

Návrh vstřikovací formy pro přehrávač

Ondřej Bajer

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej BAJER**
Osobní číslo: **T09493**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro přehrávač**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete model zadaného dílu.
3. Nakreslete sestavu vstřikovací formy pro zadaný plastový díl.
4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Šenkeřík

Ústav výrobního inženýrství

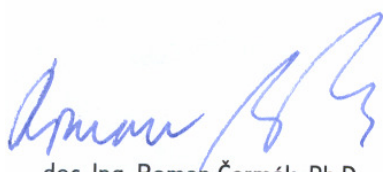
Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

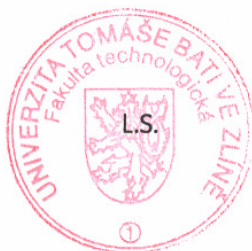
Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářské práce má za úkol vytvořit celkový pohled na proces vstřikování, konstrukci vstřikovací formy a s tím související problematiku.

V teoretické části jsou popsány základní informace o polymerech a jejich vhodnosti při vstřikování, o vstřikovacích strojích, formách a vstřikovaných dílech. Praktická část se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, kterým je část kazetového přehrávače. Návrh byl vytvořen v 3D modelovacím programu SOLID Edge ST3 s využitím normalizovaných dílů HASCO.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce, sestava

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to provide a general view on a process of injection, a construction of the injection molds and its problematic.

The basic information of polymers and their features during injection, injection machines, molds and injection parts were described in theoretical part of the project. A practical part deals with the construction of injection mold for plastic part, which is the part of cassette player. The design was projected in 3D modeling programme SOLID Edge ST3, normalized parts from HASCO catalogue were used.

Keywords: injection, injection mold, construction, assembly

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi za odborné vedení, cenné rady a soustavnou pozornost, kterou mi věnoval při vypracovávání bakalářské práce.

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

Ve Zlíně,

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 POLYMERY	12
1.1 TERMOPLASTY	12
1.1.1 Amorfnní termoplasty.....	13
1.1.2 Semikrystalické termoplasty.....	13
1.2 REAKTOPLASTY	14
1.3 ELASTOMERY	14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	16
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	18
2.2.1 Vstřikovací jednotka	18
2.2.2 Uzavírací jednotka	19
2.3 TOK POLYMERU	20
3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	21
3.1 ZÁSADY KONSTRUKCE	21
3.1.1 Tloušťka stěn	21
3.1.2 Hrany.....	22
3.1.3 Úkosy a podkosy	22
3.1.4 Žebra	23
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	24
4.1 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	24
4.2 VÝKRES SOUČÁSTI	24
4.3 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	25
4.4 URČENÍ NÁSOBNOSTI FORMY.....	25
4.5 VTOKOVÉ SYSTÉMY	25
4.5.1 Studené vtokové systémy.....	25
4.5.2 Vyhříváné vtokové soustavy.....	27
4.6 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ	27
4.6.1 Mechanické vyhazování.....	27
4.6.2 Hydraulické vyhazování.....	30
4.6.3 Vzduchové vyhazování.....	30
4.7 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	30
4.8 TEMPEROVÁNÍ FOREM.....	31
4.9 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....	32
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	34
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	35

6	VÝROBEK	36
7	KONSTRUKCE FORMY	38
7.1	NÁSOBNOST FORMY	38
7.2	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	39
7.3	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	39
7.4	TVAROVÉ DÍLY FORMY	40
7.5	VYHOZENÍ VÝSTŘIKU	41
7.6	VTKOVÝ SYSTÉM	43
7.7	TEMPERACE FORMY	43
7.8	ŠIKMÉ ČEPY A POSUVNÉ KOSTKY	45
7.9	SESTAVA VSTŘIKOVACÍ FORMY	47
8	ZÁVĚR.....	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	54
	SEZNAM PŘÍLOH	56
	PŘÍLOHA P 1: MATERIÁLOVÝ LIST.....	57

ÚVOD

Největší rozmach výroby plastů byl zaznamenán v druhé polovině minulého století. Plasty našly uplatnění ve všech průmyslových odvětvích od strojírenského přes automobilový až k potravinářství. Setkáváme se s nimi denně při všedních činnostech (propisovací tužky, hřebínky, kartáčky), ale slouží nám i jako vybavení při náročných sportech (neoprenové obleky, tkaniny pro létající draky, surfy). Plasty jsou již zkrátka neodmyslitelnou součástí našeho života. Je to způsobeno tím, že mají spoustu výhodných vlastností, které jiné materiály postrádají. Jedná se hlavně o jejich snadnou zpracovatelnost, tepelnou a elektrickou izolaci a samozřejmě také cenu. Jsou nesrovnatelně levnější než kovy a v mnoha případech je lze plasty plně nahradit, aniž by byla ohrožena správná funkčnost či bezpečnost daného výrobku.

Tím, jak jsou tyto materiály stále více využívány, rostou i požadavky na kvalitnější a různorodější výrobky. Spotřebitele obvykle zajímá barevnost, úprava povrchu a v neposlední řadě i mechanické vlastnosti. To však sebou nese četná úskalí.

Výroba probíhá především technologií vstřikování na vstřikovacích strojích za použití forem, které dávají výrobku tvar i vzhled. Firmy s velkosériovou výrobou často využívají počítačových programů jak pro návrh výstřiku, tak i pro simulaci procesu vstřikování. Přes veškerou modernizaci však stále dochází i ke tvorbě zmetků a výrobků s nežádoucími vlastnostmi. Je zřejmé, že jednou z nejdůležitějších součástí takového vstřikovacího stroje je právě forma. Je to velice složitá a nákladná součást, skládající se z mnoha dílů. Na výrobě formy se však nedoporučuje šetřit, neboť kvalita materiálu nebo neuvědomělé řešení návrhu konstrukce formy, může mít pro vstřikovaný díl a celou výrobu fatální následky.

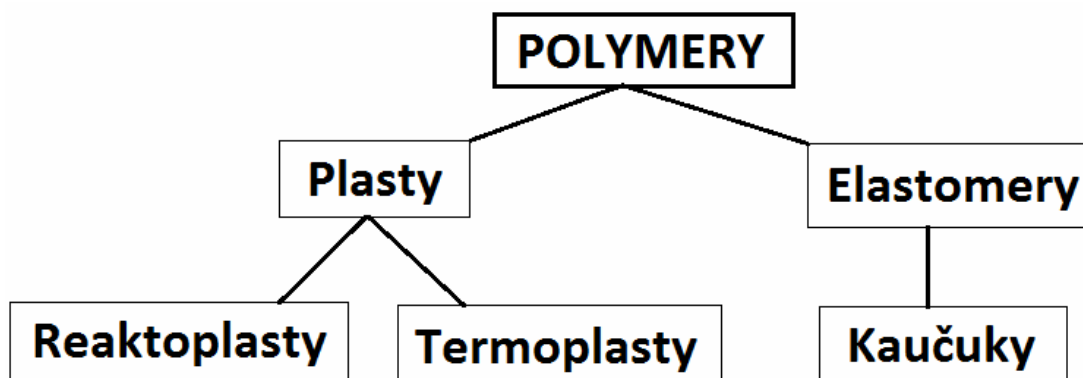
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Všechny syntetické polymery jsou tvořeny makromolekulami, které vznikají opakovaným spojováním základní jednotky – meru, odvozené od výchozí molekuly – monomeru. Spojováním dvou nebo více druhů základních jednotek vznikají (ko)polymery. [1]

Podle struktury se dělí na polymery lineární, rozvětvené a síťované. Chemické složení meru – druhu atomů a způsob jejich spojení chemickými vazbami určuje základní chemické a fyzikální vlastnosti příslušného polymeru. Další vlastnosti jsou určeny celkovým počtem merů v řetězci neboli délkou řetězce. Tento počet v řetězci se nazývá polymerační stupeň, jeho hmotnost se vyjadřuje pomocí molární hmotnosti. V jednom polymeru jsou obsaženy různě dlouhé řetězce, a proto se polymer charakterizuje pomocí středního polymeračního stupně a pomocí střední molární hmotnosti. [2]

S rostoucí střední molární hmotností polymeru se zlepšují jeho mechanické vlastnosti a zároveň se zvyšuje viskozita jeho taveniny při dané teplotě, tj. zhoršuje se jeho teplota a tedy i zpracovatelnost. [1] [2]



Obr. 1 Rozdělení plastů

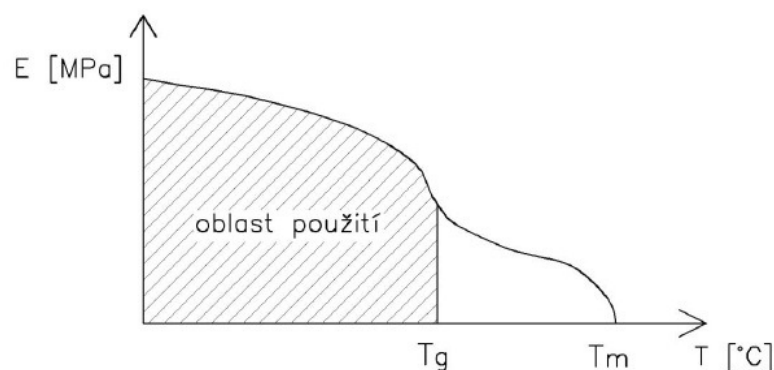
1.1 Termoplasty

Nejdůležitější skupinou materiálů použitelných pro vstřikování jsou termoplasty, poněvadž umožňují velmi produktivní a levné zpracování a současně nabízejí velkou škálu vlastností a barev. Jsou vyráběny v sortimentu od levných plastů širokého použití až k drahým tzv. konstrukčním plastům, které mají chemickou odolnost a větší pevnost za zvýšených teplot. Množství různých termoplastů se neustále rozšiřuje.

Termoplasty jsou makromolekulární látky s lineárními nebo rozvětvenými řetězci. Při zahřívání přecházejí do plastického stavu. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání T_m (u semikrystalických plastů) nebo teplotu viskózního toku T_f (u amorfních plastů). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat. Zpracovatelnost termoplastů je určována odolností materiálu proti tepelné degradaci během vstřikování. Termoplasty můžeme rozdělit do dvou skupin, na amorfní a semikrystalické. [3] [4]

1.1.1 Amorfní termoplasty

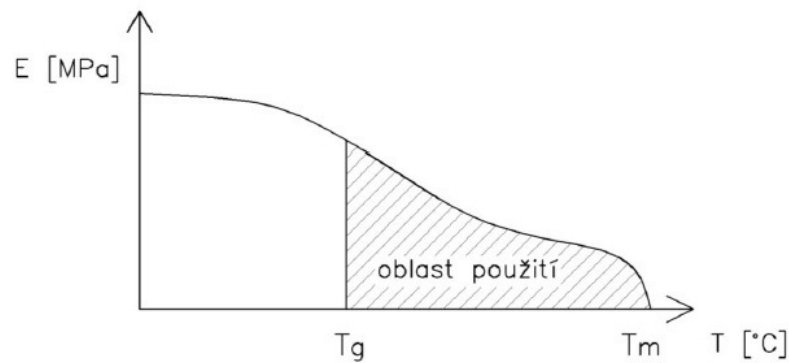
Makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici, neobsahují žádné krystaly. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností. Podle propustnosti světla mohou být čiré, transparentní nebo průhledné (60 % až 92 % propustnosti světla). Kromě těchto vlastností jsou také rozpustné v organických kyselinách. Součinitel teplotní roztažnosti α je menší než u semikrystalických polymerů. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty T_g zesklenní. [3]



Obr. 2 Oblast použití amorfních termoplastů

1.1.2 Semikrystalické termoplasty

Vykazují určitý stupeň uspořádanosti. Ten se označuje jako stupeň krystalinity (od 40 % do 90 %). Jak moc polymer zkrystalizuje závisí na mnoha vlastnostech (chemická struktura, geometrická stavba řetězců, termodynamické podmínky krystalizace). Jsou mléčně zakalené a houževnaté. Pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je do teploty tání T_m . [3]



Obr. 3 Oblast použití semikrystalických termoplastů

1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou makromolekulární látky (dříve nazývané termosety), které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury k tzv. vytvrzování. Ztuhlý reaktoplast již nelze roztavit ani rozpustit. Dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci).

Oproti termoplastům mají vysokou tuhost, tvrdost, teplotní odolnost, tvarovou stálost za tepla a odolnost proti vnějším vlivům. Modul pružnosti není tolik závislý na teplotě jako je tomu u termoplastů, a proto se mechanické vlastnosti v rozmezí používaných teplot příliš nemění. Nevýhodou je jejich malá tažnost. Vstřikovací reaktoplasty mají horší tekutost, a proto se do nich přidává syntetická pryskyřice a plnivo, která vylepšuje jejich tekutost a zatékavost. Při vstřikování nastává silná orientace plniva, což způsobuje anizotropii vlastností a velké vnitřní pnutí, které může díky velké křehkosti reaktoplastů vyústit až k prasknutí výstřiku.

Reaktoplasty mají pro vstřikování mnohem menší význam než termoplasty. Použití na výroby strojírenského zaměření je omezen zejména nízkou rázovou a vrubovou houževnatostí. Hlavní uplatnění nachází v oblasti elektroizolačních součástí. [3] [4]

1.3 Elastomery

Elastomery jsou takové polymery, u nichž převažuje viskoelastické chování ve značném rozsahu teplot. Mezimolekulární síly jsou velice nízké. Při protahování jsou schopné velkých deformací. Mají nízký modul pružnosti, který však vlivem deformace značně roste.

