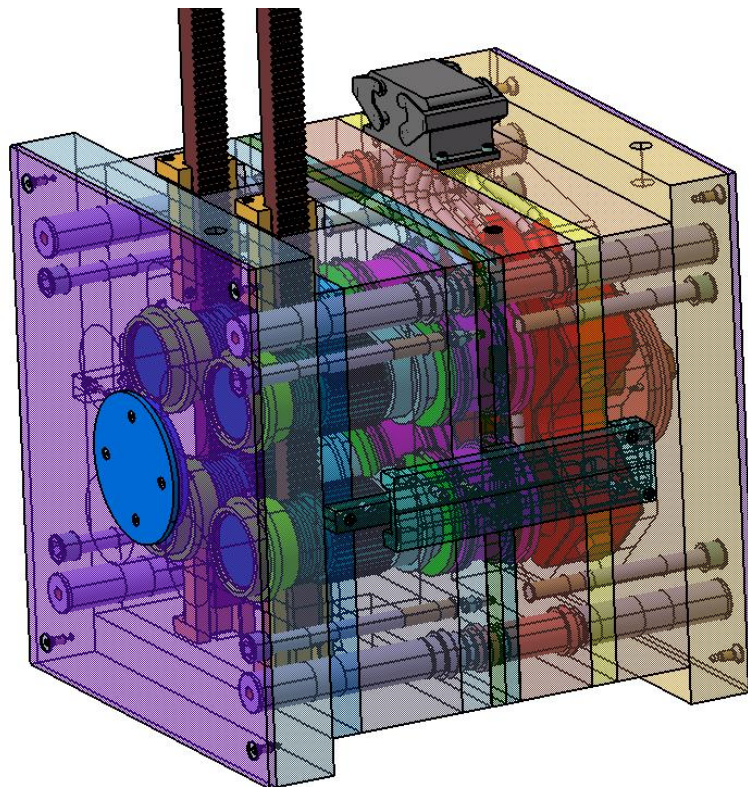
Tab. 4. Charakteristické vlastnosti polypropylenu [11]

Minimální doporučená teplota formy	20	°C
Maximální doporučená teplota formy	40	°C
Minimální doporučená vstřikovací teplota taveniny	220	°C
Minimální doporučená vstřikovací teplota taveniny	260	°C
Teplota degradace materiálu	280	°C
Vyhazovací teplota	75	°C
Maximální smykové napětí	0,25	MPa
Maximální smyková rychlost	100000	1/s
Modul pružnosti v tahu	1700	MPa
Poissonovo číslo	0,4	
Modul pružnosti ve smyku	610	MPa
Minimální smrštění ve směru toku	0,65	%
Maximální smrštění ve směru toku	1,52	%
Minimální smrštění kolmo na směr toku	0,75	%
Maximální smrštění kolmo na směr toku	2,42	%

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

7.1 Vstřikovací forma

Vstřikovací forma je složena ze tří základních částí. Jedná se o pravou část formy, levou část formy a vyhazovací systém. Vyhazovací systém se často přiřazuje k levé části formy. V případě, že konstrukce umožňovala použití normálií, tedy dílů vybraných z katalogu firmy Hasco, byly tyto díly ke konstrukci použity. Normálie zlevňují a zrychlují výrobu.



Obr. 12. Vstřikovací forma

Na pravé straně formy je uložen horký vtokový systém, který zajišťuje dopravu taveniny od vstřikovacího stroje do dutiny formy. Horký vtokový systém se skládá z vytápěného bloku tvaru X a čtyř vytápěných trysek. V pravé kotevní desce jsou uloženy tvárnice, které jsou chlazeny pomocí temperačního média proudícího temperačním systémem. Tvárnice jsou utěsněny pomocí o-kroužků. O-kroužky jsou uloženy v zápichu vyrobeném na tvárnici. Aby nedocházelo k rotačnímu pohybu kolem osy tvárnice, byla tvárnice zajištěna středícím kolíkem. Pravá část formy je spojena čtyřmi šrouby a vystředěna pomocí středících trubek a středícího kroužku. Ve tvarové desce jsou uloženy čtyři vodící pouzdra, která slouží

k vedení vodícího čepu uloženého v levé straně formy. Na pravé upínací desce je připevněna izolační deska. Obrázek pravé strany formy zobrazuje příloha (P II).

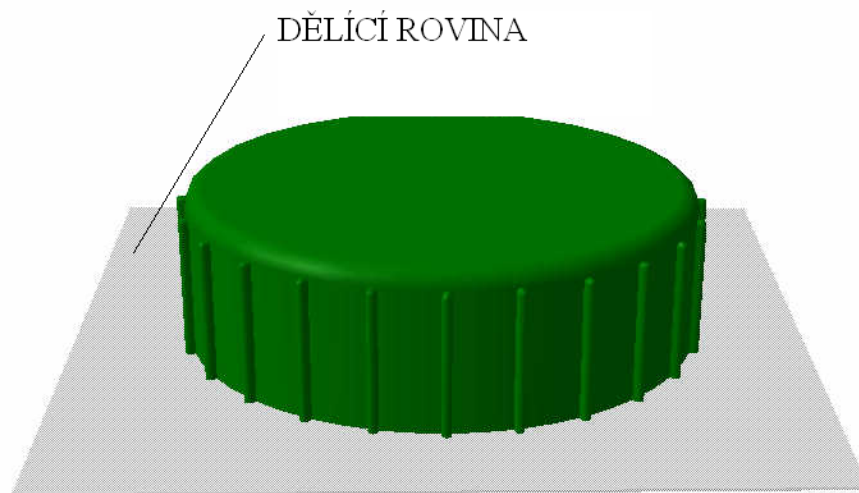
Levá strana formy obsahuje mechanismus nutný pro odformování závitu. Rotační pohyb závitových trnů je vyvolán posuvným pohybem ozubených hřebenů. Posuvný pohyb hřebenů je zajištěn hydraulickým mechanismem. Ozubené hřebeny jsou uloženy ve vodících lištách přišroubovaných k mezidesce. Axiální pohyb závitového trnu je vyvolán rotačním pohybem, čímž dochází k zašroubování závitového trnu do protimatice. Vyhazovací systém je ovládán tažným západkovým systémem. Pomocí ovládané stírací desky dojde k setření výstřiku. Ke stírací desce jsou přišroubovány stírací kroužky, které zabraňují opotřebování stírací desky. V levé straně formy je uložen vodící čep, který slouží k vedení vyhazovacího systému a pravé strany formy. Levá strana formy je spojena čtyřmi šrouby a vystředěna pomocí středících trubek a středícího kroužku. Na levé upínací desce je připevněna izolační deska. Obrázek levé strany formy zobrazuje příloha (P III)

