

**Konstrukce vstřikovací formy pro
vícekomponentní vsřikování**
Design of multicomponent injection mold

Bc. Ondřej Gregor

Diplomová práce
2007/2008

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej GREGOR**
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstříkovací formy pro vícekomponentní vstříkování**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Nakreslete model plastového dílu ve 3D
3. Proveďte konstrukci vstříkovací formy pro vícekomponentní vstříkování zadaného dílu
4. Nakreslete 2D sestavu vstříkovací formy

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

19. února 2008


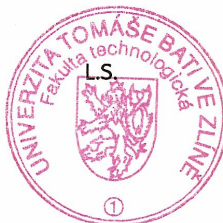
Termín odevzdání diplomové práce:

23. května 2008

Ve Zlíně dne 29. ledna 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Diplomová práce se zabývala, jak již z názvu vyplývá, konstrukcí vstřikovací formy pro vícekomponentní vstřikování. Práce byla rozdělena na teoretickou část a praktickou část. V teoretické části byla uvedena problematika konstrukce forem a co se vstřikování plastů týče. V praktické části byla řešena konstrukce vstřikovaného dílu pro vícekomponentní vstřikování. Následně byla navržena forma pro zadaný díl. Vstřikovaný díl a sestava vstřikovací formy byla modelována v programu CATIA V5R17.

Klíčová slova: konstrukce, forma, vícekomponentní vstřikování

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

How already follows from the title this master thesis deals with construction of an injection mold for multicomponent injection. The thesis is divided into theoretical part and practical part. In the theoretical part there is described construction of forms and plastic injection molding on the whole. In the practical part there is solved construction of the injected part for multicomponent injection molding. Subsequently the mold was designed for the declared part. Injected part and an assembly of the injection mold was designed in CATIA V5R17.

Keywords: design, injection mold, multicomponent injection molding

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a soustavnou pozornost, kterou mi věnoval při vypracovávání diplomové práce.

Motto:

„Praxe je nejlepší učitelka.“

Cicero Marcus Tullius

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

Ve Zlíně,

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 VSTŘIKOVÁNÍ.....	9
1.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	11
1.1.1 Vstřikovací jednotka	12
1.1.2 Uzavírací jednotka	14
1.1.3 Ovládací a programovací zařízení.....	15
1.1.4 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výstřiku	16
2 POLYMERNÍ MATERIÁLY	18
2.1 ROZDĚLENÍ PLASTŮ	18
2.1.1 Na základě teplotního chování.....	18
2.1.2 Rozdělení z hlediska vnitřní struktury.....	20
2.1.3 Rozdělení podle druhu přísad	21
3 VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	23
3.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY	24
3.2 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	24
3.3 KVALITA POVRCHU DUTINY FORMY	25
3.4 SMRŠTĚNÍ VÝROBKU	26
3.5 FUNKČNÍ SYSTÉMY FOREM – VYHAZOVÁNÍ	26
3.5.1 Vyhadování výstřiků mechanické	27
3.5.2 Vyhadování pomocí stírací desky.....	28
3.5.3 Vyhadování pomocí šikmých čepů.....	29
3.5.4 Vyhadování výstřiků pneumatické	29
3.5.5 Vyhadování výstřiků hydraulické	30
3.6 VTOKOVÝ SYSTÉM	30
3.6.1 Studený vtokový systém.....	32
3.6.2 Horký vtokový systém	33
3.7 TEMPERACE FOREM.....	34
3.7.1 Některé zásady pro řešení temperačních kanálů	35
3.8 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	37
4 VÍCEKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVÁNÍ - MULTICOMPONENT INJECTION MOLDING	39
4.1 VELKÝ VÝBĚR VÝROBNÍCH ALTERNATIV	41
4.1.1 Použití více než dvou vstřikovacích jednotek.....	42
4.1.2 Forma se dvěma stanicemi.....	42
4.1.3 Forma se třemi stanicemi.....	42
4.2 Postupné vícekomponentní vstřikování.....	43
4.3 ROZDĚLENÍ PŘEKLÁDÁNÍ VÝSTŘIKŮ	44
4.3.1 Rotace kompletní poloviny formy kolem vodorovné osy.....	44

4.3.2	Při rotaci kompletní poloviny formy kolem vertikální osy	45
4.3.3	Rotace části formy (vločky, indexové desky) kolem vodorovné osy.....	45
4.3.4	Použití šoupátka	46
4.3.5	Použití robotu	46
4.4	SENDVIČOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ.....	47
4.5	MATERIÁLY VHODNÉ PRO MULTIKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVÁNÍ	49
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	50
5	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	51
6	POUŽITÉ PROGRAMY PŘI KONSTRUKCI FORMY	52
6.1	CATIA V5R17	52
6.2	HNM 3D UNIVERSAL MODULE V9.0.....	52
7	ZADANÝ PLASTOVÝ DÍL.....	53
7.1	POUŽITÝ MATERIÁL VÝROBKU PBT	54
7.2	MATERIÁL TPE.....	55
7.3	NÁSOBNOST VSTŘIKOVACÍ FORMY	57
7.4	TVAROVÉ VLOŽKY	57
7.5	ODFORMOVÁNÍ VÝROBKU	58
7.5.1	Pomocí šikmého čepu	58
7.5.2	Odformování pomocí lomeného kolíku	60
7.5.3	Vyhazování výstřiku pomocí hydraulického pístu	61
7.6	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	62
7.7	VTKOVÝ SYSTÉM	63
7.8	TEMPERACE FORMY	64
7.9	VODÍCÍ ELEMENTY FORMY.....	66
8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	68
8.1	FÁZE OTEVŘENÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY A NÁSLEDNÉ VYHOZENÍ VÝROBKU	73
9	VOLBA VHODNÉHO VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	82
9.1	USPOŘÁDÁNÍ VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY	83
	DISKUZE VÝSLEDKŮ	85
	ZÁVĚR	86
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	87
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	89
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	90
	SEZNAM TABULEK	93
	SEZNAM PŘÍLOH	94

ÚVOD

Žijeme v moderní době, kdy plasty zaujímají místo všude kolem nás. Materiály jako dřevo, ocel, sklo jsou již materiály, které jsou častěji nahrazovány plasty. Plasty lze různě obrábět, barvit, svařovat, atd. Dále jsou prováděny různé výzkumy a zkoušky pro jejich maximální využití. Dají se recyklovat a tím jejich využití stoupá. Různými modifikacemi plastů můžeme docílit zvýšení houževnatosti, odolnosti proti hoření, zvýšit tvarovou stálost za tepla aj.

Tato diplomová práce, jak již plyne z názvu, se věnuje konstrukci vstřikovací formy. Počáteční fáze diplomové práce se zabývá zpracováním plastů vstřikováním a to všeobecně z teoretického hlediska. Jedná se o seznámení technologie vstřikování plastů, kde je bližší seznámení se vstřikovacím strojem, plastikační a uzavírací jednotkou. Je zde popsán vstřikovací cyklus, kde je i názorně zobrazen.

Druhá část obsahuje rozdělení polymerních materiálů na termoplasty, reaktoplasty a elastomery. Zde jsou názorně popsány a termoplasty ještě rozděleny dle vnitřní struktury (amorfni a semikrystalické plasty). Tato část se zabývá též vlivem plniv a přísad přidávaných do plastů.

Třetí část dává přehled již k vstřikovacím formám. Zabývá se složením vstřikovacích forem, tvarovým řešením částí vstřikovacích forem, funkčních částí a podmínkám návrhu, konstrukci formy. Při navrhování forem je třeba dbát podmínek správné konstrukce, které nám zaručují správný chod formy a velikost výrobku. Snažíme se o to, aby co největší počet součástí byl normalizovaný, proto používáme různé normy jako např. od firmy HASCO, D-M-E, MISUMI, STRACK, atd.

Poslední část je zaměřena na vícekomponentní vstřikování. Tato metoda umožňuje na jednom výstřiku kombinovat dva nebo více materiálů od jednoho druhu plastu. Byl zde celý problém teoreticky popsán. V praktické části byla konstruována a blíže popsána vstřikovací forma pro vícekomponentní vstřikování plastů pomocí programu CATIA V5 R17.

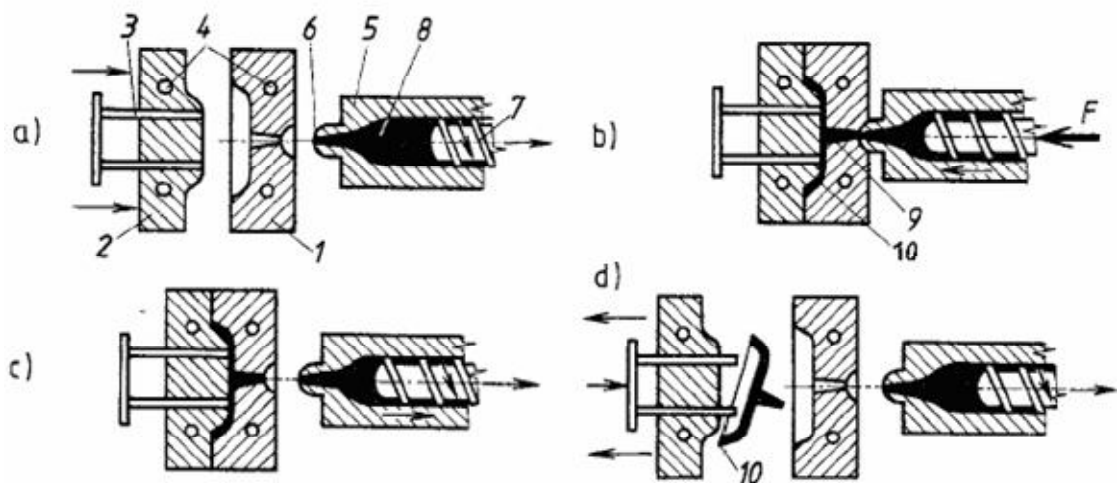
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí výchozí materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást, výrobní cyklus především se vstřikovacím strojem a ostatním zařízením, umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy; forma je nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást. Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací polymeru ve vstřikovacím stroji, jeho dopravě za teploty a tlaku do dutiny formy. [2]

Výstřiky mohou mít hmotnost 1g až několik kilogramů. Obvykle ocelová forma je chlazená protékajícím temperančním činidlem a má vyhazovací zařízení. Hmota ve formě ochlazením ztuhne a po jejím otevření je hotový výstřik automaticky vysunut z formy. Celý pracovní cyklus trvá jen málo desítek sekund, a proto je vstřikování termoplastů nejrozšířenější a nejlevnější technologií pro velkosériovou výrobu tvarových předmětů. Forma může být jednonásobná nebo vícenásobná, např. až pro 40 drobných výrobků na jeden vstřikovací cyklus.

Vstřikování reaktoplastů a elastomerů je podobné jako vstřikování termoplastů. Rozdíl je v tom, že ocelová forma je zde vytápěná na 120 až 200°C (dle zpracovávaného materiálu), aby v ní po vstříknutí materiálu mohlo proběhnout zesíťování polymerních řetězců, tj. vytvrzení u reaktoplastů nebo vulkanizace u elastomerů. Tím se prodlužuje pracovní cyklus od 2 až několik minut. [5]



Obr. 1. Princip vstřikování termoplastů (jeden pracovní cyklus) [5]

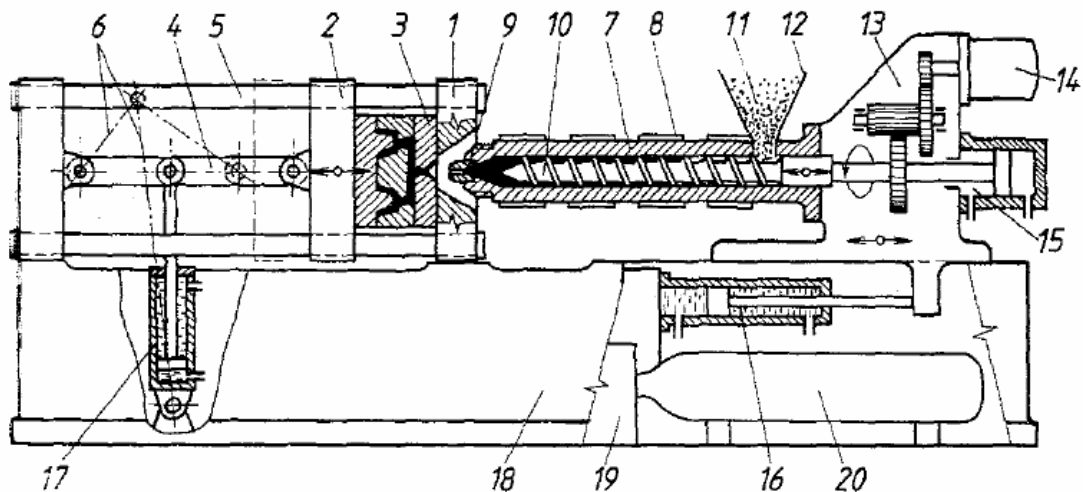
- 1 - pevná část formy, 2 - pohyblivá část formy, 3 - samočinné vyhazovače,
 4 - kanálky pro chladicí vodu, 5 - topný válec, 6 - tryska, 7 - šnek, 8 - termoplast,
 9 - vtok, 10 – výstřík

Vstřikovací cyklus:

- Plastikace: forma se zavírá, šnek se otáčí a vrací, plastikuje roztavenou hmotu a dopravuje ji k trysce.
- Vstřík: vstřikovací jednotka se přisune k formě, šnek se posune dopředu jako píst a vstříkne taveninu do formy.
- Ukončení vstříku: po dokončení vstříku následuje dotlak a po ztuhnutí vtoku se vstřikovací jednotka odsune od formy. Šnek se otáčí a vrací zpět a plastikuje další dávku taveniny.
- Otevření formy: po úplném ztuhnutí celého výstříku se forma otevře a výstřík se pomocí vyhazovacího systému vyhodí. [5]

Celý vstřikovací cyklus realizují vstřikovací stroje. Musí tedy mít uzavírací jednotku ovládající formu (uzavírání, otevírání, vyhazování výstříku) a vstřikovací jednotku zajišťující přípravu taveniny a její vstříknutí do uzavřené formy. [13]

1.1 Vstřikovací stroj



Obr. 2. Schéma vstřikovacího stroje [5]

1 - pevná upínací deska, 2 - posuvná upínací deska, 3 - forma, 4 - kloubový uzávěr formy, 5 - vodící tyče, 6 - osy pák při otevřené poloze formy, 7 - topný válec, 8 - elektrické topení, 9 - tryska, 10 - šnek, 11 - termoplast, 12 - násypka, 13 - převodovka s regulací otáček šneku, 14 - elektromotor, 15 - hydraulický posuv šneku, 16 - hydraulický posuv vstřikovací jednotky, 17 - hydraulické ovládání kloubového uzávěru, 18 - lože, 19 - čerpadlo s hydraulickým rozvaděčem, 20 – plynový hydraulický akumulátor

Výrobci vstřikovacích strojů (ARBURG, ENGEL, DEMAG, ...) vybavují vstřikovací stroje tak, aby mohly plnit funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště. Jedná se o vybavení strojů o různé manipulátory, roboty, temperační zařízení, dávkovací a mísící zařízení, sušárny, dopravníky, atd.