Podle nejznámějšího elastomeru (přírodního kaučuku) se elastomery často nazývají souborným názvem kaučuky. Přírodní kaučuk se získává z latexu kaučukovníku *Hevea Brasiliensis*. [10]

Pro elastomery je společná schopnost vulkanizace. Mechanické vlastnosti, jako jsou pevnost v tahu a tažnost, se u nevulkanizovaných kaučuků silně mění s teplotou, zatímco u vulkanizovaných kaučuků jsou tyto změny podstatně menší. Vulkanizací se převede směs kaučuku s přísadami (síťovacími činidly) na pryž. Nevulkanizovaný kaučuk je rozpustný v některých rozpouštědlech, vulkanizovaný jen bobtná. Pryž je pak méně citlivá ke změnám teploty, zachovává si však ohebnost a tuhost ve značném teplotním rozsahu. [2]

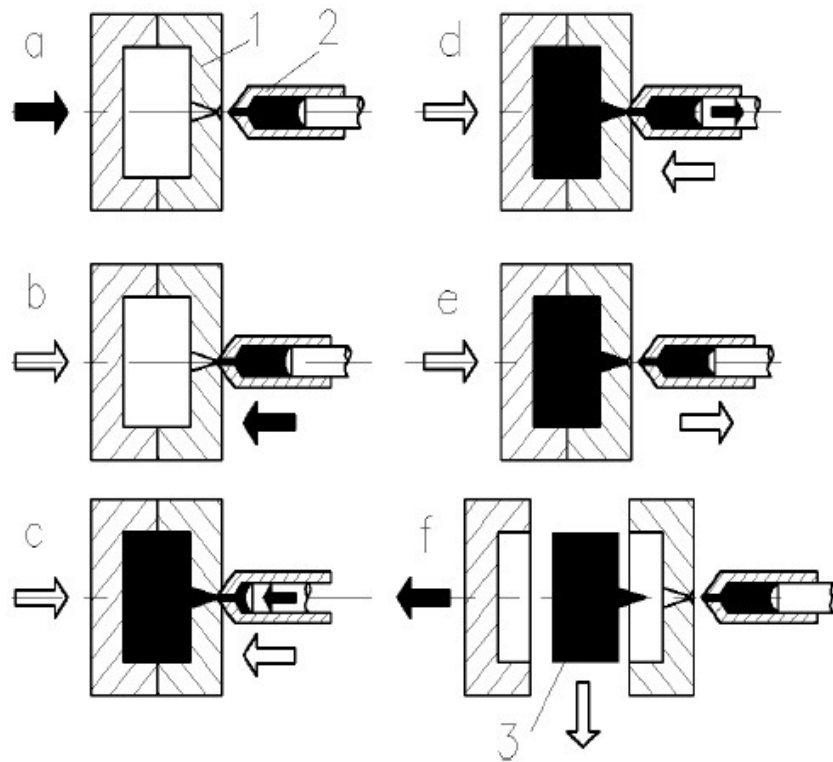
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Plastikační jednotka je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavními nevýhodami v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem. [4] [5]

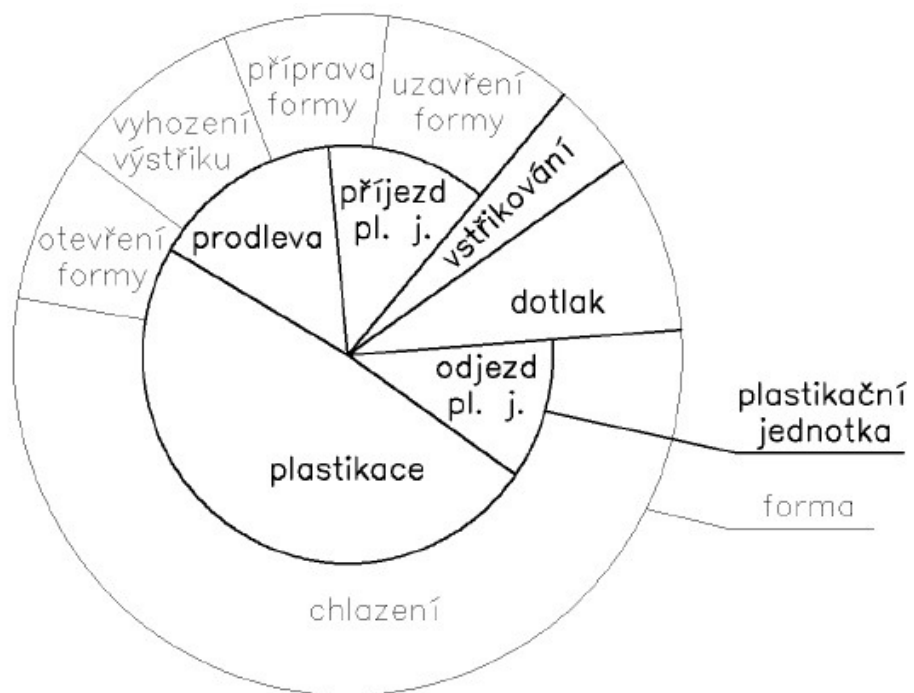
Vstřikované díly se používají hlavně ve spotřebním a automobilovém průmyslu, v elektrotechnice, elektronice a s vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je proces cyklický. [3]

2.1 Vstřikovací cyklus

Tavenina se připraví v tavicí komoře vstřikovací jednotky a je vstříknuta do formy, kde ztuhne. Nejdříve dojde k uzavření vstřikovací formy 1 (a), vstřikovací jednotka je ve výchozí poloze. Vstřikovací jednotka 2 se poté přisune a dosedne na uzavřenou formu 1 (b). Po dosednutí nastává vstřikování taveniny (c). Po naplnění dutiny formy taveninou nastává její tuhnutí, po čase pak postupné doplňování (d). Ve formě pokračuje tuhnutí bez tlaku. Následuje odsun vstřikovací jednotky do výchozí polohy (e). Po ztuhnutí nastává otevření formy (f) a vyhození výstřiku. Ve vstřikovací jednotce mezitím probíhá příprava taveniny. Forma i vstřikovací jednotka jsou ve výchozí poloze a celý cyklus se může opakovat. [6] [3]



Obr. 4 Vstřikovací cyklus 1 – forma,
2 – vstřikovací jednotka, 3 - výstřík



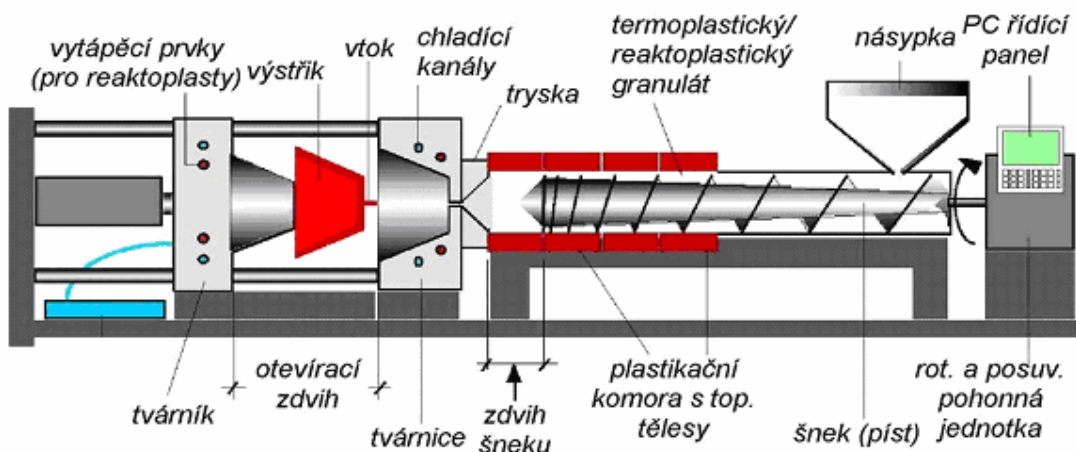
Obr. 5 Kruhový diagram vstřikovacího cyklu

2.2 Vstřikovací stroj

Celý vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je značně vysoká. Proto se tato technologie používá pro velkosériovou a hromadnou výrobu.

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řízení a regulace. Schéma vstřikovacího stroje je na (Obr. 6).

Vstřikovací stroj má za úkol nejprve převést tuhý materiál v taveninu, tuto taveninu dále dopravovat a vstříknout do dutiny formy, kde je zafixován tvar budoucího výrobku. Šnekové vstřikovací stroje jsou z hlediska převodu tepla i toku polymerní směsi vyvážené a dovolují zpracovávat polymery, které se na pístových strojích vstřikovat nedají. [3]



Obr. 6 Schéma vstřikovacího stroje

2.2.1 Vstřikovací jednotka

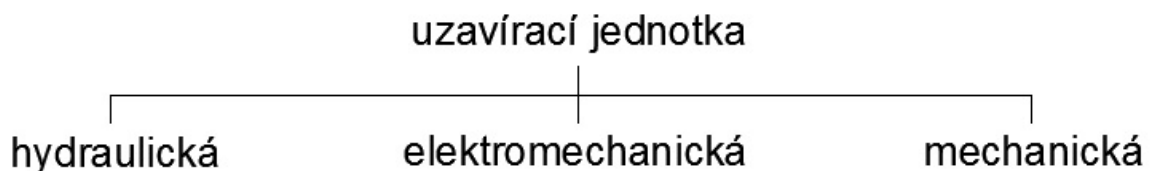
Plastikační jednotka zabezpečuje roztavení plastového materiálu a vstříknutí této taveniny do dutiny vstřikovací formy. Aby bylo možné vyrábět kvalitní shodné výstřiky, musí být do dutiny formy dopraveno konstantní množství zplastikovaného materiálu stejné kvality při každém vstřikovacím cyklu. Proto musí tato jednotka produkovat homogenní taveninu s konstantní teplotou v požadovaném množství. [3]

Šnek se v plastikační jednotce otáčí a zároveň koná přímočarý pohyb, přitom odebírá materiál z násypky. Otáčením šneku je materiál posouván dopředu, dochází ke smýkání a předávání tepla z topných těles skrze plášť válce a tím dochází k přeměně tuhého materiálu v taveninu. Po tom, co je plastikační fáze skončena, šnek pracuje jako píst a působením hydraulického válce se tento šnek posune rychle dopředu a vstříkne tak taveninu skrze vstříkovací trysku do dutiny formy. [3]

Tavná komora je zakončena tryskou, jenž spojuje vstříkovací 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. [6]

2.2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstříkovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky. Má nejrůznější provedení. [6]



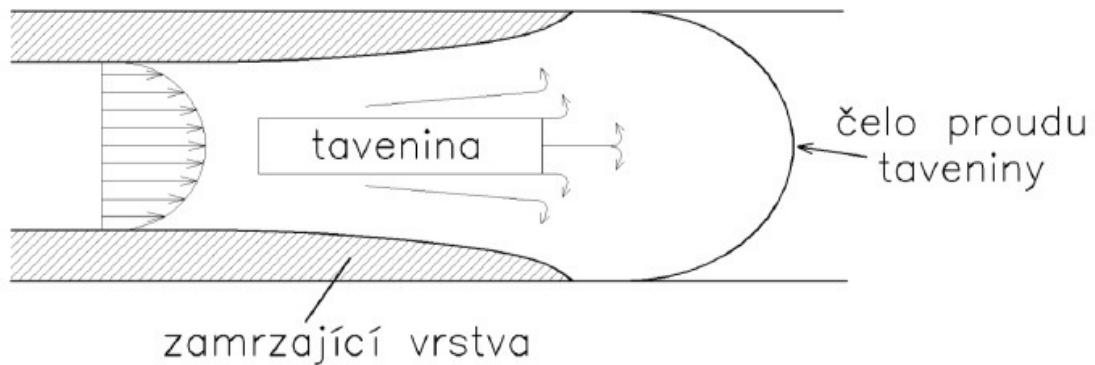
Obr. 7 Typy uzavíracích jednotek

Moderní vstříkovací stroje mají průběh rychlosti uzavírací části proměnný, a to tak, že forma se nejprve uzavírá velkou rychlostí a těsně před uzavřením se pohyb uzavírání zpomalí. Tím se zabrání rázům na formu. [3]

Potřebná uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, resp. na velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstříkovacího tlaku. Uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu má rozhodující vliv na těsnost formy. [6]

2.3 Tok polymeru

Při zaplňování dutiny formy nedochází ke skluzu taveniny po stěně, ale dochází k vaření a tím se vytváří ztuhlá vrstva taveniny přímo na stěně formy. Tavenina proudí ideálně tehdy, má-li tzv. fontánový tok. [1]



Obr. 8 Tok taveniny

Problémem, který může výrazně ovlivnit kvalitu výstřiku je styk dvou proudů taveniny. Např. v úsledku obtoku překážky ve dráze toku. V místě spojení dvou proudů taveniny vzniká tzv. studený spoj, který má za následek zhoršení mechanických vlastností. Problém se obvykle řeší vhodným uspořádáním vtoků nebo jejich umístěním tak, aby studený spoj vznikl v místě nejmenšího mechanického namáhání. [1]

3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí úplně jinými zásadami, než u součástí kovových. Při její tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílu z plastu bude dít. To vyžaduje znát technologii jejich zpracování. [6]

3.1 Zásady konstrukce

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

Funkční hlediska:

- funkce vstřikovaného výrobku (užitné, estetické, ergonomické apod.);
- bezpečnost vstřikovaného výrobku.

Technologická hlediska:

- zaformovatelnost;
- tloušťky stěn, žeber apod.;
- technologické úkosy a rádiusy;
- volba vhodného typu plastu.

Z výše uvedených důvodů je žádoucí, aby již konstruktér vlastního dílu z plastu měl základní znalosti o technologických zásadách jeho řešení, a technických možnostech použitého materiálu v podmínkách jeho provozu. [7]

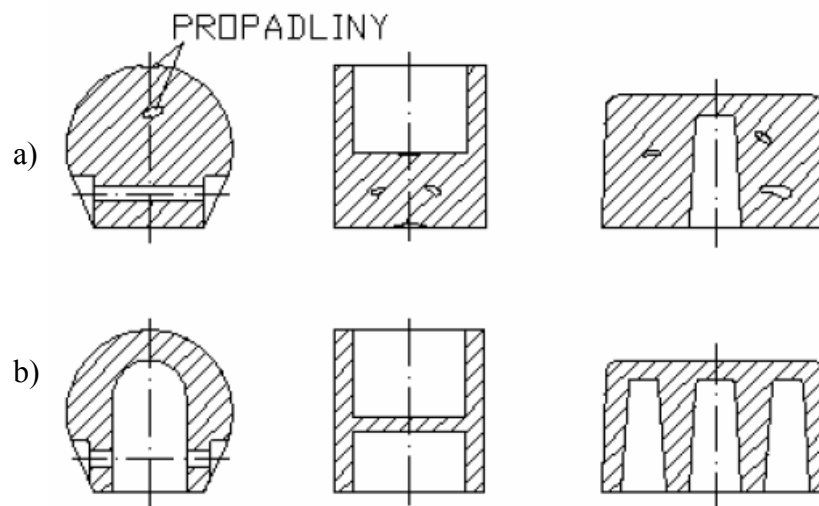
Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (dělicích rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. K ní se váže koncepce vyhazování, vtokového systému, odvzdušnění, směr úkosů, přesnost, vzhled apod. [6]

3.1.1 Tloušťka stěn

Tloušťka stěn musí splnit svou přísnou závislost s dráhou toku plastu. V úzké dutině se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení.