7.2 Násobnost vstřikovací formy

Násobnost vstřikovací formy se volí především podle požadovaného množství výrobků, velikosti výrobku a dále podle typu stroje, který je k dispozici. Pro výrobu je nutno vypracovat technický a ekonomický rozbor o volbě násobnosti formy v několika možnostech. Přitom je třeba volit nejvhodnější konstrukci pro největší výkon formy. Z ekonomického hlediska je vhodné vyrábět vícenásobnou formu. Z technologického hlediska je uvažováno, že čím vícenásobná forma je, tím se snižuje kvalita výstřiků. U vícenásobných forem je obtížné dodržet stejné vstřikovací podmínky u všech výstřiků a tím dochází k poklesu jejich kvality. [5] Byla zvolena čtyřnásobná forma z důvodu zvoleného způsobu doformování závitu a členitosti výrobku

7.3 Zaformování výstřiku

Tvar výstřiku umožnil zvolit zaformování tak, že je dělicí rovina rovnoběžná s upínáním formy. Tvárnice vytváří vnější tvar výstřiku a tvárník vytváří vnitřní část výstřiku. Takto zvolená dělicí rovina spolu s použitým způsobem vyhazování nezanechává na výstřiku téměř žádné viditelné stopy. Po otevření formy zůstává výstřik na levé straně formy a je následně setřen stírací deskou.



Obr. 13. Určení dělící roviny

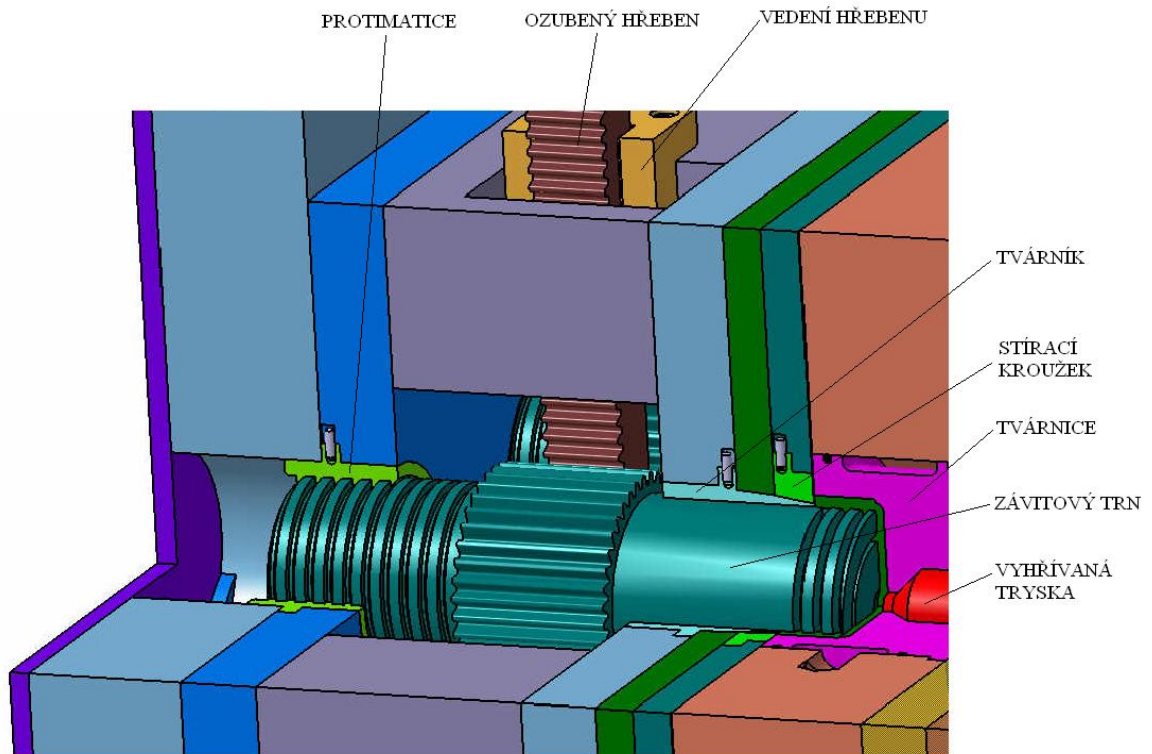
Dutina formy vznikne sestavením čtyř tvarových částí do požadované polohy. Těmito tvarovými částmi jsou:

- závitový trn: tvaruje vnitřní část výstřiku
- tvárník: tvaruje výstupky, které slouží pro udržení výrobku na levé straně formy a zabraňují pootočení výstřiku při odformování
- stírací kroužek: tvaruje plochu výstřiku, za kterou je výstřik setřen
- tvárnice: tvaruje vnější část výstřiku

Dutina formy byla zvětšena o hodnotu smrštění, které bylo s ohledem na tabulku (Tab.4) zvoleno 1%.

7.4 Odformování výstřiku

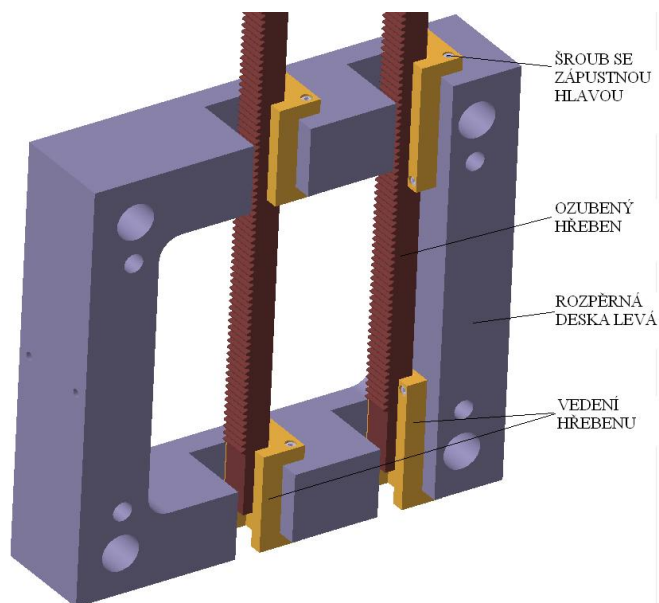
K odformování závitu byla zvolena koncepce formy s vytáčecím ústrojím, které je poháněno ozubenými hřebeny. Při otevírání formy dochází současně k pohybu ozubeného hřebenu směrem dolů. Ozubený hřeben svým pohybem roztáčí závitový trn, na kterém je vyrobeno ozubení. Závitový trn je vlivem pevně uchycené protimatice nucen konat ještě posuvný axiální pohyb, a tím dochází k vytočení závitového trnu z výstřiku. Po vytočení závitového trnu zůstává výstřik na levé straně formy až do setření stírací deskou.



