

Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Radim Plesník

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový díl, kterým je píšťalka. Tento výrobek by měl sloužit jako reklamní předmět.

Teoretická část je zaměřena na popis technologie vstřikování, konstrukci výrobků. Dále pak jsou zde uvedeny základní prvky konstrukce vstřikovací formy.

V praktické části práce byl na základě modelu vytvořen výkres výrobku a byl zvolen vhodný materiál ke vstřikování. Pro výrobek byly navrženy dvě vstřikovací formy. U jedné bylo využito univerzálního rámu vstřikovací formy. Pro obě formy byl zadán vstřikovací stroj. Při návrhu a konstrukci bylo využito programu Catia V5R18.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, polymer

ABSTRACT

This thesis describes the construction of injection molds for plastic parts, which is a whistle. This product should serve as a promotional item.

The theoretical part is aimed at describing the injection technology, product design. Further, it provided the basic design elements of the injection mold.

The practical part of this work was based on the model created a drawing of the product and was elected a suitable material for the injection. The product has been prepared two types of injection. In one frame was used universal injection mold. For both types of injection molding machine was specified. The design and construction program was used Catia V5R18.

Keywords: injection, injection mold, polymer

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Štěpánu Šandovi, za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při tvorbě této bakalářské práce.

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

Ve Zlíně 1.6.2011

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 VSTŘIKOVÁNÍ.....	12
1.1.1 Vstřikovací cyklus	12
1.2 POLYMERY	13
1.2.1 Termoplasty.....	14
1.2.2 Zpracovatelské podmínky plastů.....	14
1.2.3 Volba termoplastů při návrhu součásti.....	15
1.3 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	15
1.3.1 Uzavírací jednotka.....	16
1.3.2 Plastikační jednotka	16
1.3.3 Vstřikovací jednotka	16
1.3.4 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	17
1.3.5 Volba optimálního vstřikovacího stroje	18
2 KONSTRUKCE VÝROBKŮ	19
2.1 JAKOST VÝROBKŮ	19
2.1.1 Hlavní činitelé ovlivňující jakost	19
2.2 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI SOUČÁSTÍ	20
2.2.1 Konstrukční zásady	20
2.2.2 Dodatečné úpravy.....	22
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	23
3.1 KONSTRUKCE FOREM.....	23
3.1.1 Postup při konstrukci formy.....	23
3.1.2 Zaformování výstřiku	24
3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny	25
3.1.4 Smrštění výstřiku.....	25
3.2 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (SVS).....	25
3.2.1 Vtokový kanál	27
3.2.2 Rozvodný kanál.....	27
3.2.3 Vtoková ústí	27
3.3 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (VVS).....	28
3.3.1 Isolované vtokové soustavy.....	29
3.3.2 Vyhřívané trysky	29
3.4 VYTÁPĚNÉ ROZVODNÉ BLOKY	30
3.5 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI FOREM	30
3.5.1 Šikmé kolíky válcové	31
3.5.2 Lomené kolíky.....	31
3.5.3 Pneumatické tahače posuvných čelistí	32
3.5.4 Hydraulické tahače posuvných čelistí	32

3.6	VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ	32
3.6.1	Mechanické vyhazování	33
3.6.2	Vzduchové vyhazování	34
3.6.3	Hydraulické vyhazování	34
3.6.4	Vyhazování vtokového zbytku	35
3.6.5	Zpětný chod vyhazovacího systému	35
3.7	TEMPERACE FOREM	35
3.7.1	Temperační prostředky	36
3.8	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	37
3.8.1	Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění	37
3.8.2	Určení místa pro odvzdušnění	37
3.8.3	Odvzdušňovací kanály	38
ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI		39
II PRAKTICKÁ ČÁST		40
4	STANOVENÍ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	41
5	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	42
5.1	CHARAKTERISTIKA VÝROBKU.....	42
5.2	MATERIÁL VÝROBKU.....	43
6	VSTŘIKOVACÍ STROJ	44
6.1	KONTROLNÍ VÝPOČTY	45
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY DO UNIVERZÁLNÍHO RÁMU.....	47
7.1	UNIVERZÁLNÍ RÁM	47
7.1.1	Popis navrhovaných částí	48
7.1.2	Násobnost	48
7.1.3	Zaformování výrobku	48
7.1.4	Odvzdušnění	50
7.2	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	50
7.3	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	52
7.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	55
7.5	MANIPULAČNÍ SYSTÉM FORMY	56
8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	57
8.1	VSTŘIKOVACÍ FORMA	57
8.1.1	Popis rámu vstřikovací formy	57
8.1.2	Násobnost	58
8.1.3	Zaformování výrobku	58
8.1.4	Odvzdušnění	60

8.2	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	60
8.3	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	62
8.4	VYHAZOVAČÍ SYSTÉM	64
8.5	MANIPULAČNÍ SYSTÉM FORMY	64
	DISKUZE VÝSLEDKŮ	66
	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	68
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	72
	SEZNAM PŘÍLOH.....	73

ÚVOD

Polymerní materiály zaujímají dnes nezastupitelnou pozici v materiálové základně průmyslové výroby především díky svým vlastnostem, dostupností a poměrně snadnému zpracování. A právě při jejich zpracování na finální výrobky mají své místo vstřikovací formy. [9]

Samotné řešení vstřikovacích forem má více aspektů. Zahrnuje technologické zásady navrhování výrobků a konstrukci forem i jejich částí pro různá zpracovatelské postupy včetně ekonomické výroby forem. S rostoucími kvantitativními nároky nabývá též na důležitosti normalizace forem, která ve svých důsledcích nesporně přesahuje hranice jednoho státu a stává se záležitostí mezinárodní. [9]

Technologie vstřikování termoplastů, včetně strojů a zařízení pro její realizaci, urazila od svých prvopočátků, přes masový a bouřlivý rozvoj zejména v druhé polovině minulého století až po dnešní globalizaci, velmi dlouhou a úspěšnou cestu. Díky širokým možnostem využití termoplastů, zejména v automobilovém, elektronickém průmyslu je tato technologie i nadále velmi perspektivní. [12]

Širší používání plastů ve strojírenství je pochopitelně až nyní, kdy se na trhu objevují nové druhy polymerů se zvýšenou pevností, tepelnou odolností a s některými speciálními vlastnostmi. Zároveň se zaváděním plastů místo kovů je ovšem nutno prověřovat výrobky z hlediska využití materiálu, technologičnosti apod. Vznikají nové jevy - sdružování jednotlivých dílů do složitějších více funkčních součástí a četné, koncepčně zcela nové konstrukce, založené na využití specifických vlastností plastů. Dnes je možné říci, že plasty ve strojírenství již pevně zakotvily a rozvoj jejich aplikací v tomto odvětví slibně pokračuje. [8]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

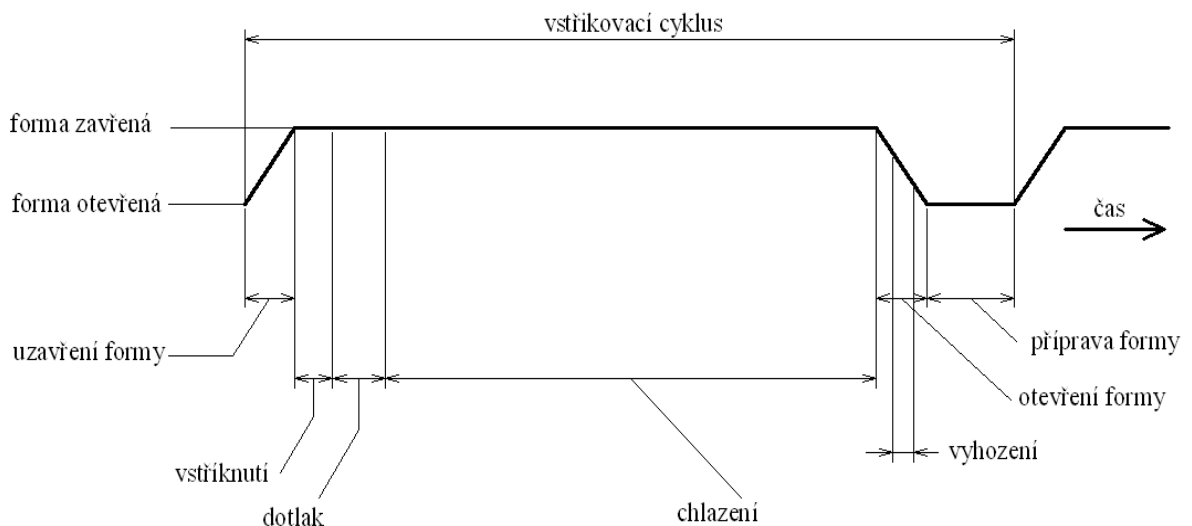
1.1 Vstřikování

Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopravován do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. [1]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovaného materiálu z prostoru plastifikační jednotky vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny vstřikovací formy, kde ztuhne na finální výrobek. [14]

1.1.1 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 takto musí připravit. Příprava spočívá v temperaci, vložení zástříků, závitových jader apod. [1]



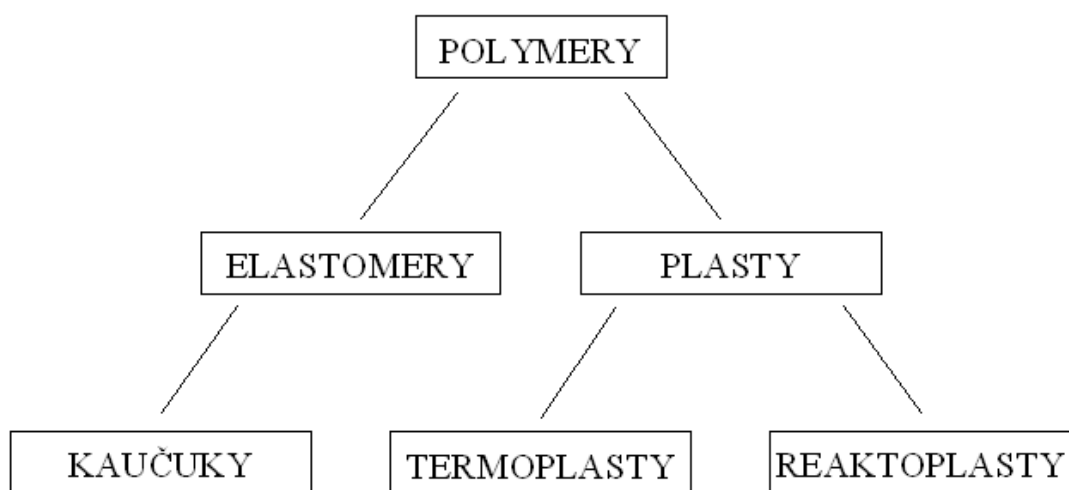
Obr. 1 Časový diagram vstřikovacího cyklu [11]

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne. Následuje pohyb šneku v tavící komoře a začíná vlastní

vstřikování roztavené hmoty do dutiny vstřikovací formy. Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena. Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo vstřikovací formě a chladne. Chlazení trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. Během chlazení se hmota smršťuje a zmenšuje svůj objem. Aby se na výstřiku netvořily propadliny a staženiny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy - dotlak. Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Po dokonalém zchlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí z formy. [5]

1.2 Polymery

Polymery jsou makromolekulární látky a jejich struktura i chování jsou jiné než u kovů. Jsou tvořeny makromolekulárními řetězci (oproti kovům, jejichž struktura je tvořena krystalickými mřížkami), tj. dlouhými molekulami s opakujícími se základními strukturami jednotkami a tyto řetězce mohou nebo nemusí být mezi sebou spojeny chemickými vazbami. [7]



Obr. 2 Rozdělení polymerů [13]

Podle fyzikálně mechanických vlastností můžeme makromolekulární látky dělit na elastomery a plastomery (plasty). Podle tvaru molekul lze rozlišovat plastické hmoty s lineární strukturou a strukturou prostorovou. [4]

Elastomer je vysoce elastický polymer, který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Tato deformace je převážně vratná. Plasty jsou polymery za běž-

ných podmínek většinou tvrdé, často i křehké. Při zvýšené teplotě se stávají plastickými a tvarovatelnými. [6]

1.2.1 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály tvořené lineárními nebo rozvětvenými polymerními jednotkami obsahující opakující se monomery. Při tváření se roztaví a ochlazením převedou opět do tuhého stavu. Termoplasty tvoří okolo 94% objemu materiálu používaného v plastikářském průmyslu, z toho 40% se zpracovává vstřikováním. [1,4,5]

Jednotlivé typy plastů mají své charakteristické funkční i zpracovatelské vlastnosti. Mohou se částečně měnit nebo upravovat pomocí přísad. Z funkčního hlediska se hodnotí především [1]:

- mechanická pevnost při dlouhodobém nebo krátkodobém statickém i dynamickém zatížení
- elektrické vlastnosti jako je dielektrická pevnost, vodivost a pod.;
- chemická odolnost oproti různým chemickým činidlům, pro potravinářské účely;
- optické vlastnosti jako je průhlednost, barva, lesk, apod.

Zpracovatelské hledisko je méně důležité. Významná je [1]:

- tekutost, která ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i velikost vtoků. Tím je také ovlivněna temperace formy (dosažením optimální teploty nástroje ve vztahuje zpracovatelskému plasty, konstrukční a technologickým parametrům).
- velikost smrštění určuje výrobní přesnost výrobku;
- citlivost na technologické parametry výrobního zařízení apod.

1.2.2 Zpracovatelské podmínky plastů

Na výsledné vlastnosti hotového výrobku mají technologické podmínky velký vliv. Zpracovatelské parametry (teplota, tlak, časové prodlevy) jsou určující pro některé rozměry a také pro mechanické a fyzikální vlastnosti. [1]

Při vstřikování termoplastů také dochází ve vtokových kanálech a tvarových dutinách forem k orientaci makromolekul a jejich řetězce se srovnávají ve směru proudění taveniny. Po ztuhnutí jsou orientované molekuly příčinou anizotropie hmoty. Vedou také ke vzniku vnitřního pnutí a nepravidelnému smrštění. [1]

1.2.3 Volba termoplastů při návrhu součásti

Vstřikováním můžeme vyrobit kompletní součást, která již nevyžaduje žádné, nebo jen nepatrné dodatečné opracování. Při návrhu vhodného termoplastu pro konstruovanou součást, je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také k výrobě vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu. [1]

Optimální volba plastu se pak posuzuje z následujících hledisek [1]:

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

1.3 vstřikovací stroje

Základní rozdělení [14]:

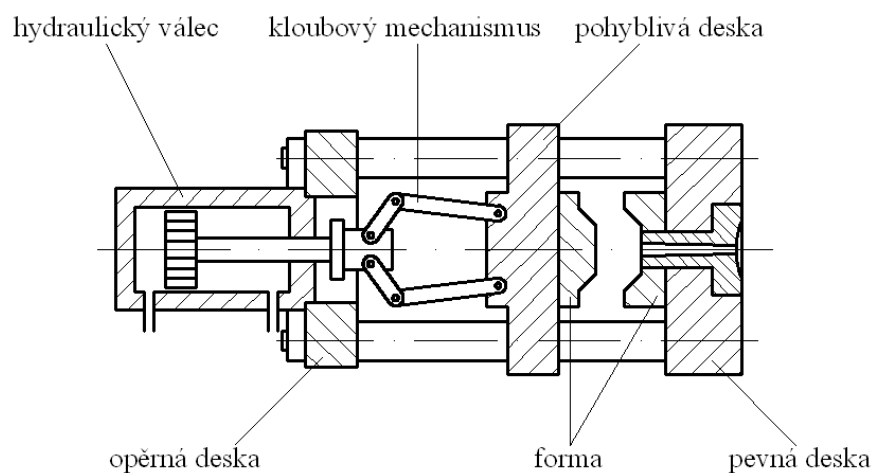
- Elektrické, hydraulické, kombinované
- Pístové, šnekové
- Jednošnekové, vícešnekové
- Pomaluběžné, rychloběžné
- Horizontální, vertikální
- S předplastikací, bez předplastikace
- Pro termoplasty, reaktoplasty, kaučukovité směsi

Vstřikovací stroje jsou nezbytně složeny ze čtyř odlišných částí (uzavírací jednotky, plastikační jednotky, vstřikovací jednotky a ovládacího panelu). [11]

1.3.1 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotkou je otevírána a uzavírána forma (nejlépe rychle) jak je vyžadováno během cyklu. Musí také vyvinout nezbytnou uzavírací sílu k udržení uzavřené formy během vstřikování, protože vstřikovací tlak působící na vnitřní plochu dutiny má sklon k otevření formy v dělicí rovině. Uzavírací síla je závislá na velikosti vstřikovacího tlaku. [10,11]

Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulickomechanickou a elektromechanickou. [10]



Obr. 3 Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [1]