Různě tlusté stěny s hromaděním materiálu nestejně tuhnou, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry.

Zásady správné tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody mají být bez ostrých hran a v případech, kde se nelze vyhnout tlustším stěnám (místům), se provede vhodné vylehčení, nejlépe na opačné straně. Tloušťka stěn, nebo žebek se zaoblenou přechodovou hranou nemá překročit 0,8 násobek tloušťky hlavní stěny. [6]



Obr. 9 Konstrukce výstřiku: a) nevhodná konstrukce b) vhodné vylehčení

3.1.2 Hrany

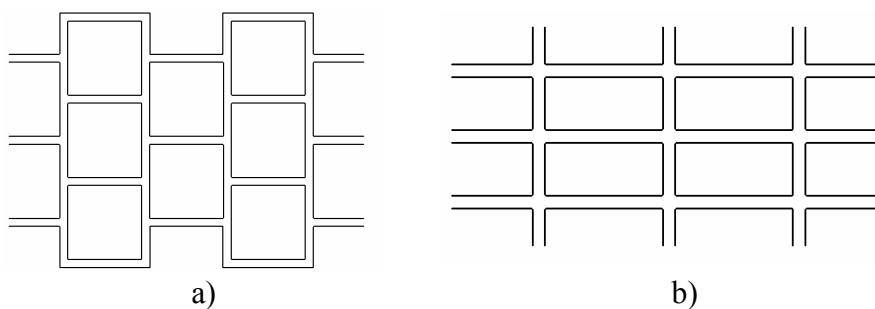
Zaoblením hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost se tím zvýší až o 50 %. [6]

3.1.3 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. Jejich velikost se řídí požadovanou funkcí. Svým uspořádáním jsou buď vnější, nebo vnitřní. Volbou jejich velikosti se ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. U vnitřních stěn se provádí větší a u vnějších menší úkos. Podkosy, s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy a proto je snaha se jim vyhnout. [6]

3.1.4 Žebra

Žebra se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součásti. Technologická zase umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. Někdy se volí žebra i tak, aby zlepšily vzhled výrobku. [6]



Obr. 10 Žebra: a) technická b) technologická

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací formy musí odolávat vysokým tlakům, poskytovat výrobky o přesných rozměrech, umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady. Důležitým úkolem při konstrukci forem je stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí. Pro určení a výpočet těchto rozměrů je rozhodující smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů výstřiku a opotřebení části stroje. [6]

4.1 Konstrukce vstřikovací formy

Konstrukce a výroba formy je náročná a speciální činnost, kterou si obvykle vstřikovna zajišťuje sama nebo tuto činnost zadává specializovaným firmám, tzv. nástrojárnám. Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy a pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů.

Podklady pro konstrukci formy [6]:

- výkres součásti;
- určení násobnosti formy;
- volba vstřikovacího stroje;
- postup při konstrukci formy.

4.2 Výkres součásti

Charakter součásti z plastu má odpovídat jeho specifickým vlastnostem. Svým tvarem a rozměry má umožnit jeho jednoduchou výrobu i dodržení požadovaných fyzikálních i mechanických vlastností. Výkres by měl obsahovat materiál součásti, tvar, rozměry a tolerance, jakost povrchu a vzhledové požadavky, hmotnost, technické přejímací podmínky.

Z ekonomického hlediska výroba vyžaduje, aby výstřik byl tvarově snadno zaformovatelný, rozměrově dosažitelný a měl minimální nároky na dodatečné opracování. Úspěšné a kvalitní navržení součásti předpokládá úzkou spolupráci konstruktéra součásti s konstruktérem formy a případně i technologem. [6]

4.3 Volba vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou složkou pro dosažení kvalitních výstřiků. Jeho výrobu ovlivňuje hmotnost a rozměry vyráběného dílu, požadovaná přesnost a kvalita výstřiku, velikost formy.

Velikost vstřikovacího stroje se svým plastikačním výkonem, vstřikovacím tlakem i uzavírací silou musí dostatečně a s rezervou naplnit bezpečně uzavřenou formu (dutiny i kanály). Požadovaná rezerva objemu taveniny i uzavírací síly je cca 20 %. [6]

4.4 Určení násobnosti formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska charakteru a přesnosti výstřiku, požadovaného množství, velikosti a kapacity vstřikovacího stroje, požadovaného termínu dodání, ekonomiky výroby.

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách z důvodu složitosti vstřikovací formy i přesnosti vyráběného výrobku. [6]

4.5 Vtokové systémy

Je to systém kanálků a ústí vtoku, který musí zajišťovat správné naplnění dutiny formy, snadné odtržení nebo oddělení od výstřiku a vyhození vtokového zbytku. Vtoková soustava je navrhována podle násobnosti formy, podle rozmístění tvarových dutin a podle toho, zda bude konstruována se studeným nebo horkým rozvodem. [3]

4.5.1 Studené vtokové systémy

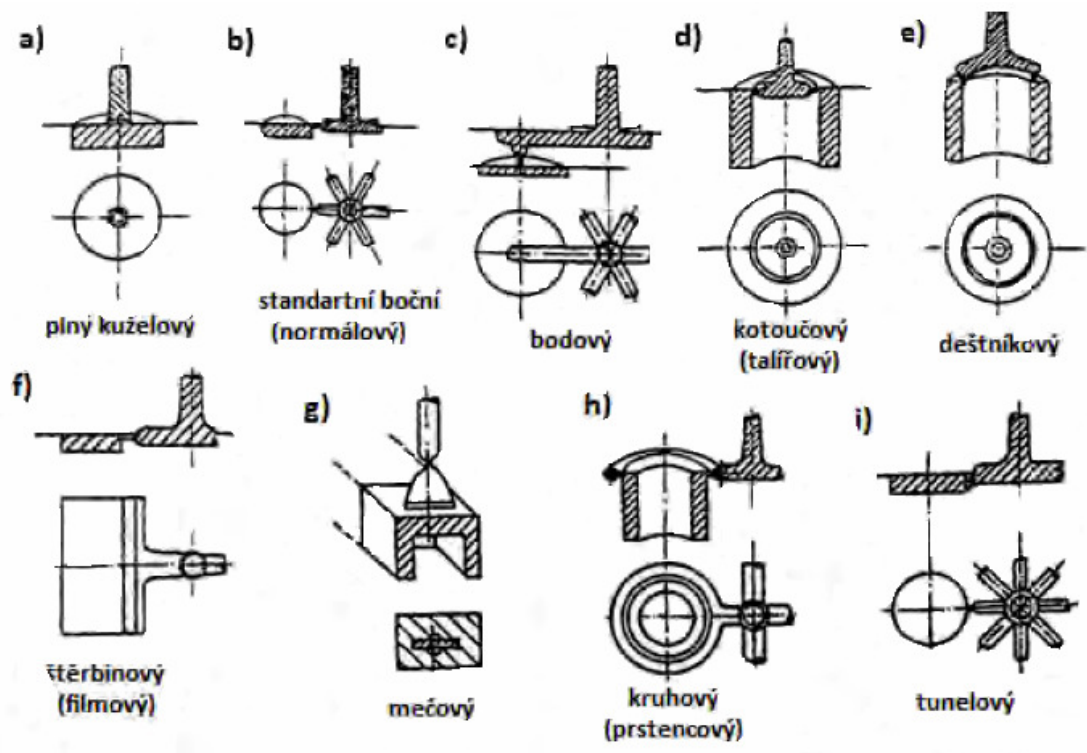
U systémů se studeným vtokem se tavenina vstřikuje velkou rychlostí do poměrně chladné formy. Během průtoku viskozita taveniny na stěnách vtoků prudce roste. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky systému (40 až 200 MPa).

Zásady funkčního řešení vtokového systému [6]:

- dráha vtoku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,

- dráha byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu, a tím se umožnilo působení dotlaku.
- zaoblení hran vtokových kanálků min. $R=1\text{ mm}$,
- úkosovitost všech vtoků $1,5^\circ$,
- drsnost povrchu vtokového systému nemá klesnout nad $0,2\text{ Ra}$,

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Volí se co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Neméně důležité je vhodné umístění vtokového ústí na výstřiku. [6]



Obr. 11 Použití jednotlivých vtoků

4.5.2 Vyhřívání vtokové soustavy

Používají se především u forem pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Protože je soustava rozvodu taveniny značně tepelně i mechanicky namáhána, vyžaduje větší tuhost formy a tedy i větší přesnost jejich výroby.

U jednonásobné formy je vstřikovací tryska přímo napojena na ústí do dutiny formy. U vícenásobných forem je součástí soustavy vyhřívací rozváděcí blok s tryskami, které ústí přímo do dutiny formy nebo do pomocných kanálů.

Správná teplota taveniny je řízena regulátorem ovládaným snímači. [6]

4.6 Vyhazování výstřiků

Je to činnost, při které se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu se používá vyhazovací zařízení, které svojí funkcí zajišťuje automatický výrobní cyklus.

Dvoufázový cyklus:

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

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiků je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení. [6]

4.6.1 Mechanické vyhazování

Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení.

Patří sem:

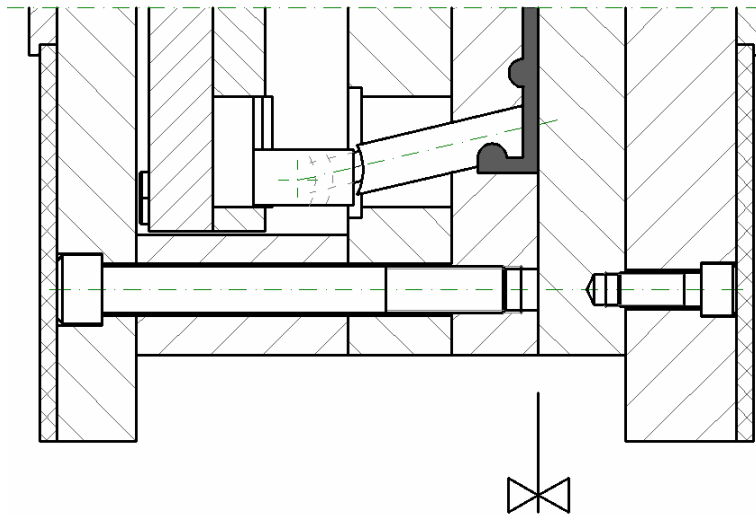
- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- šikmé vyhazování,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkovými vyhazovači,
- postupné vyhazování. [8]

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků:

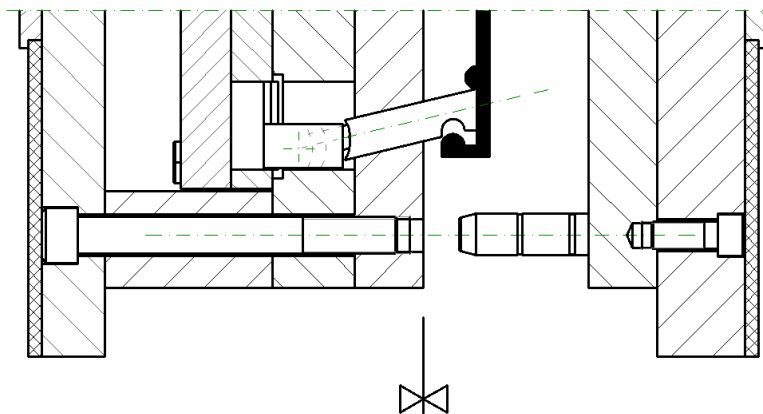
Jedná se o nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výstřiků. Lze jej použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Mohou mít jakýkoliv tvar, obvykle však válcový. [8]

Vyhazování pomocí šikmých čepů:

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [8]

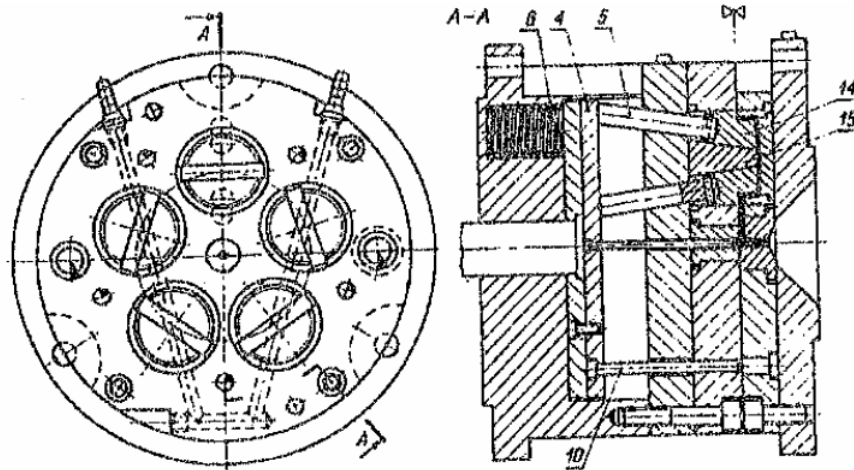


Obr. 12 Šikmý čep při uzavřené formě



Obr. 13 Šikmý vyhazovač při otevřené formě

Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen přímo na vyhazovači nebo s šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci. 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. [8]



Obr. 14 Příklad formy se šikmým vyhazovačem

Vyhazování stírací deskou:

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Díky velké styčné ploše nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Deformace výstřiku jsou minimální a stírací síla velká. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině, nebo plocha pokud je plocha výstřiku mírně zakřivena. Lze použít i pro vícenásobné formy. Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou k desce.