Obr. 14. Vytáčeční mechanismus

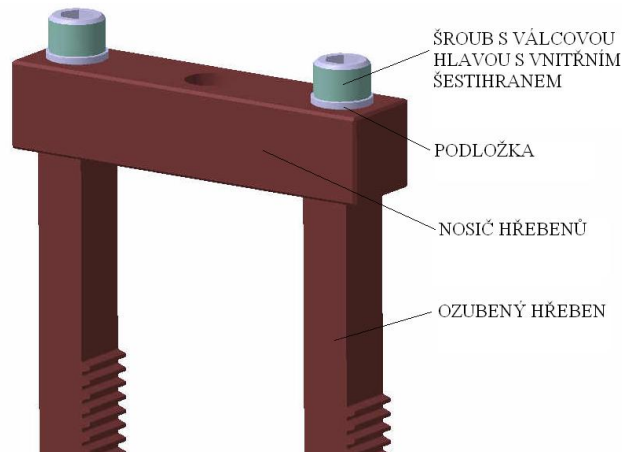
7.4.1 Ozubený hřeben

Funkcí ozubeného hřebenu je zajistit rotační pohyb závitového trnu, který je nutný k odformování výstřiku. Posuvný pohyb ozubeného hřebenu je zajištěn hydraulickým mechanismem. Ve formě je hřeben uložen ve vodících lištách, které zajišťují jeho polohu vzhledem k závitovému trnu. Vodící lišty jsou připevněny šrouby do levé rozpěrné desky.



Obr. 15. Vedení hřebenu ve formě

Délka ozubeného hřebenu je 1000mm. Hydraulický mechanismus bude pracovat v rozpětí vzdálenosti asi 700mm. Vzhledem ke značné délce hřebenu je uložení a nosný průřez navrhnut tak, aby nedocházelo k jeho deformaci. Hydraulický mechanismus je upnut k nosiči hřebenu, ve kterém jsou oba hřebeny pevně a přesně upnuty pomocí šroubu a podložky.



Obr. 16. Uložení hřebenu

7.4.2 Kontrola ozubeného hřebenu na vzpěr

Z důvodu délky hřebenu (délka: 1m) byla provedena kontrola na vzpěr. Při funkci hřebenu, tzn. při odformování byla uvažována síla 1000N. Síla je volena dle hmotnosti hřebenu a nutnosti překonání třecí síly ve vyšroubovacím mechanismu.

Způsob uložení - vetknutý, volný $\Rightarrow l_{red} = 2.l$

Výpočet kvadratického momentu průřezu J_{min} :

$$J_{min} = \frac{b.h^3}{12} = \frac{20.16,1^3}{12} = 6955,5 \text{ mm}^4$$

Výpočet kritické síly:

$$F_{kr} = \frac{\pi.E.J_{min}}{4.l^2} = \frac{\pi.2,1.10^5.6955,5}{4.1000^2} = 1147,2 \text{ N}$$

Výpočet polárního momentu:

$$J_{min} = S.j^2_{min} \Rightarrow j_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{b.h^3}{12.h.b}} = \sqrt{\frac{h^2}{12}} = \sqrt{\frac{16,1^2}{12}} = 4,64 \text{ mm}$$

Výpočet štíhlosti prutu:

$$\lambda = \frac{l_{red}}{j_{min}} = \frac{2 \cdot 1000}{4,64} = 431 \geq \lambda_m \Rightarrow \text{výpočet vyhovuje } \lambda_m = 105 \text{ pro uhlíkovou ocel}$$

Štíhlost je větší než štíhlost mezní. Jedná se o oblast pružného vzpěru a je možné počítat podle Eulera.

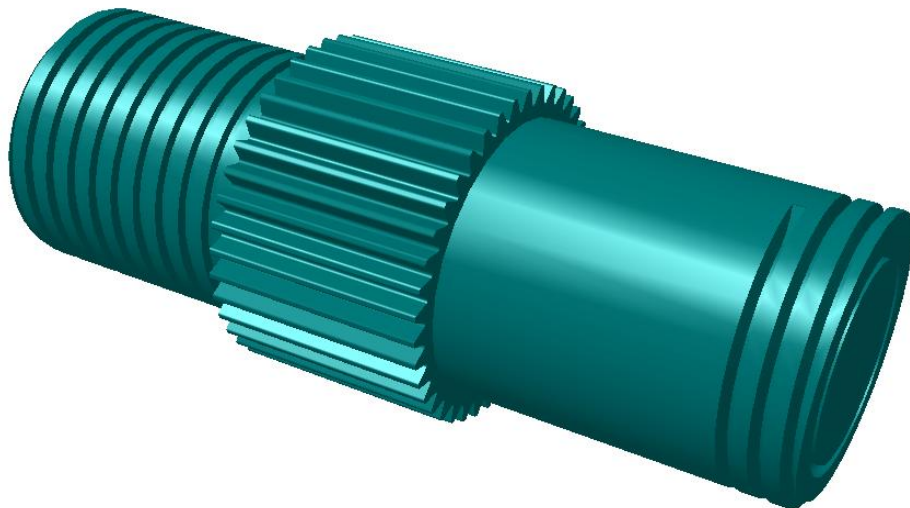
Výpočet provozní síly:

$$F = \frac{F_{kr}}{k} = \frac{6955,5}{3} = 2318,5N$$

Vypočtená provozní síla je mnohem menší než uvažovaná provozní síla. Ozubený hřeben vyhovuje vzpěrnému zatížení.

7.4.3 Závitový trn

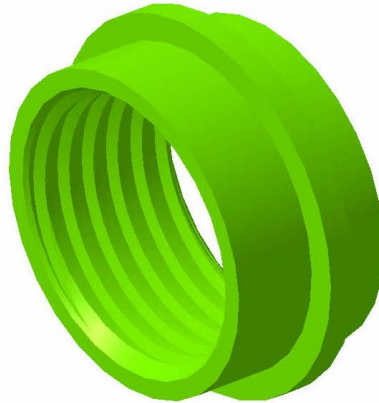
Pravá část závitového trnu plní funkci tvárníku, protože určuje tvar vnitřní válcové části výstřiku. Rotační pohyb závitového trnu je vyvolán posuvným pohybem hřebenu po ozubení vyrobeném mezi pravou a levou částí závitového trnu. V levé části závitového trnu je vyroben stejný závit jako na výrobku avšak tento závit je opačného smyslu.



obr. 17. Závitový trn

7.4.4 Protimatice

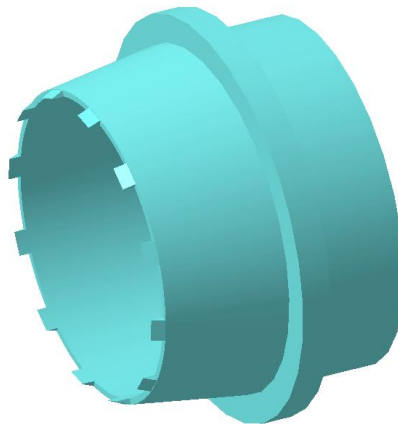
Funkcí protimatice je zajistit posuvný (axiální) pohyb závitového trnu. Posuvný pohyb je dosažen zašroubováním levé části závitového trnu do pevně uchycené protimatice. Protimatice má stejný závit jako vyráběný výrobek avšak opačného smyslu. Protimatice je zajištěna válcovým středícím kolíkem proti protáčení. Materiálem protimatice je bronz, čímž dochází ke snížení hlučnosti a tření.