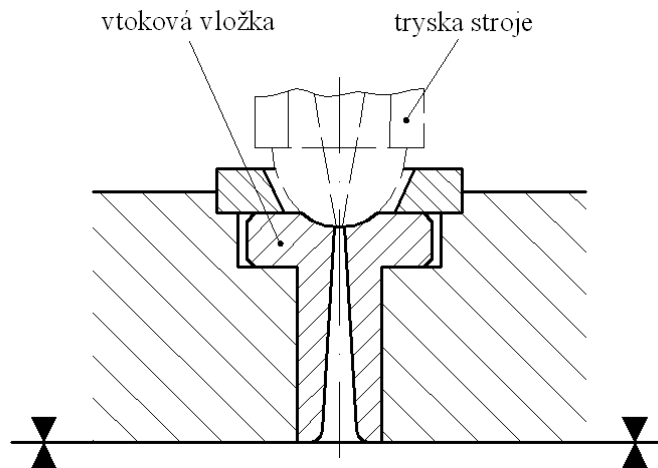
1.3.2 Plastikační jednotka

Dnešní plastikační jednotky jsou téměř výhradně extrudery, kterými je ohříván chladný polymer na požadovanou teplotu pro vstřikování. Ohřívání je vytvářeno mechanickou energií (disipací), kdy se otáčí šnek, který působí na plast a posouvá polymer ke špičce šneku. Vytápěním kolem válce plastikační jednotky (obvykle ve třech zónách nebo více ohříváných zónách) je poskytováno dostatečné ohřívání, které je hlavně vyžadováno při zapínání stroje, ale také tam, kde by mechanická energie šneku sama o sobě nestačila na plastikaci celkového množství plastu potřebného na jednu dávku. [11]

1.3.3 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotkou je vstřikována tavenina pod tlakem do dutiny formy. Úroveň tlaku potřebného k naplnění formy je závislá hlavně na tloušťce stěny. Vstřikovací tlak je defi-

nován jako tlak plastu v bodě, kde vstupuje do trysky stroje. Tlustostěnnými výrobky jsou vyžadovány relativně malé tlaky (50 - 100) MPa, někde je dokonce dostačující k naplnění dutiny formy tlak extruderu sám o sobě. Tenkostěnné výrobky mohou vyžadovat mnohem vyšší vstřikovací tlaky (až dvakrát takové). Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [11]



Obr. 4 Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku formy [1]

1.3.4 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

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

Nastavení stroje je kontrolováno řídicím systémem (tzv. zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost [1]:

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

Vedle stroje a plastu ovlivňuje tyto hodnoty i forma, její teplota a doba chlazení. [1]

1.3.5 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou složkou pro dosažení kvalitních výrobků. Jeho volbu ovlivňují [1]:

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

Proto navržený stroj musí mít [1]:

- dostatečnou vstřikovací kapacitu;
- dostatečný uzavírací tlak;
- vhodné konstrukční řešení

Velikost a koncepce formy je dána charakterem i násobností vstřikovací formy a rozměry vyráběného dílu. To vyžaduje u stroje [1]:

- dostatečnou světlost mezi sloupky stroje, pro vhodné upínání a možnou manipulaci formy na stroji;
- dostatečné rozměry upínacích ploch pevné a pohyblivé upínací desky stroje a rozmístění upínacích otvorů pro šrouby. Důležitým faktorem je také velikost středících otvorů a dosedací plocha i odskok trysky u vstřikovací jednotky;
- minimální uzavření a maximální otevření (zdvih) má být dostatečné. Minimálním uzavřením je určena stavební výška formy a velikost zdvihu má být alespoň dvojnásobkem výšky výstřiku (pro snadné vyhození).

Splněním všech kritérií u stroje je možné zajistit požadovanou výrobu. Pokud tyto podmínky nejsou splněny, je třeba navrhnout jiný stroj, případně poupravit formu podle daného stroje. [1]

2 KONSTRUKCE VÝROBKŮ

Při navrhování součásti z plastu musí konstruktér volbou tvaru a materiálu součástí splnit požadavky, které jsou na součást kladeny. Tyto požadavky mají hledisko funkční (pevnost, tuhost, rozměrovou přesnost), technologické (snadná vyrobitelnost a zpracovatelnost), ekonomické (výrobní náklady, prodejnost). [7]

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí zcela jinými zásadami, než u součástí kovových. Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly přeskochit, jinak vzniknou při výrobě problémy. Všeobecně platí, že čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, lacinější výroba a jednodušší výroba výstřiků. [1]

2.1 Jakost výrobků

Součásti z plastů nelze vyrobit v takové jakosti jako kovové výrobky, protože na ně působí mnoho různých činitelů. Rozměry jsou jedním z hlavních ukazatelů jakosti. Stanoví se podle určité funkce s ohledem na specifické vlastnosti plastu. Přesnost rozměrů se určí s ohledem na tolerované a netolerované rozměry. Běžná přesnost se pohybuje v rozmezí IT12 - IT15, zvýšená pak v rozmezí IT9 - IT10. Dalším znakem jakosti výrobků je jakost jejich povrchů. Ta je obrazem povrchu dutiny formy. [1]

2.1.1 Hlavní činitelé ovlivňující jakost

Výrobní smrštění

Výrobní smrštění je rozdíl mezi rozměrem tvarové dutiny formy a odpovídajícím rozměrem výrobku, vyjádření v procentech z rozměru formy. Pro výstřiky z termoplastů předepisují zahraniční normy a literatura pro měření smrštění časové rozpětí 24 - 168 h po vyrobení. Předpokládá se, že po této době jsou všechny rozměry měřeného výrobku již ustáleny. [3]

Dodatečné smrštění

Dodatečné smrštění je změna rozměru tvářeného výrobku z plastu po jeho vystavení zvýšené teplotě. Někdy se pod pojmem dodatečné smrštění rozumí také rozměrová změna, která proběhla ve výrobku při normální teplotě, avšak po delším časovém odstupu od jeho vyrobení. [3]

Tečení (kríp)

Kríp je trvalá deformace, která vznikla v důsledku prodloužení výrobku během působení napětí. Při pokojové teplotě je kríp také nazýván studený tok. [11]

Teplotní roztažnost

Je to délková změna součásti způsobená změnou teploty. Jedná se však o změnu vratnou. Teplotní roztažnost plastů je podstatně vyšší než u kovů. [1,7]

Navlhavost a nasákavost

Navlhavost a nasákavost plastů je přijímáním vody plastem z okolního prostředí. Je-li plast uložen ve vlhkém ovzduší, mluvíme o navlhavosti, je-li uložen ve vodě, jde o nasákavost. V obou případech se však jedná o stejný proces sorpce vody. Přijímáním vody se rozměry plastové součásti zvětšují zhruba o objem absorbované vody, ubýváním vody se rozměry zase zmenšují. [7]

2.2 Požadavky na konstrukci součástí

Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí, dělicích roviny a tím je určen i způsob jejího zaformování. [1]

2.2.1 Konstrukční zásady

Tloušťka stěny:

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

Zaoblení hran , rohů a koutů:

Oblé tvary jsou výhodné z hlediska snazšího proudění taveniny, čím větší je rádius zaoblení, tím menší jsou hydraulické odpory proti průtoku taveniny a tím menší je koncentrace napětí v místě ohybu (rázová houževnatost se zvýší o 50%). Vnější rádius bývá větší oproti vnitřnímu o tloušťku stěny. Ostré přechody vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. [1]

Úkosy a podkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje, nebo u podkosů zabraňuje, vyjímání výstřiku z dutiny formy. U vnitřních stěn větší a u vnějších menší úkos. Podkosy s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy a proto je snaha se jim vyhnout. [1]

Žebra

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

Velké rovinné plochy

Nejsou vhodné, je třeba je členit, nebo opatřit žebry. U rotačních tvarů se zhotoví s konkávním nebo konvexním klenutím. [1]

Otvory a drážky

Doporučují se volit tak, aby při výrobě činili co nejmenší potíže. Záleží hlavně na jejich poloze vzhledem k zaformování. Otvory a drážky kolmé na směr dělicí roviny se zhotoví pomocí čelistí, nebo výsuvných jader. Otvory a drážky ve směru zaformování se vytváří pomocí pevných trnů a kolíků. [1]

Závity

Závity na plastových dílech se vyznačují menší pevností a u jemnějších tvarů i obtížností zaformováním. Proto se doporučuje vyrábět větší průměry se závity s větším stoupáním a to tvaru oblého, pilového, trapézového a podobných tvarů, které jsou pevnostně i pro výrobu vhodnější. Zvláště nízké výrobní náklady se docílí u přerušovaných závitů.

Nápisy a značky

Nápisy a značky se obvykle zhotoví na výstřiku při jeho výrobě ve formě nejrůznějšími způsoby. Vystouplé nápisy a značky jsou výrobně nejjednodušší, ale účelově nejméně vhodné. Zapuštěné písmo je výrobně obtížné. Nejvhodnější způsob je vystouplé písmo v zahloubení tak, aby nepřesahovalo nad povrch. [1]

2.2.2 Dodatečné úpravy

Temperování

Pod pojmem temperování se rozumí tepelné zpracování zhotovených výstřiků pro zlepšení jejich vlastností, nebo stabilizaci rozměrů (zmenšení dodatečného smrštění). Provádí se za zvýšené teploty na vzduchu, nebo v kapalinách. Jejich teplota by měla být 30°C až 40°C pod bodem měknutí plastu. [1]

Kondicionování

Tepelné zpracování silně navlhavých plastů (polyamidy) ve vodě. Tímto procesem se u nich dosáhne rychlého zvýšení houževnatosti i ustálení rozměrů, které vznikly při vstřikování. Výstřiky z polyamidů jsou po vystříknutí a předchozím sušení téměř bez obsahu vody, kterou pro svoje dobré vlastnosti potřebují. Je třeba jim ztracenou vlhkost dodat. [1]

Obrábění

Dodatečné obrábění výstřiků spočívá většinou v začišťování a zahlazení stop po vrtacích a přetocích. Také některé dílce, pokud příliš komplikují výrobu formy, se obrobí dodatečně na požadovaný tvar. Plasty se obrábí například řezáním, stříháním, soustružením, frézováním, vrtáním, broušením a hoblováním. Plasty se obvykle obrábí za sucha, při nadměrném zahřívání nástroje se chladí vodou nebo řeznou kapalinou. [1]

Nátěry součástí z plastů

Nátěry se na výrobky z plastů aplikují nejen z důvodů dekorativních, ale i funkčních. Mohou zakrýt některé povrchové defekty a zvýšit odolnost proti degradaci a korozi z anapětí. Rozbory ukazují, že nátěry mohou být v některých případech ekonomičtější, než barvení plastů ve hmotě. [1]

Speciální úpravy povrchu

Všechny požadované vzhledové úpravy povrchu výstřiků se vždy nerealizují ihned při vstřikování ve formě. Z technických důvodů se některé operace provedou až na hotovém výrobku. Nejvíce se používá potisk sítotiskem a potisk tampoprintem. [1]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací formy se řeší vždy s ohledem na technologický projekt příslušného výstřiku. Při řešení třeba vzít v úvahu především druh vstřikovaného materiálu a velikost výrobní série. Dále je třeba přihlídnout k možnostem navrhovaného výrobního zařízení a k požadavkům na kvalitu výrobků i produktivity práce. V závislosti na velikosti série posuzujeme stupeň mechanizace forem, aby případné dokončovací operace podstatně neovlivnily ekonomii výroby. Podle počtu dutin rozlišujeme formy jednonásobné a vícenásobné. [3]

3.1 Konstrukce forem

Vstřikovací formy jsou často komplikovaná technická zařízení, která musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výstřiky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výstřiků a přitom musí většinou pracovat automaticky. Jejich konstrukce a výroba je proto náročná na odborné znalosti i finanční náklady. [8]

U formy se vyžaduje [1]:

- 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, vyhazování, od vzdušnění, temperování a pod.;
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

3.1.1 Postup při konstrukci formy

Návrh vstřikovací formy vychází zásadně z technologického postupu, jehož součástí je výkres výrobku a technické podmínky. Výkres výrobku obsahuje nejen rozměrové, případně i směrové tolerance, ale jsou na něm vyznačeny technologické úkony, místa ústí vtoku, stopy po vyhazovačích nebo i místa studených spojů. Dále jsou vyznačena místa náročné povrchové úpravy (vzhledově náročné plochy), místa a druh označení výrobků, znak výrobce, případně vyznačení jakosti podle hodnocení státní zkušebny a časový údaj o výrobě. [9]

Postup při konstrukci vstřikovací formy [1]:

- posouzení výkresu součásti (tvar, rozměry a tvářecí podmínky);
- určení dělicí roviny;
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě;
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému;
- navržení rámu formy;
- vhodné uspořádání středění a upínání formy;
- zkontrolování funkčních parametrů formy.

3.1.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí roviny náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. [1]

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 rovinu plochy. Nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí plocha [1]:

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

3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení. Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy poupravit úpravou technologických parametrů, někdy však jen nákladnou korekcí rozměrů formy. [1]

Povrch i rozměry výstřiku jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé [1]:

- smrštění plastu (výrobní)
- výrobní tolerance
- opotřebení dutiny formy

3.1.4 Smrštění výstřiku

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Udává se v procentech. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích. Smrštění se rozděluje do dvou časových fází. Velikost výrobního smrštění se stanoví 24 hod. po výrobě součásti a představuje až 90 % z jeho hodnoty. Zbytek je dodatečné smrštění, které probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru. Smrštění se dá urychlit temperací. [1]

3.2 Studené vtokové systémy (SVS)

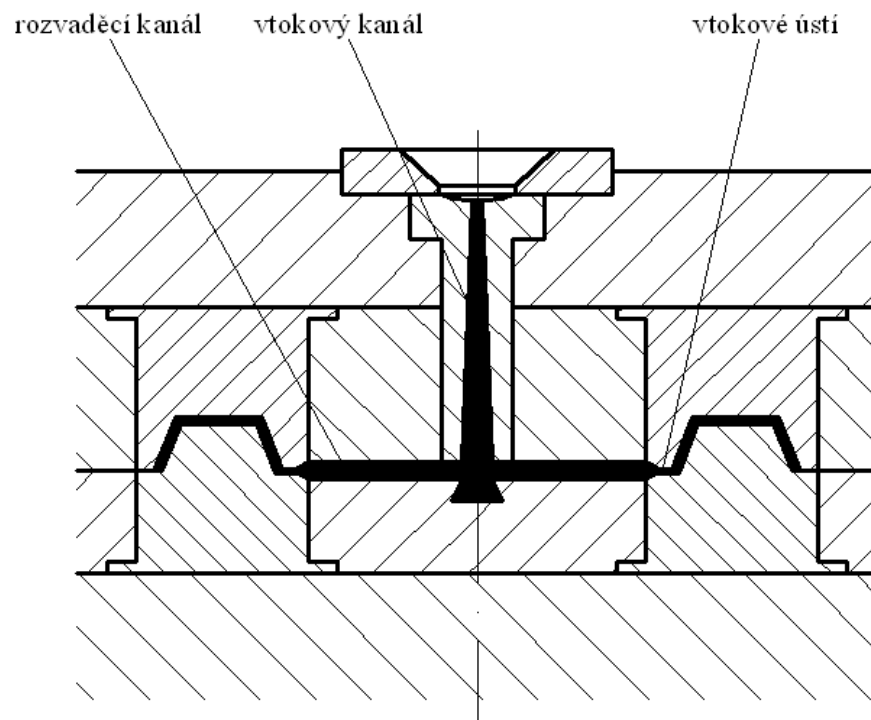
Vtokovým systémem formy je zajišťováno při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny formy má proběhnout v co nejkratším čase a s minimálními odpory. Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou studené a vyhřívané. [1]

Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnížší je uprostřed. Ztuhlou povrchovou vrstvou je vytvářena tepelná izolace vnitřnímu proudu taveniny. Za tohoto stavu je zaplněna celá dutina. V okamžiku zapl-

nění vzroste prudce odpor a poklesne průtok. Další doplňování taveniny může nastat jen jejím elastickým stlačením. [1]

Základní zásady řešení SVS [1]:

- co nejkratší dráha toku taveniny;
- dostatečně velký průřez vtokových kanálů;
- stejně dlouhá dráha toku ke všem dutinám;
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů;
- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů;
- stanovení úkosovitosti všech vtoků;
- leštění povrchu vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání;
- řešení zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu;
- ve vtokovém systému vyloučení místa s velkým ostrým úhlem;
- průřezy vtokových systémů větší pro semikrystalické než amorfny polymery.



Obr. 5 Vtokový systém formy [1]

3.2.1 Vtokový kanál

Nejobvyklejší je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Je vyústěn do rozvodných kanálů, případně přímo do dutiny. Vtoková vložka je vyráběna z pevné, houževnaté, otěruvzdorné oceli a je tepelně zpracována. Je velmi tepelně a mechanická namáhána. [1]

Průměr vtokového kanálu na straně trysky stroje je minimálně o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr trysky. Na opačné straně největší průměr kanálu má být větší minimálně o 1,5 mm, než je největší tloušťka výstřiku, nebo stejný s rozvodnými kanály. Je leštěný, s drsností Ra 0,1 a s minimálním úkosem 0,5 až 1,5°. Pokud vtokový kanál ústí do rozvodných kanálů, pak je v místech spojení doporučováno konstruování jímky studeného čela taveniny jako přidržovače vtoku. Pokud je vyústěn přímo do dutiny výstřiku, je vhodné vytvořit proti ústí vtoku čočkovité zahloubení, zvláště pro menší tloušťky stěn. [1]

3.2.2 Rozvodný kanál

Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy. Velikost jejich průřezů určuje řada činitelů, kteří se vzájemně ovlivňují. Patří sem charakter výstřiku, tepelné a reologické vlastnosti taveniny a parametry vstřikovacího stroje. Všeobecně platí, že nejmenší průměr rozváděcího kanálu nemá překročit 1,54 největší tloušťky stěny výstřiku. [1]

3.2.3 Vtokové ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálů. Jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Umožní se snadné začištění. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Jeho spodní hranice je však omezena pevností materiálu formy. [1]

Vtokové ústí bývá umístěno [1]:

- do nejtlustšího místa na výstřiku;
- do geometrického středu dutiny, aby tavenina zatékala do všech míst rovnoměrně;
- u výstřiku se žebry má tavenina proudit ve směru jejich orientace;
- mimo místa velkého namáhání nebo opticky činných ploch;
- do otvorů nebo poblíž;
- s ohledem na možnost úniku vzduchu z tvarové dutiny;
- u obdélníkového tvaru do kratší strany;
- s ohledem na zamezení volného toku taveniny;
- aby stopa po odstranění vtoku nesnižovala estetickou hodnotu výstřiku.