Zvláštním případem stírací desky je trubkový vyhazovač. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce. Ten se nepohybuje a tvoří jádro vyhazovače. [8]

Postupné vyhazování:

Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou používá například k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci

stírání s vyhazovacími kolíky. Využívá se také při oddělování vtokových zbytků od výstřiků a zároveň s jejich vyhazováním. [8]

4.6.2 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším a velkou flexibilitou. Používá se k ovládní bočních posuvných čelistí. Vyznačuje se velkou vyhazovací silou s kratším a pomalejším zdvihem. [8]

4.6.3 Vzduchové vyhazování

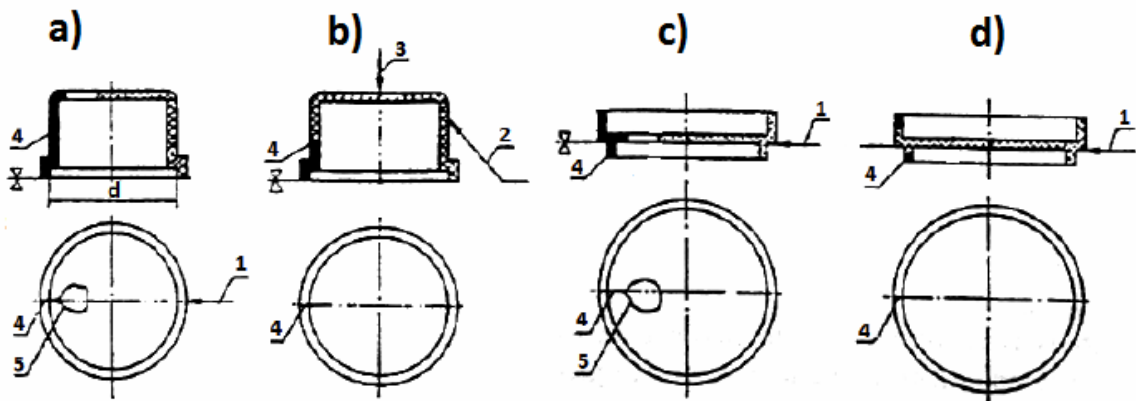
Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Tento způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kbelíky) velmi vhodný. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Vzduch se do dutiny formy přivádí přes ventil talířový, jehlový nebo různé kolíky. Ventil se otvírá tlakem vzduchu a zavírá pružinou. [8]

4.7 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění forem zajišťuje únik vzduchu a zplodin uvolňujících se při ochlazování výstřiku, který je na počátku cyklu ve formě obsažen. Čím je vyšší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny.

Častým jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). To však není přípustné, proto musí být odvzdušnění účinné. [8]

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou, vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky. Jejich velikost je závislá na viskozitě taveniny a volí se dle tabulek. Odvzdušňovací kanálky jsou většinou umístěny naproti vtokového ústí. [6] [8]



Obr. 15 Místa uzavření vzduchu při plnění dutiny taveninou a), c) chybné plnění b), d) správné plnění 1, 2, 3- umístění vtoku, 4- uzavřený vzduch, 5- vzduchová bublina

4.8 Temperování forem

Temperance 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.

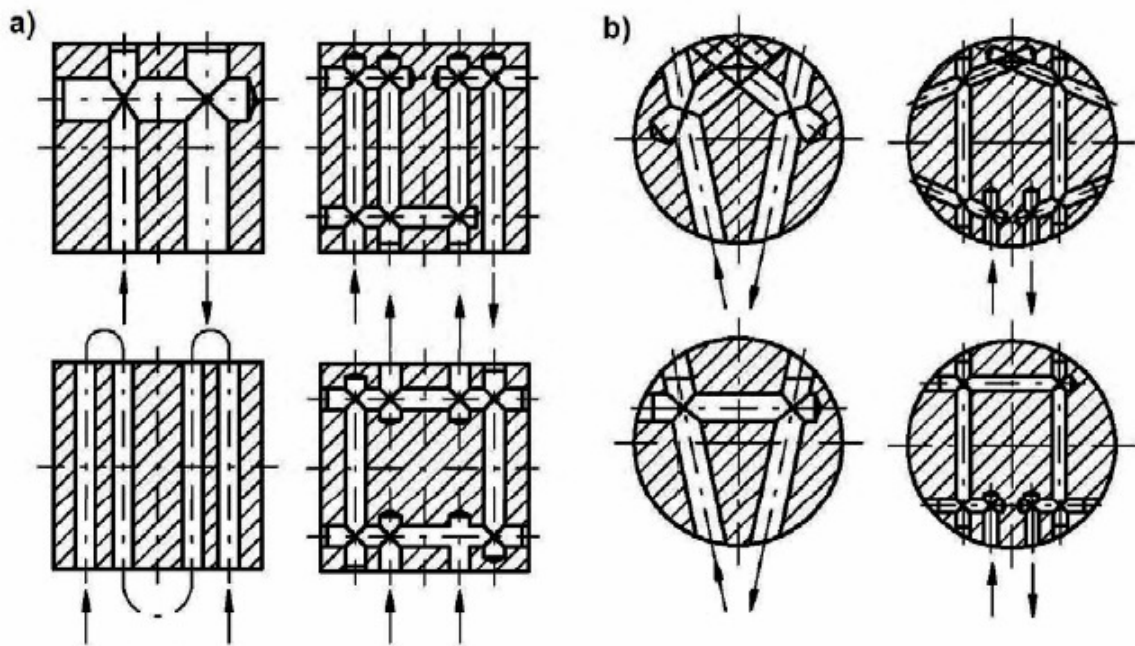
Temperance tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Vzniklé přebytečné teplo je třeba během pracovního cyklu odvést temperační soustavou. Ta je tvořena soustavou kanálků a dutin, kterými se předává nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou.

Úkolem temperance je:

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

Na řešení temperačního systému mají vliv zejména tyto faktory:

- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku,
- požadavky na přesnost výstřiku,
- materiál formy. [8]



Obr. 16 Příklad konstrukčního řešení temperačního okruhu a) hranatá deska

b) kruhová deska

4.9 Materiály pro výrobu forem

Při výrobě výstřiků se od forem vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

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

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

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al),

- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé),

Oceli jsou nejvýznamnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to vše má vliv na kvalitu forem. [8]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit 3D model zadaného dílu,
- provést konstrukci 3D sestavy vstřikovací formy pro zadaný plastový díl,
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy.

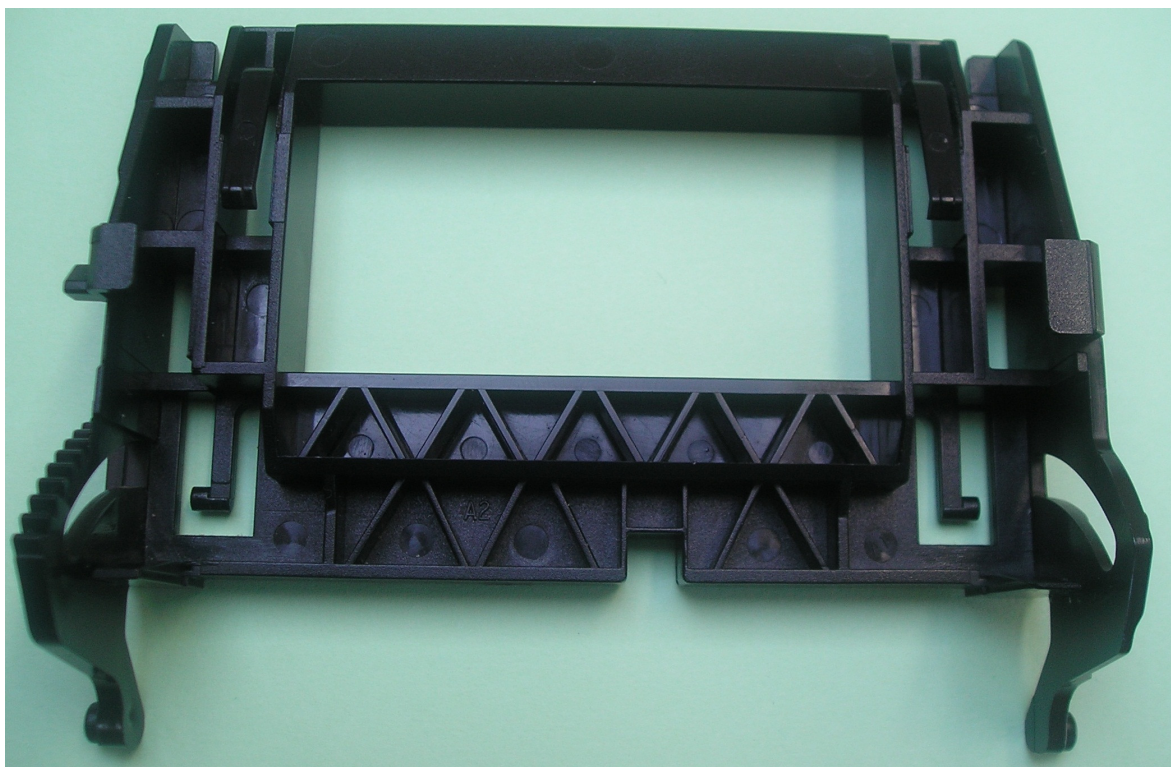
V literární studii byly shromážděny informace o problematice vstřikovacího procesu, vstřikovacích forem a o principech konstruování forem.

V praktické části bakalářské práce se při tvorbě 3D modelu vychází ze zadaného plastového dílu. Následně, po vymodelování plastového dílu, se zkonstruuje sestava vstřikovací formy, která bude dvounásobná.

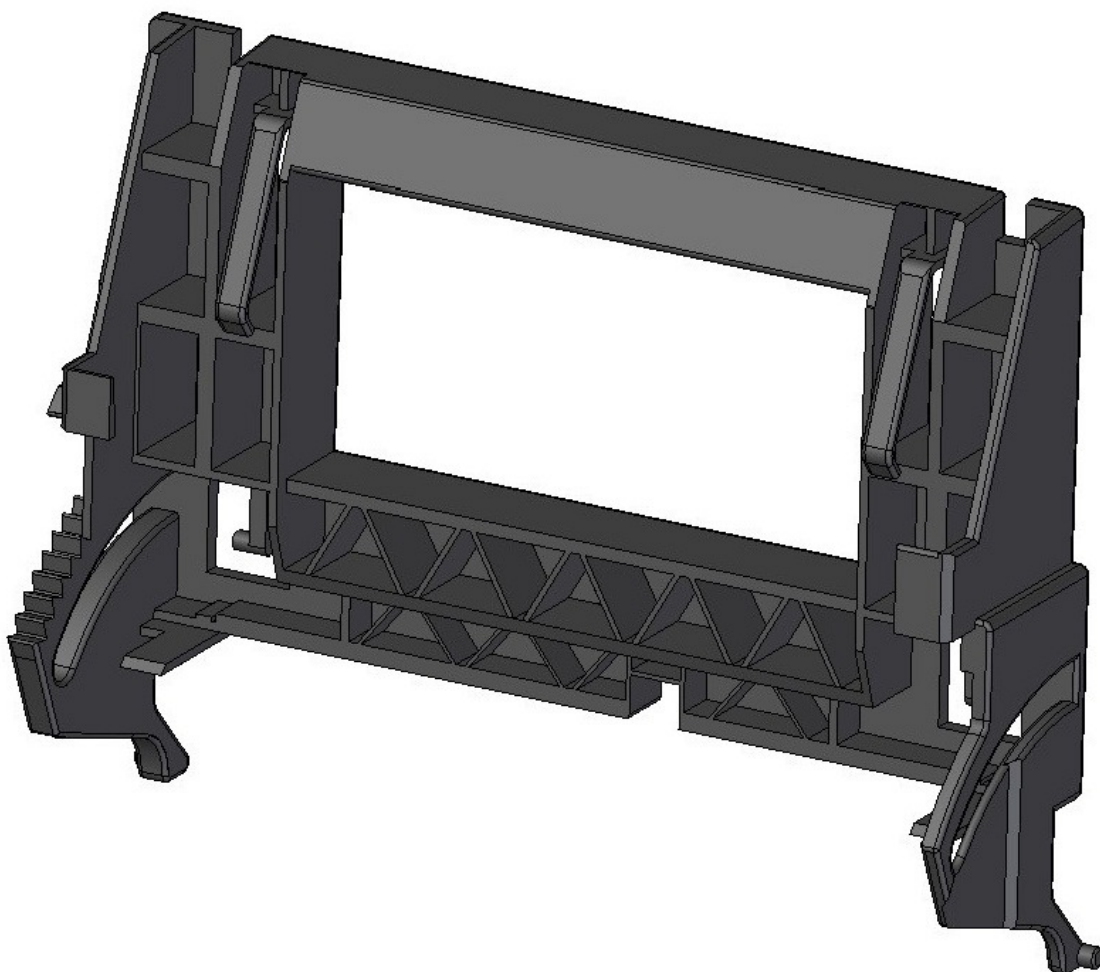
Vstřikovací forma i model plastového výrobku budou nakresleny pomocí programu SOLID Edge ST3 za využití normálií od firmy HASCO. Nakonec bude 3D konstrukce formy převedena pomocí téhož programu do 2D a vytvoří se výkresová sestava se všemi vyráběnými díly formy, které budou doloženy kusovníkem.

6 VÝROBEK

Pro návrh vstřikovací formy byla zvolena součást kazetového přehrávače HiFi věže, která slouží k uložení kazety do správné polohy a tím umožní přehrávání (obr.17). Tento výrobek byl zvolen z důvodu své konstrukční zajímavosti a složitosti. Dílec je profilovaný, nesymetrický a na jedné ze stran je opatřen ozubením, tím se jeho zaformování stává obtížnější. Navíc je výrobek opatřen žebry na místech, kde by mohlo z konstrukčních důvodů docházet ke zborcení stěn.



Obr. 17 Fotografie výrobku



Obr. 18 Model výrobku

Materiál byl zvolen tak, aby jeho vlastnosti co nejlépe odpovídaly požadavkům výrobku a byl cenově nenáročný. Jedná se o Moplen EP 1006, je to polypropylen s vylepšenou odolností vůči teple. Vyznačuje se dobrou tuhostí, rázovou odolností a dobrou tekutostí. Je vhodný pro výrobu schránek baterií a dalších dílců v automobilovém průmyslu. Vlastnosti plastu jsou uvedeny v příloze P 1. Objem výrobku je $30,4 \text{ cm}^3$.