obr. 18. Protimatice

7.4.5 Tvárník

Zajišťuje, aby výstřik po vyšroubování závitového trnu z výstřiku, zůstal na levé straně formy až do jeho setření stírací deskou. Výstřik zůstane přichycen na výstřicích, které jsou vyrobeny na dutém tvárníku. Síla, kterou drží výstřik na výstřicích dutého tvárníku je vyvolána smrštěním polymeru. Výstupky vyrobené na tvárníku také zabraňují protáčení výrobku při odformování. Tvárník je proti protáčení zajištěn středícím kolíkem.



obr. 19. Tvárník

7.4.6 Tvárnice

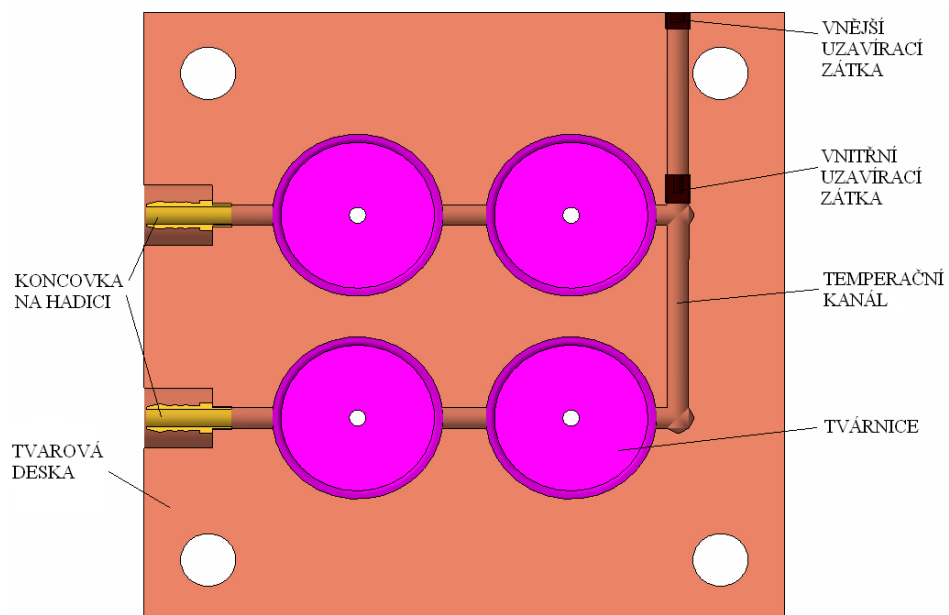
Slouží k formování vnějšího tvaru výstřiku. Na povrchu tvárnice je vyroben zápch obdélníkového průřezu z důvodu chlazení. Dva menší zápichy po krajích obdélníkového průřezu slouží k uložení těsnících o-kroužku. Proto otáčení tvárnice kolem své osy je tvárnice zajištěna středícím kolíkem.



obr. 20. Tvárnice

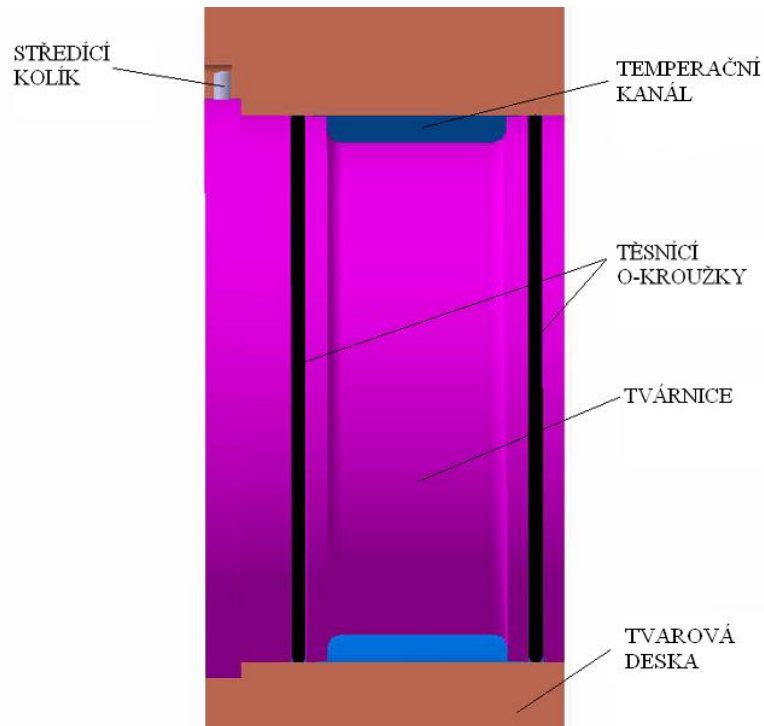
7.5 Temperační systém

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů vyrobených ve tvarové desce. Temperační médium je postupně rozváděno ke všem tvárnícím. Ve tvarové desce byly vyrobeny kanály o průměru 12 mm. Ke vstupnímu a výstupnímu kanálu je připevněna koncovka hadice.



Obr. 21. Temperační systém

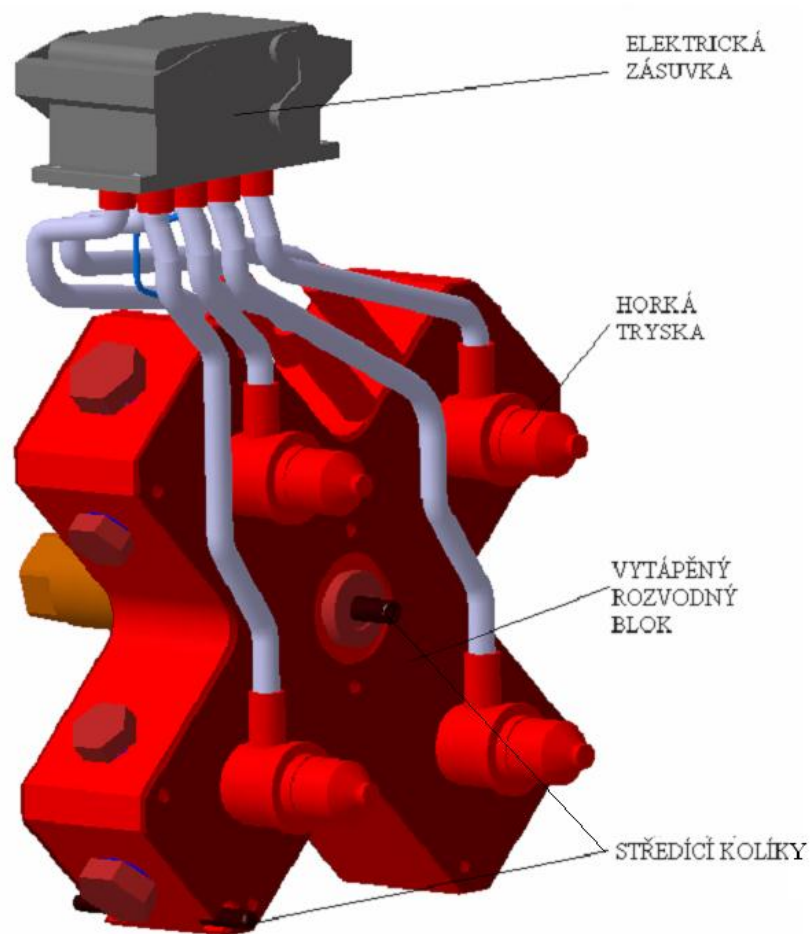
Na tvárnících byl vyroben zápich, který má obdélníkový průřez. Tímto průřezem proudí temperační médium kolem tvárníc, čímž dochází k jejich chlazení. Tvárnice byly utěsněny pomocí o-kroužků uložených v zápichu vyrobeném na tvárnici.