Typy vtokových ústí [4]:

- kuželový vtok
- bodový vtok a jeho speciální typy tunelový vtok a banánový vtok.
- boční vtok a jeho speciální typy filmový vtok, vějířový vtok, prstencový vtok aj.

3.3 Vyhřívané vtokové systémy (VVS)

Pomocí tohoto systému vstříkujeme bez vtokového zbytku. Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné. Proto je nutné při použití určitého systému vyžádání potřebných informací. [1]

Technologie vstříkování 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. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. U všech způsobů bezvtokového vstříkování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je re-

gulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [1]

Soustava VVS však vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy, obslužný personál i strojní zařízení (konstruktér, technolog, pracovník ve vstřikovně) musí být na příslušné technické úrovni. Dále je třeba zmínit VVS včetně regulátoru a snímačů. To všechno zvyšuje energetickou náročnost výroby. Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu. Nepřetržitý provoz, dokonalé zpracovatelské vybavení i vhodné zpracovatelské vlastnosti plastů. [1]

Hlavní výhodou VVS jsou tedy [1]:

- umožňují automatizaci výroby;
- zkracují výrobní cyklus;
- snižují spotřebu plastu-vstřikuje se bez vtokových zbytků
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků;
- odpadá manipulace s regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

3.3.1 Isolované vtokové soustavy

Pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů, nebo předkomůrky. U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. Její teplotu udržuje buď větší vrstva taveniny, nebo je ohřívána nepřímo. Isolované vtokové soustavy jsou předchůdcem dnešních sofistikovaných vyhřívaných vtokových systémů. [1]

3.3.2 Vyhřívané trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívané vtokové soustavy si obvykle uživatel nevyrábí, ale nakupuje u specializovaných firem. [1]

3.4 Vytápěné rozvodné bloky

Rozvodové bloky slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jejich dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. V opačném případě ovlivní tokové chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. [1]

Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábějí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Tyto bloky jsou vytápěny nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. [1]

Pro zvýšení tuhosti formy je rozvodný blok ve formě upevněn pomocí přítlačných kroužků. Je vystředěn a zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici a jeho vyústění přes trysky do dutiny formy. Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo [1]:

- rychlého ohřevu
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku i případně v trysce
- eliminace tepelných ztrát (vodivostí, prostupem, vyzařováním). To je způsobeno, že se minimalizuje plocha pro přestup tepla, izolace bloku a lesklé opracování.

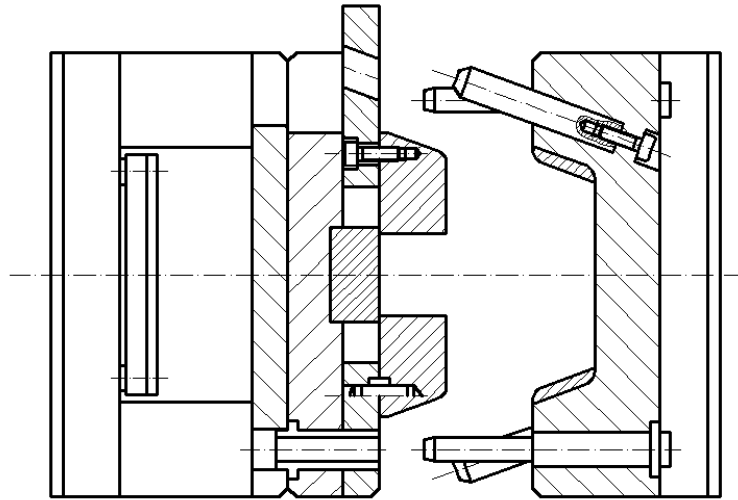
3.5 Boční posuvné čelisti forem

Výstřiky s bočními otvory, výstupky nebo různými zahlobenými, které leží kolmo k ose formy, se řeší s pohyblivými čelistmi. [2]

Pohyblivé čelisti mohou ukotvit jádra, nebo formují tvarové části výstřiku, které nelze jinak zaformovat. Dělí se na čelisti vnitřní nebo vnější, s pohybem nejčastěji kolmým, nebo i pod různými úhly k ose formy. [2]

Čelisti jsou zpravidla ukotveny na pohyblivé části formy. Pohyb je ovládán pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatickými nebo hydraulickými tahači jader. Mechanické šikmé, válcové nebo lomené kolíky využívají při své funkci otevíracího a uzavíracího pohybu vstřikovacího stroje s formou. Otvíráním a uzavíráním formy je možné také změnit vytáčecí pohyb šroubu a matice v přímočarý pohyb bočních částí. Tohoto způ-

sobu se však používá zřídka. V sevřené poloze při vstřikování je třeba čelisti pevně opřít (uzamknout). Čelist se uzamkne tím, že se opatřena svou vnější zkosenou částí o opěrnou lištu pevné desky formy. Zajištění otevřené polohy se provádí pomocí pružiny a kolíku i dalšími možnými způsoby. [2]



Obr. 6 Čelistová forma [14]

3.5.1 Šikmé kolíky válcové

Vysouvají boční čelisti současně s otevíráním formy, jen s nepatrným zpožděním, ovlivněným vůlí v otvoru šikmého kolíku. Vůle bývá 0,2 až 3 mm. Sklon šikmého kolíku se pohybuje od 15° do 25° výjimečně pak do 30°. Uzavírací pohyb čelisti je ukončen současně s uzavřením formy. Šikmý kolík provádí především otvírací pohyb. [2]

3.5.2 Lomené kolíky

Zajišťují nucený pohyb bočních čelistí při otevírání a uzavírání formy podobně jako šikmé kolíky, jen s tím rozdílem, že umožňují poměrně delší zpoždění odsunu čelistí při otevírání formy. Potom je možné vytáhnout čelist s jádrem při jakémkoliv otevření formy. Vůle mezi kolíkem a otvorem bývá 0,2 až 0,5 mm. [2]

Mezi výhody lomeného kolíku patří to, že úhel sklonu uzavíracích ploch může být menší. Tím se dosáhne větší uzavírací síly. Pro tyto dvě vlastnosti se v mnoha případech dává přednost lomenému kolíku, i když je oproti šikmému válcovému kolíku výrobně nákladnější. Úhel sklonu bývá 12° až 25° a úhel uzamykacích ploch 15°. Kolíky se vyrábí s obdélníkovým průřezem s poměrem stran 1:1,5 až 2. [2]

3.5.3 Pneumatické tahače posuvných čelistí

Používají se pro ovládání pohybu posuvných čelistí. Při jejich funkci je třeba brát v úvahu stlačitelnost vzduchu, která může mít za následek nerovnoměrný nebo trhaný pohyb ovládané čelisti. Tlak vzduchu ve válci je 0,4 až 0,6 MPa. Výhodou pneumatických, případně hydraulických válců je možnost pohybu posuvné čelisti i při sevřené formě, pokud tato není uzamčena. Toto se používá pro vytahování jader z bočních stěn výstřiku. [2]

3.5.4 Hydraulické tahače posuvných čelistí

Používají se u pohybových čelistí pro vytažení dlouhých, nebo těžkých jader, případně pro postupné vytahování více jader. Čelisti lze ovládat a otevírat [2]:

- před otevřením formy, pokud nemá uzamykací systém;
- v jakékoliv fázi otevření formy;
- až po celkovém otevření formy.

Pohyb se vyznačuje stejnosměrným chodem. Pokud působí na čelisti boční síly, je třeba u nich také použít uzamykacího systému, nebo uzavírací hydraulické jednotky. [2]

Hydraulické válce bývají napojeny na hydraulický okruh vstřikovacího stroje, nebo na samostatný hydraulický agregát. Jejich ovládání má být propojeno s pracovním cyklem vstřikovacího stroje. Válce a jejich umístění je závislé na charakteru výrobků, konstrukci nástroje a velikosti vstřikovacího stroje. [2]

3.6 Vyhazování výstřiků

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 svou funkcí umožňuje automatický výrobní cyklus. Ne všechny formy ale mají zařízení pro vyhazování. Tam, kde je forma využívána jen pro kusovou produkci se často výrobek odstraňuje ručně - šetří výdaje na vyhazovací mechanismus. Také vyjmutí velkého nebo zvláštního tvaru výrobku z formy je často ovládané operátorem nebo robotem vybaveným přísavnými držáky a vyhazovací mechanismus v tomto případě není vůbec potřebný. [2,11]

Vyhazování výstřiků má dvě fáze [2]:

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

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. 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 rozdělení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. [2]

Po otevření formy formy je výstřik vlivem smrštění plastu obvykle na tvárníku, ale může zůstat i ve tvárnici. Proto se snažíme o to, aby výstřik zůstal v té části kde je vyhazovací systém. [2]

Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na [2]:

- velikosti smrštění výstřiku ve formě;
- členitosti výstřiku a jakosti povrchu funkčních ploch dutiny formy;
- technologických podmínkách vstřikování;
- pružných deformacích formy.

3.6.1 Mechanické vyhazování

Je nejrozšířenější vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. [2]

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Používá se tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je výrobně jednoduché a funkčně zaručené. 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. [2]

Vyhazování stírací deskou nebo trubkovými vyhazovači

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich

deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Trubkový vyhazovač je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. [2]

Šikmé vyhazovací kolíky

Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k vyhazovací rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné ho kombinovat i s přímým vyhazováním. Je snahou, aby způsob byl funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [2]

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 vtokových zbytků od výstřiku spolu s jejich vyhazováním. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou zdvojených vyhazovačů se odstříhnou vtoky a druhou se zpožděným zdvihem se výstřiky vyhodí. [2]

3.6.2 Vzduchové vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiků. [2]

3.6.3 Hydraulické vyhazování

Hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

3.6.4 Vyhazování vtokového zbytku

Při rozevírání formy je třeba vtokový zbytek přidršet na požadované straně, dokud není bezpečně vytažen vtokový kužel z vtokové vložky. V pohyblivé části formy, s vyhazovacím zařízením, je různými způsoby proveden podkos, který přidrží vtokový zbytek tak dlouho, až je vyhazovacím kolíkem vyhozen současně s výstřiky. [2]

3.6.5 Zpětný chod vyhazovacího systému

Návrat vyhazovacího systému při uzavírání formy je důležitou složkou jeho činnosti. Zajišťuje setření výstřiku přichyceného na vyhazovačích. Dále se pak vrací vyhazovací systém do výchozí polohy, pro další vstřikovací cyklus. [2]

Zpětný pohyb je zajištěn těmito způsoby [2]:

- vratnými kolíky;
- pružinami;
- klíny a vačkami;
- vzduchovým nebo hydraulickým vyhazovačem s jeho zpětným působením.

3.7 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. To je zajištěno ochlazováním formy, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. [2]

Úkolem temperace tedy je [2]:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny;
- odvedení tepla z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku.

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích

tlacích. Temperují se také různé části formy odlišně, aby se eliminovaly tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění plastu. [2]

Teplota forem a zvláště jejich dutin není během vstřikování konstantní. Po vstřiku nejprve stoupá, potom klesá v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Kolísání teplot má být co nejmenší. Proto musíme správně volit velikost a rozmístění kanálů i rychlost a správné nastavení teploty temperačního média. Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin, se volí s ohledem na celkové řešení formy. Je třeba dbát na dostatečnou tuhost a pevnost stěny funkční dutiny. Je vhodnější volit větší počet menších kanálů s malými roztečemi. [2]

Pravidla pro volbu temperačního média [2]:

- kanály umístit v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny formy;
- kanály umístit u vtoku;
- chladicí kapalina by měla proudit od nejteplejšího místa k nejchladnějšímu místu a při ohřívání naopak;
- průřez kanálů z výrobních důvodů kruhový;
- rozmístění kanálů se volí s ohledem na tvar výstřiku;
- kanály mají procházet celistvým materiálem formy;
- po cestě temperačního média nevytvářet mrtvé kouty;
- kanály se neumísťují v blízkosti hran výstřiku;
- průměr kanálu nemá být menší jak 6 mm.

3.7.1 Temperační prostředky

Představují média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních podmínkách. Dělíme je na aktivní (působí přímo ve formě) a pasivní (svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy) [2]

Aktivní prostředky [2]:

- Kapaliny (voda, olej a glykoly);

- proudící vzduch;
- topné elektrické články.

Pasivní prostředky [2]:

- tepelně izolační materiály
- tepelně vodivé materiály

3.8 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplývá až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však jeho vyřešení obtížné. [2]

3.8.1 Vliv technologických parametrů vstřikování na odvzdušnění

Při plnění dutiny formy taveninou je třeba zajistit únik zejména vzduchu, který je v ní obsažen na počátku vstřiku, jakož i plynů uvolňujících se při ochlazení taveniny. Čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který je vlivem vysokého tlaku silně ohříván a vzniká tzv. Dieselův efekt (spálená místa na výstřiku). Při pomalém plnění je tvořen a uvolňován ztuhlý polymer ze stěn formy a je strháván do proudící taveniny. Při určitém stavu technologických parametrů a větších tloušťkách stěn výstřiku, může vzduch vniknout do taveniny a po zchladnutí v ní zůstat v podobě bublin. Bubliny bez vzduchu (lunkry) jsou tvořeny následkem zmenšení objemu materiálu po ochlazení vnější vrstvy výstřiku. [2]

3.8.2 Určení místa pro odvzdušnění

Volba místa pro odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je jen obtížně zjistitelná. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem a směry naplní proudy taveniny polymeru dutinu. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitativních podmínkách, které kladou na výstřik a jeho požadovanou funkci. Někdy se místo pro odvzdušnění zjistí až při prvních zkouškách formy. Charakter nedotečeného výstřiku, nebo spálené místo na něm, je vodítkem pro určení místa pro odvzdušnění. [2]

3.8.3 Odvzdušňovací kanály

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou (vedlejšími dělicími rovinami), vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky obdélníkového průřezu. Zhotovené odvzdušňovací průřezy musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání plastu. Velikost odvzdušňovacích mezer u běžně vstřikovaných polymerů je v řádu setin milimetrů. Potíže s odvzdušněním se vyskytují především u nových forem s dobře těsnícími dělicími rovinami a vyhazovači. V průběhu provozu vlivem opotřebení vzniknou větší vůle, které poskytují vzduchu stále více možností úniku. Často se opomene čištění od konzervačního prostředku, které proudy taveniny unáší do odvzdušňovacích mezer. Ty se často ucpou a následně se zcela zanesou spáleným tukem a odvzdušnění je pak neúčinné. [2]

ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část této bakalářské práce je rozdělena na pět částí.

První část se zabývá technologií vstřikování a průběhem vstřikovacího cyklu. Dále jsou popsány polymery, jejich základní rozdělení, zaměřením se na termoplasty, které se používají při vstřikování. Jsou zde uvedeny zpracovatelské podmínky plastů a volba termoplastů při návrhu výrobku. Dozvíme se o uzavíracích, plastikačních, vstřikovacích jednotkách a nakonec o ovládání a řízení vstřikovacího stroje a volbě optimálního vstřikovacího stroje.

Druhá část je zaměřena na konstrukci výrobků: jakost výrobků a požadavky na konstrukci vstřikovaných výrobků.

Třetí a poslední část je zaměřena na konstrukci vstřikovacích forem, kde se rozebírá konstrukce forem, studené vtokové systémy (SVS), horké vtokové systémy (VVS), vytápěné rozvodné bloky, boční posuvné čelisti, vyhazování výstřiků, temperace a odvzdušnění vstřikovacích forem.

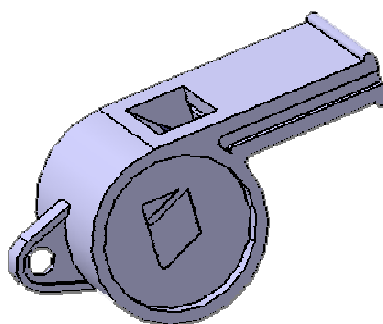
II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je navrhnout dvě vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. Jedná se o píšťalku, která se skládá ze tří částí: samotného těla píšťalky, víčka a kuličky. U první varianty se budou navrhovat pouze tvarové desky s vyhazovacím systémem na již existující univerzální rám formy. U druhé varianty se jedná o kompletní návrh vstřikovací formy. Obě formy budou navrhovány pro dva zadané vstřikovací stroje Arburg. Obě dvě varianty budou doloženy výkresovou dokumentací.