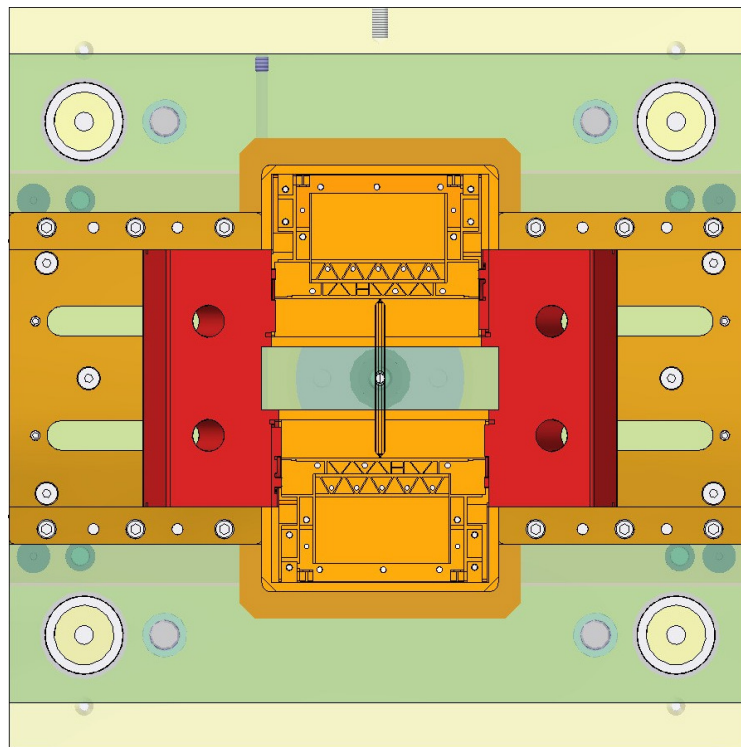
7 KONSTRUKCE FORMY

Při návrhu formy se vycházelo ze základních konstrukčních principů a z tvarové složitosti výrobku. Za nejvhodnější variantu pro konstrukci vstřikovací formy byl zvolen dvou-deskový systém. Při výběru desek bylo použito normalizovaných dílů z katalogu firmy HASCO, které posloužily jako základní prvky, jenž se dále podle potřeby konstrukčně upravovaly. Materiál, z něhož jsou zhotoveny desky, je nástrojová ocel 19083. Izolační desky jsou vyrobeny z vrstveného materiálu z upravené skelné tkaniny, SKLOTEXTITU. Základní rozměry rámu vstřikovací formy jsou 396 x 396 x 282mm (v x š x d).

7.1 Násobnost formy

Při navrhování násobnosti formy, je třeba si uvědomit hned několik faktorů, které mohou ovlivnit výstřik. Jedná se především o přesnost, složitost, kvalitu, požadované množství výrobků a v neposlední řadě o ekonomiku výroby. Pro součásti náročných tvarů jsou nejvhodnější jednonásobné formy a naopak pro jednodušší výstřiky s masovou spotřebou se navrhují formy několikanásobné.

Na základě zvoleného výrobku, který by měl kvůli své funkci být dostatečně přesný, byla navržena dvounásobná forma.



Obr. 19 Násobnost formy, pohled do levé strany formy

7.2 Odvzdušnění formy

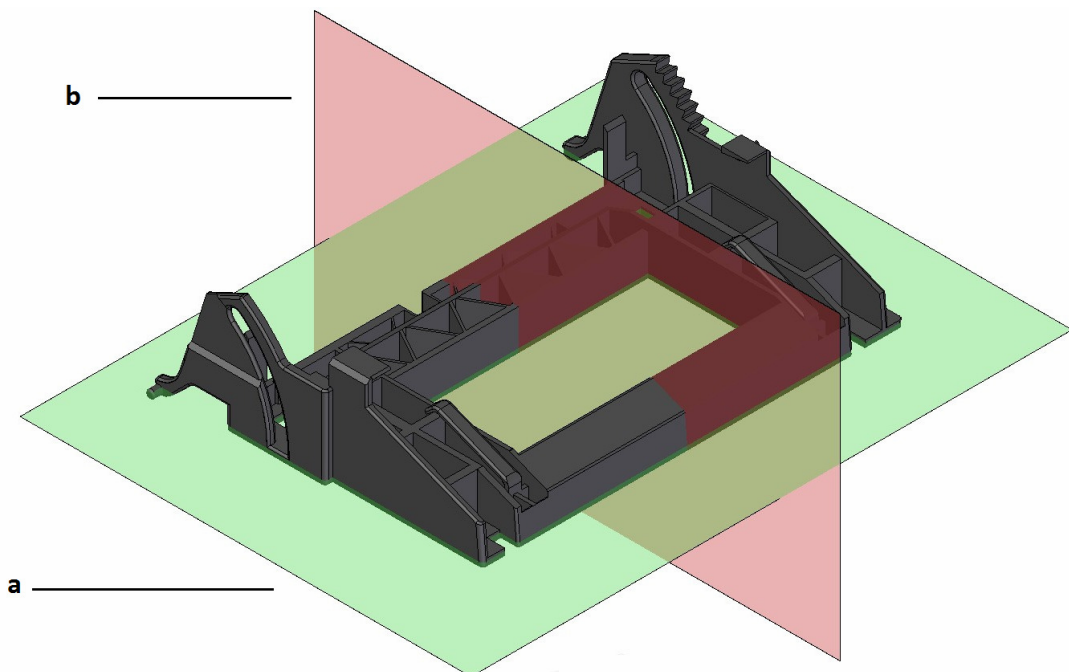
Jednou z důležitých zásad při navrhování formy je uvažovat dostatečné odvzdušnění, neboť po uzavření formy zůstává v její dutině vzduch, který se po vstříknutí polymeru střetává s čelem taveniny a dochází tak vysokým tlakům a teplotám, při kterých může polymer degradovat. To má za následek optické vady výstřiku v podobě napálených míst na povrchu výstřiku.

V tomto případě by měly postačit vůle kolem dělicích rovin, čili v uložení tvárnice, tvárníků, kolem vyhazovačů a posuvných kostek.

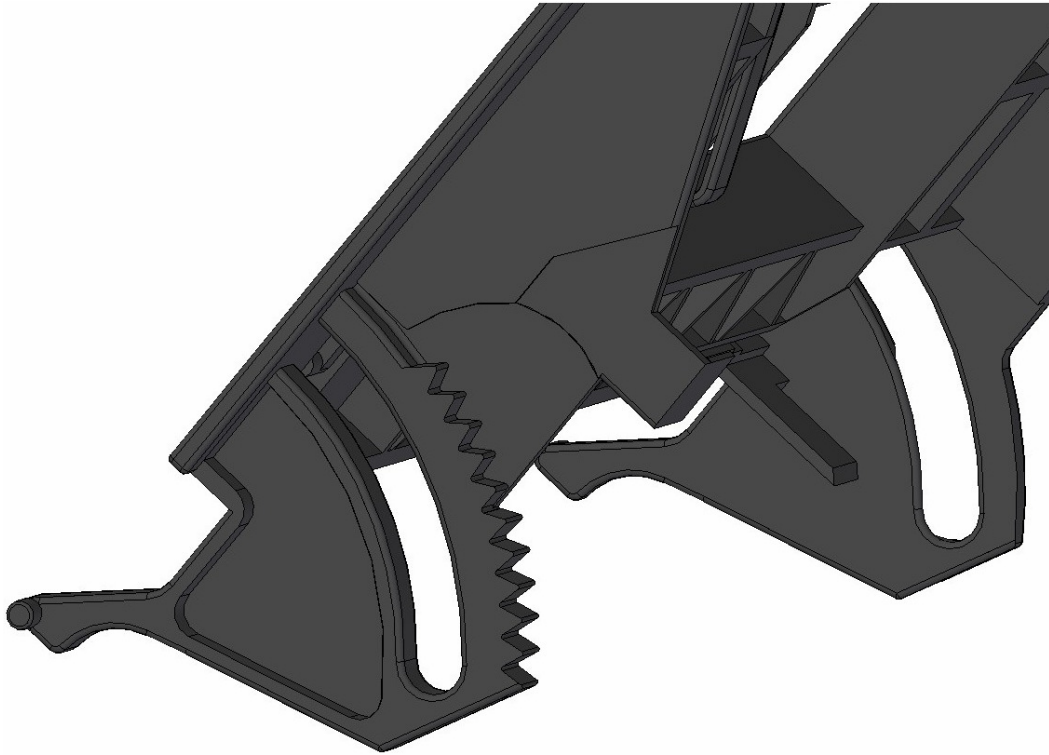
7.3 Zaformování výstřiku

Při konstrukci vstřikovací formy je určení dělicí roviny hlavním krokem celého procesu. V tomto případě je hlavní dělicí rovina mírně zapuštěna do tvárnice na levé straně formy a prochází polovinou válečků, které jsou umístěny na nožkách výrobku, jenž mají za úkol upevnit výrobek do přehrávače. Je tak voleno z důvodu snadnějšího doformování.

Dutina formy je volena tak, aby se výstřik po otevření formy oddělil od tvárníku a zůstal na tvárnici v levé straně formy, dokud nebude vyhozen vyhazovacím systémem.



Obr. 20 Zaformování výstřiku a) hlavní dělicí rovina b) vedlejší dělicí rovina

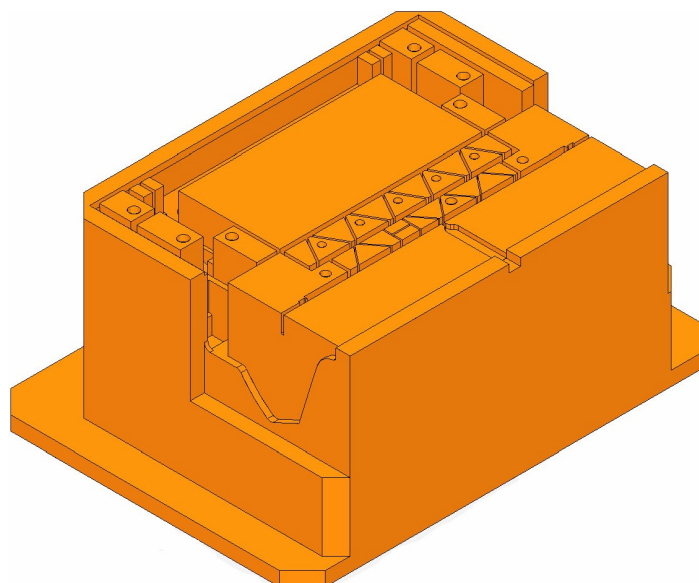
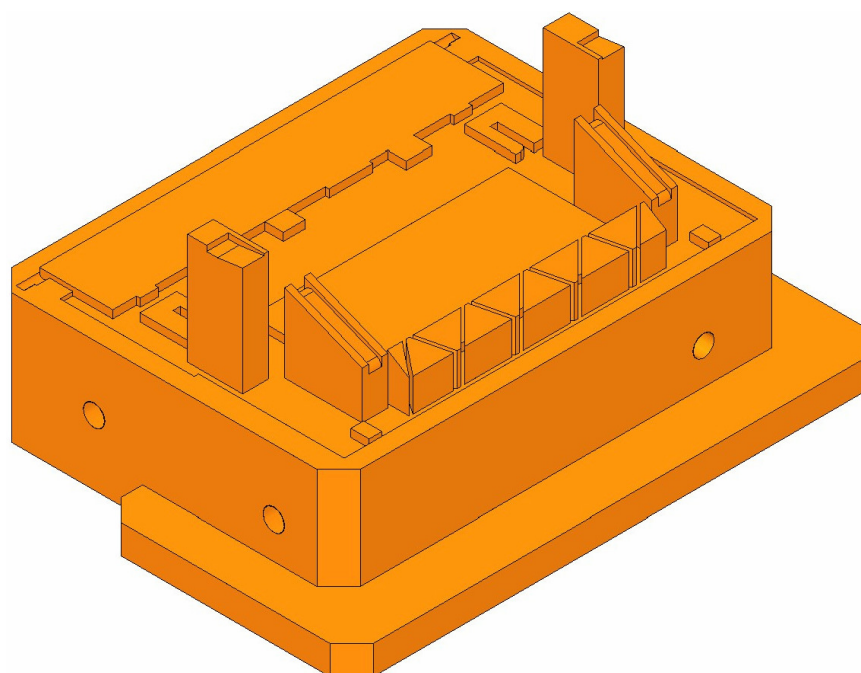


Obr. 21 Detail profilu výrobku

Protože výstřik není možné, aniž by se poškodil, odformovat v jedné dělicí rovině, je přidána ještě druhá, která je uskutečněna pomocí posuvných kostek a šikmých čepů. Tato vedlejší dělicí rovina je zvolena z důvodu profilovaných boků výrobku, zejména ozubené části.

7.4 Tvarové díly formy

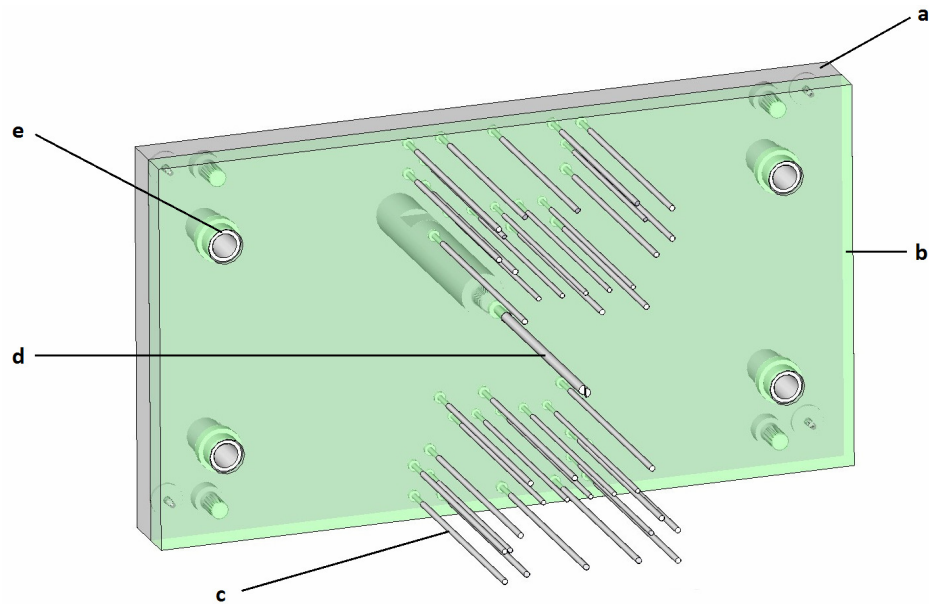
Pro tvárnici i tvárník byl použit materiál 1950, jedná se o nástrojovou ocel, ta je zakalena na tvrdost HRC 55. Dutina pak byla zvětšena o udávanou hodnotu smrštění materiálu. Na čele tvárnice je navržena část studeného vtokového systému, rozvodného kanálku. Tvárnice je umístěna v levé části formy (Obr. 21) a tvárník v pravé části (obr. 22).