Vstřikovací stroj se skládá z těchto hlavních částí:

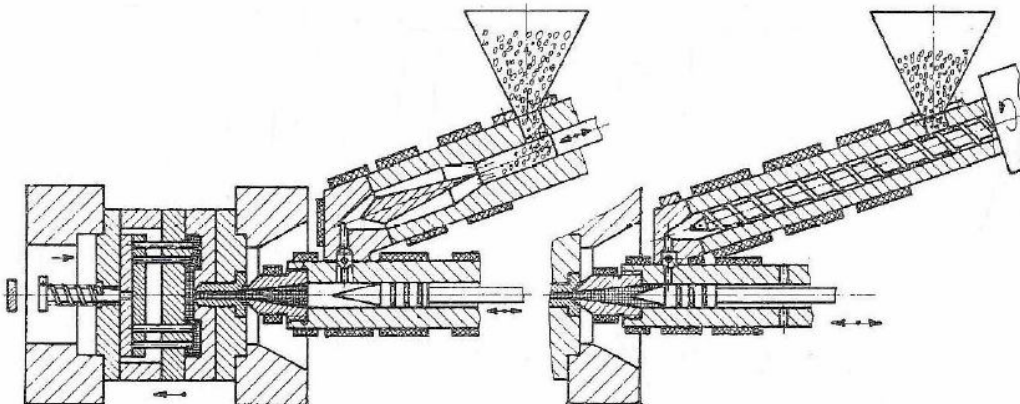
- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládací a programovací zařízení.

1.1.1 Vstříkovací jednotka

Vstříkovací jednotku tvoří ocelový topný válec vytápěný elektricky, na jehož čele je vstříkovací tryska. V topném válci je otočně a posuvně uložen plastikační šnek. Hloubka jeho závitů se směrem ke trysce zmenšuje, aby se dosáhlo kompresního účinku při hnětení a dopravě roztavovaného granulátu od násypky k trysce. Otáčky šneku jsou měnitelné. Posuv šneku i celé vstříkovací jednotky je hydraulický, vstříkovací tlak a rychlost se regulují změnou množství a tlaku přiváděné hydraulické kapaliny. Teplota topného válce se zvyšuje směrem k trysce a reguluje se samočinně zapínáním a vypínáním jednotlivých úseků topení pomocí termočlánků. [5]

Vstříkovací jednotka se dále dělí:

- vstříkovací jednotku s předplastikací,
- vstříkovací jednotku bezpředplastikace.



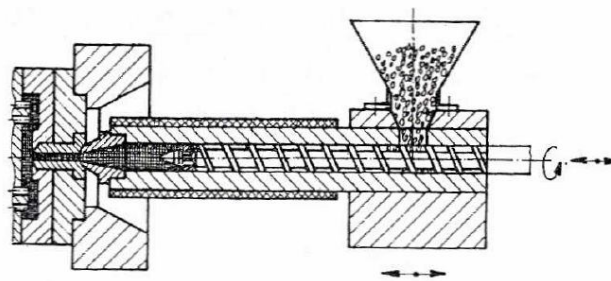
Obr. 3. Vstříkovací jednotka s předplastikací [13]

Zajištění dostatečného plastikačního výkonu a dokonalé homogenizace taveniny vedly k rozdělení vstříkovací jednotky na část plastikační a část vstříkovací. Zpracovávaný materiál se plastikuje v oddělené plastikační jednotce a takto připravená tavenina se dopravuje do vstříkovacího válce, odkud se pak vstříkne pístem do formy. Toto uspořádání umožňuje výrazné zkrácení vstříkovacího cyklu. [13]

Plastikace může probíhat v plastikační komoře (Obr. 3. vlevo - pístová plastikace) nebo v pracovním válci (Obr. 3. vpravo - šneková plastikace). Vstříkování je v obou případech

zajištěno vstřikovacím pístem, aby nedocházelo k přetlačování taveniny ze vstřikovacího válce zpět do tavicí komory, je vsazen mezi vstřikovací válec a hlavu tavicí komory zpětný ventil.

Šneková předplastikace se vyskytuje častěji. Toto uspořádání umožňuje spojit výhody šnekové plastikace s výhodami vstřikování pístem. Dosahuje se tím rychlé a dokonalé plastikace materiálu a vysokých vstřikovacích tlaků i rychlostí. V šnekové plastikaci se lépe ovládají plastikační podmínky a dosahuje se vyšších výkonů. Nevýhodou tohoto uspořádání je složitost a vydání nároky na seřizování a údržbu. Uplatnění nacházejí zejména při vstřikování objemových výrobků. [13]



Obr. 4. Vstřikovací jednotka bez předplastikace

– šneková plastikace [13]

Ve vstřikovací jednotce bez předplastikace probíhá plastikace v tavicí komoře (pístová plastikace) nebo v pracovním válci (Obr. 4.).

Při pístové plastikaci se dávkuje zpracováváný materiál dávkovacím zařízením do tavicí komory to buď objemově nebo hmotově. V tavicí komoře se materiál roztaví a tavenina se vstříkne vstřikovacím pístem do formy. Stěny pracovního válce jsou temperovány pomocí topných pásů.

Plastikační výkon vstřikovací jednotky ovlivňuje též doba setrvání materiálu v tavicí komoře. Výhodou vstřikovacích jednotek s pístovou plastikací je jednoduchá konstrukce a snadné docílení poměrně vysokých vstřikovacích tlaků (přes 100 MPa). Nevýhodou je horší homogenizace taveniny. [13]

U vstřikovací jednotky se šnekovou plastikací (Obr. 4.) vstupuje zpracováváný materiál z násypky do pracovního válce. V pracovním válci se pomocí šneku materiál plastiku-

je, homogenizuje a dopravuje před špicí šneku. Šnek se otáčí a posouvá směrem dozadu, čímž vytváří prostor pro taveninu.

Po zplastikování potřebného množství se materiál axiálním pohybem šneku vstříkne přes vstřikovací trysku do formy. Pracovní válec je opatřen topením .

Přímočarý i rotační pohon šneku bývá většinou realizován přímočarým a rotačním hydromotorem, popř. elektropohonem s mechanickými převody. Aby byl umožněn axiální pohyb, je hnací kolo i hřídeli šneku opatřeny drážkováním.

U nízkoviskózních materiálů má tavenina při vstřiku tendenci vracet se zpět do šnekového kanálu. Z těchto důvodů je na čele šneku zabudován zpětný uzávěr. Zpětné ventily umožňují dosažení vysokých vstřikovacích tlaků a zaručují dostatečnou dobu setrvání materiálu ve šnekovém kanálu. Teplotní režim stejně jako geometrie šneku závisí na druhu zpracovávaného materiálu, šneková plastikace dává větší výkony než pístová. Také rovnoměrnost prohřevu a homogenizace taveniny je lepší. [13]

1.1.2 Uzavírací jednotka

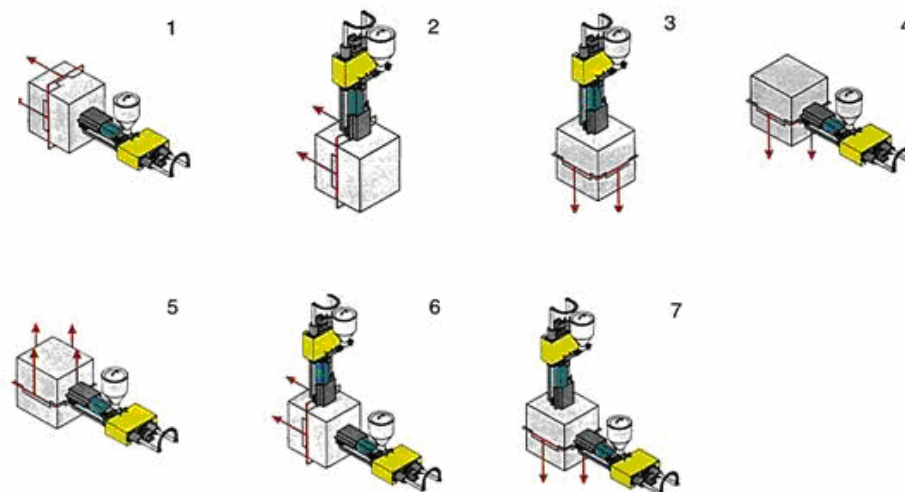
Úkolem uzavírací jednotky je uzavírat a otevírat formu při vstřikování. Dále zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí taveniny do dutiny, forma neotevřela.

Vstřikovací stroje mají nosnou konstrukci obvykle sloupovou. Menší stroje mívají konstrukci dvou-sloupovou, větší čtyř-sloupovou. Nosné sloupy spojují jednotlivé části stroje a zároveň slouží k vedení jeho pohyblivých částí.

Fréza vstřikovacích strojů bývá vyrobena nejčastěji z litiny a mívá vytvořené lože s vodícími plochami umožňující pohyb vstřikovací jednotky. Otevření a bezpečné uzavření formy zajišťuje uzavírací ústrojí. Potřebná uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, resp. na velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstřikovacího tlaku. [13]

Uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu má rozhodující vliv na těsnost formy. Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulicko - mechanickou a elektromechanickou. Významnou součástí uzavírací jednotky je vstřikovací forma. Její funkcí je dát tavenině konečný tvar výrobku (výstřiku) a v tomto tvaru ji ochladit do stavu, kdy již nemůže dojít k deformacím. [13]

Vstřikovací a uzavírací jednotky mají vůči sobě určité umístění, polohu. Nejčastější uspořádání u vstřikovacích strojů je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky, tedy vstřikování kolmo na dělicí rovinu formy. V některých případech (reologické chování taveniny, zakládání zástříků, dvoukomponentní vstřikování, speciální způsoby vstřikování, apod.) však může dojít k jiné vzájemné poloze. [12]



Obr. 5. Vzájemná poloha mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou [12]

1 – standardní pracovní poloha, 2 – vstřikování do dělicí roviny, 3 – U verze, tvorba zástříkávání, 4 - vstřikování do dělicí roviny s dolisováním, 5 – zástříkávání složitých výstříků, 6 – dvoukomponentní vstřikování, 7 - dvoukomponentní vstřikování s dolisováním

1.1.3 Ovládací a programovací zařízení

Ovládací a programovací zařízení zajišťuje automatický provoz a samočinné dodržování nastavených technologických parametrů (teplota v různých pásmech topného válce, teplota formy, vstřikovací tlak, začátek a rychlost vstřiku, doba vstřikování, doba chlazení ve formě aj.). Elektrická část je umístěna v samostatné skříni, hydraulická část je v loži. Nejmodernější stroje jsou vybaveny číslicovým ovládním dovolujícím nastavení technologických parametrů a jejich průběhu na počítači a automatickou kontrolu a regulaci vstřikovacího procesu. [5]

Běžný způsob vstřikování je na obrázku 5.1, existují však i jiné speciální způsoby. Velikost vstřikovacího stroje se určí maximálním objemem hmoty, který lze vstříknout do formy v jednom pracovním cyklu. Bývá to od 10 cm^3 až 20000 cm^3 .

Vstřikovací tlak ve hmotě je podle druhu hmoty a výrobku asi 50 až 200 MPa, vstřikovací teplota podle druhu hmoty od 150 až 300 °C teplota formy bývá obvykle od 40 až 120 °C (záleží na druhu zpracovávaného materiálu) a délka pracovního cyklu asi 5 sekund až 2 minuty. [5]

1.1.4 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výstřiku

O mechanických a fyzikálních vlastnostech výstřiku, a o jeho kvalitě rozhoduje druh plastu, technologické parametry, konstrukce formy a volba stroje. Jednotlivé parametry nepůsobí samostatně, ale vždy se ovlivňují navzájem.

Z hlediska volby druhu plastu má na vlastnosti výstřiku vliv:

- rychlost plastikace polymeru, která by měla být co nejkratší,
- tekutost (reologické vlastnosti) plastu, která má být dostatečná a nesmí se měnit s teplotou příliš rychle, a která je ovlivňována technologickými parametry,
- dostatečná tepelná stabilita plastu v rozsahu zpracovatelských teplot, která by měla být co nejširší,
- uvolňování těkavých látek,
- velikost vnitřního pnutí, které má být co nejnižší,
- smrštění plastu (změna rozměrů výrobku oproti rozměrům tvarové dutiny formy) v jednotlivých směrech na výrobku, které je ovlivněno technologickými podmínkami. [2]

Z technologických parametrů, které se mezi sebou výrazně ovlivňují, má na vlastnosti výstřiku a jednotlivé fáze vstřikování největší vliv:

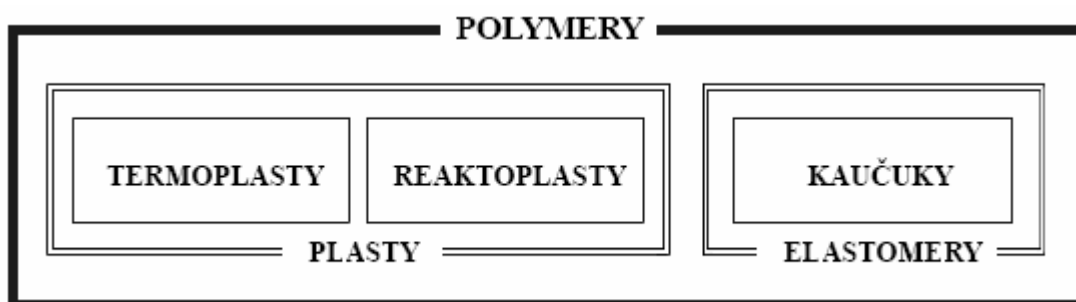
- vstřikovací tlak (ovlivňuje rychlost plnění, uzavírací sílu, vnitřní pnutí, smrštění, orientaci - tj. narovnávání makromolekul do směru toku, atd.),
- teplota taveniny (konkrétní teplota závisí na druhu plastu a ovlivňuje tekutost plastu, vstřikovací tlak, dobu chlazení a tedy dobu cyklu, smrštění, tlakové ztráty, dotlak, atd.),
- teplota formy (konkrétní teplota závisí na druhu plastu a na charakteru výrobku, ovlivňuje tekutost plastu, rychlost plnění, dobu chlazení, lesk výrobku, povrch vý-

robku, teplotu taveniny, dotlak, vnitřní pnutí, smrštění, atd. - z technologického hlediska má být co nejvyšší, hlavně u semikrystalických plastů),

- rychlost plnění dutiny formy má být co nejvyšší, je však nutné kontrolovat teplotu taveniny, aby nedošlo k degradaci hmoty, nevýhodou je i vysoká orientace makromolekul,
- doba dotlaku závisí hlavně na průřezu vtokového kanálu a zpravidla činí několik sekund až desítky sekund. Dotlak trvá tak dlouho, dokud neztuhne vtokové ústí, jímž se dotlačuje tavenina do formy. Účelem dotlaku je po skončení vstřiku dotlačovat další taveninu do formy a nahrazovat tak úbytek objemu způsobený smršťováním materiálu během chladnutí, aby ve výstřiku nevznikaly staženiny nebo povrchové propadliny. Dotlak má velký vliv na strukturu výrobku a časově se překrývá s fází chladnutí výstřiku ve formě. [12] [5]

2 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Slovo polymer pochází z řečtiny a znamená mnoho (poly) částic (mer). Polymery jsou chemické látky obsahující ve svých obrovských molekulách většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, ale i dusíku, chloru a jiných prvků. Za normálních teplot jsou v tuhém stavu. Za zvýšené teploty přechází do stavu kapalného (taveniny), což umožňuje udělit polymerní tavenině tvar budoucího výrobku. Z hlediska chování za normální a zvýšené teploty se polymery dělí na plasty a elastomery. [17]



Obr. 6. Klasifikace polymerů [17]

2.1 Rozdělení plastů

Plasty je možno klasifikovat podle různých hledisek:

- rozdělení na základě teplotního chování,
- rozdělení z hlediska vnitřní struktury,
- rozdělení podle druhu přísad.