5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaným výrobkem je píšťalka, která se skládá ze tří částí (tělo píšťalky s logem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, víčko a kulička). Píšťalka se používá jako signalizační zařízení, například k upozornění na nějakou událost, k přivolání psa atd.



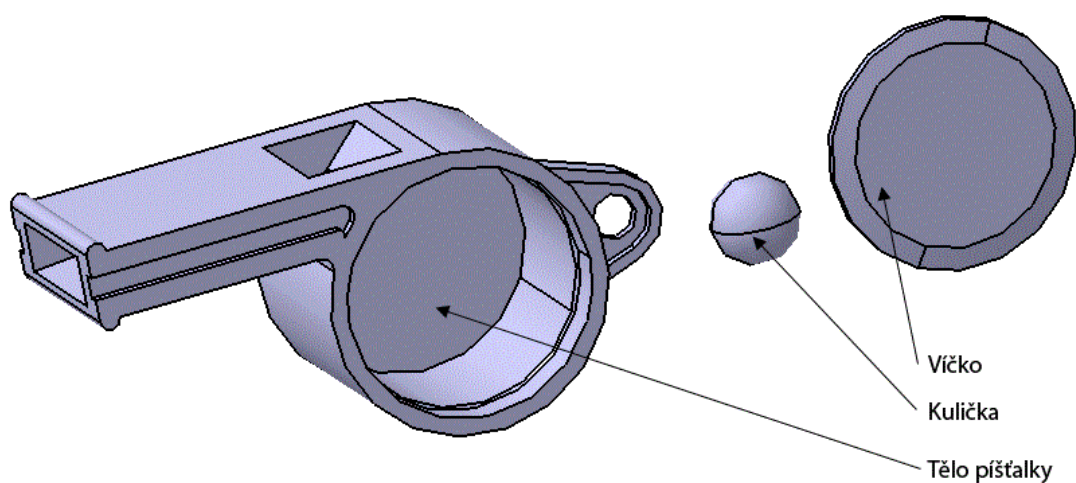
Obr. 7 Píšťalka s logem

5.1 Charakteristika výrobku

Navržená píšťalka se skládá ze tří částí:

- tělo píšťalky o rozměrech (53 x 25 x 20) mm
- víčko o průměru 22 mm
- kuličky o průměru 8 mm

Tloušťka stěn píšťalky je 2 mm, aby byla zaručena dostatečná tuhost píšťalky.



Obr. 8 Výstřiky

5.2 Materiál výrobku

Materiál byl zvolen polyoximethylen se zkratkou POM, protože se mi jeví jako nejlepší varianta z hlediska níže uvedených vlastností. POM je semikrystalický termoplast. Jedná se o tuhý a pevný polymer s vysokou rázovou houževnatostí. Dále je pružný a odolává teplotám až do teploty 95°C. Chemická odolnost je dobrá vůči slabým kyselinám, zásadám, olejům a alkoholům. Špatná odolnost je proti silným kyselinám, oxidačním činidlům a horké vodě.

Jako dodavatel byla zvolena firma BASF. Obchodní název polymeru je ULTRAFORM N2320C BK120Q600. Jeho základní vlastnosti jsou [13]:

- Index toku taveniny ITT = 25 [g/10min]
- Smrštění ve směru toku 2,678 [%]
- Smrštění ve směru toku 2,101 [%]
- Modul pružnosti v tahu $E = 3630$ [MPa]
- Modul pružnosti ve smyku $G = 1230$ [MPa]
- Hustota taveniny 1,1594 [g/cm³]
- Hustota tuhé fáze 1,4225 [g/cm³]

6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací forma do univerzálního rámu byla navrhována na vstřikovací stroj od německé firmy Arburg ALLROUNDER 420 C a druhá forma byla navrhována na stroj Arburg 170 U. Oba tyto stroje patří mezi strojní vybavení Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.



Obr. 9 ALLROUNDER 420 C [16]

Tab. 1 Základní parametry strojů [17]:

	Arburg 420 C	Arburg 170 U
Maximální uzavírací síla	1000 [kN]	150 [kN]
Maximální objem dávky	182 [cm ³]	10,5 [cm ³]
Průměr šneku	40 [mm]	15 [mm]
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	420x420 [mm]	170x170 [mm]
Velikost upínací desky	570x570 [mm]	290x290 [mm]
Maximální světlost mezi upínacími deskami	750 [mm]	350 [mm]
Celkový příkon stroje	33,9 [kW]	24 [kW]
Maximální vyhazovací síla	40 [kN]	12 [kN]

6.1 Kontrolní výpočty

Pro zhodnocení vhodnosti zadaného vstřikovacího stroje byly provedeny tyto výpočty. První varianta znamená, že se jedná o první návrh vstřikovací formy do univerzálního rámu a druhá varianta znamená, že se jedná o druhý návrh celé vstřikovací formy.

Určení množství potřebného plastu [2]:

$$M = 1,2(G \cdot n \cdot A) \cdot \frac{a_x}{a_p} [g] \quad (1)$$

G - hmotnost výstřiků [g], n - zvolená násobnost formy [/], A - hmotnost vtoku a kanálů [g], $\frac{a_x}{a_p}$ - podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu, M_1 - pro první variantu vstřikovací formy, M_2 - pro druhou variantu vstřikovací formy.

$$M_1 = 1,2(5 \cdot 2 \cdot 4) \cdot \frac{136}{100} = 66 [g] \quad (2)$$

$$M_2 = 1,2(5 \cdot 1 \cdot 1,2) \cdot \frac{136}{100} = 9,9 [g] \quad (3)$$

Plastikační doba jednoho cyklu vstřikovacího stroje [2]:

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot M}{Q} [s] \quad (4)$$

M - množství potřebného plastu [g], Q - plastikační výkon stroje [kg/hod], t_{pl1} - pro první variantu vstřikovací formy, t_{pl2} - pro druhou variantu vstřikovací formy.

$$t_{pl1} = \frac{3,6 \cdot 66}{29} = 8,2 [s] \quad (5)$$

$$t_{pl2} = \frac{3,6 \cdot 9,9}{20} = 1,8 [s] \quad (6)$$

Potřebná uzavírací síla vstřikovacího stroje [2]:

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k \quad [kN] \quad (7)$$

S - průmět plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozvádějících kanálů [cm²], p_v - tlak v dutině formy [MPa], k - koeficient tekutosti [-], F₁ - pro první variantu vstřikovací formy, F₂ - pro druhou variantu vstřikovací formy.

$$F_1 = 1,2 \cdot 15 \cdot 130 \cdot 1,55 = 36 \quad [kN] \quad (8)$$

$$F_2 = 1,2 \cdot 6,5 \cdot 130 \cdot 1,55 = 16 \quad [kN] \quad (9)$$

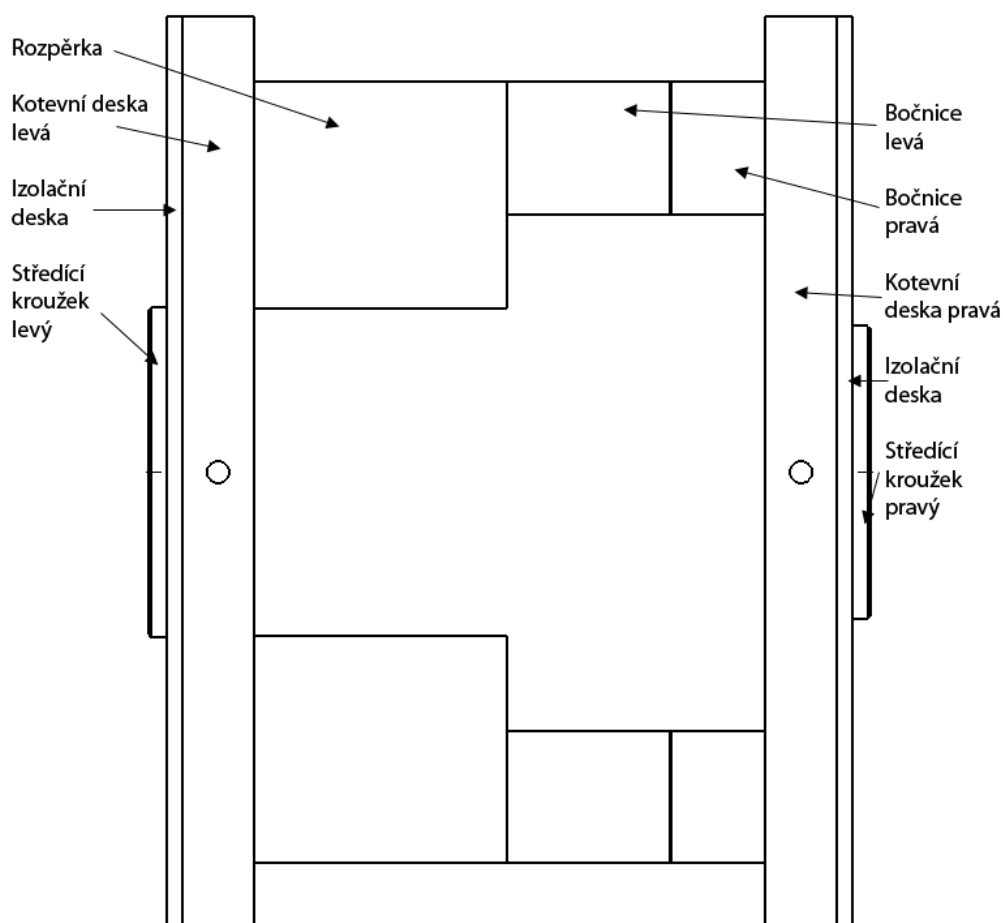
7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY DO UNIVERZÁLNÍHO RÁMU

Návrh první varianty vstřikovací formy spočíval v návrhu pravé a levé tvarové desky a vyhazovacích desek, které se umístí již do existujícího univerzálního rámu. Při návrhu byla snaha o co největší využití normálií HASCO pro zvýšení rychlosti výroby.

7.1 Univerzální rám

Univerzální rám vstřikovací formy se skládá z těchto částí: upínací desky, bočnice, rozpěrné desky, izolační desky a středící kroužky.

Vodících a spojovacích částí bylo využito z normálií firmy DME. Rozměry univerzálního rámu jsou 296 x 346 x 260mm (v x š x d).

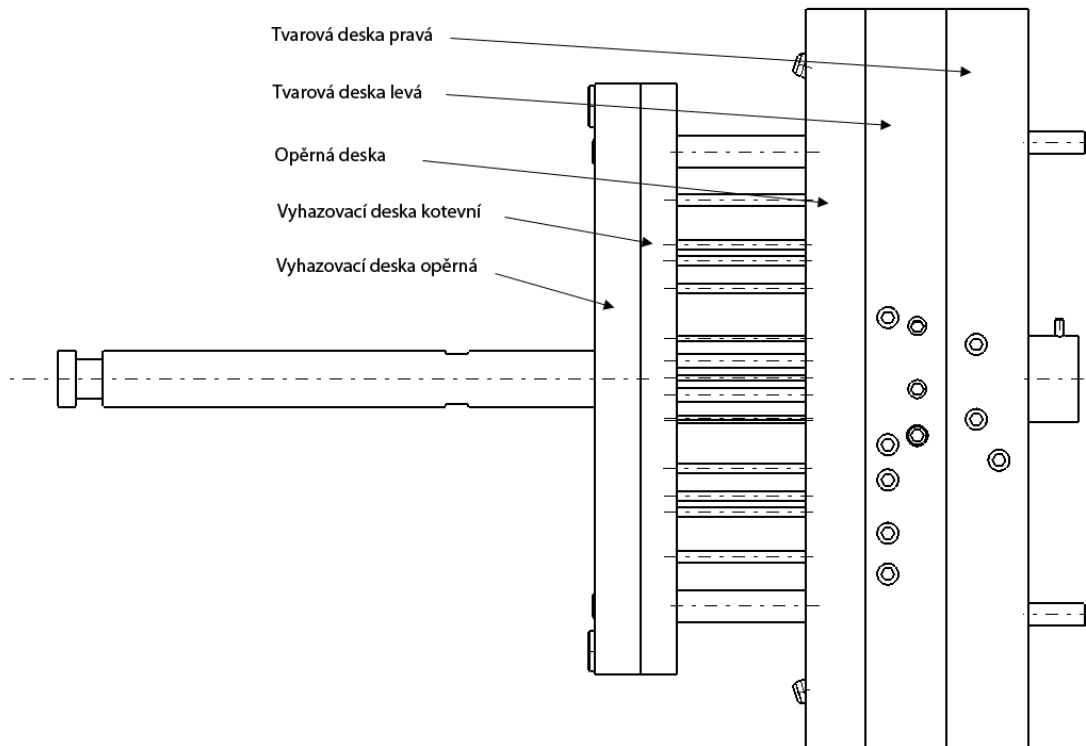


Obr. 10 Horní náhled na univerzální rám

7.1.1 Popis navrhovaných částí

Do univerzálního rámu byly navrhovány tyto desky: tvarové desky, opěrná deska a vyhazovací desky.

Všechny tyto desky byly vyrobeny z nástrojové oceli 19436 a zakaleny na tvrdost HRC 55. Základní rozměry navrhovaných desek jsou 326 x 196 x 194 mm (v x š x d).



Obr. 11 Boční náhled navrhovaných desek

7.1.2 Násobnost

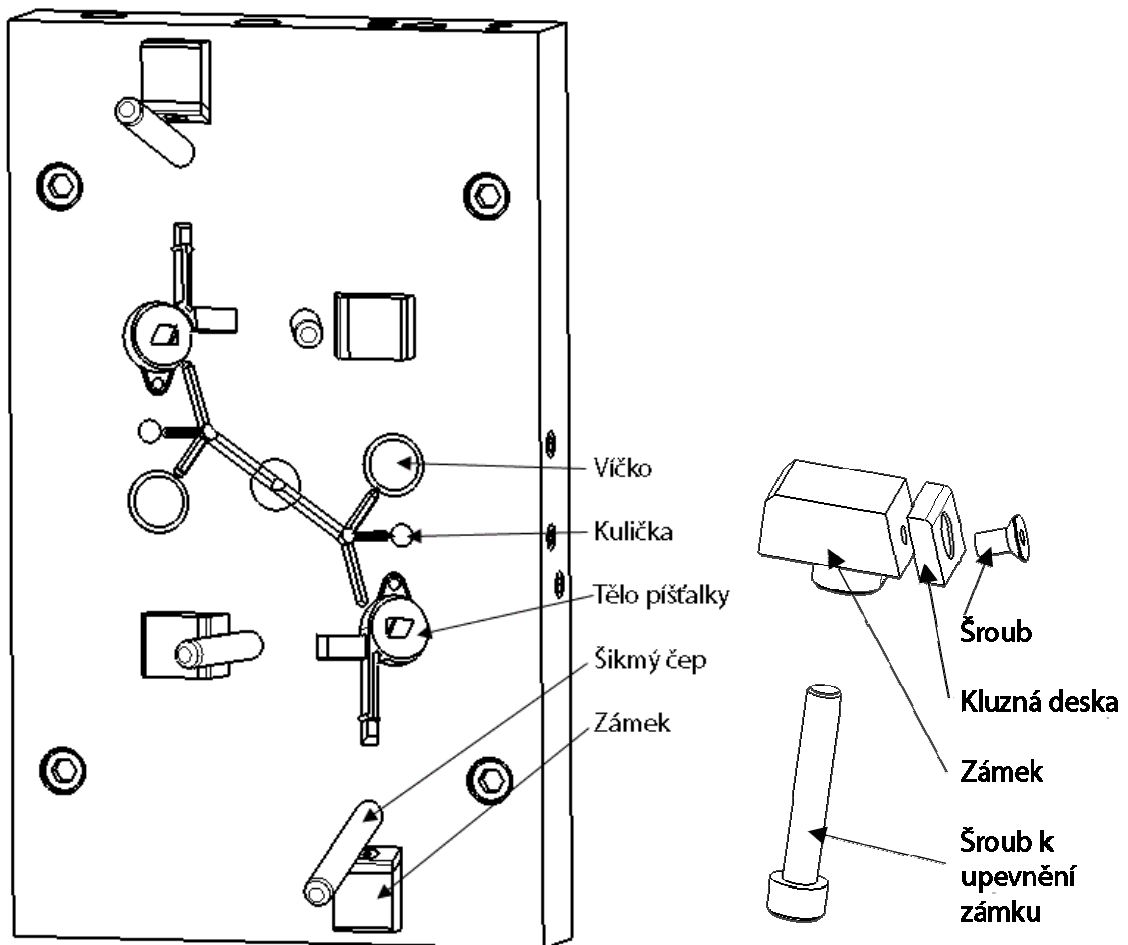
Z hlediska maximálního výtlačného objemu plastikační jednotky může být vstřikovací forma maximálně pěti násobná. Z hlediska rozměrů rámu nelze použít širší tvarové desky, a proto byla konstrukce formy dvoj násobná. Pro tuto násobnost bude potřebné množství polymeru na jeden cyklus 66 g, doba cyklu bude trvat 8,2 s a potřebná uzavírací síla bude 36 kN dle rovnic 2, 5 a 8.

7.1.3 Zaformování výrobku

Výstřiky byly zaformovány přesně ve svých polorovinách pomocí jedné dělicí roviny.