*Obr. 22 Tvárnice**Obr. 23 Tvárník*

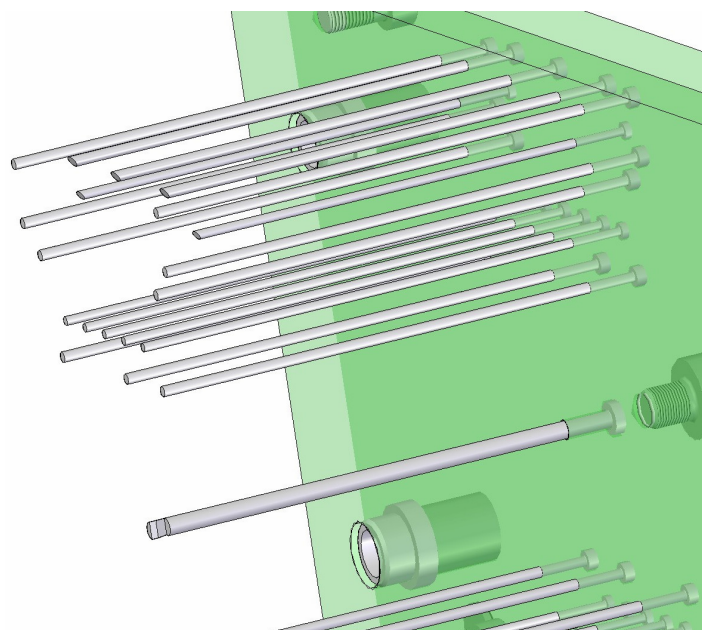
7.5 Vyhození výstříku

Vyhození zchlazeného výstříku je provedeno pomocí skupiny válcových vyhazovačů, které byly vybrány z normálí firmy HASCO. Byly použity průměry 3 a 2,5mm. Tyto vyhazovače byly následně zkráceny na potřebnou délku a zřezány do úhlu, kterým se opírají o stěny výrobku. Pro jednu dutinu bylo navrženo 19 válcových vyhazovačů z toho 5 bylo zřezáno pod úhlem. Dále byl použit vyhazovač na vyhození vtokového systému. Jedná se o

speciální typ, který je na svém konci zřezán do písmene „Z“, je tak opatřen úkosem a plní funkci přídržovače vtoku. Oddělení vtokového systému od výrobku bude realizováno mechanicky. Ukotvení těchto vyhazovačů zajišťuje opěrná a kotevní deska vyhazovací. Na výstřiku zůstanou stopy po těchto vyhazovačích. Výrobek však ve svém funkčním celku není vidět. Pohyb celého vyhazovacího systému je zajištěn pomocí táhla, které je přišroubované do opěrné vyhazovací desky.



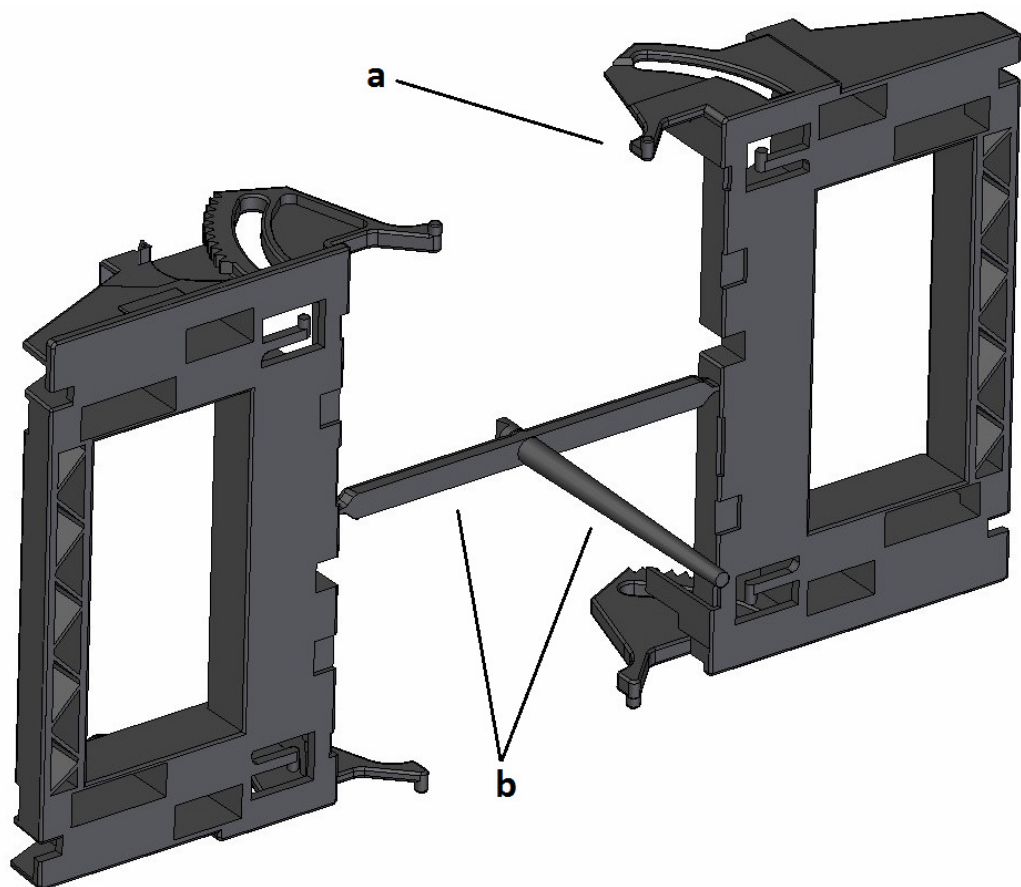
Obr. 24 Vyhazovací systém a) opěrná deska vyhazovače b) kotevní deska vyhazovače c) válcový vyhazovač d) vyhazovač typu Z e) vodící pouzdro



Obr. 25 Detail vyhazovačů

7.6 Vtokový systém

Byla navržena forma se studeným vtokovým systémem. Studená soustava je energeticky nenáročná a pro zvolený výrobek je vhodným řešením. Dráha vtokového systému byla sestavena tak, aby tavenina bez zbytečné prodlevy dorazila do dutiny formy v co nejkratším čase. Použito bylo lichoběžníkových rozvodných kanálů, které jsou umístěny pouze v levé části formy a mají průměr 5mm. Část těchto kanálů je vedena v tvárnici. Pro snadnější odformování vtokového zbytku byl zvolen úkos stěn 2° , zaoblení hran je R 1,5. Byl zvolen nejpoužívanější typ vtokového ústí, boční vtok s obdélníkovým průřezem.

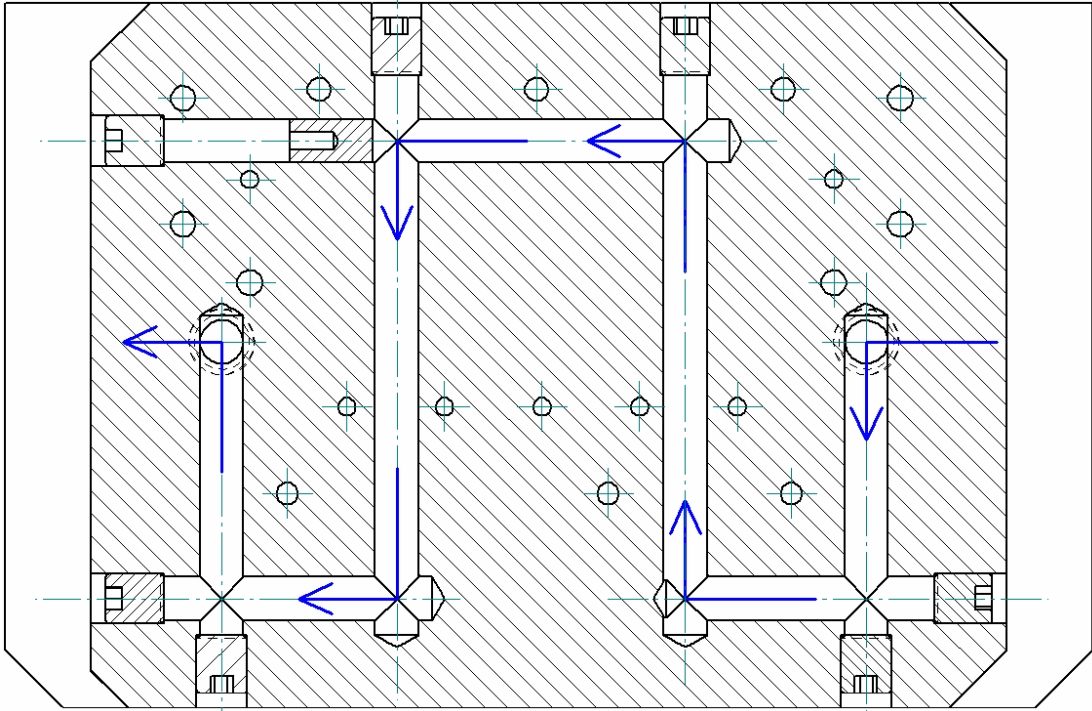


Obr. 26 Studený vtokový systém a) výrobek b) vtokový systém

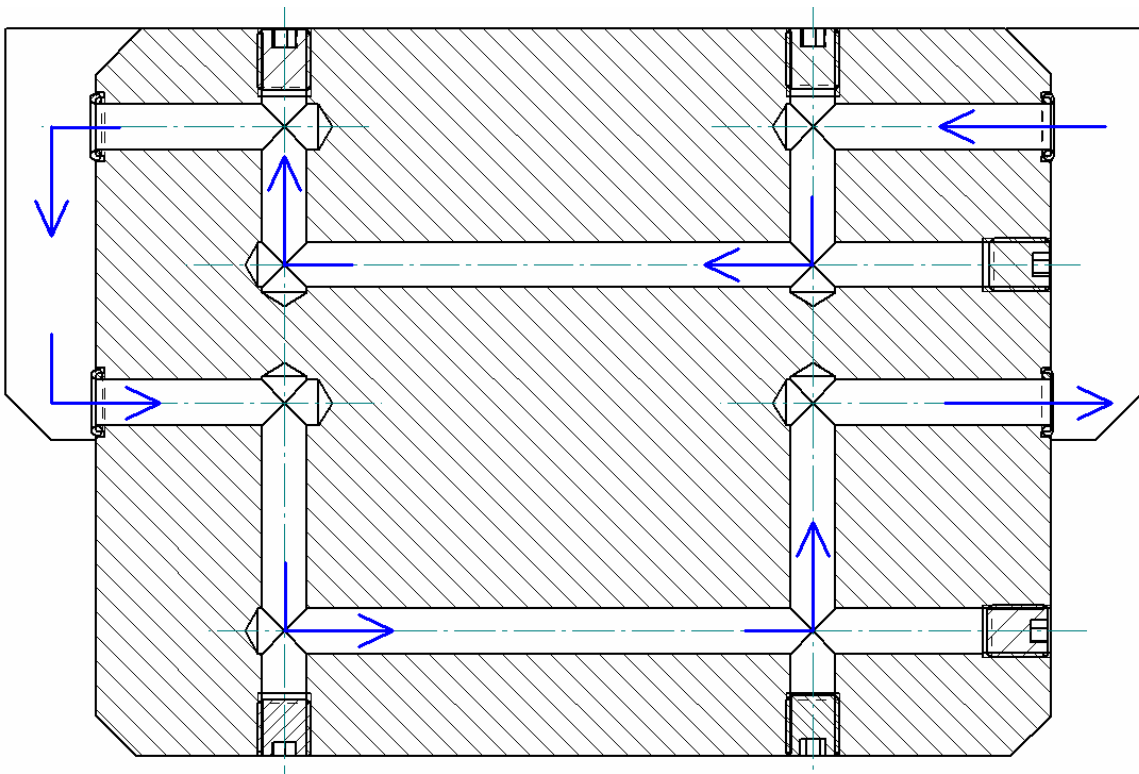
7.7 Temperace formy

Temperance má za úkol udržovat konstantní tepelný režim formy. Snahou je dosáhnout krátkého pracovního cyklu vstřikování, kdy jsou zachovány všechny technologických požadavky týkající se výroby.

Pro levou část formy byla hlavní temperanční síť vyvrtána do opěrné desky. Odsud je vedena do okruhu tvárníku a zase zpět. Je tak navrženo z důvodu zachování tuhosti levé tvarové desky.