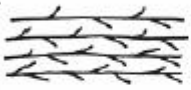


2.1.1 Na základě teplotního chování

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami). Jsou rozděleny na dva základní druhy:

- termoplasty, které mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu,

- reaktoplasty, které mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzování) plastu (někdy i působením katalyzátoru). Jsou-li původní řetězce velmi ohebné a hustota sítě je přiměřená, je hmota za normální teploty poddajná a pružná. Takové materiály se nazývají elastomery a zesíťování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se převedou na pryž. Jakmile je chemický proces ukončen, další tváření již není možné. [2]

Při nadměrném ohřevu u obou druhů polymerů se přetrhají chemické vazby, hmota se rozruší a ztrácí pevnost. Tento proces již je nevratný a nazývá se degradace hmoty a další zpracování je bezpředmětné. [2]

CHARAKTERISTIKA POLYMERU		VLASTNOSTI POLYMERU
TERMOPLASTY		
	lineární makromol. řetězce	tavitelný rozpustný v rozpouštědlech při pokojové teplotě houževnatý nebo křehký
	rozvětvené makromol. řetězce	
ELASTOMERY		
	řidce zesíťovaný	netavitelný botnající v rozpouštědlech nerozpustný v rozpouštědlech při pokojové teplotě elastický a měkký
TERMOSETY		
	hustě zesíťovaný	netavitelný nebotnající nerozpustný při pokojové teplotě tvrdý a křehký

Obr. 7. Schematické znázornění uspořádání dlouhých makromolekulových řetězců v různých polymerech a jejich vlastností [17]

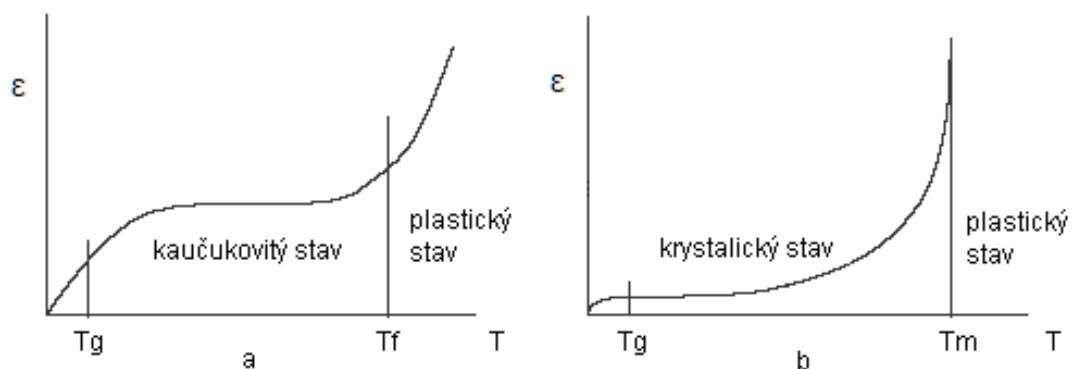
2.1.2 Rozdělení z hlediska vnitřní struktury

Rozdělení z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

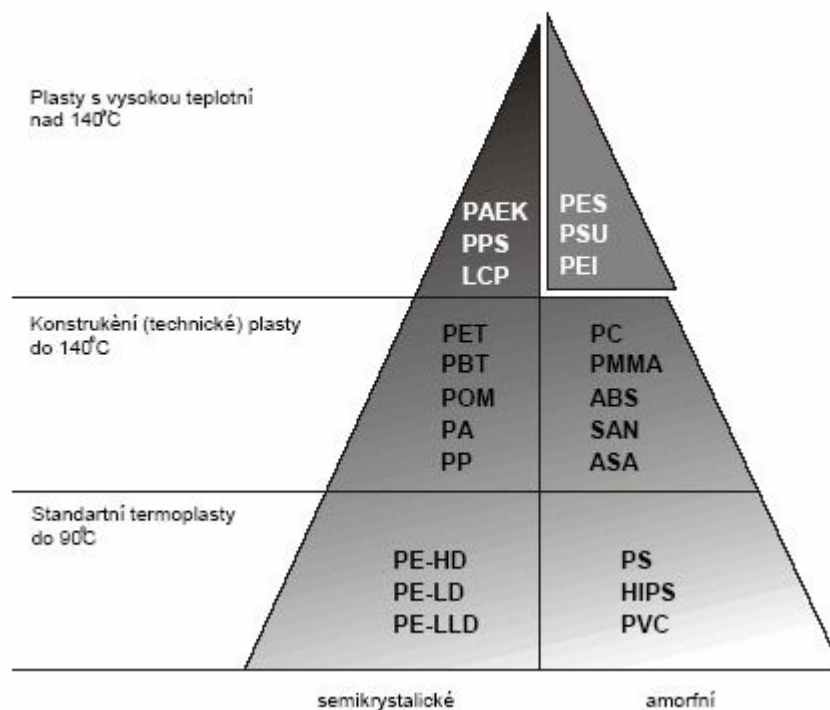
- amorfní, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány,
- sernikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary.

Zbytek má amorfní uspořádání, využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohezní síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvyšováním teploty současně narůstá i objem polymeru.

U semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfní oblasti, potom i ostatní. To je doprovázeno značným objemovým nárůstem. Použití plastu tohoto typu je v oblasti nad teplotou T_g , protože mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. Rozdíl obou typů termoplastů je patrný z obr. 8 [2]



Obr. 8. Termomechanická křivka amorfního (a) a krystalického (b) polymeru [17]



Obr. 9. Trvalá odolnost vůči teplotám [17]

2.1.3 Rozdělení podle druhu přísad

Základní vlastnosti polymerů se mohou měnit i vlivem nejrůznějších přísad a tím splnit požadavek volby vhodného plastu. [2]

- neplněné plasty - neplněný plast je takový plast, u kterého množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice,
- plněné plasty – plnivo ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti plastu.

Plniva zlepšují mechanické vlastnosti materiálu nebo chemickou odolnost či tvarovou stálost při zvýšené teplotě, jiné lze použít pro zlevnění hmoty. [2]

Jako přísady se používají:

- plniva prášková nebo vláknitá. Svým charakterem mění především fyzikální i mechanické vlastnosti plastu. Vláknitá plniva především vyztužují hmotu a zvětšují její pevnost,
- prášková plniva naopak při vyšší koncentraci zmenšují tyto hodnoty; některé však mechanické hodnoty zvětšují, což jsou plniva aktivní (saze v kaučuku),

- změkčovadla se přidávají k některým tvrdým polymerům pro získání měkkosti a ohebnosti,
- barviva slouží k dosažení žádaného barevného odstínu;
- stabilizátory zlepšují některé vlastnosti, např. odolnost proti vyšším teplotám při jejich zpracování, proti UV záření, stárnutí apod.,
- nadouvadla uvolňují při zpracování plyny a vytváří tak lehčenou strukturu plastu se svými zvláštními vlastnostmi. [2]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací formy se používají při zpracování termoplastů, reaktoplastů i kaučukových směsí. Řešení vstřikovací formy vychází z technologického hlediska příslušného výrobku. V podstatě se musí respektovat jak vlastnosti zpracovávaných materiálů, tak možnosti výrobních zařízení i dané požadavky na kvalitu výrobků a produktivitu práce. Zpravidla se požaduje, aby výstřiky nevyžadovaly náročné dokončovací operace. [16]

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

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí,
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. Také vysokým využitím plastu,
- Společensko-estetické, které umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy. [2]

Důležitým úkolem při konstrukci forem všeobecně je stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí formy. Pro výpočet a stanovení těchto rozměrů jsou rozhodující smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů výstřiku, apod.

U forem se požaduje:

- 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, odvzdušnění, temperování apod.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou. [2]

3.1 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem formy a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem.

Konstrukce pak má následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny a lunkry. Nezanedbat úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny,
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy,
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoku,
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvodušnění dutin formy,
- návržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce,
- kontrola funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj. [2]

3.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiku s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se tako-

vým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepu nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. [2]

Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slíčovatelá, probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost 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. [2]

3.3 Kvalita povrchu dutiny formy

Vedle požadovaných rozměrů je význačným znakem součásti z plastu jakost jejich povrchů. Vhodnou úpravou se zvýší nejen estetický vzhled, ale i jejich účelové využití. Vyráběné součásti pak mají vhodný barevný odstín nebo jsou transparentní, případně se u nich dosahuje různé hladkosti a lesku povrchu, apod. Jakost povrchu je obrazem povrchu dutiny formy.

Plochy mohou být:

- matné, ty jsou výrobně nejjednodušší, a proto ekonomicky nevhodnější. Jsou také výhodné v tom, že zakryjí některé vzhledové nedostatky při vstřikování (studené spoje, stopy po toku apod.),
- lesklé jsou nejnákladnější a nejnáročnější operace opracování dutiny formy, a tím i pro docílení jakosti povrchu výstřiku. Stupeň lesku se předepisuje (vysoký, ...). Na lesklém povrchu jsou zvýrazněny veškeré nedostatky výroby formy i výroby výstřiku,
- dezénové plochy jsou také častou úpravou části nebo celého povrchu součásti. Dosáhne se tím zvýraznění některé její oblasti, snadnější manipulace, snížení průhlednosti apod. Tak jako u matných ploch zakryjí některé nedostatky a nepříznivé vzhle-

dové vlastnosti plastů. Charakter dezénu určuje výrobní technologie. Každá technologie má obvykle vzorník, podle kterého se provedení určí. Jen výjimečně se navrhuje speciální dezén, který se pak obvykle vyrábí ve formě fotochemickou cestou. Při volbě dezénu u bočních stěn se však nesmí zapomínat na nutnost zvětšení úkosů.

- barevnost povrchu je jednou z vlastností, která ovlivňuje dojem o dané součásti. Její volba je dána druhem použitého plastu a možného barevného odstínu tohoto materiálu. Šíře barevnosti plastu je dána vzorníkem, podle kterého je třeba se řídit. Při speciálním barevném požadavku je třeba materiál barevně upravit. Pokud ani tento způsob nevyhoví, přistoupí se k úpravě povrchu nátěrem. [2]

3.4 Smrštění výrobku

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Udává se v %. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích. Smrštění se rozděluje do dvou časových fází. Velikost provozního 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 lze urychlit teperací (stabilizace výrobku). [2]

Velikost smrštění je ovlivněna jak vlastnostmi plastu, tvarem výstřiku, technologií vstřikování, ale i vstřikovací formou (vtokovou soustavou a teplotou chlazení). Velikost smrštění nemusí být ve všech směrech stejná. Asymetrické plnivo (skleněná vlákna), směr proudění taveniny, orientace makromolekul u semikrystalického plastu apod. [2]

3.5 Funkční systémy forem – vyhazování

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

Části vstřikovací formy obsahují i různé mechanismy pro vyhazování výstřiků, protože výrobky se při ochlazování smršťují a zůstávají na tvarových součástech formy. Nejčastější způsob vyhazování výstřiků je mechanický princip buď pomocí vyhazovacích kolíků nebo pomocí stíracích desek, stíracích kroužků, apod. V řadě případů se jednotlivé způsoby kombinují. Vyhazovací síly a jejich výpočet se odvozuje od měrných tlaků mezi formou a

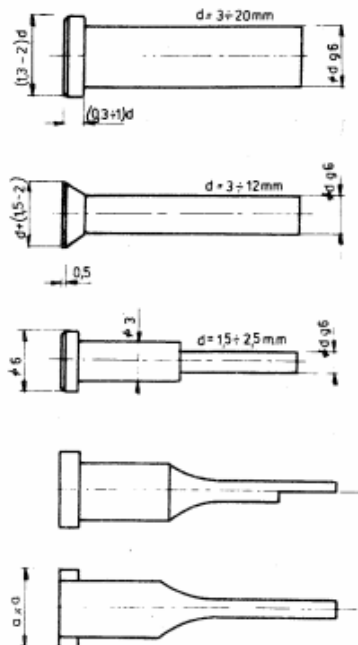
výstřikem, kdy síla na vyhození bude záviset na pružnosti tvárníku a tvárnice, na průběhu tlaků a teplot během vstřikování, na rozměrech výstřiku a na teplotní závislosti koeficientu tření mezi oběma plochami. [12]

3.5.1 Vyhazování výstřiků mechnické

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [8]

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

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiků je hladký povrch a úkosy 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 či poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení 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. [15]



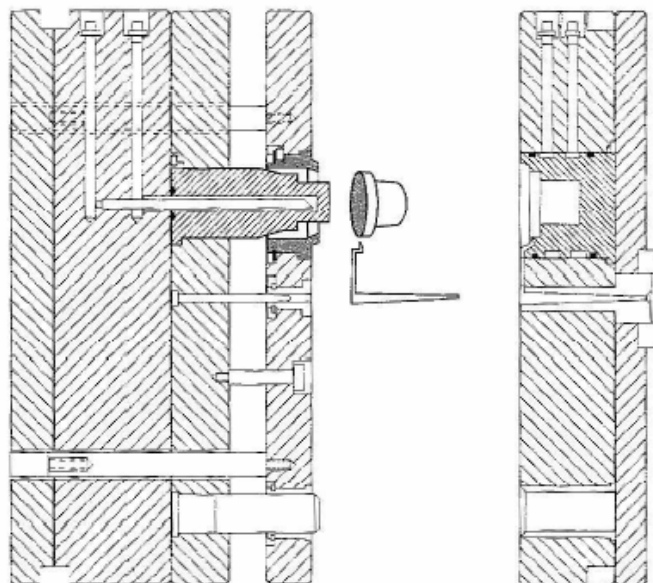
Obr. 10. Typy vyhazovacích kolíků [16]

Po vyhazovacích kolicích zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou na závadu, výstřík se dle možnosti opraví nebo se vyhazovače umístí na jinou stranu, kde vzhledu nevadí. Pomocí vyhazovačů lze vyhazovat i vtokový zbytek. [16]

Zpětný pohyb je zajišťován:

- vratnými kolíky,
- pružinami vždy v kombinaci s jiným systémem,
- speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým zařízením. [3]

3.5.2 Vyhazování pomocí stírací desky

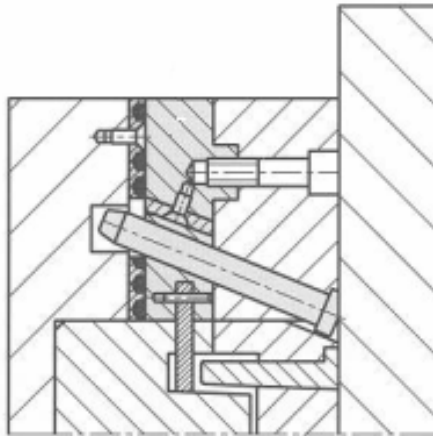


Obr. 11. Vyhazování pomocí stírací desky [9]

Nezanechává na výstřiku viditelné stopy po vyhazování. Používá se především u tenkostěnných výstříků, kde je nebezpečí deformace stěny výrobku, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině. Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být také vyvozena pružinami, hydraulickým nebo pneumatickým zařízením. [3]

3.5.3 Vyhazování pomocí šikmých čepů

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročná posuvná čelisti s klínovým mechanismem. [3]



Obr. 12. Vyhazování pomocí šikmých čepů [9]

Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhazovače svým šikmými 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. [3]

3.5.4 Vyhazování výstřiků pneumatické

Tento systém je vhodný pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které při vyhazování vyžadují zavzdušnění, aby se nedeformovaly. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím se umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiku. Vzduch

se do dutiny formy přivádí přes ventil talířový, jehlový nebo různé kolíky. Ventil se otvírá tlakem vzduchu a zavírá pružinou. [3]

3.5.5 Vyhazování výstřiků hydraulické

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače. Více se používají k ovládní boční posuvných čelistí.

Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S jeho pomocí se ovládají vyhazovací kolíky stírací desky apod. [3]

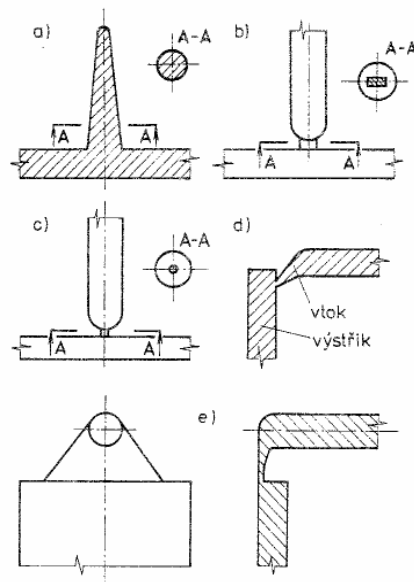
3.6 Vtokový systém

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. [2]

Průtok taveniny vtokovým systémem je provázen složitými tepelně-hydraulickými poměry. Tvar a rozměry vtoků spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

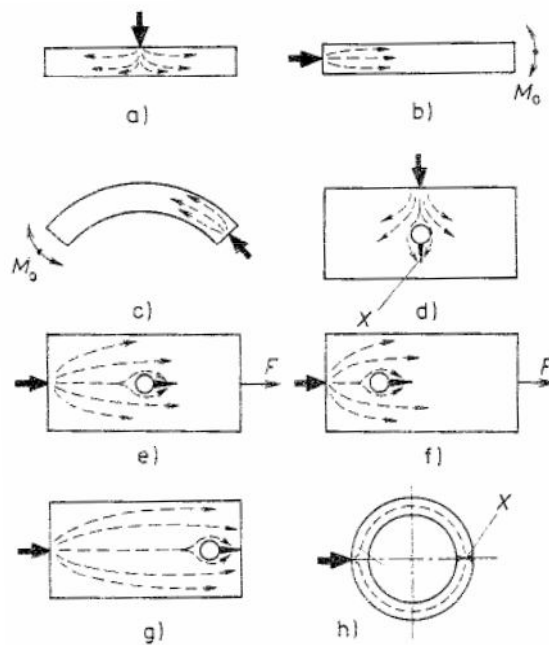
- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby.

Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoků za stejného tlaku a současně (vyvážené vtoky). [2]



Obr. 13. Základní druhy vtoků [11]

- a) plný vtok, b) obdélníkový vtok, c) bodový vtok,
 d) bodový tunelový vtok, e) filmový (membránový) vtok



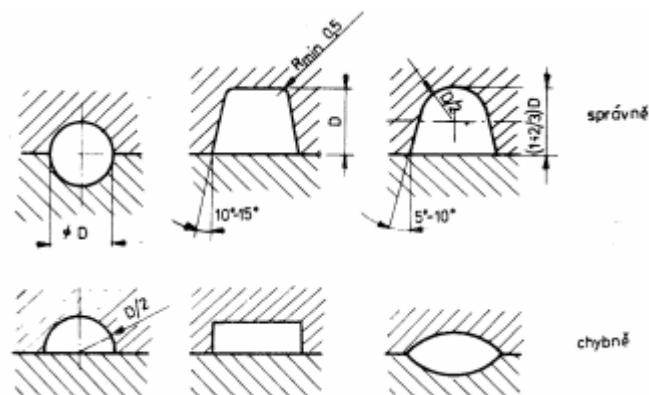
Obr. 14. Umístění vtoků [11]

- a) nevhodné pro ohybové namáhání b) c) správné
 d) nevhodné pro namáhání tahem
 e) f) správně g) h) nevhodné pro studené spoje

3.6.1 Studený vtokový systém

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných,
- tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a existenci míst se sníženou pevností (tzv. studených spojů), kde vlivem částečného ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení. Je proto účelné naplnit dutinu jedním vtokem, aby tím vznikalo co nejméně studených spojů,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu, a tím se umožní působení dotlaku. Minimálnímu povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový,
- ve vtokovém systému vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem, ale někdy právě naopak pod úhlem větším, než 90° ,
- průřezy vtokových systémů pro krystalické polymery jsou zpravidla větší, než pro amorfní. [2]



Obr. 15. Průřezy rozvodných kanálů [16]

3.6.2 Horký vtokový systém

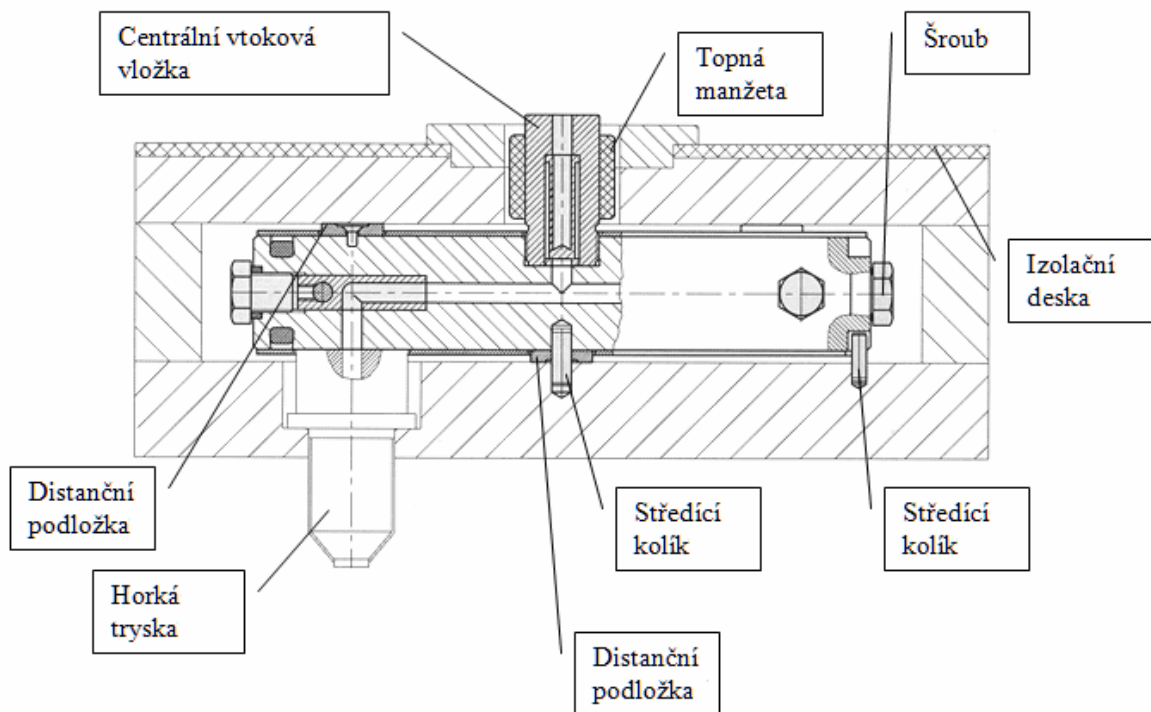
Vyhřívané vtokové soustavy zaujímají v průmyslu zpracování plastů při konstrukci forem stále větší uplatnění proti klasickým vtokovým soustavám. Je to dáno nespornými výhodami, jež jsou dány neustálým vývojem těchto systémů pro nové výrobní aplikace a používané hromadné a technické typy plastů, včetně plněných.

Výhody proti studeným vtokovým soustavám s vtokovým zbytkem:

- umožňují automatizaci výroby,
- další předpoklad k hromadné výrobě výstřiků (kelímky, uzávěry, plastové přístroje, tenkostěnné obaloviny, parizony PET lahví) apod.,
- podstatně zkrátily výrobní cykly (chladicí čas),
- vyloučily odpad vtok. soustav,
- snižují náklady na dokončovací práce, není potřeba odstraňovat vtokové zbytky,
- odpadá manipulace, regenerace vtokových zbytků a problémy při zpracování regenerátu. [15]

Nevýhody:

- u vhodně volených aplikací nevznikají,
- všechny aplikace nelze realizovat s vyhřívanou vtokovou soustavou, zvláště není efektivní při malých sériích a některých typech technických plastů,
- náročnost na technickou úroveň vstřikoven, její vybavení a technickou úroveň lidí,
- nákladné formy, neboť vyhřívané vtokové soustavy jsou předmětem nákupu od specializovaných firem, včetně regulace. [15]



Obr. 16. Horký vtokový blok [9]

3.7 Temperace forem

Temperace formy je udržování teploty formy na hodnotě. Teplota formy při vstřikování termoplastů bývá zpravidla v rozmezí 30 - 120 ° C, ve speciálních případech se může tento interval rozšířit od -5° C do +250° C. [13]

Správně navržený temperační systém umožňuje:

- optimální dobu vstřikovacího cyklu a hospodárnost provozu,
- dosažení kvalitních výrobků při optimální struktuře (fyzikální vlastnosti, přesnost, vzhled).

Temperační systém dává předpoklady pro dobrou funkci formy. Na řešení temperačního systému má vliv více faktorů, z nichž je nutno uvést zejména:

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

Teplotu vyhazování výstřiku z formy určuje do značné míry teplota formy. Doba ochlazování formy závisí na tloušťce a druhu vstřikovaného materiálu. Teplota povrchu dutiny formy nebude konstantní. V okamžiku vstřiku teplota rychle stoupá ve styku a horkou taveninou. Pak klesá při odvádění tepla temperačním médiem. Teplota povrchu dutiny formy pak dále klesá během otevření formy. Na teplotní poměry bude mít vliv samotná hmotnost formy, případně poměr její hmotnosti a hmotnosti vstříknuté taveniny. [16]

3.7.1 Některé zásady pro řešení temperačních kanálů

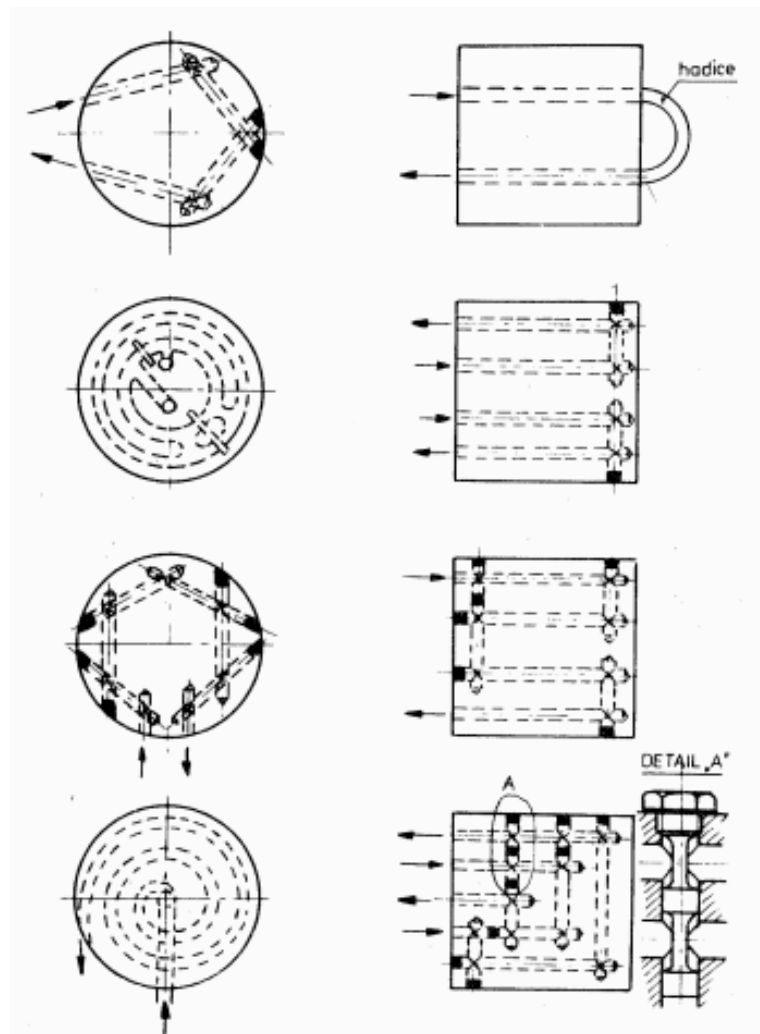
Průřez temperačních kanálů se volí zpravidla kruhový. Jejich průměr bývá nejčastěji v rozmezí 6 - 20 mm. Další zvětšování kanálu je neúčinné, protože intenzita tepelné výměny se již nezvětšuje a navíc se silně zvětšuje množství cirkulujícího média, aby se zachovaly příslušné přestupní koeficienty.

Kanály se umísťují tak, aby médium přicházelo do nejteplejšího místa na formě a aby se teplotní rozdíl ve směru dráby toku zmenšoval. Vzdálenost kanálu a líce formy je omezena přípustným kolísáním teploty. Přestup tepla v kanálech závisí na Reynoldsově čísle. Průtoková rychlost média v kanálech bývá v rozmezí 0,5 - 1 m.s⁻¹.

Tvárník i tvárnice mají být udržovány na téže teplotě, proto systém kanálů musí být obdobný v obou částech formy.

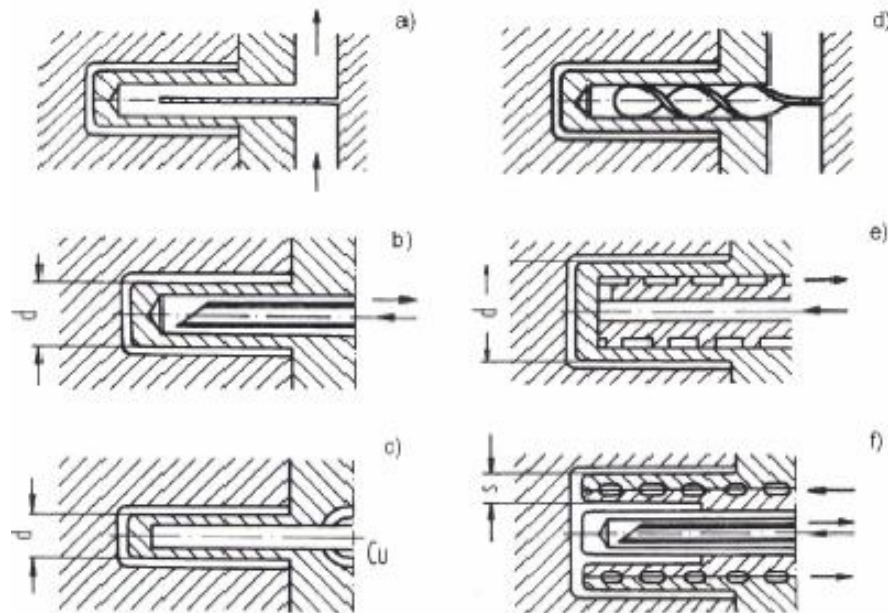
Délka kanálů má být krátká, aby teplotní rozdíly média na vstupu a výstupu byly malé. Tvar kanálu nemá zbytečně zvyšovat průtokové odpory. Temperační okruhy se zapojují zpravidla do sérií. Paralelní zapojení nezaručuje rovnoměrnost průtoku.