Tvarová deska pravá:

Všechny dutiny odpovídající svým tvarem vstříkovaným výrobkům byly vyrobeny do tvarových desek a naddimenzovány o udávané smrštění polymeru. Tvarová deska byla opatřena šikmými čepy, které zajišťují odformování těla píšťalky. Dále byly na tvarové desce navrženy zámky, které v sevřené poloze při vstříkování musí čelisti pevně zapřít "uzamknout". Zámek se skládá z kluzné desky, šroubů M4x10 a šroubů M6x30.

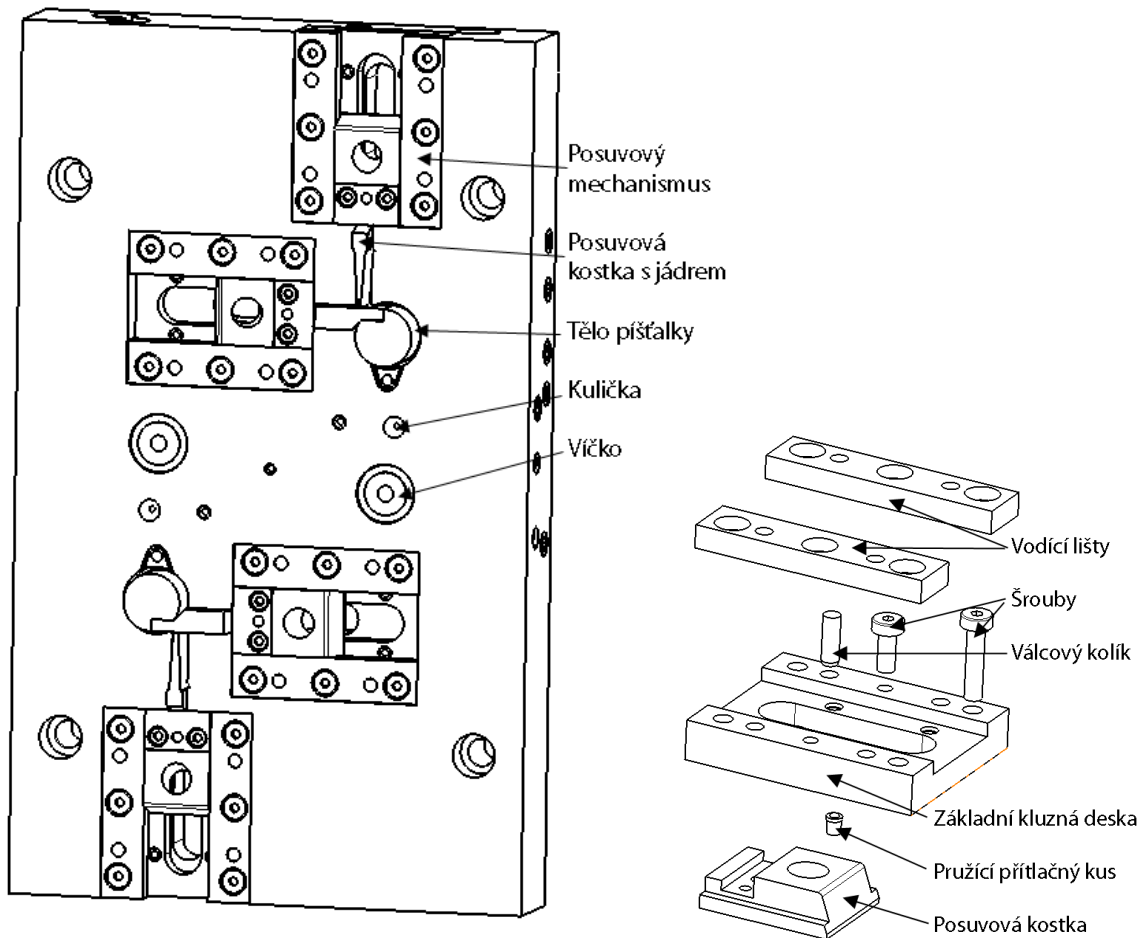


Obr. 12 Tvarová deska pravá

Tvarová deska levá:

Tvarová deska levá je rozměrově shodná s pravou tvarovou deskou. Rozdíl je v tom, že zde jsou umístěny posuvové kostky a posuvové mechanismy převzaty z normálí firmy Hasco. Posuvové kostky s jádrem byly připevněny pomocí šroubů a kolíku na posuvové mechanismy. Posuvový mechanismus se skládá ze základní kluzné desky, vodících lišt, posuvové

kostky, válcových šroubů M5x12 a M5x30, válcových kolíků o průměru 4 mm a pružících přitlačných kusů.



Obr. 13 Tvarová deska levá

7.1.4 Odvzdušnění

Odvzdušnění vstříkovací formy je velmi důležité, protože po uzavření formy a vstříknutí polymeru může vzduch ve formě zůstat a způsobit spálená místa nebo nedotečení polymeru. Proto musíme tento vzduch z tvarové dutiny odvést. V navrhované formě byl uvažován únik vřelými v dělicí rovině a vřelí mezi vyhazovači.

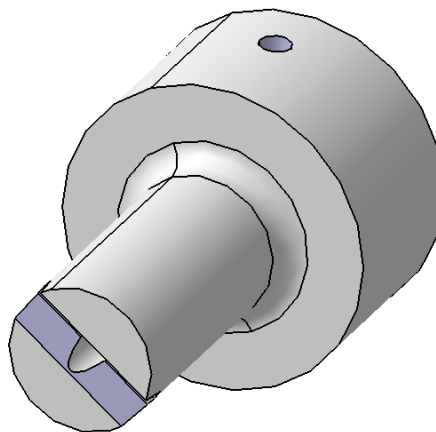
7.2 Vtokový systém

Vstříkovací forma musela být navržena se studeným vtokovým systémem, z důvodu použití univerzálního rámu, který jiný systém nedovoluje. Studený vtokový systém pro tento výrobek je dostačující a není až tak energeticky náročný. Vtokový systém je v tomto případě

odpad. V tomto objemu výroby je zanedbatelný. Navíc tento odpad můžeme drtit a použít na jiný méně náročný výrobek.

Vtoková vložka:

Vtoková vložka byla vybrána z normálií firmy Hasco a byla použita jako polotovar. Jedná se o typ Z511/18x36/3/3/4 ve které musely být vytvořeny dva rozvodné kanály. Vtoková vložka byla zajištěna kolíkem, aby nedošlo k jejímu pootočení a tím i k znemožnění toku polymeru do tvarových desek.



Obr. 14 Vtoková vložka

Rozvodné kanály:

Bylo použito lichoběžníkových rozvodných kanálů o odstupňovaných rozměrech. Rozvodný kanál se později dělí na další tři lichoběžníkové kanály s odstupňovanými průřezy. Tyto kanály byly vyrobeny přímo v tvarové desce. Lichoběžníkový průřez je výhodný, protože je výrobně jednoduchý, má vysokou hodnotu smáčivého průměru a malé teplotní i tlakové ztráty.

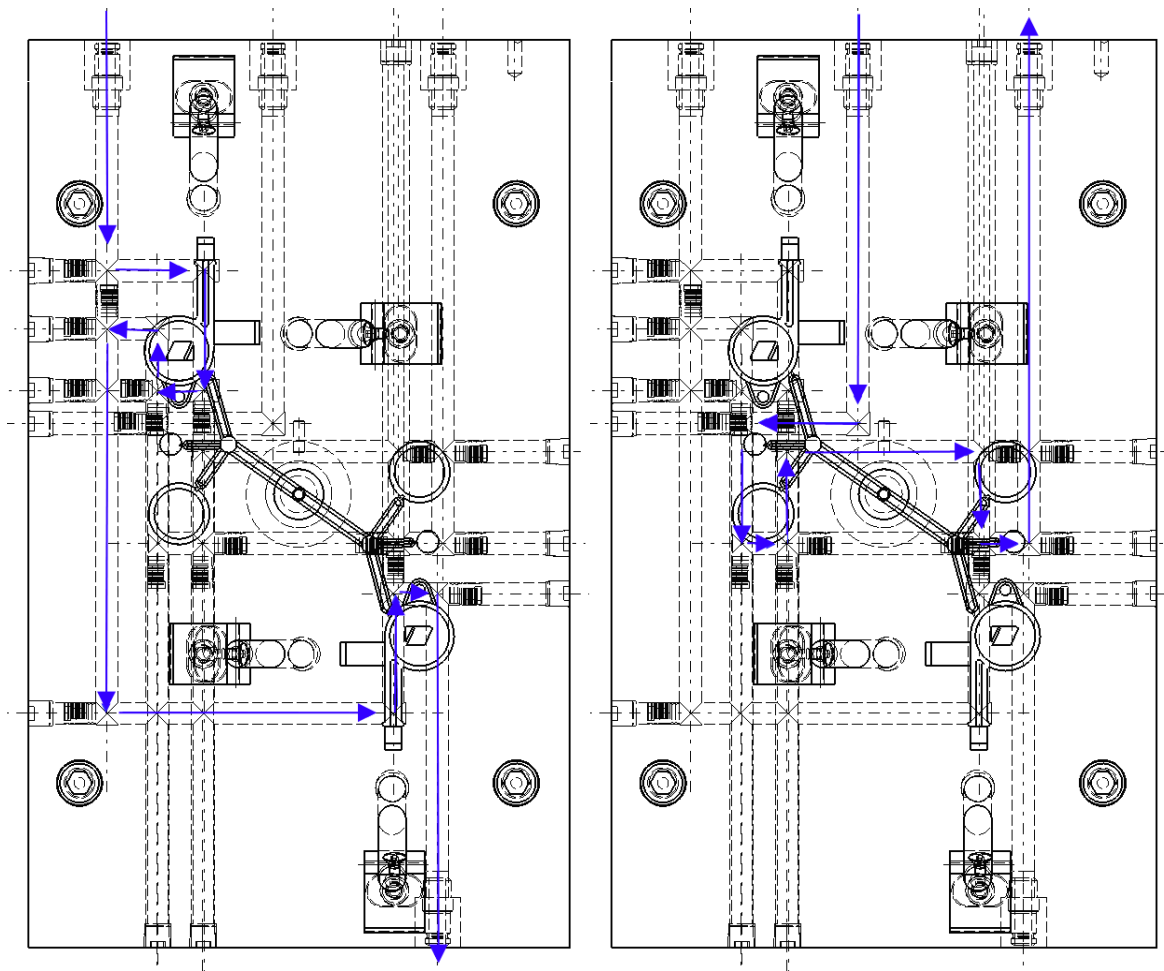
Vtoková ústí:

U píšťalky a kuličky bylo zvoleno tunelové vtokové ústí a u víčka bylo nejlepším řešením využít bočního vtoku o výšce 0,6 mm a šířce 1 mm a délce vtokového ústí 0,8 mm. Čelní hrany bočního vtoku byly zaobleny R0,5.

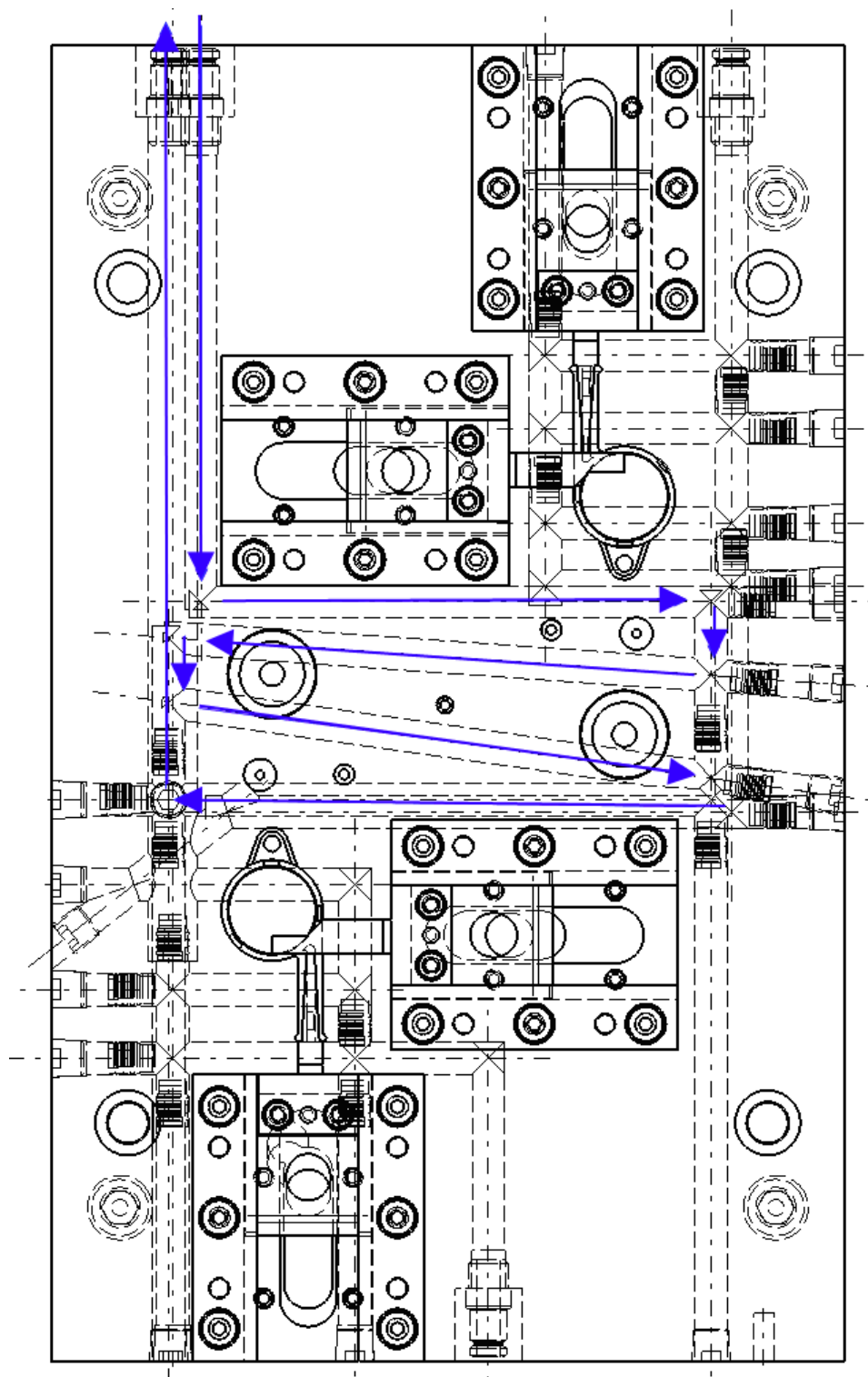
Vtokové ústí byla volena dle rozmístění jednotlivých komponentů ve formě a jejich délky byly voleny co nejkratší.

7.3 Temperační systém

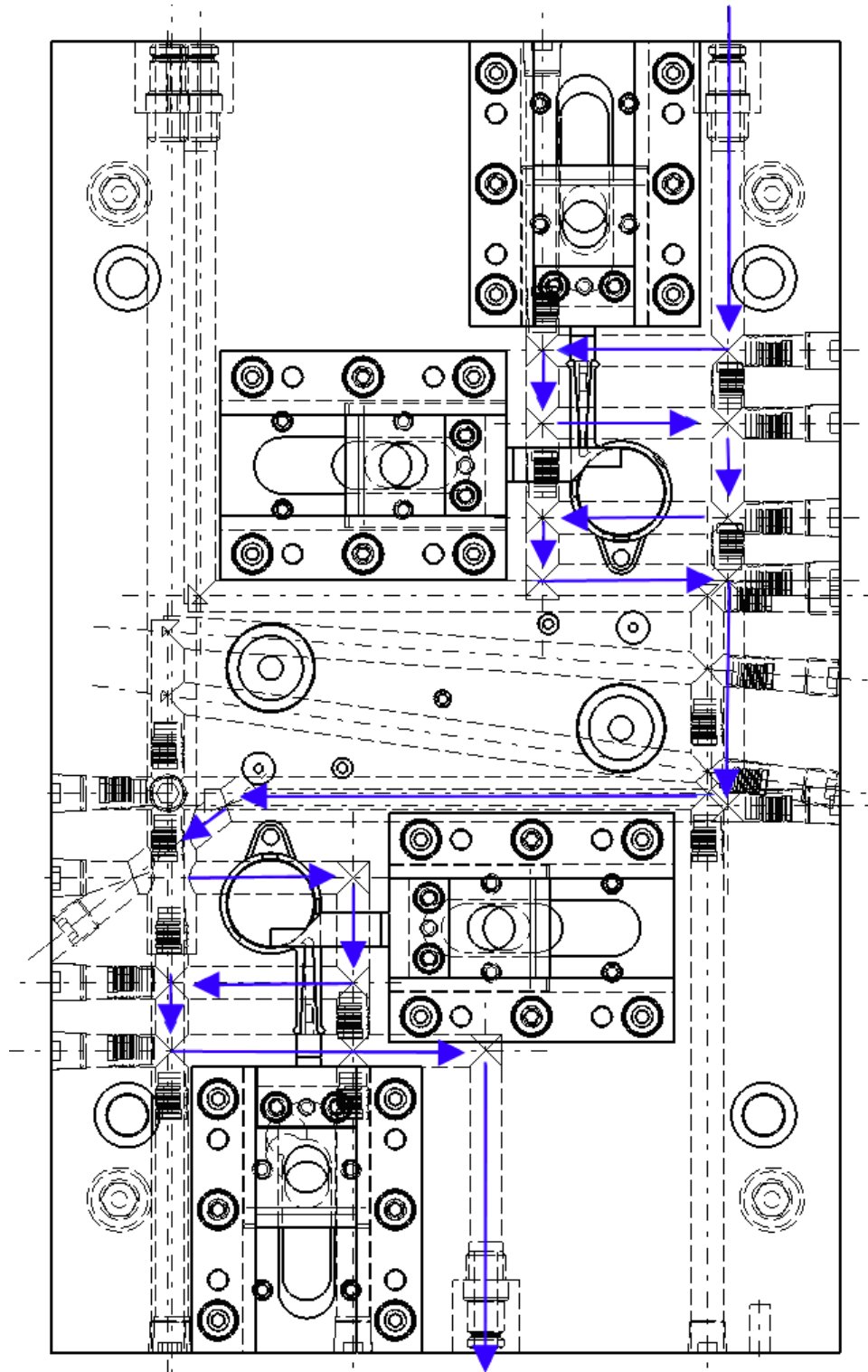
Temperační systém v obou tvarových deskách byl rozdělen na dvě hloubky. Píšťalka má střed temperačního systému ve hloubce 23 mm a kulička s víčkem v hloubce 13 mm. Kanály byly navrženy kruhového průřezu o průměru 8 mm vrtané přímo do tvarových desek a utěsněné pomocí ucpávek, po stranách tvarových desek byly navrženy uzavírací šrouby a vývody z desek byly opatřeny připojovacími nátrubky, které byly zapuštěny do desky, aby se během manipulace nepoškodily. Vše je opět vybráno z normálií od firmy Hasco. Kanály byly ve formě uspořádány v podobě hadu, aby docházelo k rovnoměrnému ochlazení výstřiků ve vstřikovací formě.