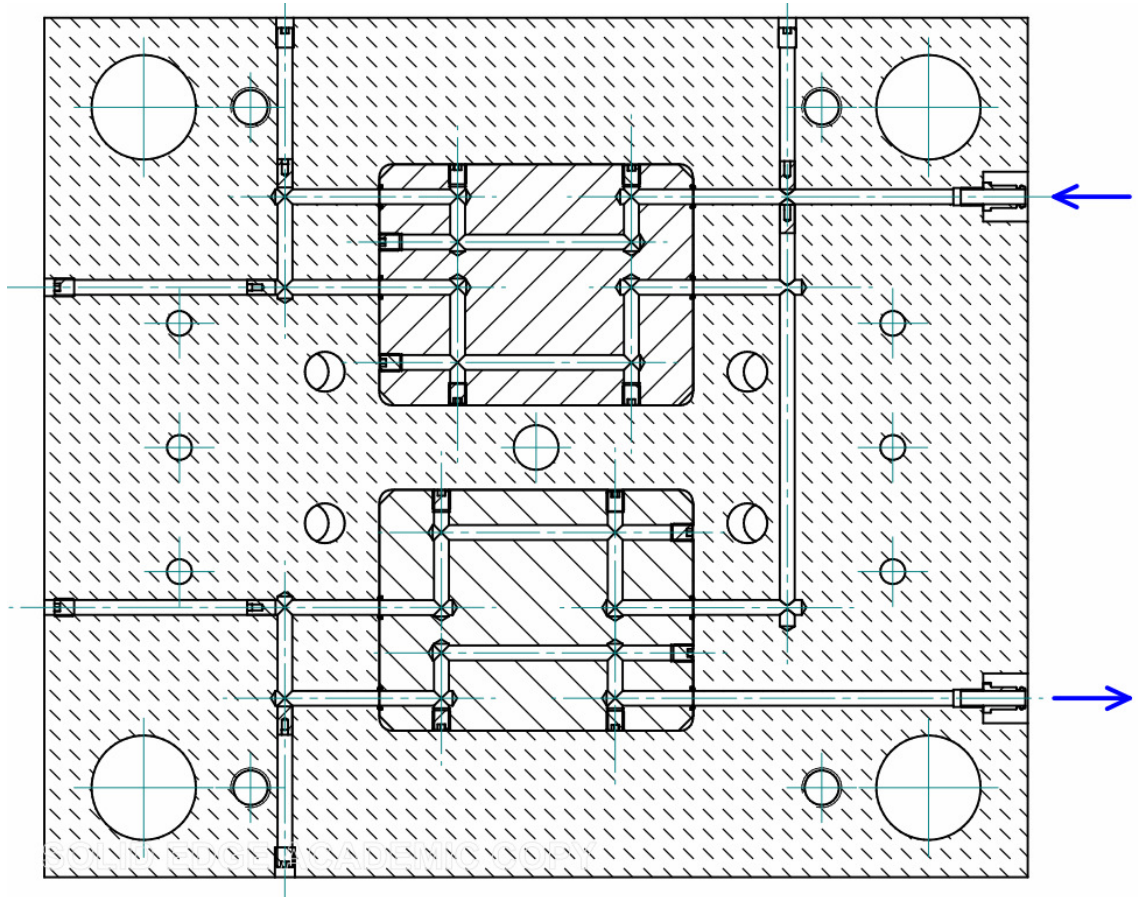


Obr. 27 Temperace tvárnice



Obr. 28 Temperace tvárníku

Temperace pravé strany je navržena v tvarové desce. Celkový obvod temperačního systému je uzavřen pomocí ucpávek a každý tvárník a tvárnice jsou těsněny pomocí těsnících kroužků. Průměr kanálků je 6 mm. Jako temperační médium bude použita voda.

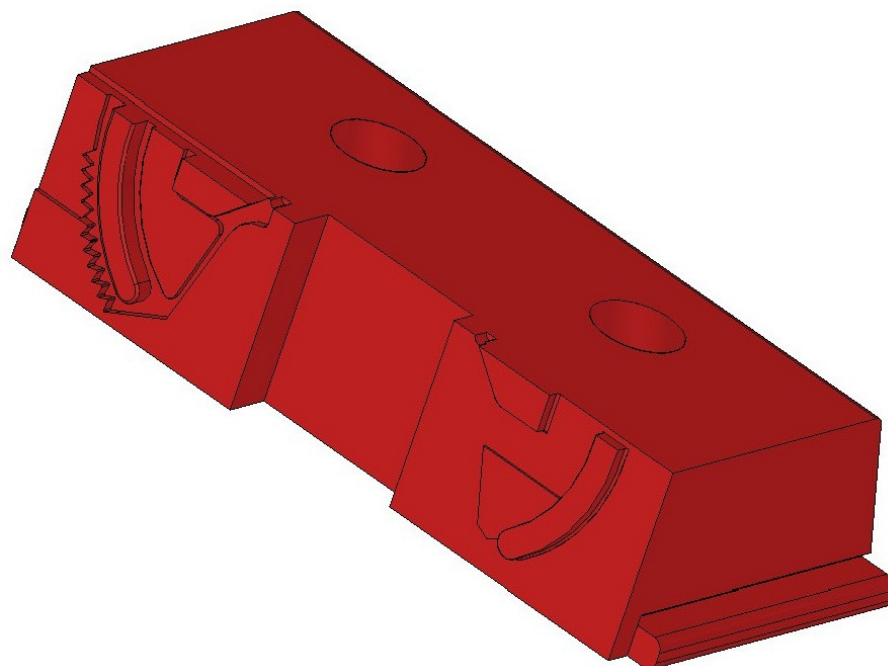


Obr. 29 Systém temperace v pravé tvarové desce

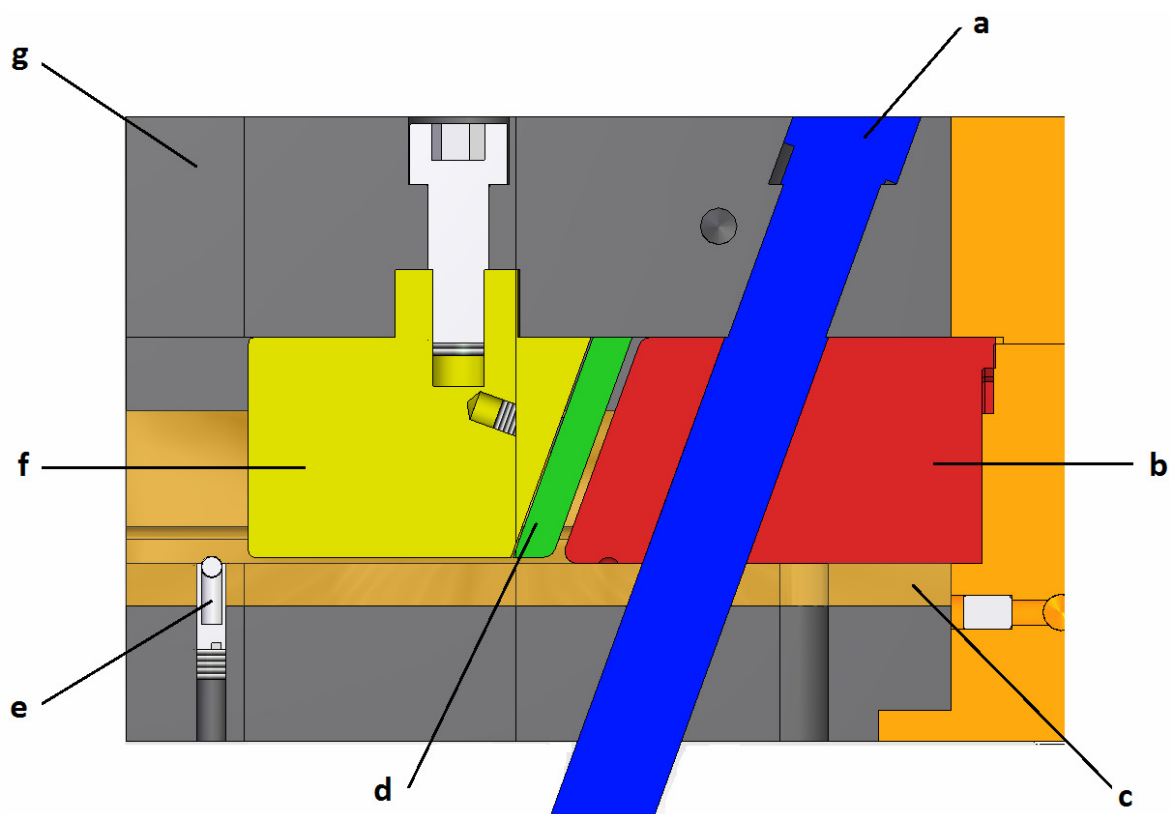
7.8 Šikmé čepy a posuvné kostky

Kvůli složitosti výrobku byla přidána další dělicí rovina, která je zrealizována pomocí posuvných kostek a šikmých čepů. Normalizované díly od firmy HASCO posloužily jako polotovary pro návrh tohoto systému. Na čele posuvných kostek je vytvarován negativní profil vstřikovaného dílce. Protože je forma dvounásobná bylo využito jednoho spojitého bloku který nese levý i pravý profil výrobku. Poloha posuvných kostek je při otevřené formě zajištěna kuličkou s pružinou, při uzavřené formě pak slouží k zajištění dorazové bloky. Odsun kostek nastává před vyhozením vstřikované součásti tak, aby nedošlo k poškození

výrobku. Tento proces nastává současně s otevíráním formy a je umožněn pomocí šikmých čepů, které slouží jako vodítka. Pro odsunutí kostek byl zvolen úhel šikmých čepů 20° .



Obr. 30 Posuvná kostka



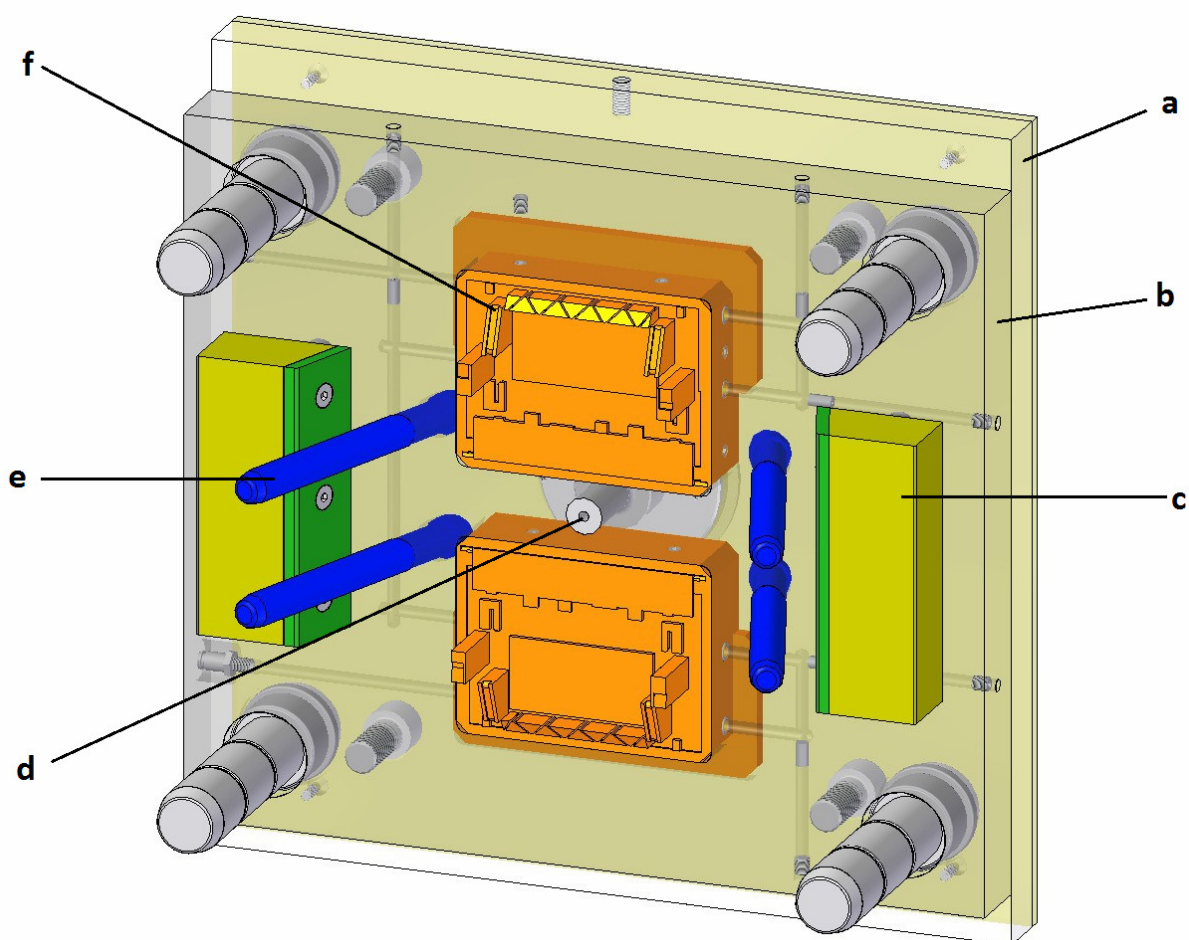
Obr. 31 Řez systémem a) šikmý čep b) posuvná kostka c) kluzná destička