Uspořádání kanálů v kruhových a hranatých deskách lze propojit v desce nebo také mimo ni hadicí a mohou se zhotovit vrtáním, frézováním nebo soustružením. [16]



Obr. 17. Uspořádání rozvodných kanálů v deskách [16]

Tvárníky se temperují uspořádáním kanálů tak, aby se médium přivádělo k čelu tvárníků a kanály byly spolehlivě omývány médiem. Intenzita přestupu se zvyšuje vířením protékajícího média kolem vhodných překážek. [16]



Obr. 18. Chlazení tvárníků [14]

- a) přepážkou b) trubkou c) tepelně vodivá tyč (materiál Cu)
 d) pomocí spirály e, f) kombinace

Volbu temperačního systému a řešení chladicích okruhů značně komplikují vyhazovací prvky. Také členité výrobky vyžadují často složité temperační kanály. Zejména tenké výstupky a dlouhá jádra se obtížně temperují. Používá se často též vložek z vysoce vodivých kovů. Hadice pro temperační médium se k formě připojují přípojkami. Otvory se uzavírají zátkami. Jako temperační média se nejčastěji používá vody. Pro teploty vyšší (až 300 °C) lze použít oleje. Výjimečně lze k chlazení použít také stlačeného vzduchu. Pro teploty nízké (-10 až -25 °C) se používá roztoků solí. [16]

3.8 Odvzdušnění forem

Volba místa pro odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je jen obtížné zjistitelná. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem tavenina zaplní dutinu formy. Pokud úvaha o umístění odvzdušnění je nejasná, je úkolem konstruktéra, aby taková místa vytipoval a učinil ve formě některá opatření, aby i při nesprávném předpokladu, se odvzdušnění dalo snadno realizovat. Další postup je potom takový, že se místo pro odvzdušnění zjistí až při zkouškách formy. [15]

Odvzdušnění tvarové dutiny u vstřikovacích forem je velmi důležité, protože doba vstřiku je velmi krátká a mohlo by dojít k nedokonalému vyplnění tvarové dutiny taveninou plastu, k nebezpečnému zvýšení tlaku, k poklesu pevnosti v místech studených spojů nebo k tzv. diesel efektu, kdy může dojít až ke spálení materiálu. Proto je nutné zajistit intenzivní odvod vzduchu z tvarové dutiny formy, a to nejenom netěsnostmi v dělicí rovině, ale i konstrukcí odvzdušňovacích kanálků, které však nesmějí být příčinou vzniku otřepů na výrobku. Odvzdušnění má být provedeno v dělicí rovině na protilehlém místě vtoku. Na dostatečné odvzdušnění formy má vliv umístění vtoku, způsob zaformování výstřiku, umístění vyhazovačů, přítomnost tvarových vložek, apod. [12]

Jeho důležitost obvykle vyplyne 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. Nezbytná znalost některých zákonitostí při plnění formy ušetří pracovníkům mnoho starostí. [3]

4 VÍCEKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVÁNÍ - MULTICOMPONENT INJECTION MOLDING

Tato technologie se rozvíjela postupně nejdříve od vstřikování více barev až po dnešní vstřikování dvou nebo více druhů polymerů, a to i nemísitelných. V případě nedostatečné adheze se musí provést úprava geometrie dílu tak, aby došlo „k zastříknutí“ spojovacích částí (závisí to na geometrii – konstrukci dílu). U těchto technologií nepřijímá funkci dotlaku plyn, voda nebo vnitřní materiál, ale dotlak je shodný s klasickou technologií vstřikování. Technologie vícekomponentního vstřikování se liší od klasického vstřikování pouze tím, že ke vstřikovací formě jsou připojeny dvě (dvoukomponentní vstřikování) nebo tři (tříkomponentní vstřikování) resp. čtyři (čtyřkomponentní vstřikování) vstřikovací jednotky. [12]

Technologie vícesložkového vstřikování jsou určeny stroji a formami. Nejznámější výrobci těchto strojů jsou firmy BILION, ENGEL, KRAUS - MAFFEI, ARBURG apod. Použité formy pro tyto technologie jsou rozdílné koncepce. Vyznačují se poměrně velkou složitostí, přesností a to zvláště u forem s pohyblivými systémy. Vyžadují např. odstranit vtok před začátkem dalšího vstřiku, řízené posuvy apod. Také možnosti temperace jsou horší. Všechny uváděné zvláštnosti u forem vyžadují dokonalou znalost těchto technologií, způsob a velikost opotřebení a provozní spolehlivost. Tyto faktory mohou úspěch temperace značně ovlivnit. [3]

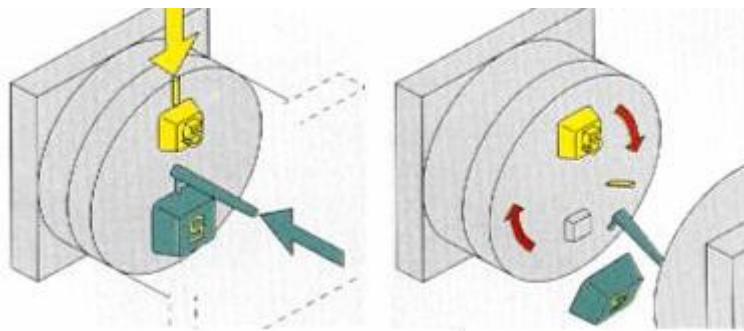
Cílem vícekomponentního vstřikování různých barev - různých materiálů, je automatická výroba výstřiků z více než jednoho plastového komponentu v jednom cyklickém vstřikovacím procesu. Jednotlivé barvy případně materiály jsou přitom vzájemně jasně odděleny a vstřikují se vedle sebe nebo nad sebou, jako například v automobilovém průmyslu při výrobě světlometů pro motorová vozidla či montážních rámečků s průsvitnou sekcí.

Složitost forem se podstatně zvyšuje s počtem použitých materiálů. Pokud není spojení jednotlivých komponentů řešeno pouze jednoduchým a tupým spojem, potom je nutno u vícekomponentního vstřikování často použít otočné formy. [6]

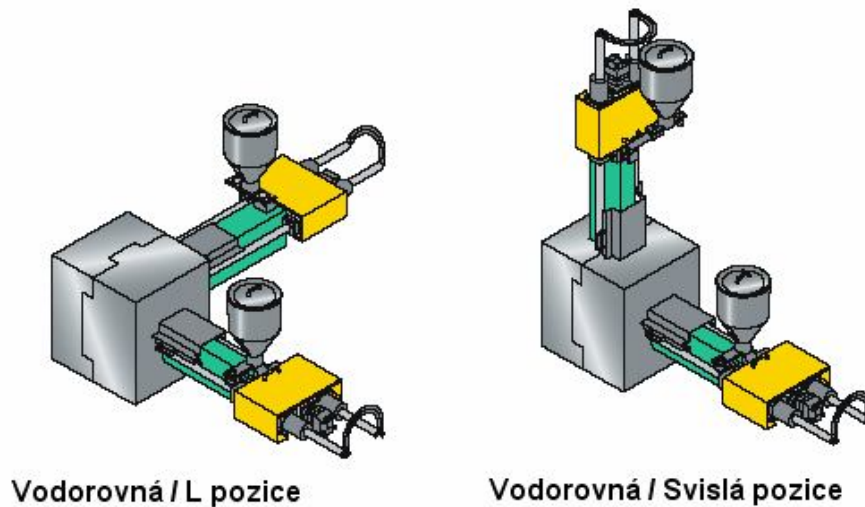


Obr. 19. Princip dvoukomponentního vstřikování pomocí otočné formy [1]

Otočné jednotky pro rychlou práci otočný mechanismus, potřebný pro zajištění pohybu, může být přímo součástí formy (otáčející se indexační deska řízená přes tahač jader) nebo může být řešen otočnou jednotkou namontovanou na vstřikovacím stroji. Dále se nabízí otočné jednotky jako zvláštní příslušenství stroje. Tyto jednotky jsou alternativně řešeny jako kyvné o 180° nebo otočné v celém rozsahu. Podle konstrukce formy mohou na jedné straně otáčet kompletní polovinou formy a na straně druhé se mohou použít také k pohonu vnitřní upínací desky formy. [6]



Obr. 20. Princip dvoukomponentního vstřikování [7]



*Obr. 21. Příklad uspořádání vstřikovacích jednotek
pro dvoukomponentní vstřikování [6]*

4.1 Velký výběr výrobních alternativ

Nejrozšířenější a současně nejjednodušší formou vícekomponentního respektive více-složkového vstřikování je zpracování dvou komponentů. Dvoukomponentní stroj je kromě hlavní vstřikovací jednotky, pracující horizontálně přes pevnou upínací desku, vybaven ještě další vstřikovací jednotkou. Tato je zpravidla umístěna vertikálně nad pracovním prostorem, v dělicí rovině formy. Pro speciální aplikace může být umístěna také horizontální poloze (L-poloha). U menších vstřikovacích strojů je vertikální vstřikovací jednotka upevněna v dělicí rovině formy nejčastěji pomocí traverzy přímo na vodících sloupech. U větších strojů se používá pojízdná podpěra s centrálním přestavením, která umožňuje snadné odstranění vstřikovací jednotky z montážní pozice při výměně formy. [6]

Vstřikováním přes první vstřikovací jednotku se vyrobí předběžně vystříknutý díl. Předběžně vystříknutý díl z předcházejícího pracovního cyklu se současně zastříkává s dalším plastem prostřednictvím druhé vstřikovací jednotky. Po otevření formy se vtoky obou vystříknutých dílů společně s hotovým tvarovým dílem vyhodí. Předběžně vystříknutý díl zůstane na jádře.

Poté se otočná deska otočí o 180°. Předběžně vystříknutý díl se nyní nachází v pozici pro konečné vstřikování, do druhé dutiny formy se může opět vstřikovat první komponenta. Po opětovném vyhození se forma otočí, znovu se uzavře a začne nový pracovní cyklus.

[1] [6]

4.1.1 Použití více než dvou vstřikovacích jednotek

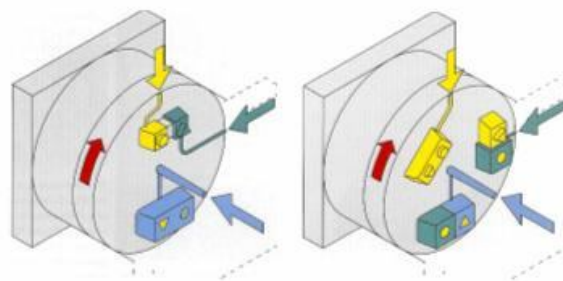
Stroje ARBURG pro tříkomponentní vstřikování jsou analogické konstrukce jako stroje pro dvoukomponentní vstřikování, třetí vstřikovací jednotka je k hlavní ose umístěna v pohoze L, avšak možné jsou i jiné kombinace uspořádání. [6]

4.1.2 Forma se dvěma stanicemi

Tříkomponentní díly se zpravidla vyrábějí ve formách se dvěma nebo třemi stanicemi. Při použití „formy se dvěma stanicemi“ se předběžně vystříknutý díl vyrábí současným vstřikováním dvou vstřikovacích jednotek na stanici 1. Otočením pohyblivé upínací desky formy a zastříkáváním třetí komponentou vznikne hotový díl. [6]

4.1.3 Forma se třemi stanicemi

Tříkomponentní nebo tříbarevné výstřiky jsou zhotovovány ve vícepolohových formách, přičemž úhel pootočení záleží pouze na tom, kolik pracovních pozic má vstřikovací forma (dvoukomponentní forma má dvě – pootočení o 180°, tříkomponentní má dvě - pootočení o 180° nebo tři pootočení o 120° a čtyřkomponentní dvě - pootočení o 180°, tři - pootočení o 120° nebo čtyři pozice - pootočení o 90°). Tomu pak odpovídá i počet otevření vstřikovací formy během celkového vstřikovacího cyklu. [12]



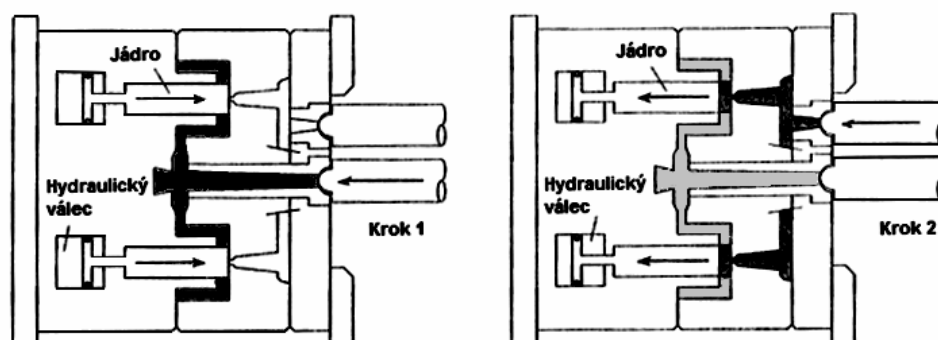
Obr. 22. Princip tříkomponentního vstřikování

vlevo - dvoupolohová forma, vpravo - třípolohová forma [7]

Při použití „formy se třemi stanicemi“ se na stanici 1 vyrábí předběžně vstříknutý díl. Otočením pohyblivé upínací desky formy o 120° na stanici 2 a 3 se pak může přidat druhá a třetí komponenta. Po otevření formy se také zde vyhodí hotový tvarový díl společně se vtoky. U čtyřkomponentní technologie vstřikování jsou kolem vstřikovací formy seřazeny čtyři vstřikovací jednotky. Kromě jedné vertikální a jedné horizontální vstřikovací jednotky v pozici L pracují další dvě vstřikovací jednotky horizontálně přes pevnou upínací desku. Použitím formy se čtyřmi stanicemi lze například vyrábět vícevrstvé plastové díly. V průběžném cyklu se při každém otevření formy vyhodí jeden hotový díl. Vyrábějí se dokonce i pěti a šestikomponentní stroje s vertikální pojezdovou podpěrrou se vstřikovací jednotkou, které jsou používány například pro nastříkávání různobarevných materiálů na základní těleso. [6]

4.2 Postupné vícekomponentní vstřikování

U postupného vícekomponentního vstřikování dochází ke změně tvaru dutiny, kdy po vstříknutí prvního materiálu je posunem jádra vytvořena nová dutina pro vyplnění druhým materiálem. Pro výrobu určité součásti ze dvou komponent se přitom v prvním vstřikovacím cyklu nejdříve vstříkne první díl součásti a potom se například vytažením jednoho těsnicího šoupátka nebo pootočením formy resp. vložky otevře - druhá dutina formy. Následně se na první materiál vstříkne druhý, čímž vznikne kompletní součást, která se pak může vyjmout. Postupná vícekomponentní vstřikování lze použít pro dva nebo více materiálů, přičemž s vyšším počtem materiálů se značně zvyšuje složitost forem. [1] [6]



Obr. 23. Princip postupného dvoukomponentního vstřikování [1]

Při volbě materiálů je nutno, tak jako u všech vícekomponentních technologií, dbát na jejich chemickou a tepelnou snášitelnost jakož i na podobné technologické podmínky pro zpracování těchto látek. Základ technického řešení strojů je podobný jako u strojů pro vícekomponentní vstřikování. Pokud se postupné vícekomponentní vstřikování realizuje zpětným pohybem jader, odpadá požadavek na externí dovybavení formy, protože interní pohyby zajišťují tahače jader. [6]

Výhody postupného vícekomponentního vstřikování:

- minimalizace potřebných montážních nákladů,
- větší volnost při konstrukci a designu,
- sloučení různých funkcí v jedné součásti díky možnosti použití různých kombinací materiálů,
- realizace definovaných optických vlastností díky jasnému rozlišení,
- snížení jednicových nákladů díky výrobě komplexních součástí. [6]

4.3 Rozdělení překládání výstřiků

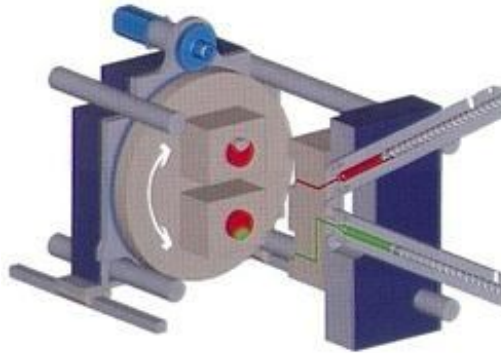
Mezi nejdůležitější činnosti u technologie vícekomponentního vstřikování patří překládání výstřiků z jedné pozice do další. Všechny procesy (vstřik, transport, vyhazování, atd.) jsou zajišťovány automaticky během pracovního cyklu. Z hlediska transportu (překládání) výstřiků se mohou použít následující způsoby:

- rotace kompletní poloviny formy kolem vodorovné osy,
- rotace kompletní poloviny formy kolem vertikální osy,
- rotace části formy (vločky, indexové desky) kolem vodorovné osy,
- použití šoupátka,
- použití robotu. [12]

4.3.1 Rotace kompletní poloviny formy kolem vodorovné osy

Rotace kompletní poloviny formy kolem vodorovné osy je část nástroje (tvárník nebo tvárnice) rotačně pohyblivou částí vstřikovací formy, která se natáčí k jednotlivým vstřikovacím jednotkám. Po prvním vstřiku a po určité chladicí době se forma otevře, je vyhozen vtok a následuje pootočení formy spolu s výstřikem k další vstřikovací jednotce.