Obr. 15 Temperace pravé strany formy



Obr. 16 Temperace levé strany formy, okruh 1



Obr. 17 Temperace levé strany, okruh 2

Jako temperační médium byla zvolena voda a jako temperační zařízení bylo uvažováno temperační zařízení firmy Regloplas, typ 150 SMART.

Základní parametry temperačního zařízení [13]

- Maximální vstupní teplota 90 [°C]
- Maximální průtok 60 [l/min]
- Maximální tlak 3,8 [bar]
- Příkon 500 [W]
- Maximální teplota okolí 40 [°C]
- Chladicí výkon 28 [kW]

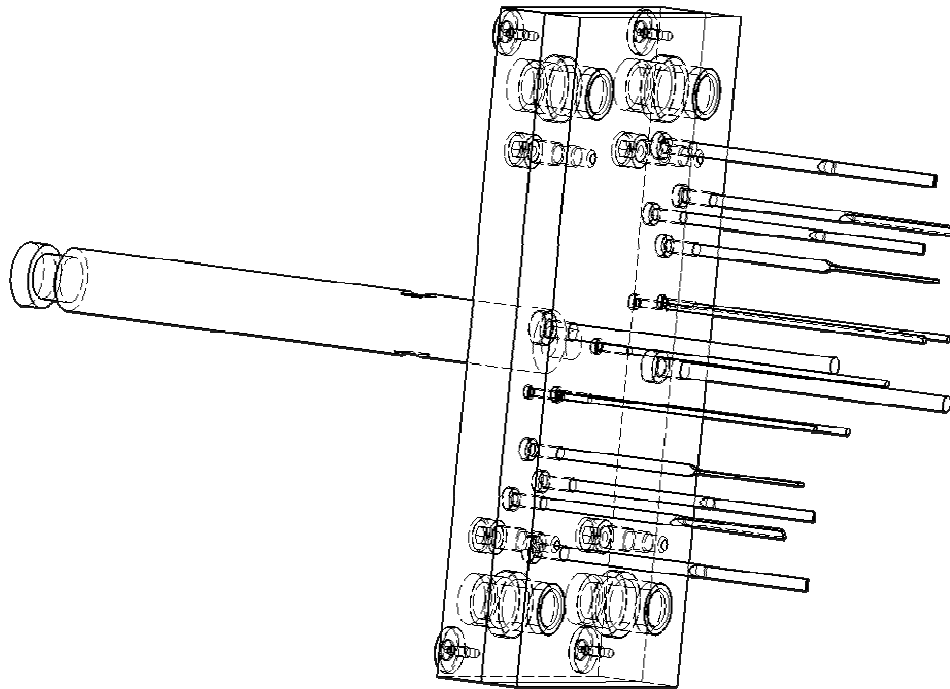


*Obr.18 Temperační
zařízení*

7.4 Vyhazovací systém

Vyhození ochlazeného výrobku bylo zajištěno skupinou válcových a plošných vyhazovačů. Vyhazovače byly opět vybrány z normálií firmy Hasco a použity jako polotovary. Všechny vyhazovače byly zkráceny na požadovanou délku a tvar. Materiál vyhazovačů je DIN 1.2516, což je materiál 19711 z normy ČSN. Byly vybrány tyto vyhazovače typu Z40/6x160, které byly použity na vyhození víčka. Další typy vyhazovače je Z40/2,2x160 byly použity na vyhození kuličky, Z40/2.5x160 tyto vyhazovače ústí do přídržovače vtoku, který zajišťuje přidržení vtokového systému na levé straně vstřikovací formy při otevírání. Poslední typ vyhazovače byl navržen Z465/3,8x1.2/160 a Z465/4,5/1,5x160. Tyto plošné vyhazovače byly zvoleny na vyhození těla píšťalky. Oddělení vtokového zbytku od víčka se provede mechanicky.

Pohyb vyhazovacího systému byl zajištěn pomocí táhla přišroubovaného do opěrné vyhazovací desky.

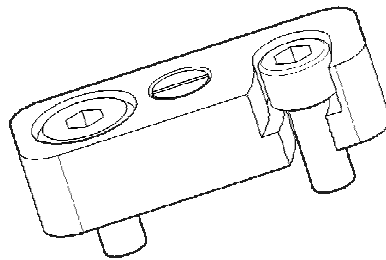


Obr. 19 Vyhazovací systém

7.5 Manipulační systém formy

Vstřikovací forma byla navržena se dvěma šrouby s okem z normálií firmy Hasco s označením Z71/12. Do těchto ok se zaháknou háky a pomocí navijáku se vytáhne vstřikovací forma nahoru k upínacím deskám.

Dále byla vstřikovací forma vybavena zařízením, které zabraňuje otevření formy v dělicí rovině při manipulaci. Zařízení je z normálií firmy Hasco s označením Z73/12x20x50.



Obr. 20 Zámek

V přílohách P I a P II jsou zobrazeny náhledy pravé a levé strany vstřikovací formy.

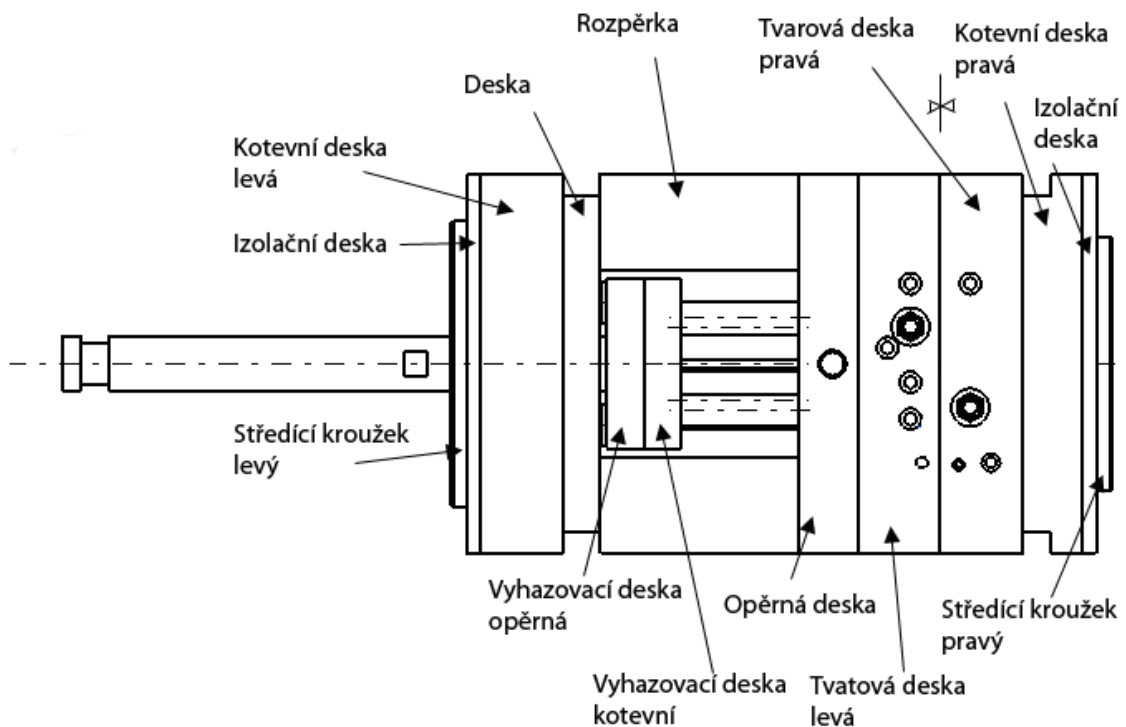
8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Návrh druhé varianty vstříkovací formy spočíval v kompletním návrhu včetně rámu. Hlavní snahou bylo využívat normálí firmy Hasco pro zvýšení hospodárnosti.

8.1 Vstříkovací forma

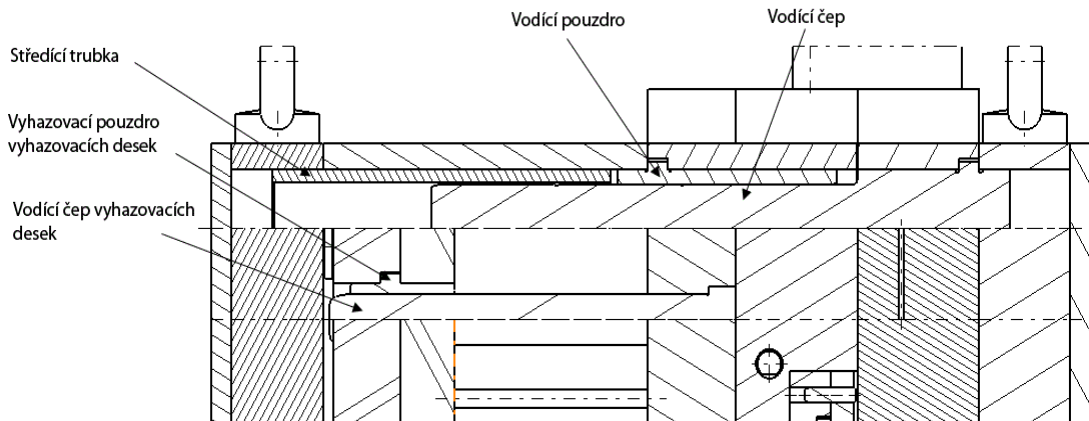
8.1.1 Popis rámu vstříkovací formy

Byl zvolen dvoudeskový systém vstříkovací formy jako nejvhodnější. Desky rámu byly vybrány z normálí firmy Hasco, přesto sloužily jako polotovary, protože se musely zmenšit a konstrukčně upravit. Všechny desky byly vyrobeny z materiálu DIN 1.1730, což je dle ČSN nástrojová ocel 19083. Izolační desky byly navrženy z polymeru plněným skelnými vlákny. Základní rozměry rámu jsou 288 x 166 x 246mm (v x š x d).



Obr. 21 Horní náhled na rám

Spojovací a vodící součásti byly vybrány z normálí firmy Hasco. Tyto prvky slouží k vycentrování jednotlivých desek formy, jejich pohybu a při pohybu vyhazovacího systému.



Obr. 22 Vodící části rámu

8.1.2 Násobnost

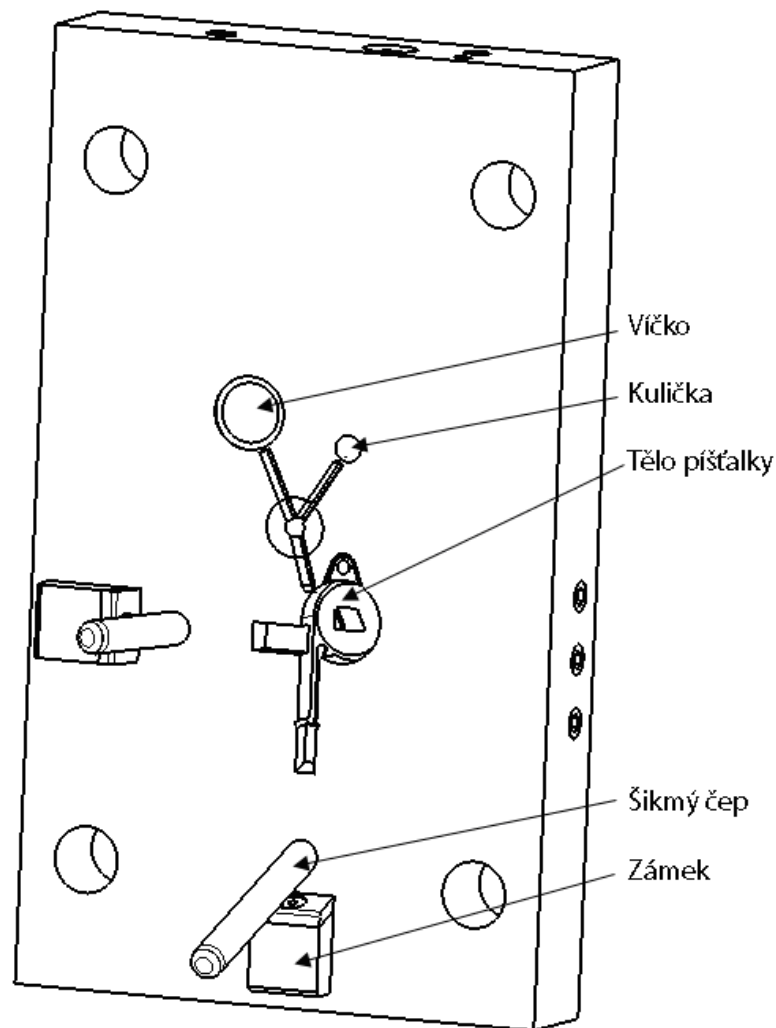
Dle rovnic 3, 6 a 9 byla optimální násobnost vstřikovací formy zvolena jednonásobná. Vstřikovací forma nemůže být více násobná z důvodů maximálního objemu dávky. Pro tuto násobnost bude potřebné množství polymeru na jeden cyklus 9,9 g, doba cyklu bude trvat 1,8 s a potřebná uzavírací síla bude 16 kN.

8.1.3 Zaformování výrobku

Výrobky byly zaformovány přesně ve své polovině pomocí jedné dělicí roviny.

Tvarová deska pravá:

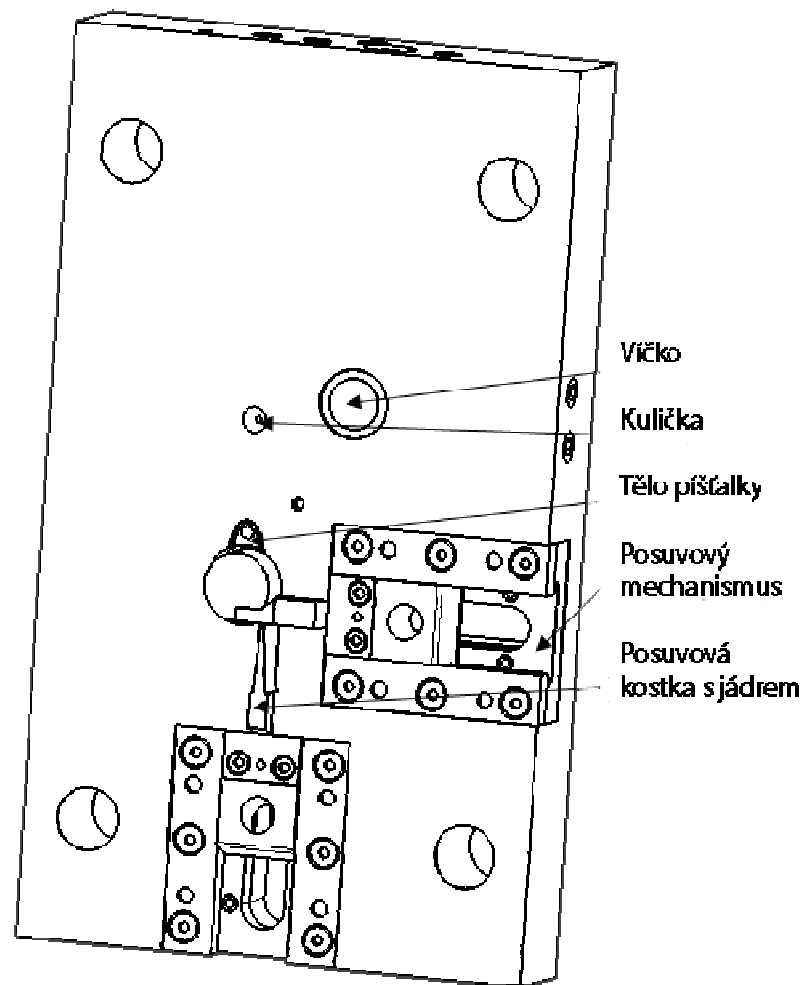
Tvarová deska pravá byla navržena z jednoho kusu z nástrojové oceli 19083, která je zakalena na HRC 55, aby měla vysokou životnost. Dutiny byly zvětšeny o udávané smrštění polymeru. Dále v tvárnici byly navrženy šikmé čepy pod úhlem 18°, které zajišťují odformování těla píšťalky. Dále byly opět navrženy v tvarové desce zámky, které v sevřené poloze vstřikovací formy při vstřikování musí čelisti pevně zapřít "uzamknout". Zámek se opět skládá z kluzné desky, šroubů M4x10 a šroubů M6x30.