d) otěruvzdorný plát e) kulička s pružinou f) dorazový blok

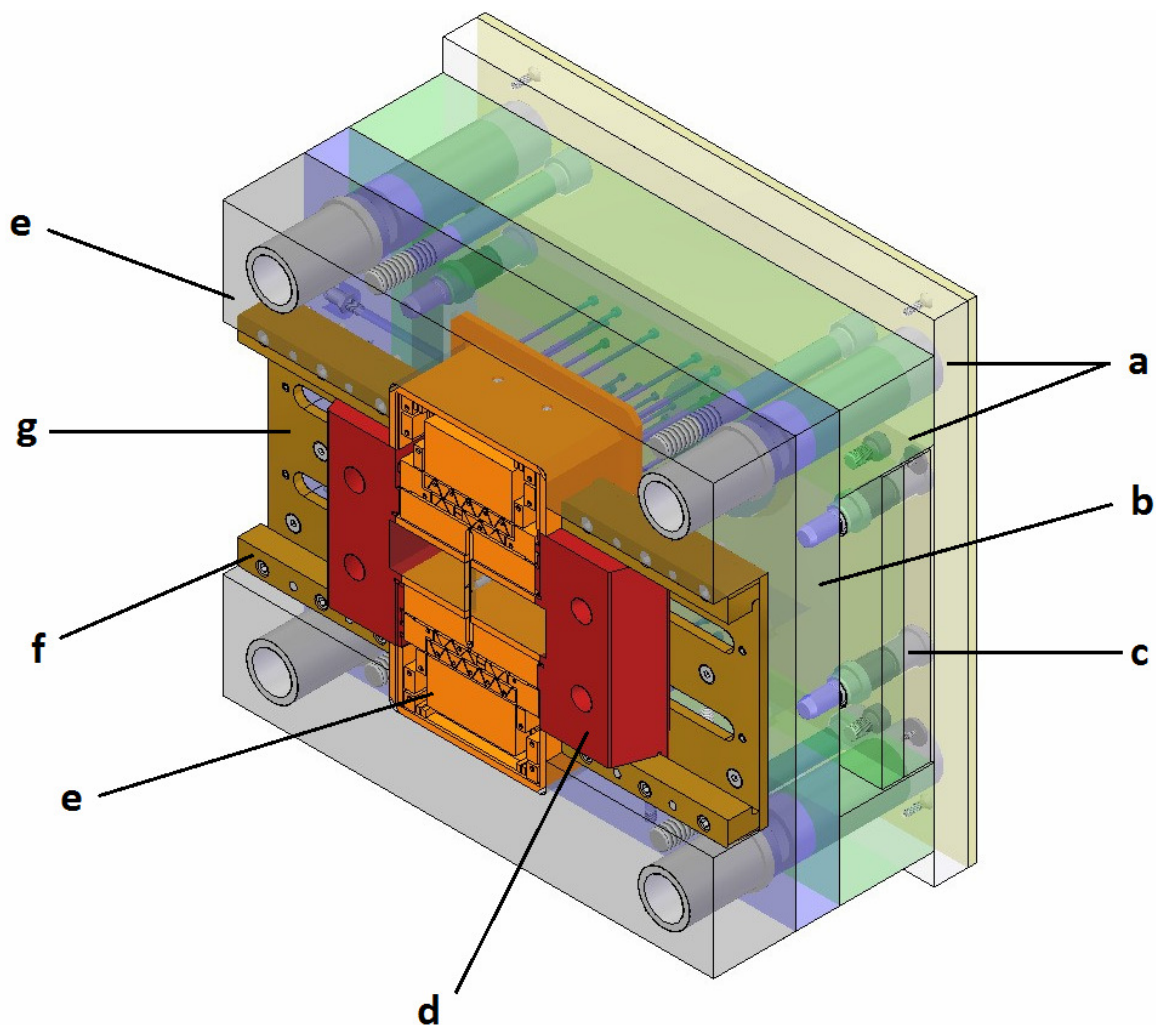
g) kotevní deska pravá

7.9 Sestava vstříkovací formy

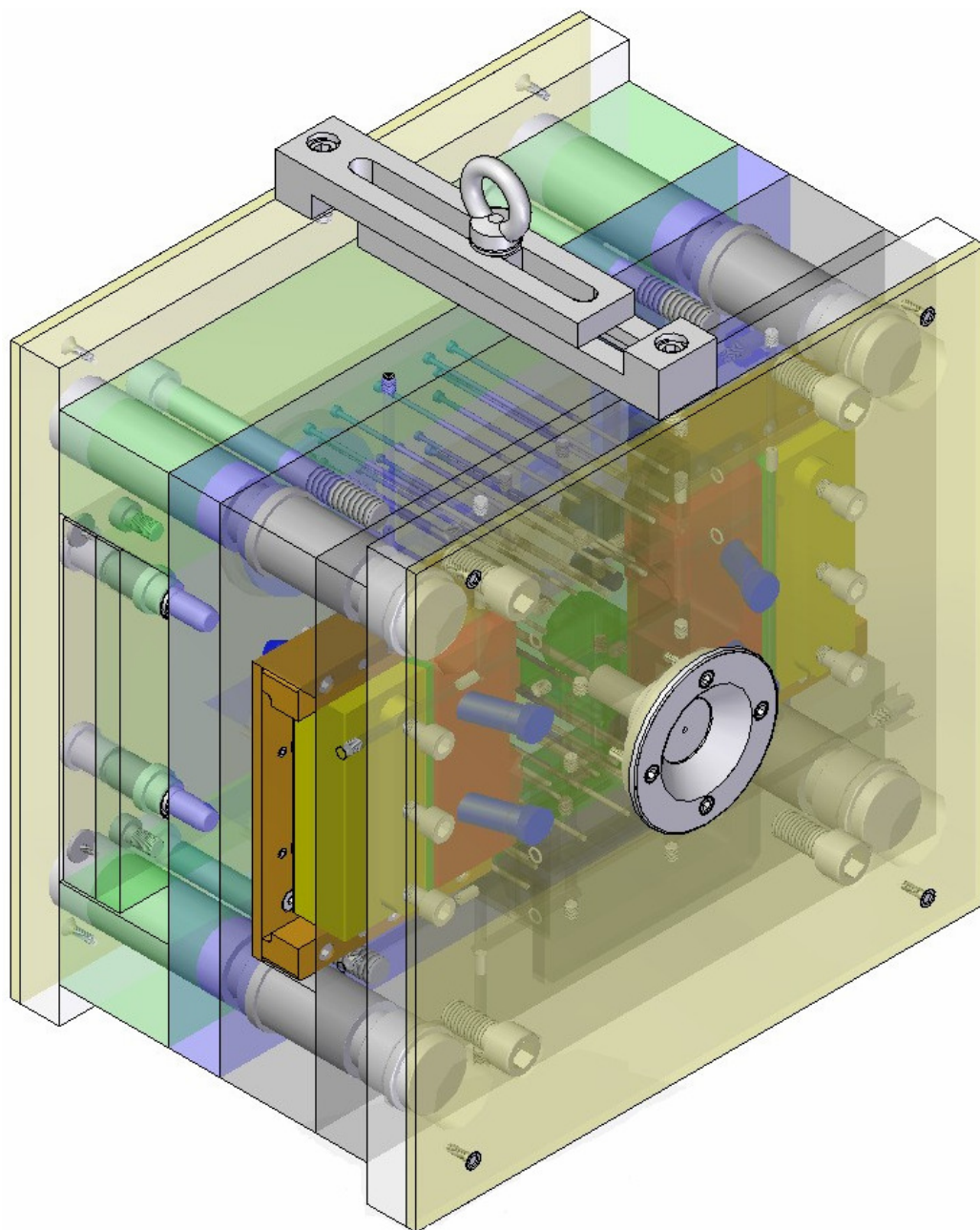
Vstříkovací forma se rozděluje na dvě základní části. První z nich je pravá strana, tzv. strana trysky. Druhou je levá strana, strana vyhazovače.



Obr. 32 Pohled na pravou stranu formy a) univerzální rám b) pravá tvarová deska c) dorazový blok d) vtoková vložka e) šikmý čep f) tvárník



Obr. 33 Pohled na levou stranu formy a) upínací a opěrná deska b) opěrná deska c) vyhazovací soustava d) posuvná kostka e) tvárnice f) vodící lišta g) kluzná destička e) tvarová deska levá



Obr. 34 Sestava formy včetně transportního můstku

8 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zkonstruovat vstříkovací formu pro zadanou plastovou součást kazetového přehrávače HiFi věže. Při modelování plastového dílce byly oproti skutečnému výrobku provedeny drobné změny, které měly za úkol usnadnit doformování výstřiku.

V teoretické části byly zpracovány informace ohledně vstříkovacího procesu a popsány byly základní faktory podílející se na procesu vstříkování. Stěžejními kapitolami jsou vstříkovaný výrobek a vstříkovací forma, v nichž a jejich podkapitolách jsou uvedeny zásady a pravidla pro konstrukční řešení návrhu výrobku či formy.

V praktické části bakalářské práce byl nejdříve vytvořen model zadaného výrobku, který byl následně kvůli své tvarové složitosti zaformován pomocí dvou dělicích rovin. Pro odformování výstřiku bylo použito posuvných kostek a šikmých čepů ukotvených v pravé části formy. Následně byly navrženy další tvarové části tvořící dutinu formy. Při konstrukci formy bylo využito výkresového katalogu normalizovaných dílů firmy HASCO na internetových stránkách. Zhotovená forma ve 3D byla následně převedena do 2D a byl vytvořen výkres sestavy vstříkovací formy. Vyráběné díly, upravované normálie a navrhovaný materiál pro jejich výrobu jsou obsaženy v kusovníku. Celá konstrukce, včetně výkresové dokumentace, byla vytvořena v programu SOLID Edge ST3.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAŇAS, M., VLČEK, J. *Aplikovaná reologie*. 1. vydání – Zlín: UTB, 2001. ISBN 80-7318-039-1.
- [2] MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J. *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přepracované vydání – Brno: Sobotáles, 2000. ISBN 80-85920-72-7.
- [3] LENFELD, P. *Technologie II.-Vstřikování plastů, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie*. Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>.
- [4] KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1. vydání – Praha: SNTL, 1986.
- [5] DILINGER, J. a kol. *Moderní strojírenství pro školu a praxi*. 1. vydání – Praha: Europa-Sabotáles cz, s.r.o., 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [6] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vydání – Brno: Uniplast, 1999.
- [7] ŘEHULKA, Z. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. SEKURON, 2007. ISBN 978-80-86604-36-7.
- [8] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vydání – Brno: Uniplast, 1999.
- [9] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů* 1. vydání – Praha: BEN, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [10] SOVA, M., KREBS, J. a kol. *Termoplasty v praxi*. Praha: ONTL, 2001. ISBN 80-86229-15-7.
- [11] NEUHÄUSL, E. Vady výstřiků. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2010, [cit. 2010-3-3]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-1-dil-priciny-vzniku-vad-a-studene-spoje.html>>.
- [12] DVOŘÁK, Z., LÉDLOVÁ, H. *Základy výrobních procesů. – Výrobní technologie zpracování polymerů vstřikováním – Vady výrobků* – Zlín: UTB, 2011.

- [13] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vyd. – PRAHA: SNTL, 1985. 374 s.
ISBN 414-33580
- [14] TRES, P. A. *Design plastic parts for assembly*. 5th. Ed. Munich: Hanser, 2003. 280s.
ISBN 3-446-22647-9
- [15] DYM, Joseph H. *Injection molds and molding: a practical manual*. – 2nd edition.
New York: Nostrand Reinhold, 1987. 395 s. ISBN 0-442-21785-4
- [16] BAUMONT, J.P., NAGEL, R., SHERMAN, R. *Successful injection molding*. Munich:
Hanser Publisher, 2002. 362 s. ISBN 3-446-19433-9

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T_g	Teplota zeskelnění
T_m	Teplota tání
T_f	Teplota toku
α	Součinitel teplotní roztažnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozdělení plastů.....	12
Obr. 2 Oblast použití amorfních termoplastů.....	13
Obr. 3 Oblast použití semikrystalických termoplastů	14
Obr. 4 Vstřikovací cyklus.....	17
Obr. 5 Kruhový diagram vstřikovacího cyklu.....	17
Obr. 6 Schéma vstřikovacího stroje	18
Obr. 7 Typy uzavíracích jednotek	19
Obr. 8 Tok taveniny	20
Obr. 9 Konstrukce výstřiku	22
Obr. 10 Žebra	23
Obr. 11 Použití jednotlivých vtoků	26
Obr. 12 Šikmý čep při uzavřené formě	28
Obr. 13 Šikmý vyhazovač při otevřené formě.....	28
Obr. 14 Příklad formy se šikmým vyhazovačem	29
Obr. 15 Místa uzavření vzduchu při plnění dutiny taveninou.....	31
Obr. 16 Příklady konstrukčního řešení temperančního okruhu.....	32
Obr. 17 Fotografie výrobku.....	36
Obr. 18 Model výrobku.....	37
Obr. 19 Násobnost formy, pohled do levé strany formy	38
Obr. 20 Zaformování výstřiku.....	39
Obr. 21 Detail profilu výrobku.....	40
Obr. 22 Tvárnice	41
Obr. 23 Tvárník.....	41
Obr. 24 Vyhazovací systém.....	42
Obr. 25 Detail vyhazovačů.....	42
Obr. 26 Studený vtokový systém.....	43
Obr. 27 Temperace tvárnice	44
Obr. 28 Temperace tvárníku.....	44
Obr. 29 Systém temperace v pravé tvarové desce	45
Obr. 30 Posuvná kostka.....	46
Obr. 31 Řez systémem	46

Obr. 32 Pohled na pravou stranu formy	47
Obr. 33 Pohled na levou stranu formy	48
Obr. 34 Sestava formy včetně transportního můstku	49

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST

Moplen EP1006

Polypropylene, Impact Copolymer

Product Description

Moplen EP1006 is a heterophasic copolymer, suitable for injection moulding, with an additivation for a long term heat resistance.

It exhibits an excellent impact also at low temperature, combined with high stiffness and low stress withening.

Moplen EP1006 can be used in injection moulding for applications requiring a high resistance to temperature degradation, in particular for battery cases and automotive components.

Moplen EP1006 is suitable for food contact. It is not intended for medical and pharmaceutical applications.

Product Characteristics

Status	Commercial: Active
Test Method used	ISO
Availability	Europe, Asia-Pacific, Australia/NZ, Africa-Middle East, Latin America
Processing Method	Injection Molding
Features	Impact Copolymer, Medium Flow, Good Heat Aging Resistance, Heat Stabilized, Good Impact Resistance, Good Stiffness, Low Warpage
Typical Customer Applications	Battery Cases

Typical Properties	Method	Value	Unit
Physical			
Density	ISO 1183	0.900	g/cm ³
Melt flow rate (MFR) (230°C/2.16Kg)	ISO 1133	2	g/10 min
Melt volume flow rate (230°C/2.16Kg)	ISO 1133	2.7	cm ³ /10min
Mechanical			
Tensile Modulus	ISO 527-1, -2	1500	MPa
Tensile Stress at Yield	ISO 527-1, -2	27	MPa
Tensile Strain at Break	ISO 527-1, -2	21	%
Tensile Strain at Yield	ISO 527-1, -2	6.1	%
Impact			
Charpy notched impact strength	ISO 179		
(23 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)		24	kJ/m ²
(-20 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)		5,7	kJ/m ²
Thermal			
Heat deflection temperature B (0.45 MPa) Unannealed	ISO 75B-1, -2	88	°C
Vicat softening temperature	ISO 306		
(A50 (50°C/h 10N))		149	°C
(B50 (50°C/h 50N))		76	°C