Tam je výstřik znovu uzavřen do nepohyblivé části formy a je dostříknut do konečného tvaru. Rotační pohyby mohou být buď alternující (při dvoupolohovém vstřikování) nebo spojitě u třípolohové technologie. [12]



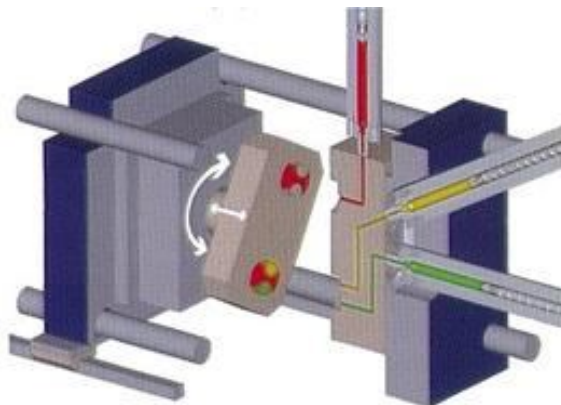
Obr. 24. Princip překládání výrobků pomocí rotace formy [7]

4.3.2 Při rotaci kompletní poloviny formy kolem vertikální osy

Při rotaci kompletní poloviny formy kolem vertikální osy dochází k otočení stolu kolem vertikální osy k druhé polovině vstřikovací formy. Vstřikovací jednotky vstřikují proti sobě a odděluje je jen tloušťka otočné desky (tvárník nebo tvárnice). Výhodou je snížení uzavíracích sil (kolem 30 až 50 %) zvláště u shodných objemů prvního a druhého vstřiku, protože taveniny působí tlakem proti sobě. [12]

4.3.3 Rotace části formy (vločky, indexové desky) kolem vodorovné osy

Rotace části formy (vločky, indexové desky) kolem vodorovné osy je otočná pouze část pohyblivé poloviny vstřikovací formy – indexová deska. Princip a ovládání jsou shodné s rotačně otočnou částí vstřikovací formy. [12]

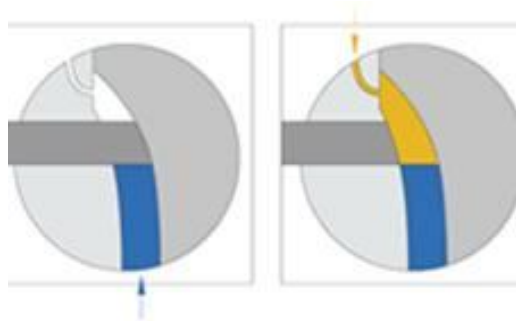


Obr. 25. Princip horizontální rotace části vstřikovací formy [7]

4.3.4 Použití šoupátka

Při použití šoupátka posuvné části formy, se použití šoupátka aplikuje hlavně u velkých výstřiků při kombinaci měkkého materiálu (pryže, termoplastického elastomeru) na tvrdý plast (PP, PC, PA, ...) např. při zhotovování těsnění. Šoupátko uzavírá nebo otevírá tu část dutiny formy, která se má zaplnit taveninou plastu. Technologie může být použita i pro větší počet komponentů, ale s tím roste i konstrukční složitost formy. Musí zde být brána v úvahu adheze jednotlivých složek.

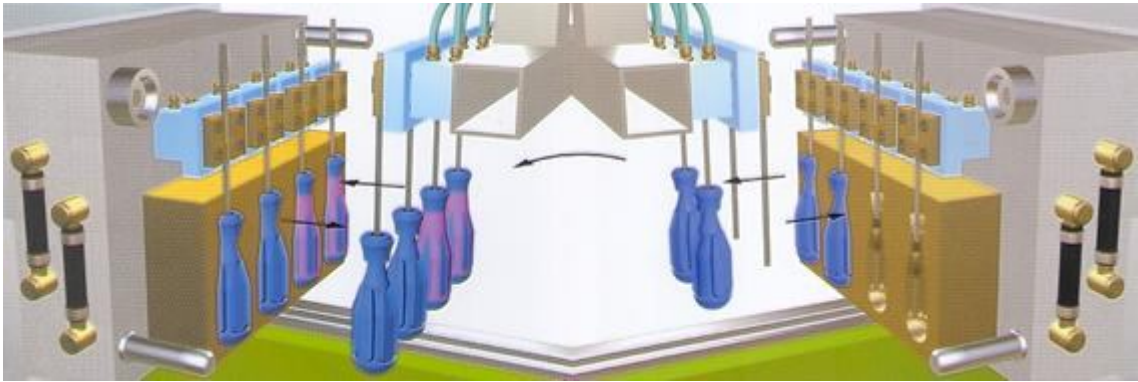
Nevýhodou je někdy delší vstřikovací cyklus, protože se v určitých případech jednotlivé komponenty vstřikují postupně a ne najednou, jako tomu bylo u předchozích případů. [12]



Obr. 26. Princip použití posuvné části formy, šoupátka [7]

4.3.5 Použití robotu

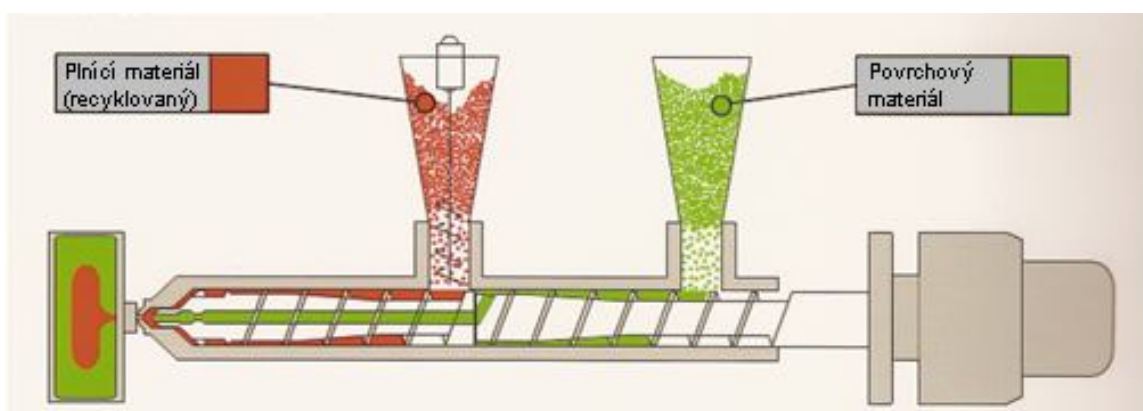
Použití robotu je hlavně u větších výstřiků nebo u výstřiků, u kterých nevádí delší čas pro přemístění a nebo při použití dvou strojů. V současné době patří použití robotů mezi nejrozšířenější způsoby transformace výstřiků z jedné pozice do druhé. Touto technologií se vyrábějí např. světla, ovládací prvky na palubní desce a v okolí volantu, vícebarevné aplikace, zpětná zrcátka (nemísitelné plasty, je zachován kloub), nářadí, apod. [12]



Obr. 27. Princip použití robotů k překládání výstřiků [7]

4.4 Sendvičové vstřikování

Sendvičovou technologií a dvou komponentním vstřikováním vyrobené pružné elementy se používají pro odpružení moderních koster tužek. Jak vnější, tak vnitřní komponenty mohou přitom zajišťovat zvláštní funkce a nebo se tato technologie používá z důvodu snižování výrobních nákladů pro zajištění cenově výhodnější sériové produkce. U sendvičového vstřikování, známého také jako metoda jádra s povrchovou vrstvou je uzavřené jádro obaleno vnějším povrchovou vrstvou druhého materiálu. Celý proces probíhá ve dvou resp. třech stupních. Nejprve se dutina formy naplní částečně materiálem povrchové vrstvy a následně se dostříkne plastový materiál tvořící jádro dílce. [6]

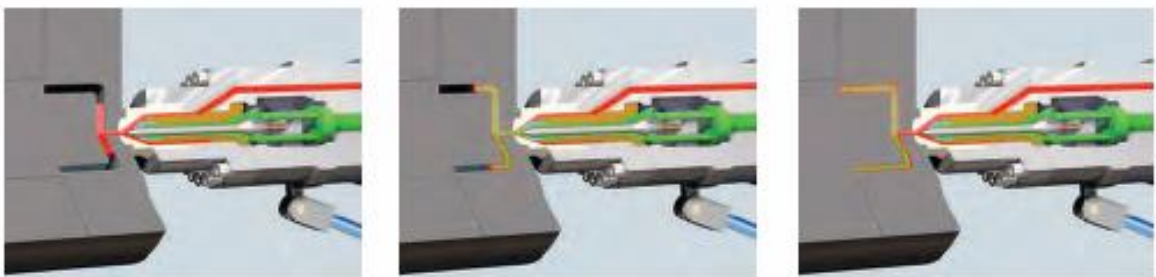


Obr. 28. Princip sendvičového vstřikování



Obr. 29. Zobrazení dílů vzniklých pomocí sendvičového vstřikování

Nakonec lze pomocí první komponenty vytvořit v oblasti vtoku uzávěr. Tím se zabránuje tomu, aby materiál jádra nezůstal na povrchu. Současně se vtokový systém vyčistí pro další vstřikování. Vysoce kvalitní povrchová vrstva či sendvičové konstrukce se povrchová komponenta může skládat z jiného, kompatibilního materiálu než jádro nebo ze stejné suroviny, která byla modifikována. Velmi časté jsou aplikace tvarových dílů opatřených pohledově vysocí kvalitní povrchovou vrstvou a jádrem z regenerátu, a nebo technické součástí s tvarem a modifikovaným povrchem zlepšení hmatového vjemu. Pomocí sendvičové technologie také vyrábět tvarové díly s módními akcenty, jako například s barevným jádrem a transparentní povrchovou vrstvou. [6]



Obr. 30. Zobrazení sendvičového vstřikování [8]

4.5 Materiály vhodné pro multikomponentní vstřikování

Tab. 1. Materiály pro vícekomponentní vstřikování [8]

Kobinace vhodných materiálů		Termoplasty																	Tuhý / Měkký materiál TPE					Elastomery					
		ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 6.6	PBT	PC	PE	PETP	PMMA	POM	PP	PPO mod.	PS	PSU	PVC-W	SAN	TPE-A	TPE-E	TPE-S	TPE-U	TPE-V	EPDM	NR/SBR	SBR	LSR	
Předstříknutý díl / Insert	Termoplasty	ABS																											
		ABS/PC																					M						
		ASA																											
		CA																											
		EVA																											
		PA 6																						M					M
		PA 6 mod.+25 % GF																						M					M
		PA 6.6																						M					M
		PA 6.6 mod.+25 % GF																						M					M
		PA 6.12																						M					M
		PA 12 mod.+25 % GF																						M					M
		PBT																						M			P		M
		PC																						M					M
		PC/PBT																						M					M
		PE																						M					M
		PETP																						M					M
		PMMA																						M					M
		POM																						M					M
		PP																						M					M
		PPO mod.																						M					M
		PPE mod.																						M			P	S	S
		PS																						M					M
		PSU																						M					M
		PVC-Hart																						M					M
		SAN																						M					M
		TPE-E																						M					M
		TPE-U																						M					M
		D	BMC																					M					M
Elastomery	EPDM																					M					M		
	NR																					M					M		
	SBR																					M					M		
	LSR																					M					M		

Kvalita spojení kombinovaných materiálů:

- Dobré spojení
- Nelze spojit
- Horší spojení
- Netestováno
- M Přizpůsobující
- S Příčná vazba
- P Kyslíčková příčná vazba

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro danou diplomovou práci byly stanoveny tyto cíle:

1. Vypracovat literární studii na dané téma
2. Nakreslit model daného plastového dílu ve 3D
3. Provést konstrukci vstřikovací formy pro vícekomponentní vstřikování zadaného dílu
4. Nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy

Vypracovaná literární studie byla rozdělena do několika tématických částí, ve kterých jsou popsány důležité informace vedoucí ke konstrukci vstřikovací formy.

Cílem praktické části bylo navrhnout vstřikovací formu na zadaný výrobek, který byl nazván Conector. Pro tento výrobek byla navržena vstřikovací forma pro vícekomponentní vstřikování. Byla také nakreslena 2D sestava vstřikovací formy. Při návrhu a konstrukci vstřikovací formy byl využit program CATIA V5R17 a katalog normálií od firmy HASCO v grafickém modulu HNM 3D Universal Module V9.0.

Pro navrženou a zkonstruovanou vstřikovací formu byl navržen vhodný vstřikovací stroj. Návrh stroje byl proveden dle zásadních kritérií:

- velikosti upínacího prostoru (vzdálenost mezi sloupky),
- objemová velikost plastikační jednotky,
- velikost uzavírací síly.

Byla nakreslena 2D sestava vstřikovací formy, vhodně opozicována a doplněna o kusovník. Závěrem diplomové práce byly výsledky konstrukce vstřikovací formy pro vícekomponentní vstřikování diskutovány.

6 POUŽITÉ PROGRAMY PŘI KONSTRUKCI FORMY

6.1 Catia V5R17

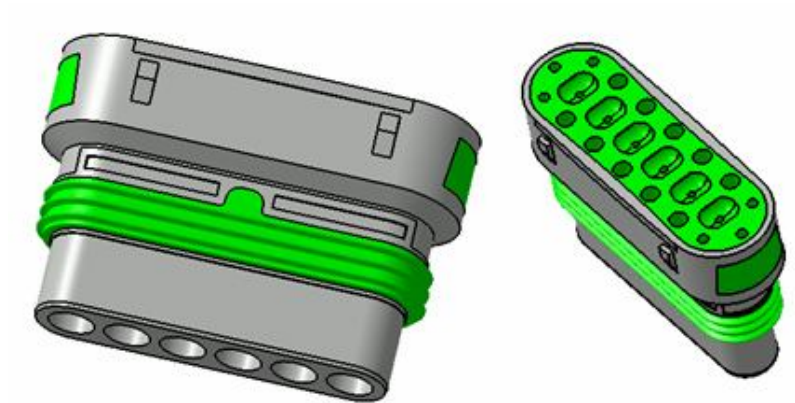
Program CATIA V5 R17 slouží k modelování daného výrobku od prvotního návrhu či koncepce. Tento skvělý program pro 3D modelování nás dále vede k dokonalejšímu zpracování a k přesnosti daného výrobku. Zachovává též plnou provázanost mezi výkresem - modelem - NC programem. Systém CATIA je používána ve všech oblastech průmyslu. Nejrozšířenější je CATIA v automobilovém, leteckém průmyslu, atd. Díky rozsáhlým možnostem při modelování plošných povrchů, návrhu a výrobě forem či kvalitnímu zpracování je CATIA velmi dobrým nástrojem i pro průmysl spotřebního zboží. Program slouží k prostorovému modelování výrobků a též pro 2D výkresovou dokumentaci.