Obr. 22. Chlazení tvárnice

7.6 Vtokový systém

Vzhledem k celkové koncepci formy byl zvolen horký vtokový systém. Výhodou je úspora materiálu oproti použití studeného vtokového systému. Také nebude docházet k zatuhnutí vtokového ústí, protože odformování závitu bude trvat určitou dobu. Vytápěný rozvodný blok je vyhříván odporovými tělesy umístěnými na obou stranách bloku. K vyhřívání bloku jsou připevněny čtyři vyhřívání trysky. Teplota vyhřívání bloku i vyhřívání trysek je řízena regulátory teplot. Vyhřívání blok i všechny trysky jsou za pomoci kabeláže propojeny se zásuvkou, která je umístěna na horní straně vstřikovací formy. Od ostatních částí formy je blok izolován izolačními deskami. Poloha celého horkého vtokového systému je zajištěna pomocí středících kolíků.



Obr. 23. Vtokový systém

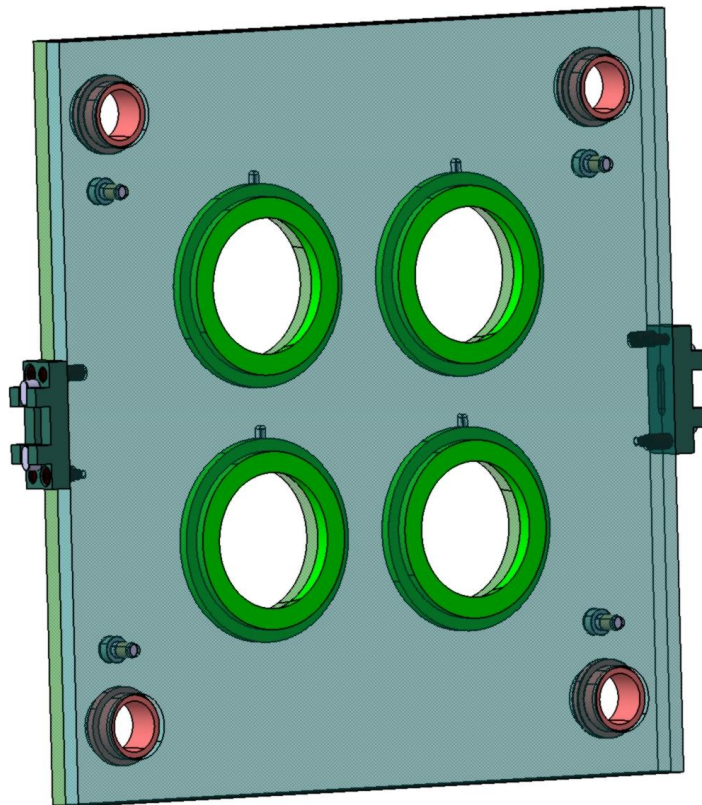
7.7 Odvzdušnění formy

Dutina formy je před vstříkáním zaplněna vzduchem. Při plnění dutiny formy taveninou je třeba zajistit únik vzduchu. Vzduch, který nemůže uniknout z dutiny formy, je adiabaticky stlačován a tím vrůstá jeho teplota. To může vést ke vzniku pohledových vad nebo uzavření vzduchu uvnitř výstřiku, což způsobuje snížení pevnosti výstřiku. Odvzdušnění je většinou realizováno až při zkoušení hotového nástroje (vstříkací formy). Pokud stačí k úniku vzduchu z dutiny formy pouze vůle mezi deskami, vyhazovacím systémem a jinými prvky, odvzdušnění vyhovuje. Pokud odvzdušnění nevyhovuje, opatří se forma kanálky pro odvod vzduchu. Velikost kanálek závisí na velikosti výstřiku a na druhu zpracovávaného materiálu. [2]

V navrhované formě je uvažován únik vzduchu vůlemi v dělicích rovinách a vytáčecím mechanismem. Pokud by při zkoušení formy bylo zjištěno nedostatečné odvzdušnění dutin, pak by musela být forma opatřena odvzdušňovacími kanálky.

7.8 Vyhazování výstřiku

Vyhazování výstřiku bylo realizováno stírací deskou. Stírací deska je vedena ve vodicích pouzdrech čtyřmi vodicími čepy. Na ovládání vyhazovací desky byl použit západkový tažný systém vybraný z katalogu firmy Hasco.



Obr. 244. Sestava stíracích desek

7.8.1 Tažný západkový systém

Tažným západkovým systémem je řízeno ovládání formy. Při otvírání formy dojde nejprve k otevření hlavní dělicí roviny. Vzdálenost, o kterou je dělicí rovina otevřena, je určena zvoleným tažným západkovým systémem. Po otevření dělicí roviny o danou vzdálenost, dojde k zaražení západky do přídržovače a tím je vymezena pozice vyhazovací desky, která se již dále nepohybuje. Levá strana formy koná pohyb směrem doleva, a tím dojde k otevření vedlejší dělicí roviny a k setření výstřiku z tvárníku pomocí stíracího kroužku umístěného ve stíracích deskách. Jednotlivé pozice jsou znázorněny na obrázcích v příloze (P IV).

8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Ke vstřikování byl zvolen vstřikovací stroj Allrounder 420 C 1300, který vyrábí německá firma Arburg. Vstřikovací stroj byl zvolen dle parametrů vstřikovací formy a vyráběného výrobku z katalogu firmy Arburg. Volba vstřikovacího stroje závisí především na velikosti vstřikovací formy z důvodu upnutí vstřikovací formy do vstřikovacího stroje. Dalším nutným faktorem je, aby vstřikovací stroj byl schopen převést požadované množství polymeru do plastického stavu a následně materiál dopravit do dutiny formy. Při volbě vstřikovacího stroje je však potřeba svázat mnoho dalších parametrů.



Obr. 25 Vstřikovací stroj od firmy Arburg [10]

Základní parametry stroje Allrounder 420 C 1300 [10]

- uzavírací síla	1300 KN
- vzdálenost mezi vodícími čepy	420 x 420 mm
- minimální výška vstřikovací formy	250 mm
- maximální zdvih při otevření	500 mm
- průměr šneku	35 mm
- účinná délka šneku	23 L/D
- zdvih šneku	145 mm
- maximální množství vstřikované dávky	127 g
- vstřikovací tlak	2500 bar.

ZÁVĚR

Vstříkovací forma bude sloužit k výrobě uzávěru na barel, který slouží k přepravě a balení kapalných látek různého původu.

V teoretické části byla popsána problematika vstříkování, možnosti a zásady konstrukce vstříkovacích forem.

V praktické části byla provedena konstrukce 3D modelu vstříkovací formy a 3D modelu výrobku. Vše bylo podloženo výkresovou dokumentací. Výkresová dokumentace a modely byly realizovány v programu CATIA V5R17.

Velikost, tvar a konstrukce vstříkovací formy závisí na velikosti, složitosti výrobku a na násobnosti vstříkovací formy. Byla navržena čtyřnásobná vstříkovací forma obsahující vyšroubovací mechanismus nutný k odformování závitů. K pohybu závitového trnu byla zvolena koncepce formy s ozubenými hřebeny. Hřebeny jsou poháněny hydraulickým mechanismem. Vzdálenost hybnosti (pracovní zdvih) hydraulického mechanismu musí být minimálně 700 mm. Temperační systém spolu se zvolenou násobností formy zaručuje tepelnou i rozměrovou stabilitu výrobků. Odvzdušnění formy bude provedeno po jejím odzkoušení. Pokud nebude vyhovovat odvzdušnění vůle mezi deskami, bude nutné formu opatřit odvzdušňovacími kanálky. Koncepce formy byla navržena tak, aby byla forma plně automatická.

Při konstrukci bylo využito poznatků z teoretické části a také, pokud konstrukce umožňovala, byly využity normy z katalogu firmy Hasco.

Vstříkovací forma by měla být před použitím podrobena tokovým analýzám, které by určily, zda je plnění dutiny vhodné. Dále by mělo dojít k ověření nadimenzování desek vstříkovací formy a tím určit zda je vstříkovací forma schopna odolávat pracovnímu zatížení. Temperační systém by měl být ověřen, zda li je chlazení dostatečné. Pokud by po odzkoušení chlazení nevyhovovalo, muselo by dojít ke zvýšení chladícího výkonu. Výkon chlazení je možno zvýšit hned několika způsoby. Např. změnou temperačního média, zvětšením průřezu temperačních kanálů nebo vytvořením dalšího okruhu chlazení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*, 2. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 134 s. ISBN není.
- [2] BOBČÍK, L a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*, 1. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 214 s. ISBN není.
- [3] HENDRYCH, J. a kol. *Standardizace rámců a součástí forem pro vstřikování termoplastů*, 1. vyd. Praha : SNTL, 1986. 360 s. ISBN není
- [4] KRÁLOVÁ, A. a kol. *Zpracování polymerů*, 1. vyd. Praha : SNTL, 1986. 272 s. ISBN není
- [5] KULHÁNEK, J. a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*, 1. vyd. Praha :SNTL, 1966. 224 s ISBN není
- [6] MAŇAS, M. a kol. *Sborník přednášek*, 1. vyd. Brno : KONS BRNO DTO, 1996. 115 s ISBN není
- [7] POTSCH, G. ; MICHAELLI, W. *Injection Molding – An Introduction*. Munich: Hanser Publisher, 1995. 195 s. ISBN 1-56990193
- [8] RŮŽIČKA, K. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*, 1. vyd. Zlín, 1979. 202 s
- [9] TOMIS, F. ; HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*, 2. vyd. Brno : VUT, 1985. 278 s. ISBN není.
- [10] Arburg [online]. 2005- [cit. 2008-03-04]. Dostupný z WWW: <www.arburg.com>.
- [11] Moldflow [online]. 2005- [cit. 2008-03-08]. Dostupný z WWW: <www.moldflow.com/stp/>.
- [12] Ksp [online]. 2005- [cit. 2008-01-01]. Dostupný z WWW: <www.ksp.vslib.cz>.
- [13] Designtech [online]. 2003- [cit. 2008-01-01]. Dostupný z WWW: <www.designtech.cz>.
- [14] Hasco [online]. 2000- [cit. 2008-01-03]. Dostupný z WWW: <www.hasco.com>.
- [15] Wikipedia [online]. 1998- [cit. 2008-01-05]. Dostupný z WWW: <www.en.wikipedia.org>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Be	Beryllium
Cu	Měď
Zn	Zinek
Cd	Kadmium
Sn	Cín
3D	Trojrozměrný prostor
E	Modul pružnosti [Mpa]
l	Skutečná délka hřebenu [mm]
l_{red}	Redukovaná délka hřebenu [mm]
F_{kr}	Kritická síla [N]
F	Provozní síla [N]
S	Průřez [mm ²]
K	Koeficient bezpečnosti
λ	Štíhlost prutu [mm ²]
λ_m	Mezní štíhlost prutu
PP	Polypropylen

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schématické znázornění vstřikovacího cyklu [3]</i>	7
<i>Obr. 2. Schéma vstřikovacího stroje [1]</i>	8
<i>Obr. 3. Dosednutí trysky stroje na trysku formy [1]</i>	10
<i>Obr. 4. Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [1]</i>	10
<i>Obr. 5. Nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku [3]</i>	14
<i>Obr. 6. Obecné zásady volby vtokového systému [1]</i>	23
<i>Obr. 7. Průřezy vtokových kanálů [1]</i>	24
<i>Obr. 8. Isolované vtokové soustavy [1]</i>	25
<i>Obr. 9 Horký vtokový systém [14]</i>	26
<i>Obr. 10. Vyhřívání trysky [1]</i>	27
<i>Obr. 11. 3D model výrobku</i>	35
<i>Obr. 12. Vstřikovací forma</i>	37
<i>Obr. 13. Určení dělicí roviny</i>	39
<i>Obr. 14. Vytáčecí mechanismus</i>	40
<i>Obr. 15. Vedení hřebenů ve formě</i>	40
<i>Obr. 16. Uložení hřebenů</i>	41
<i>obr. 17. Závitový trn</i>	42
<i>obr. 18. Protimatice</i>	43
<i>obr. 19. Tvárník</i>	43
<i>obr. 20. Tvárnice</i>	44
<i>Obr. 21. Temperační systém</i>	44
<i>Obr. 22. Chlazení tvárnice</i>	45
<i>Obr. 23. Vtokový systém</i>	46
<i>Obr. 24. Sestava stíracích desek</i>	47
<i>Obr. 25 Vstřikovací stroj od firmy Arburg [10]</i>	48