Obr. 23 Tvarová deska pravá

Tvarová deska levá:

Tvarová deska levá byla opět navržena ze stejného materiálu a stejně tepelně zpracován. Na levé straně byly navrženy posuvové kostky a posuvové mechanismy, které nám spolehlivě odformují píšťalku. Posuvové kostky s jádrem byly připevněny pomocí šroubů a kolíku na posuvové mechanismy. Posuvový mechanismus se skládá ze základní kluzné desky, vodících lišt, posuvové kostky, válcových šroubů M5x12 a M5x30, válcových kolíků o průměru 4 mm a pružících přitlačných kusů. Jádro píšťalce tvoří vyhazovač Z40/25x200 od firmy Hasco, který byl následně upraven na požadovaný tvar.



Obr. 24 Tvarová deska levá

8.1.4 Odvzdušnění

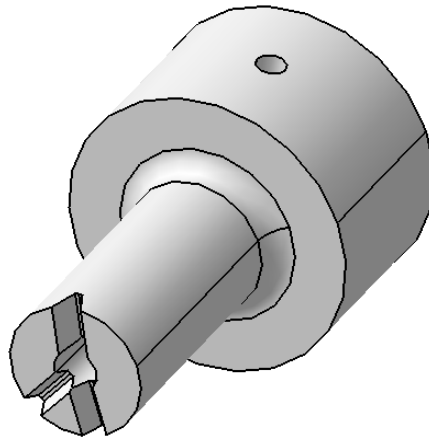
Odvzdušnění vstříkovací formy je velmi důležité, protože po uzavření formy a vstříknutí polymeru může vzduch ve formě zůstat a způsobit spálená místa nebo nedotečení polymeru. Proto musíme tento vzduch z tvarové dutiny odvést. V navrhované formě je opět uvažován únik vřelymi v dělicí rovině a vřelí mezi jednotlivými vyhazovači.

8.2 Vtokový systém

Vstříkovací forma byla navržena se studeným vtokovým systémem, který pro zadaný výrobek je dostačující a není tak energeticky náročný. Vtokový systém bude v tomto případě odpad. V tomto objemu výroby je zanedbatelný. Navíc tento odpad můžeme drtit a použít na jiný méně náročný výrobek.

Vtoková vložka:

Vtokovou vložka byla navržena a vybrána z normálíí firmy Hasco a byla použita jako polotovar. Jedná se o typ Z511/18x36/3/3/4 ve které musely být vytvořeny tři rozvodné kanály. Vtoková vložka musela být zajištěna kolíkem, aby nedošlo k jejímu pootočení a tím i k znemožnění toku polymeru do tvarových desek.



Obr. 25 Vtoková vložka

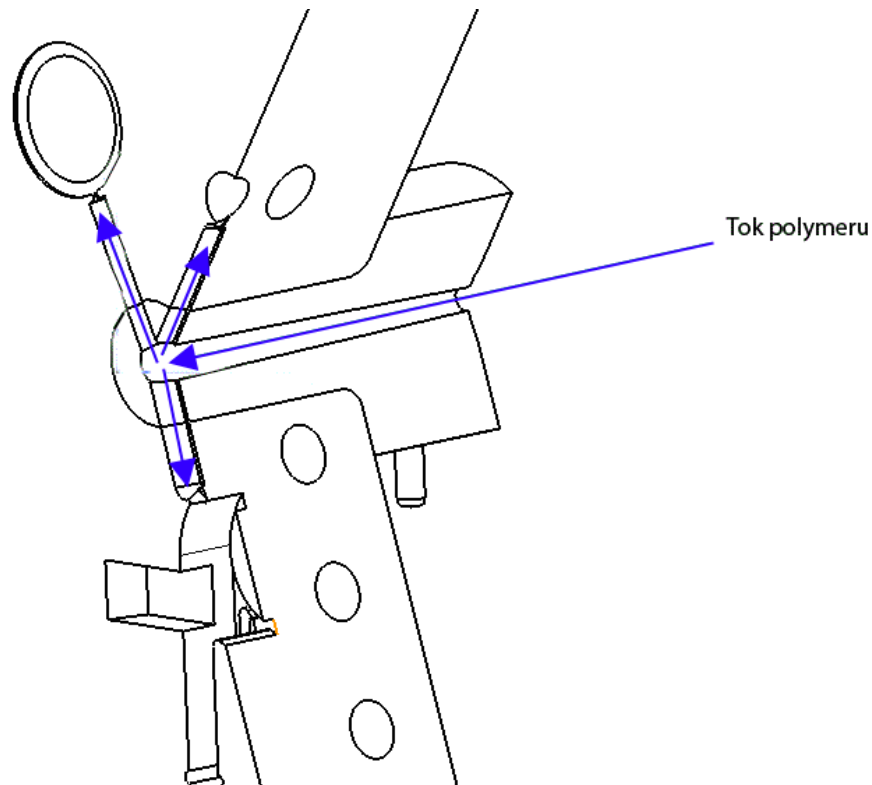
Rozvodné kanály:

Rozvodné kanály mají lichoběžníkový tvar o určitých rozměrech, které přímo směřují ke výstřikům. Tyto kanály byly navrženy přímo v tvarové desce. Lichoběžníkový průřez je výhodný, protože je výrobně jednoduchý, má vysokou hodnotu smáčivého průměru a malé teplotní i tlakové ztráty.

Vtokové ústí:

U píšťalky a kuličky bylo zvoleno tunelové vtokové ústí a u víčka bylo nejlepším řešením využít bočního vtoku o výšce 0,6 mm a šířce 1 mm a délce vtokového ústí 0,8 mm. Čelní hrany bočního vtoku byly zaobleny R0,5.

Vtokové ústí byla volena dle rozmístění jednotlivých komponentů ve formě a jejich délky byly voleny co nejkratší.



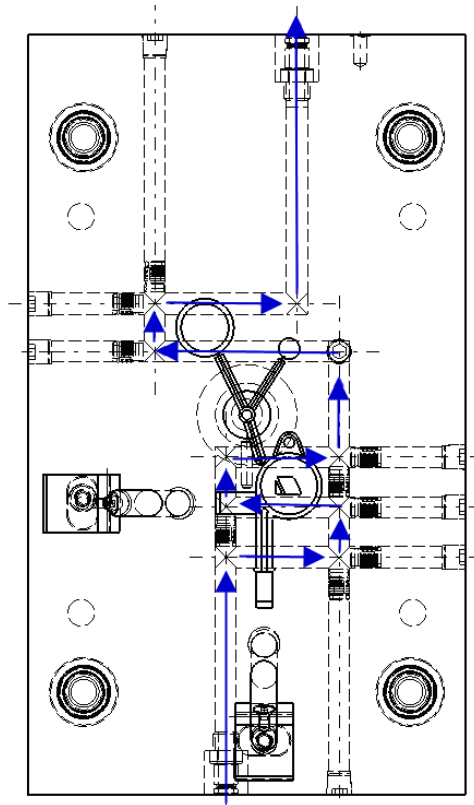
Obr. 26 Tok polymeru v dutině formy

8.3 Temperační systém

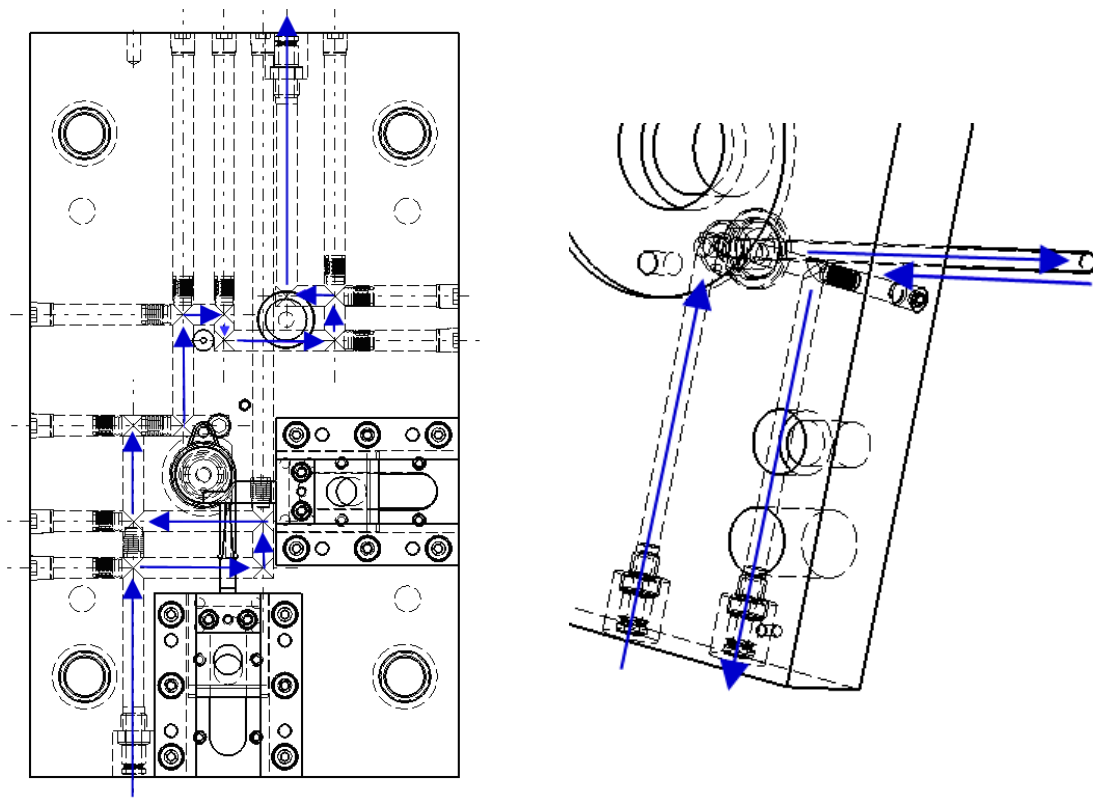
Temperační systém v pravé tvarové desce byl navržen opět na dvě hloubky. Píšťalka má navržen střed temperačního systému v hloubce 23 mm a kulička s víčkem v hloubce 13 mm. Kanály byly navrženy opět kruhového průřezu o průměru 8 mm vrtané do tvarových desek a utěsněné pomocí ucpávek. Vývody z desek byly opatřeny připojovacími nátrubky které byly zapuštěny do desky aby se během manipulace nepoškodily. Obojí je z normálií od firmy Hasco.

Temperační systém v levé tvarové desce byl zvolen podobně, akorát u jádra píšťalky bylo navrženo chlazení pomocí trubkového rozdělovače o průměru kanálu 6 mm. K utěsnění byl navržen těsnicí kroužek Z98/17,5/3. Opět se jedná o díly z normálií firmy Hasco.

Kanály byly ve formě uspořádány v podobě hadu, aby docházelo k rovnoměrnému ochlazení výstřiků.



Obr. 27 Temperace pravé strany

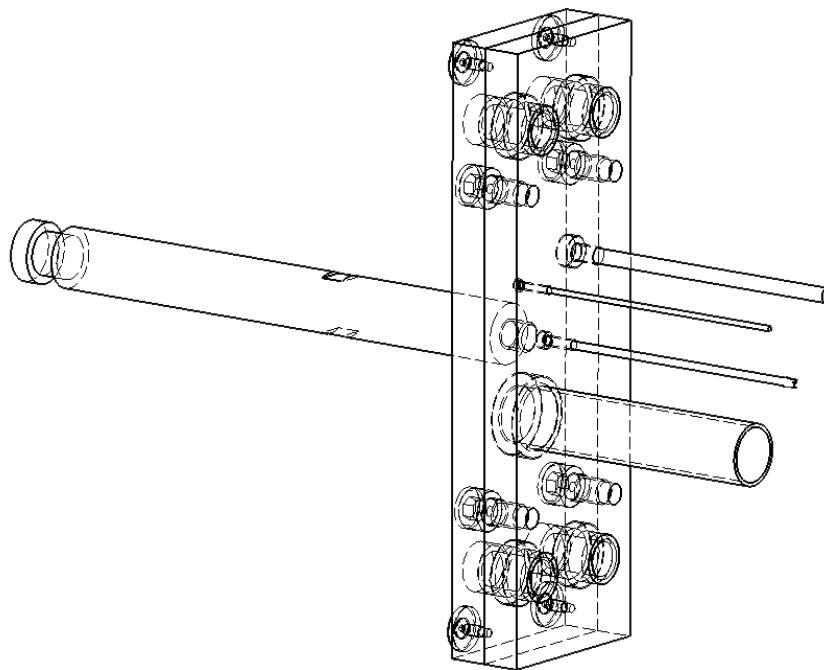


Obr. 28 Temperace levé strany

8.4 Vyhazovací systém

Vyhození ochlazeného výrobku bylo navrženo pomocí válcových a trubkového vyhazovačů. Opět vybrány z normálií firmy Hasco a použity jako polotovary, protože musely být upraveny. Byly zvoleny vyhazovače typu Z40/2,2x160 pro vyhození kuličky, Z40/3,2x160 5x160 tento vyhazovač ústí do přídržovače vtoku, který zajišťuje přidržení vtokového systému na levé straně vstřikovací formy při otevírání, Z40/6x160 pro vyhození víčka a poslední Z45/25x20x140 na vyhození píšťalky. Oddělení vtokového zbytku od víčka se provede mechanicky.

Vyhazovací desky se pohybují díky táhlu, které je opět zašroubováno do opěrné vyhazovací desky.

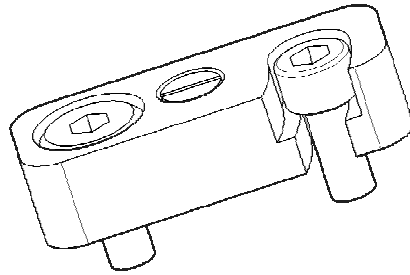


Obr. 29 Vyhazovací systém

8.5 Manipulační systém formy

Vstřikovací forma je opatřena jedním šroubem s okem z normálií firmy Hasco s označením Z71/12. Do tohoto oka se zaháknou háky a pomocí navijáku vytáhneme formu nahoru k upínacím deskám.

Dále byla vstřikovací forma vybavena zařízením, které zabraňuje otevření formy v dělicí rovině při manipulaci. Zařízení je z normálí firmy Hasco s označením Z73/12x20x50.



Obr. 30 Zámek

V přílohách a jsou zobrazeny náhledy pravé a levé strany vstřikovací formy.

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout dvě varianty vstřikovací formy na výrobu stejného výstřiku, kterým byla píšťalka. Ta se skládá ze tří částí: samotného těla píšťalky, víčka a kuličky. Píšťalka má na sobě samozřejmě i logo Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Obě varianty byly navrhovány s ohledem na zadané vstřikovací stroje.

V prvním návrhu se jednalo pouze o návrh tvarových desek a vyhazovacího systému. Rám vstřikovací formy byl použit univerzální. Tento rám již existuje, proto bylo nutné navrhované desky do něj přizpůsobit. Navrhované desky nepocházejí z normálí Hasco. Materiál desek byl zvolen pro všechny stejný a všechny mají stejné tepelné zpracování. Univerzální rám dovoluje použití pouze studeného vtokového systému, který byl shledán jako dostačující. Způsob odformování výrobků byl zvolen pomocí šikmých čepů a posuvových kostek s jádrem. Temperační systém byl realizován čtyřmi okruhy s průměrem kanálů 8 mm. První dva chladí pravou tvarovou desku a zbývající dva levou tvarovou desku. Jako temperační médium je voda. Vyhazování výrobků bylo řešeno pomocí plošných vyhazovačů, které působí na tělo píšťalky. Další vyhazovače byly navrženy válcové, které zajišťují vyhození kuličky, víčka a vtokového kanálu. Univerzální rám je opatřen dvěma šrouby s oky a zámkem pro manipulaci se vstřikovací formou.

Druhá varianta vstřikovací formy spočívala v návrhu všech částí. Forma byla navrhována stavebnicovým způsobem s použitím normálí firmy Hasco. Celá vstřikovací forma kromě posuvových kostek s jádrem byla sestavena z těchto dílů, které se musely dále upravovat. Způsob odformování výrobku byl opět řešen pomocí šikmých čepů a posuvových kostek. Vtokový systém byl zvolen opět studený, což je v našem případě vyhovující, jak již bylo řečeno. Temperační systém byl navržen třemi okruhy. První a druhý okruh chladí pravou a levou tvarovou desku s průměrem kanálů 8 mm. Třetí okruh se stará o chlazení jádra píšťalky a napojuje se na chlazení v levé kotevní desce a jde až do levé tvarové desky. Průměr kanálu je 6 mm. Vyhození výstřiků bylo navrženo pomocí trubkového vyhazovače, který vyhazuje tělo píšťalky a pomocí válcových vyhazovačů je vyhazováno víčko, kulička a vtokový kanál. Pro manipulaci byla forma vybavena šroubem s okem a zámkem.

Výhoda první varianty je, že je navrhována do univerzálního rámu. Druhá varianta spočívá v návrhu kompletní vstřikovací formy. Proto shledávám pro naše účely vhodnější vstřikovací formu s univerzálním rámem, díky němuž jsou výrazně sníženy náklady na výrobu.

ZÁVĚR

V teoretické části je vysvětlen princip technologie vstřikování, konstrukce výrobků a poslední část je zaměřena na konstrukci vstřikovacích forem.

Praktická část bakalářské práce byla zaměřena na návrhy dvou variant vstřikovacích forem. Obě varianty byly navrhovány pro stejný výrobek a to píšťalku. Výrobek i vstřikovací formy byly kresleny ve školní verzi programu CATIA V5R18, který sloužil jak pro 3D, tak pro 2D. Úkolem bylo navrhnout formy na vstřikovací stroje patřící Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Tento úkol byl splněn a vhodnost byla opatřena kontrolními výpočty. Návrhy jednotlivých variant byly podrobně popsány výše. Všechna data jsou doložena v přílohách této bakalářské práce, výrobními výkresy výstřiků a výkresů sestav obou variant vstřikovacích forem. Při návrhu a modelování vstřikovacích forem bylo čerpáno z teoretické části.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů*. 2. upr. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 133 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [3] BRUMEL, M. a kol. *Rozměrově přesné výrobky z plastů*. 1. vyd. Praha: VÚNM, 1977. 272 s.
- [4] BEAUMONT, J. P., NAGEL, R. L., SHERMAN, R. *Successful injection molding : process, design, and simulation*. Munich : Hanser Publishers, 2002. 362 s. ISBN 3-446-19433-9.
- [5] NOVOTNÝ, J., et al. *Technologie I*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2006. 227 s.
- [6] KRATOCHVÍL, Bohumil, ŠVORČÍK, Václav, VOJTĚCH, Dalibor. *Úvod do studia materiálů*. 1. vyd. Praha : VŠCHT, 2005. 190 s. ISBN 80-7080-588-4.
- [7] KOLOUCH, J. *Strojní součásti z plastů*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. 258 s.
- [8] ŠTĚPEK, Jiří, ZELINGER, Jiří, KUTA, Antonín. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1989. 638 s.
- [9] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef. *Formy a přípravky*. 2. přeprac. vyd. Brno : VUT, 1985. 374 s.
- [10] 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
- [11] RESS, Herbert. *Mold engineering. 2nd edition*. Munich : Hanser, 2002. 688 s. ISBN 3-446-21659-6.
- [12] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. [s.l.] : [s.n.], 2009. 247 s.

Internetové zdroje:

- [13] Plasty [online]. 2002 [cit. 2008-11-10]. Dostupný z WWW: <[HTTP://www.kubousek.cz/pdf/smart.pdf](http://www.kubousek.cz/pdf/smart.pdf)>.

- [14] Vstřikování Plastů [online]. 2005 [cit. 2008-11-10]. Dostupný z WWW: <http://ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>.
- [15] Vstřikování [online]. 2005 [cit. 2008-11-10]. Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/vstrikovani.pdf>.
- [16] Arburg [online]. c2001-2007 [cit 2009-01-31]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_c/index.jsp>.
- [17] Arburg [online]. c2001-2007 [cit 2009-01-31]. Dostupný z WWW: <http://www.arburg.com/com/common/downland/Web_522848_CZ.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvourozměrný prostor
3D	Trojrozměrný prostor
ČSN	Česká státní norma
DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
E	Modul pružnosti v tahu [MPa]
F	Potřebná uzavírací síla vstřikovacího stroje [kN]
G	Modul pružnosti ve smyku [MPa]
HRC	Rockwellova tvrdost
ITT	Index toku taveniny [g/10min]
M	Množství potřebného plastu [g]
n	Násobnost vstřikovací formy
POM	Polyoximethylen
R	Poloměr zaoblení [mm]
t_{pl}	Plastikační doba jednoho cyklu vstřikovacího stroje [s]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Časový diagram vstřikovacího cyklu [11]</i>	12
<i>Obr. 2 Rozdělení polymerů [13]</i>	13
<i>Obr. 3 Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [1]</i>	16
<i>Obr. 4 Dosednutí trysky stroje na vtokovou vložku formy [1]</i>	17
<i>Obr. 5 Vtokový systém formy [1]</i>	26
<i>Obr. 6 Čelistová forma [14]</i>	31
<i>Obr. 7 Píšťalka s logem</i>	42
<i>Obr. 8 Výstřiky</i>	42
<i>Obr. 9 ALLROUNDER 420 C [16]</i>	44
<i>Obr. 10 Horní náhled na univerzální rám</i>	47
<i>Obr. 11 Boční náhled navrhovaných desek</i>	48
<i>Obr. 12 Tvarová deska pravá</i>	49
<i>Obr. 13 Tvarová deska levá</i>	50
<i>Obr. 14 Vtoková vložka</i>	51
<i>Obr. 15 Temperace pravé strany formy</i>	52
<i>Obr. 16 Temperace levé strany formy, okruh 1</i>	53
<i>Obr. 17 Temperace levé strany, okruh 2</i>	54
<i>Obr. 18 Temperační zařízení</i>	55
<i>Obr. 19 Vyhazovací systém</i>	56
<i>Obr. 20 Zámek</i>	56
<i>Obr. 21 Horní náhled na rám</i>	57
<i>Obr. 22 Vodící části rámu</i>	58
<i>Obr. 23 Tvarová deska pravá</i>	59
<i>Obr. 24 Tvarová deska levá</i>	60
<i>Obr. 25 Vtoková vložka</i>	61
<i>Obr. 26 Tok polymeru v dutině formy</i>	62
<i>Obr. 27 Temperace pravé strany</i>	63
<i>Obr. 28 Temperace levé strany</i>	63
<i>Obr. 29 Vyhazovací systém</i>	64
<i>Obr. 30 Zámek</i>	65

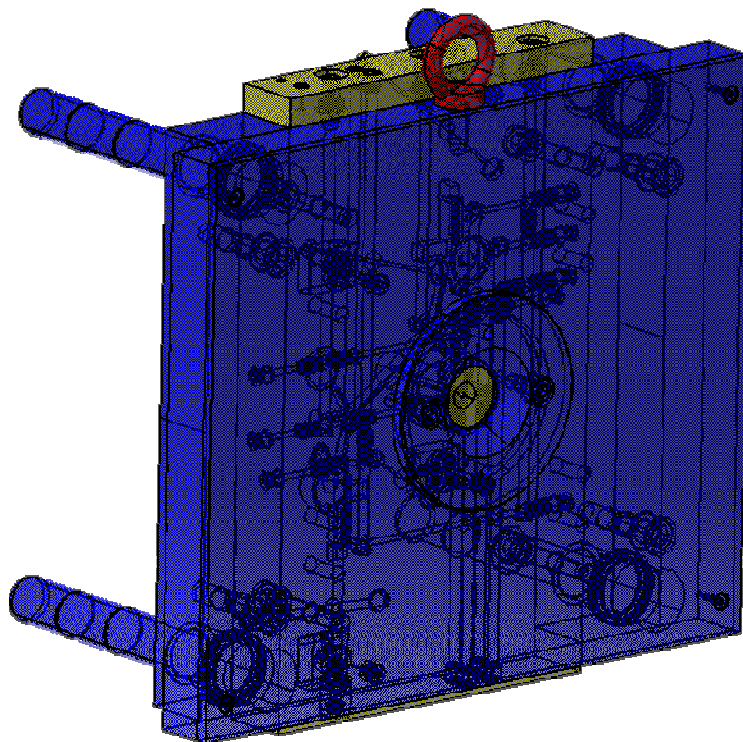
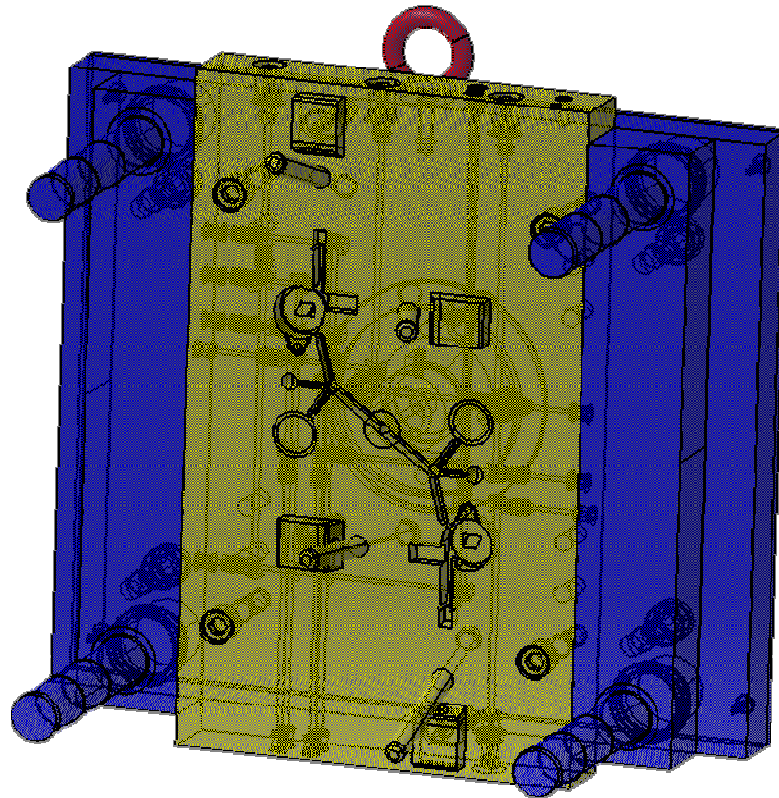
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2 Základní parametry strojů [17].....</i>	<i>45</i>
---	-----------

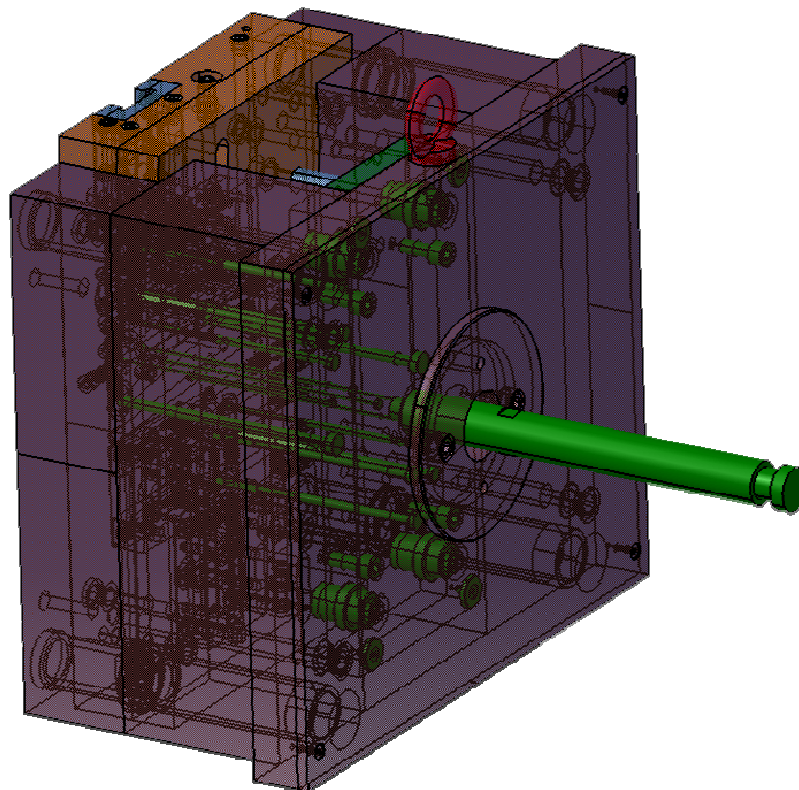
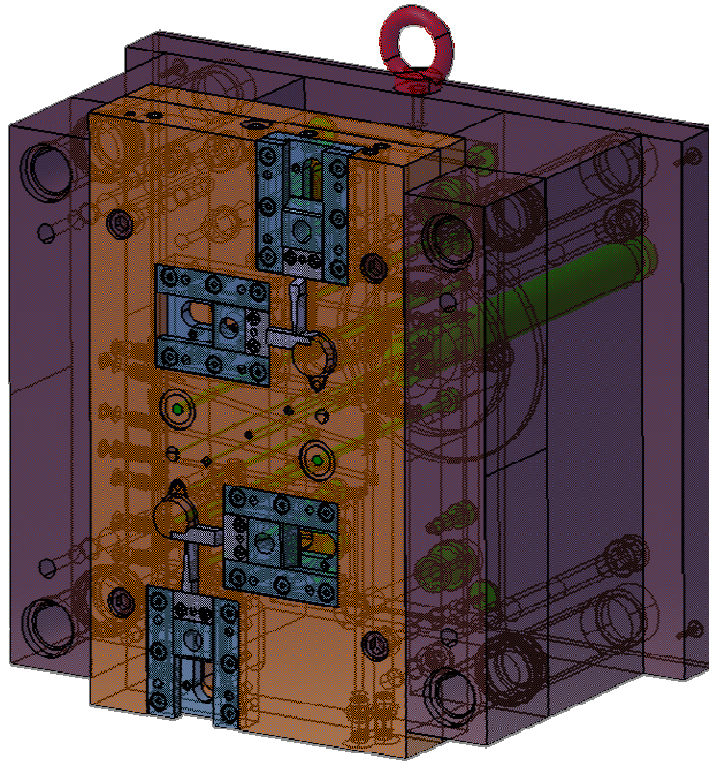
SEZNAM PŘÍLOH

- PI Pravá strana vstřikovací formy - univerzální rám
- PII Levá strana vstřikovací formy - univerzální rám
- PII Pravá strana vstřikovací formy
- PIV Levá strana vstřikovací formy
- PV Výrobní dokumentace
- PVI CD - disk

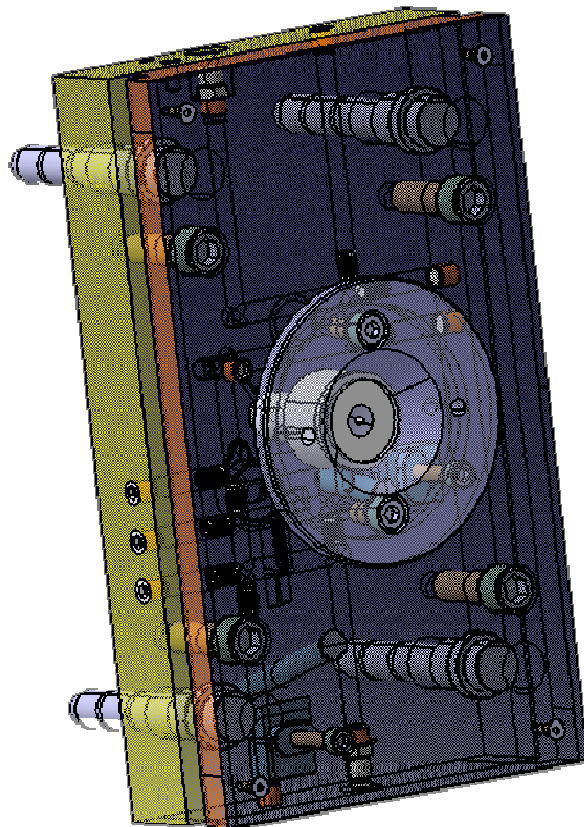
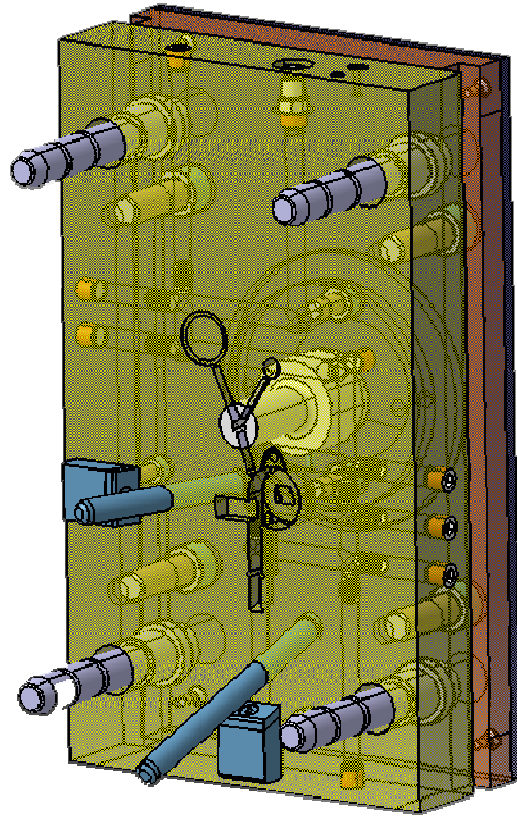
**PŘÍLOHA PI: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY -
UNIVERZÁLNÍ RÁM**



**PŘÍLOHA P II: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY -
UNIVERZÁLNÍ RÁM**



PŘÍLOHA P III: PRAVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY



PŘÍLOHA P II: LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY