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Parametry vstřikovací jednotky</i>	<i>9</i>
<i>Tab. 2. Charakteristika kapalin používaných k temperaci</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 3. Plasty používané pro stírací závitové trny a velikosti dovoleného protažení.....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 4. Charakteristické vlastnosti polypropylenu [11]</i>	<i>36</i>

SEZNAM PŘÍLOH

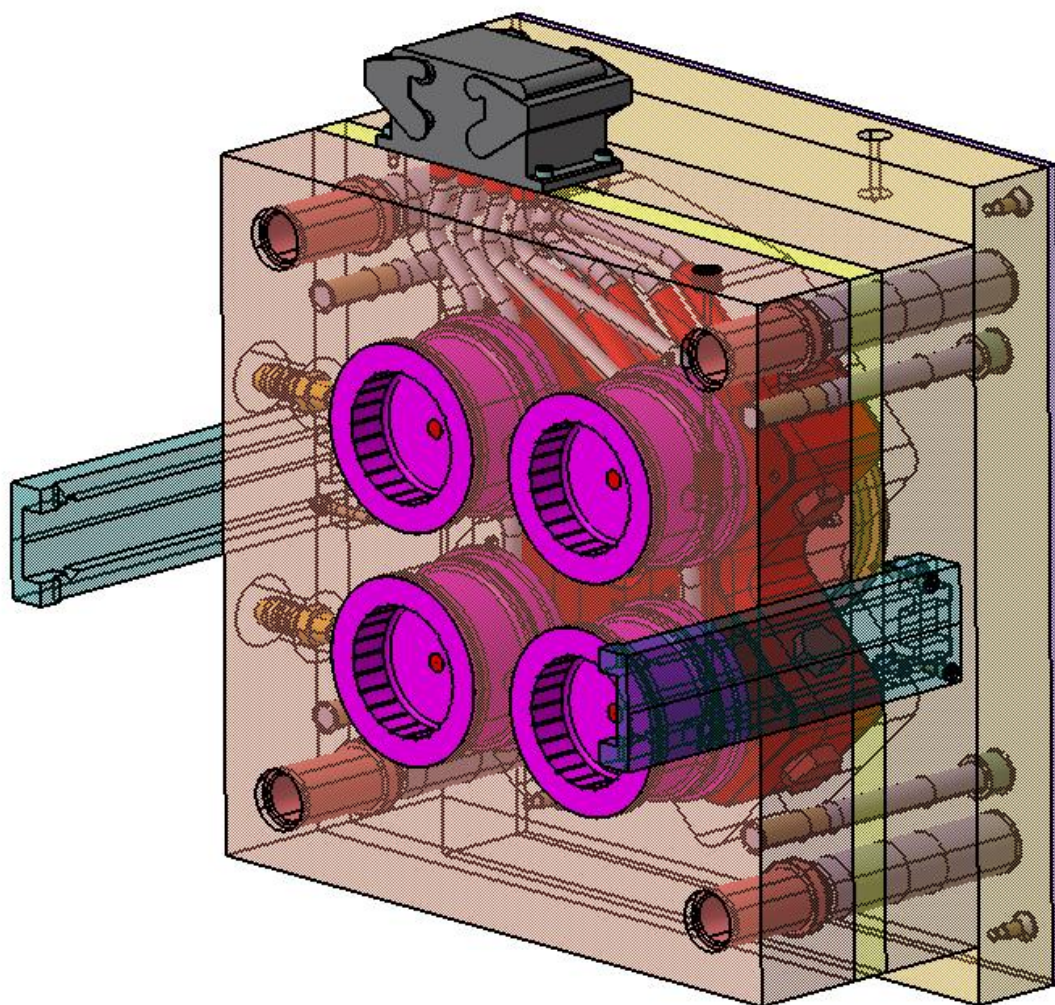
- P I Vlastnosti forem s vytáčecím zařízením
- P II Pravá strana vstřikovací formy
- P III Levá strana vstřikovací formy
- P IV Pozice západkového systému
- P V Výkresová dokumentace
- P VI CD-ROM disk

PŘÍLOHA P I: VLASTNOSTI FOREM S VYTÁČECÍM ZAŘÍZENÍM

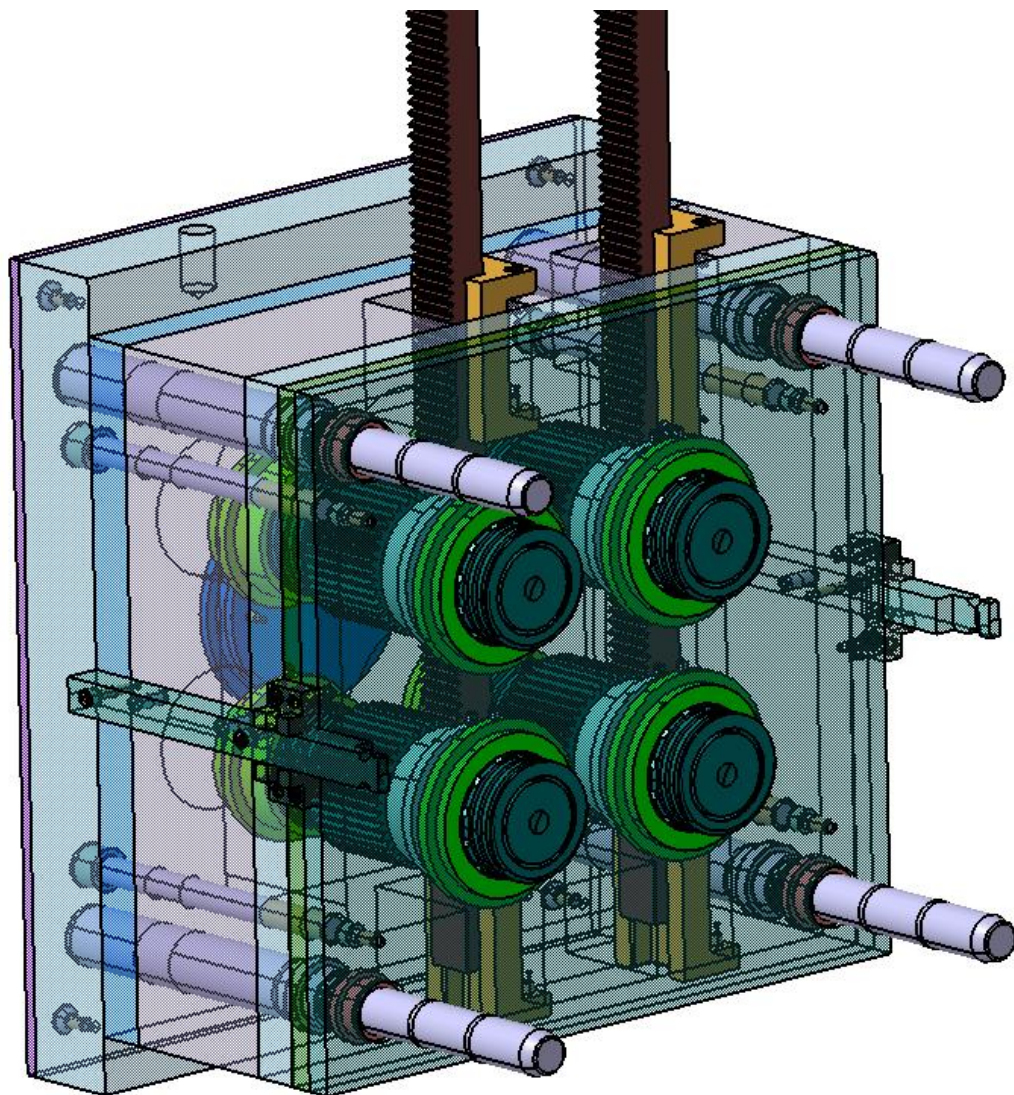
Vytáčecí zařízení	Šroubem a maticí s velkým stoupáním	Ozubenou tyčí ovládanou hydraulickými válci	Ozubenou tyčí ovládanou hydraulickým válcem	Pomocí elektromotoru	Hydraulickou vyšroubování jednotkou
Funkce					
Vyšroubování při uzavřené formě	není možné		provádí se	podle typu zařízení	provádí se
Vyšroubování při uzavíracím pohybu formy	provádí se		nutné speciální zařízení	provádí se	nutné speciální zařízení
Vyšroubování při otevřené formě	není možné		provádí se		
Točivý moment	omezen otevírací silou		nastavitelný	podle výkonu motoru a převodového poměru	nastavitelný
Rychlost	závislá na otevírací rychlosti		nastavitelná	konstantní	nastavitelný
Počet otáček	omezen existující drahou otevírání		omezen délkou zdvihu	neomezen	dle typu jednotky
Přesnost upínání	dobrá			podle druhu řízení, obvykle $\pm 4^\circ$	
Montáž	ve formě vyžaduje velkou konstrukci	ve formě jednoduchá	ozubená tyč ve formě, hydraulický válec na formě	na pevné, pohyblivé desce uzavírací jednotky, nebo přímo ve formě (dle konstrukce)	
Potřeba místa	velká, ovlivňuje konstrukci vyhazování	malá	podle velikosti zdvihu válce	velké motory jsou neskladné	malá
	příznivé, jednodušší konstrukce	obtížné, nutný nákladný převod	obtížné, nutný dvoustupňový převod	příznivé, jednodušší převodová konstrukce	
	obtížné nákladný převod	příznivé, ale při velkém počtu dvoustupňový převod		obtížné, potřebný vícešupňový převod	
	obtížné, potřebný vícešupňový převod				
Vyšroubování napříč směru otevírání formy	obtížné potřebný nákladný převod	příznivé, přímý převod		obtížné, špatné možnosti montáže, nákladný převod	
Vyšroubování bez vodícího závitu	zbytečné, zašroubování pohyby nutné			příznivé, zašroubování pohyb odpovídá	

Pozn. tabulka byla převzata z knihy od BOBČÍK, L a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl* [2]

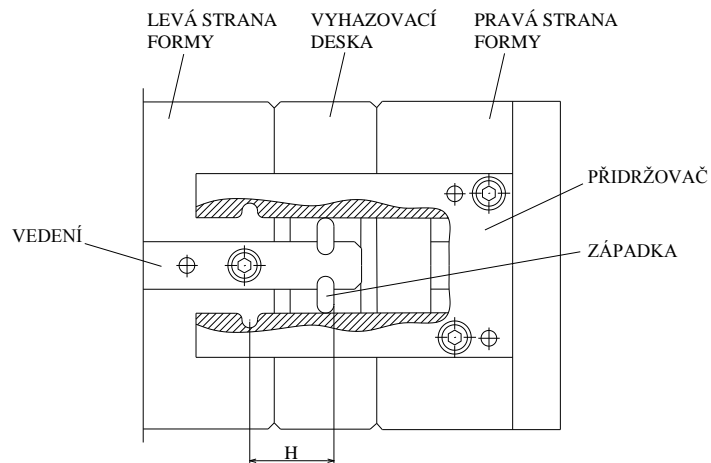
PŘÍLOHA P II: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY



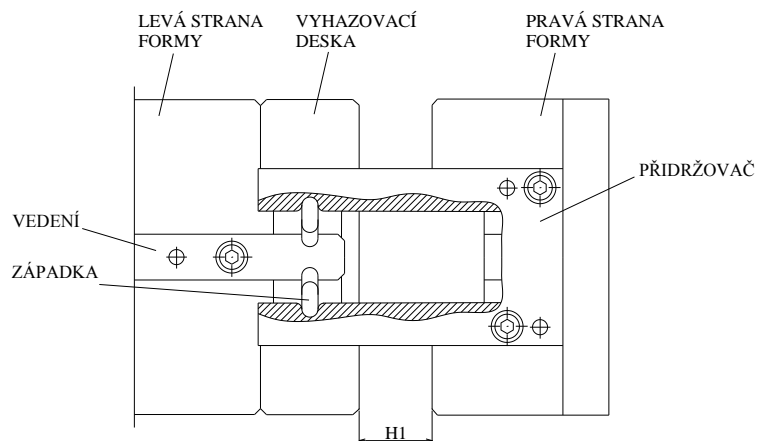
PŘÍLOHA P III: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY



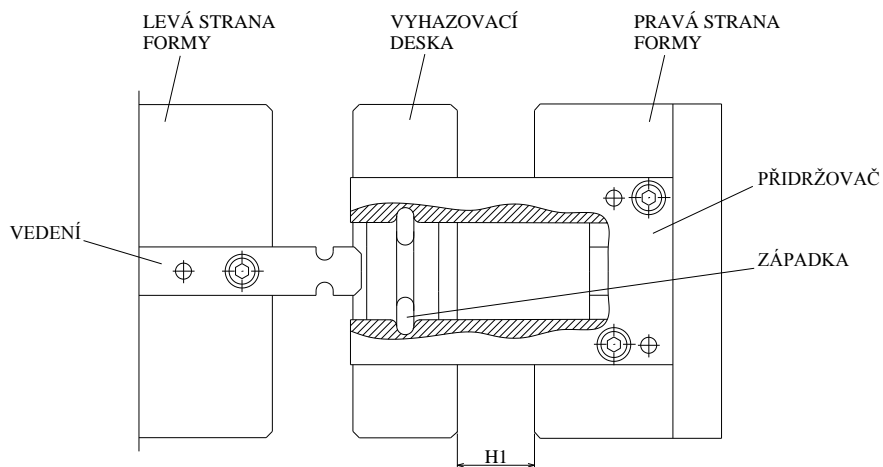
PŘÍLOHA P IV: POZICE ZÁPADKOVÉHO SYSTÉMU



Pozice 1



Pozice 2



Pozice 3