6.2 HNM 3D Universal Module V9.0

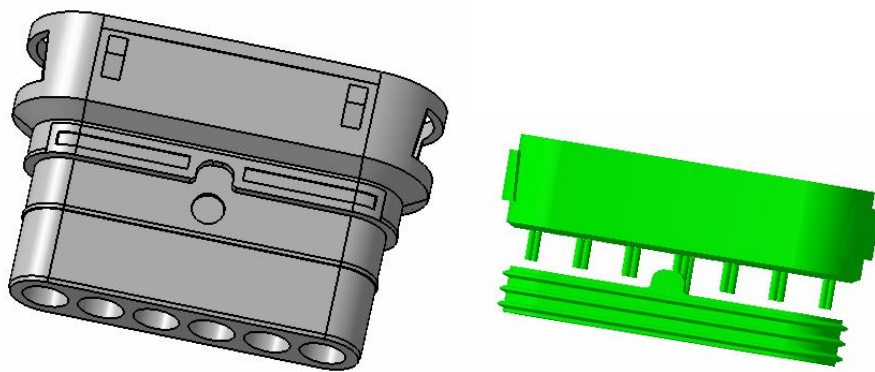
HNM 3D Universal Module V9.0 je 3D knihovna normálí od firmy HASCO, která obsahuje zajímavé komponenty potřebné pro konstrukci vstřikovacích forem. Modul HASCO, který umožňuje ukládání komponentů v různých grafických formátech, které jsou pak otvírány v různých programech např. CATIA, SOLID WORKS či INVENTOR. V podstatě se jedná o katalog daných součástí, které mají svůj daný rozměr, tvar a lze je převést do námi potřebného modelu.

7 ZADANÝ PLASTOVÝ DÍL

Pomocí programu CATIA V5R17 byl vymodelován zadaný plastový díl. Byl nazván Conector. Skládá se ze dvou termoplastů. Výrobek bude vstřikován ve vstřikovací formě pro vícekomponentní vstřikování. Vzájemná soudržnost obou materiálů byla docílena vhodnou konstrukcí výrobku. Výrobek bude sloužit jako propojovací či spojovací člen mezi dvěma součástmi.



Obr. 31. Model plastového dílu ve 3D



a) materiál PBT

b) materiál TPE

Obr. 32. Zobrazení rozloženého modelu

7.1 Použitý materiál výrobku PBT

Tab. 2. Popis materiálu PBT

Název	Polyester butadien tereftalát PBT
Název materiálu	Chrastin H5015F BK503
Firma	DuPont Engineering Polymers
Materiálová struktura	Krystalický polymer
Typ/plnění	Neplněný

Tab. 3. Procesní podmínky materiálu PBT

Počáteční teplota formy	48 °C
Teplota taveniny	250 °C
Teplota temperované formy:	
Minimální	15 °C
Maximální	80 °C
Tavicí teplota materiálu:	
Minimální	220 °C
Maximální	280 °C
Absolutně maximální teplota	320 °C
Vyhazovací teplota materiálu z formy	185 °C

Před zpracováním by měl být materiál vysušen, aby měl tvarovaný díl potřebnou kvalitu. Vlhkost originálního materiálu a regranulátu pro zpracování by neměla překročit 0,02%. Vyšší obsah vlhkosti způsobuje hydrolytickou degradaci taveniny a snížení mechanických vlastností, zvláště houževnatosti výstřiku. [10]

PBT poskytuje hodně užitečných vlastností:

- vysoká tvrdost a odolnost při nárazu,
- dobrá zatékavost,
- vysoká teplotní odolnost, zvláště u typů s vyztužujícím skleněným vláknem (až do 140 °C),
- příznivé kluzné a abrazivní vlastnosti,
- vysokou rozměrovou stabilitu (nízký koeficient tepelné roztažnosti, nízkou absorpci vody),
- dobré elektrické vlastnosti a chemická odolnost,
- žádné trhliny vzniklé korozí za napětí,
- dobrá odolnost proti povětrnostním vlivům,
- rychlá krystalizace, která umožňuje zkrácení výrobních cyklů,
- odolnost proti UV záření, samozhášivost.

PBT se upřednostňuje pro výrobu vysoce kvalitních a za vysokého tlaku tvarovaných technických dílů: v oblasti elektrotechniky a elektroniky, automobilového průmyslu a výroby domácích spotřebičů. [10]

7.2 Materiál TPE

Tab. 4. Popis materiálu TPE

Název	Termoplastický elastomer TPE
Název materiálu	Hytrel 4056
Firma	DuPont Engineering Polymers
Materiálová struktura	Krystalický polymer
Typ/plnění	Neplněný

Tab. 5. Procesní podmínky materiálu TPE

Počáteční teplota formy	45 °C
Teplota taveniny	190 °C
Teplota temperované formy:	
Minimální	27 °C
Maximální	63 °C
Tavicí teplota materiálu:	
Minimální	180 °C
Maximální	200 °C
Absolutně maximální teplota	240 °C
Vyhazovací teplota materiálu z formy	115 °C

Molekulární struktura je tvořena měkkými polyéterovými komponenty střídajícími se s tvrdými polyesterovými komponenty. Stupeň tvrdosti je řízen prostřednictvím relativního poměru mezi měkkou a tvrdou fází.

Mezi typické vlastnosti TPE patří:

- vynikající houževnatost a odolnost vůči zpětnému ohybu při pokojové teplotě a rovněž při nízké teplotě,
- vysoko energetická absorpční kapacita,
- vysoká odolnost proti opotřebení a dobrá pružnost,
- vysoká chemická odolnost a odolnost proti stárnutí,
- vysoký povrchový lesk a schopnost lakování,
- snadná a ekonomická zpracovatelnost.

Kromě použití v automobilovém průmyslu, jako jsou díly karoserií, tlumiče, mřížky radiátorů, manžety a hadice, se nabízejí možnosti použití pro těsnění a různé objímky. [10]

7.3 Násobnost vstřikovací formy

Volba násobnosti vstřikovací formy vyžaduje správné vyhodnocení několika činitelů:

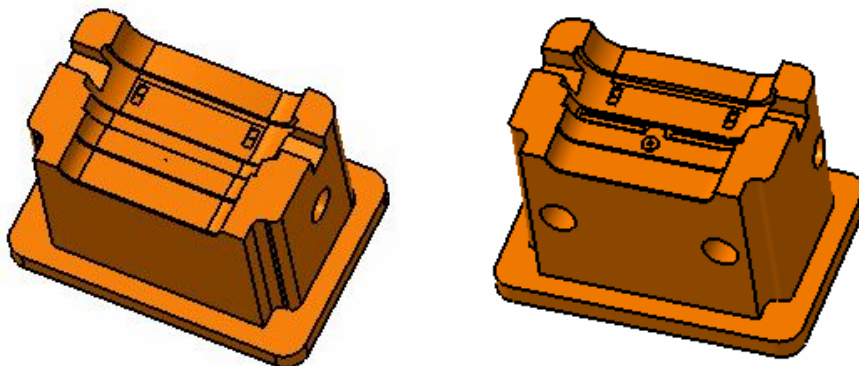
- přesnost výrobků,
- požadované množství výrobků,
- ekonomické zhodnocení výroby,
- záleží též na vstřikovacím stroji jeho velikosti a dané kapacitě.

Vhodné zaformování vstřikovaného dílu, ale i vhodná volba dělicí roviny vážně ovlivňuje konstrukci formy. Správné zaformování a volba násobnosti formy má za následek přesnost rozměrů výrobku a požadovanou ekonomiku výroby. Volba dělicí roviny byla volena jako rovina rovnoběžná s upínáním vstřikovací formy. Při volbě dělicí roviny byl brán ohled na způsob plnění dutiny formy. Při volbě dělicí roviny se musíme vyvarovat případným nepřesnostem, aby nedošlo k nedovření formy během plnění dutiny termoplastem. V místě dělicí roviny by neměli zůstat různé otřepy a nepřesnosti výstřiku.

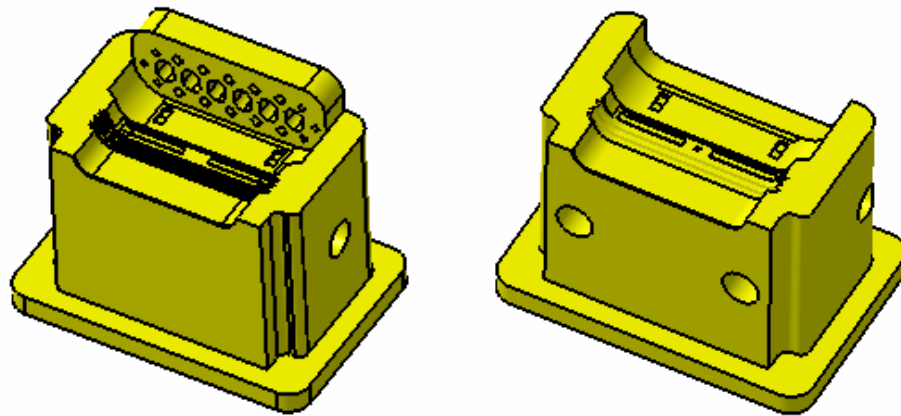
Při volbě z ekonomického hlediska by bylo vhodné volit co největší možný počet tvarových dutin, vlastně největší možné množství výstřiku. Zde je ale pak ubíráno na kvalitě a přesnosti vstřikovaného výrobku. Takže platí, čím menší násobnost formy, tím větší přesnost a kvalita výstřiku.

7.4 Tvarové vložky

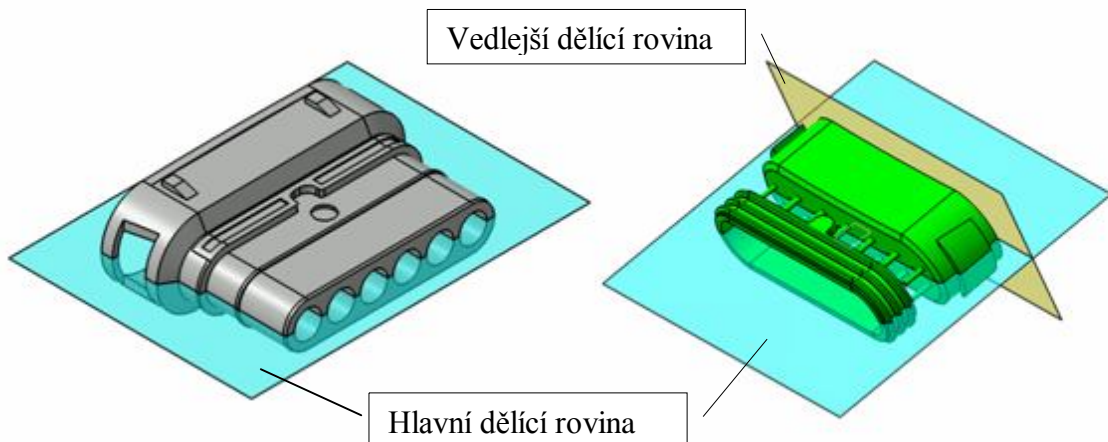
Vhodně navržené tvarové vložky tvárník a tvárnice, jejichž dutina je negativem výrobku zvětšena o smrštění materiálu při tuhnutí polymeru v dutině formy.



Obr. 33. Zobrazení tvárníku a tvárnice pro materiál PBT



Obr. 34. Zobrazení tvárníku a tvárnice pro materiál TPE

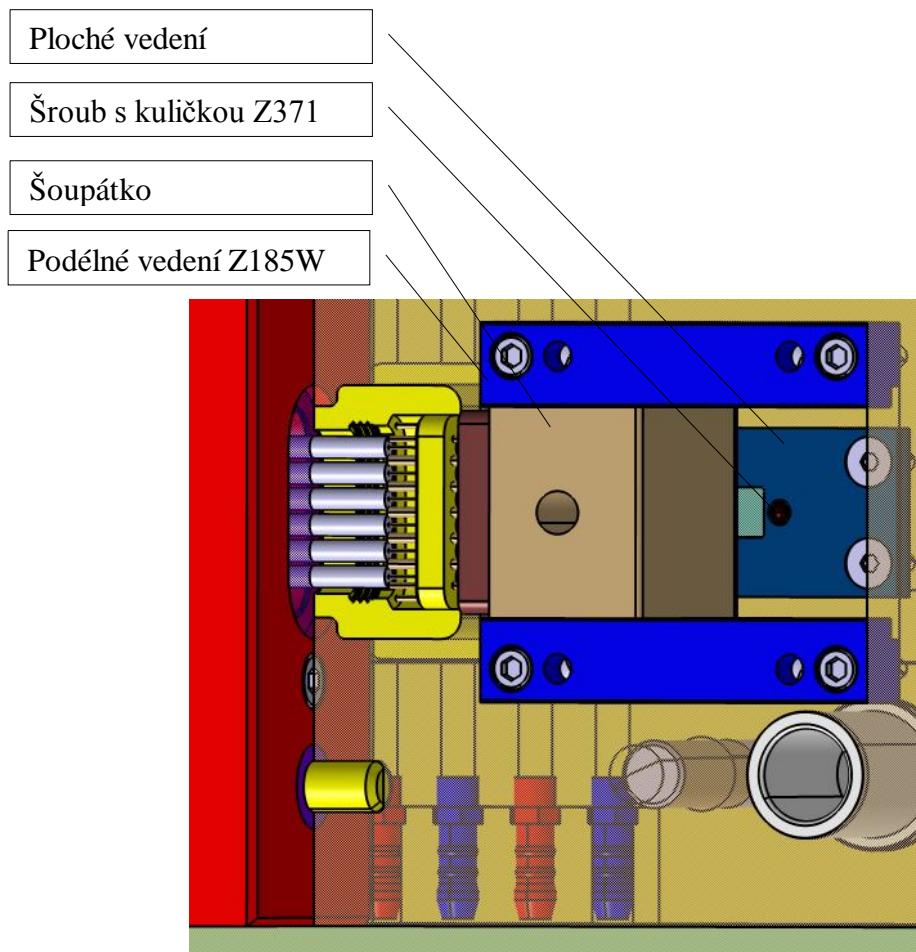


Obr. 35. Zobrazení dělicích rovin na výstřiku

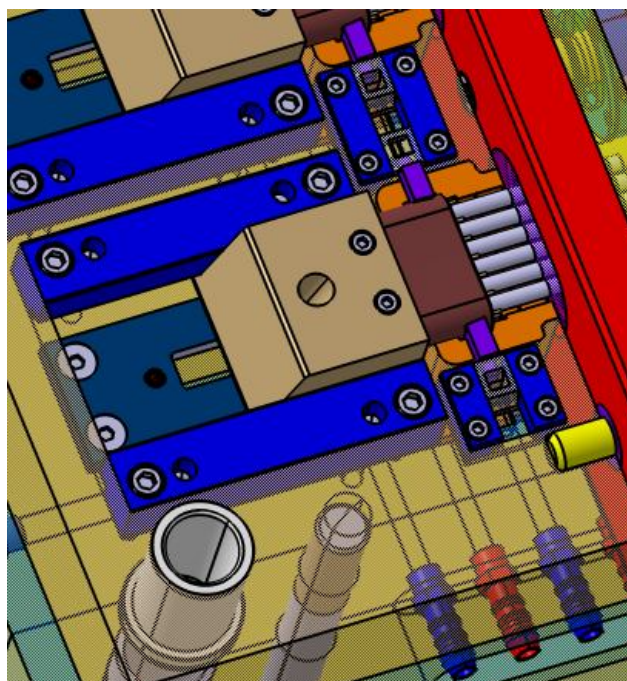
7.5 Odformování výrobku

7.5.1 Pomocí šikmého čepu

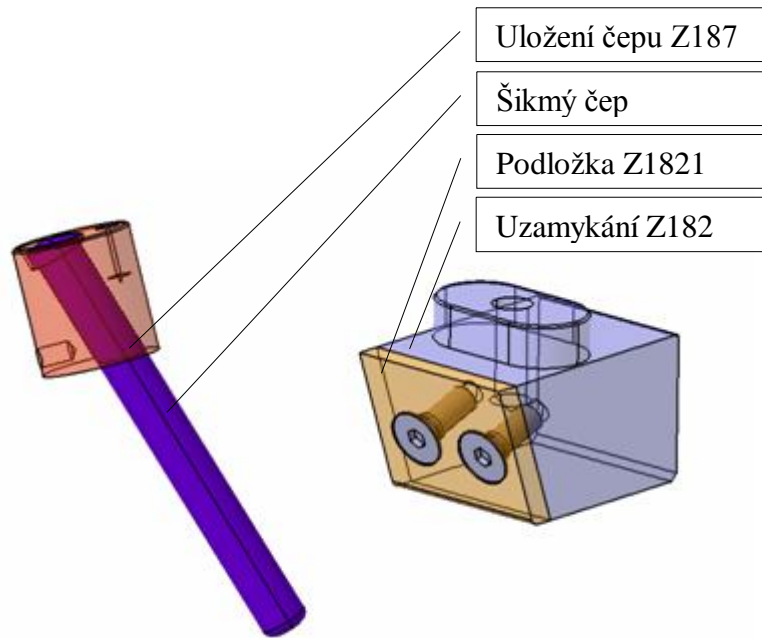
Odformování výrobku je složitý proces. Podélné odformování bylo provedeno pomocí posuvných čelistí a šikmých čepů. Příčné odformování bylo provedeno pomocí lomeného kolíku. Šoupátka jsou uzamčena a držena v požadovaném stavu pomocí uzamykaní. Proti vysunutí šoupátka mimo dráhu, bylo provedeno zabezpečení pomocí šroubu s kuličkou dle normálí firmy HASCO. Při návrhu bylo postupováno dle odborné literatury a zvolené součásti byly voleny z normalizovaných dílů firmy HASCO.



Obr. 36. Posuvné čelisti pro odformování TPE



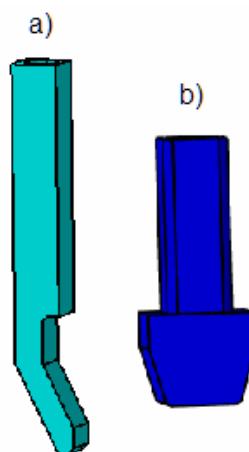
Obr. 37. Posuvné čelisti pro odformování PBT



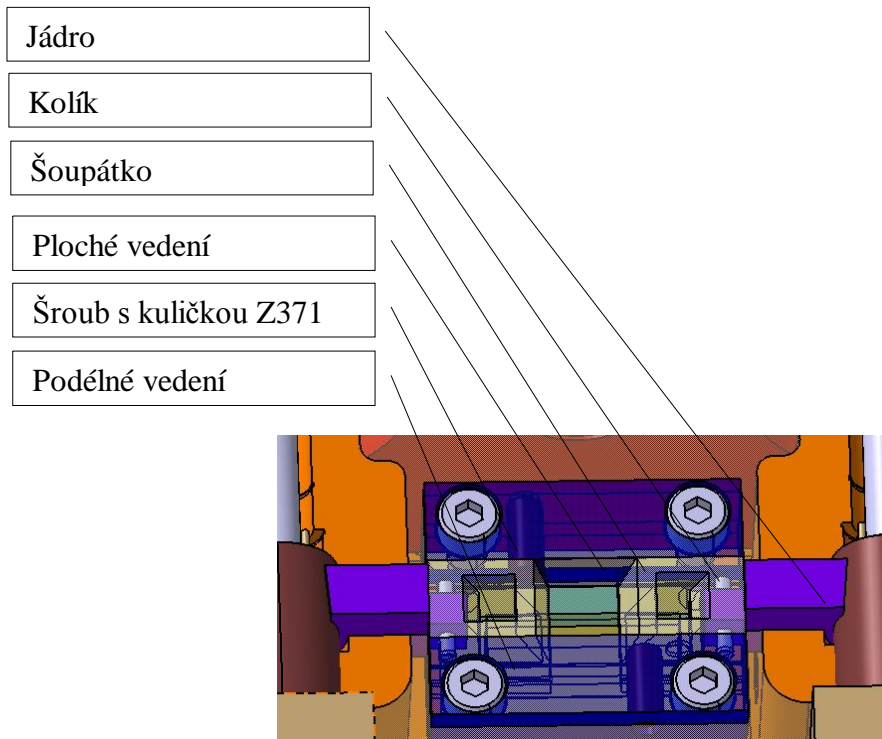
Obr. 38. Šikmý čep s uložením a uzamykání posuvných čelistí

7.5.2 Odformování pomocí lomeného kolíku

Odformování pomocí lomeného kolíku se liší od odformování pomocí šikmého čepu. Systém slouží k odformování součásti v příčném směru, jak bylo již poznamenáno, byl zabezpečen proti posunutí pomocí bezpečnostního šroubu s kuličkou. Byl zde použit i uzamykací trn, který slouží k fixaci polohy jader proti posunutí. Jádro v šoupátku bylo ukotveno pomocí kolíku vedeného napříč šoupátkem.



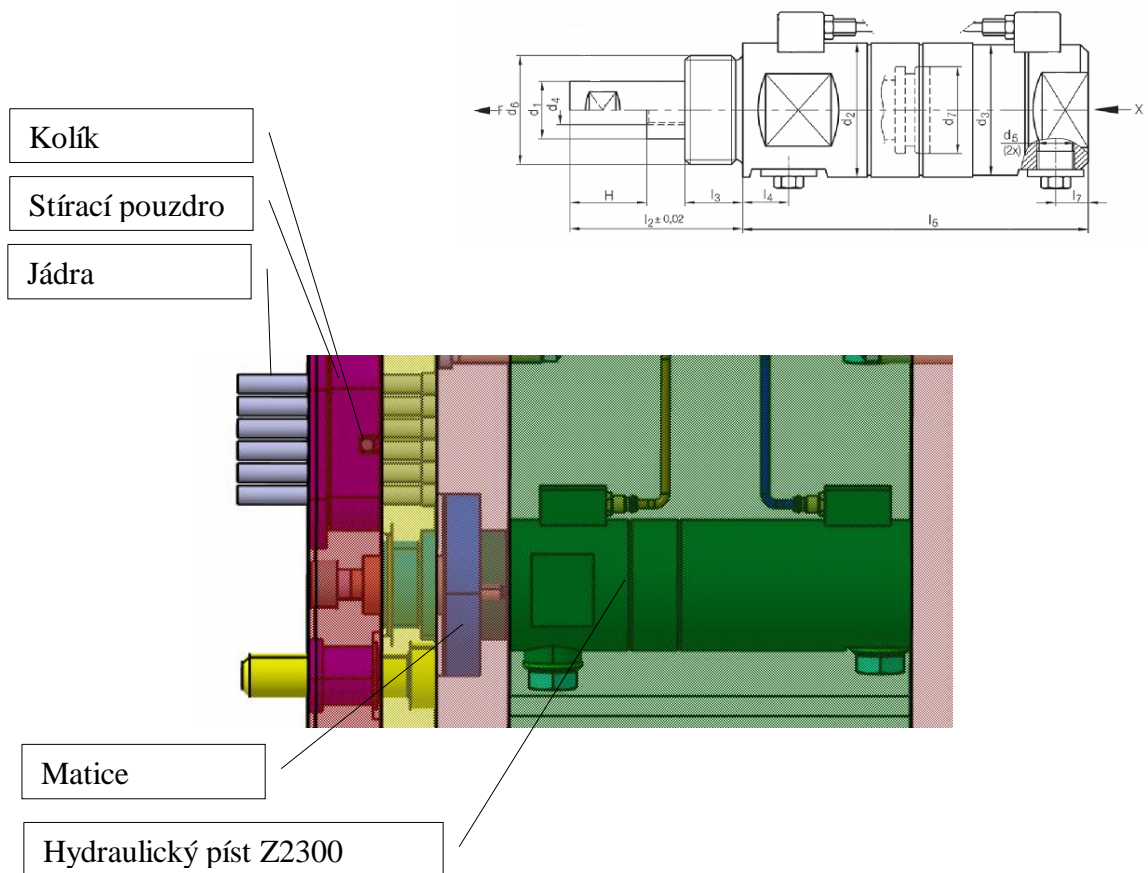
Obr. 39. a) lomený kolík b) uzamykací trn



Obr. 40. Posuvný systém pro lomený kolík

7.5.3 Vyhazování výstřiku pomocí hydraulického pístu

Pro funkci pohybu stírací desky byl volen hydraulický píst Z2300. Byl volen z katalogu firmy HASCO. Usnadňuje automatizaci provozu vstřikovací formy, kdy stírací deska svým posuvem setře hotové výstřiky z jader, které pak padají z formy ven. Hydraulický píst byl umístěn ve vyhazovacím systému vstřikovací formy. Pracovní válec je ukotven pomocí matice a samotný píst byl zajištěn ve stírací desce pomocí šroubu. Píst se pohybuje v pouzdře, které je zajištěno proti vysunutí pomocí pojistného kroužku. Funkci stírací desky zde přebírají tzv. stírací pouzdra, která byla zajištěna ve stírací desce proti vysunutí pomocí kolíku.



Obr. 41. Zobrazení hydraulického pístu Z2300

7.6 Odvzdušnění formy

Odvzdušnění tvarové dutiny formy u vstřikovacích forem je velmi důležité, protože doba vstřiku materiálu do dutiny je velmi krátká a mohlo by docházet k nedokonalému vyplnění tvarové dutiny taveninou plastu, k nedokonalé pevnosti v místech studených spojů nebo k tzv. diesel efektu, kdy může dojít až ke spálení materiálu. Je proto velmi důležité zajistit dokonalý odvod vzduchu z tvarové dutiny formy. Dostatečné odvzdušnění formy bylo provedeno pomocí vůlí okolo jader a v dělicích rovinách tvarových prvků vzhledem k jejich velkému počtu. V případě výroby formy by bylo vhodné provedení simulace toku taveniny a po odzkoušení vstřikovací formy dodatečně vytvořit odvzdušnění.

Na dostatečné odvzdušnění formy může mít také vliv umístění vtoku, způsob zaformování výstřiku, umístění vyhazovačů a přítomnost tvarových vložek, apod.

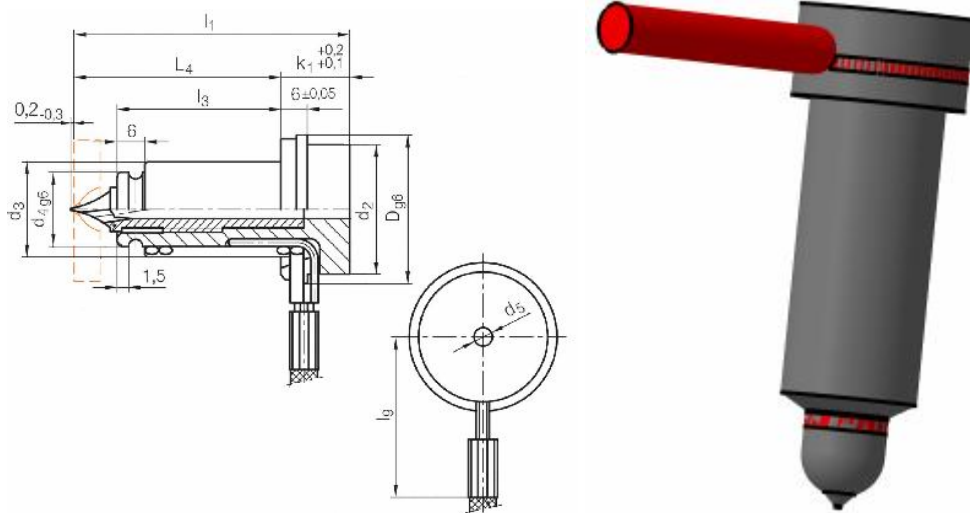
7.7 Vtokový systém

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny taveninou musí proběhnout v co nejkratším možném čase a s minimálními odpory při toku taveniny.

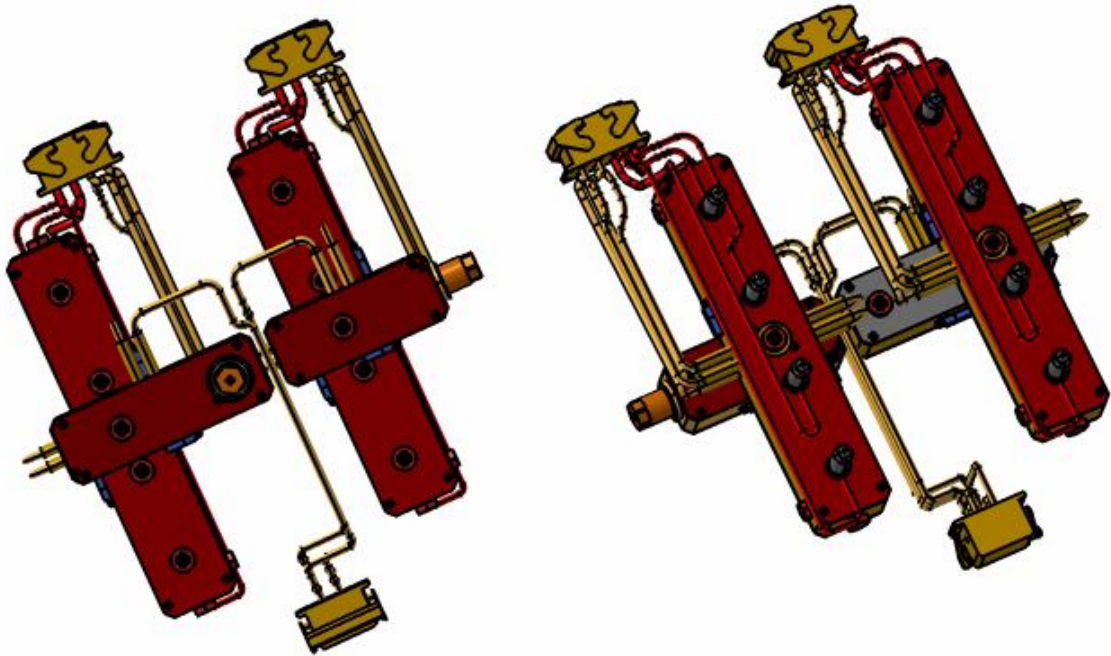
Průtok taveniny vtokovým systémem je provázen složitými ději ve formě. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

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

Zásadní vliv na celkové uspořádání vtokového systému byly dány především konstrukcí formy a její násobností. Tavenina musí dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně proto musí být dutiny vtoku vyvážen. Vtokový systém pro oba materiály byl volen pomocí horké vtokové trysky. Jedná se o trysku typu Z200, která byla vybrána z katalogu firmy HASCO.



Obr. 42. Detail horké trysky HASCO Z200

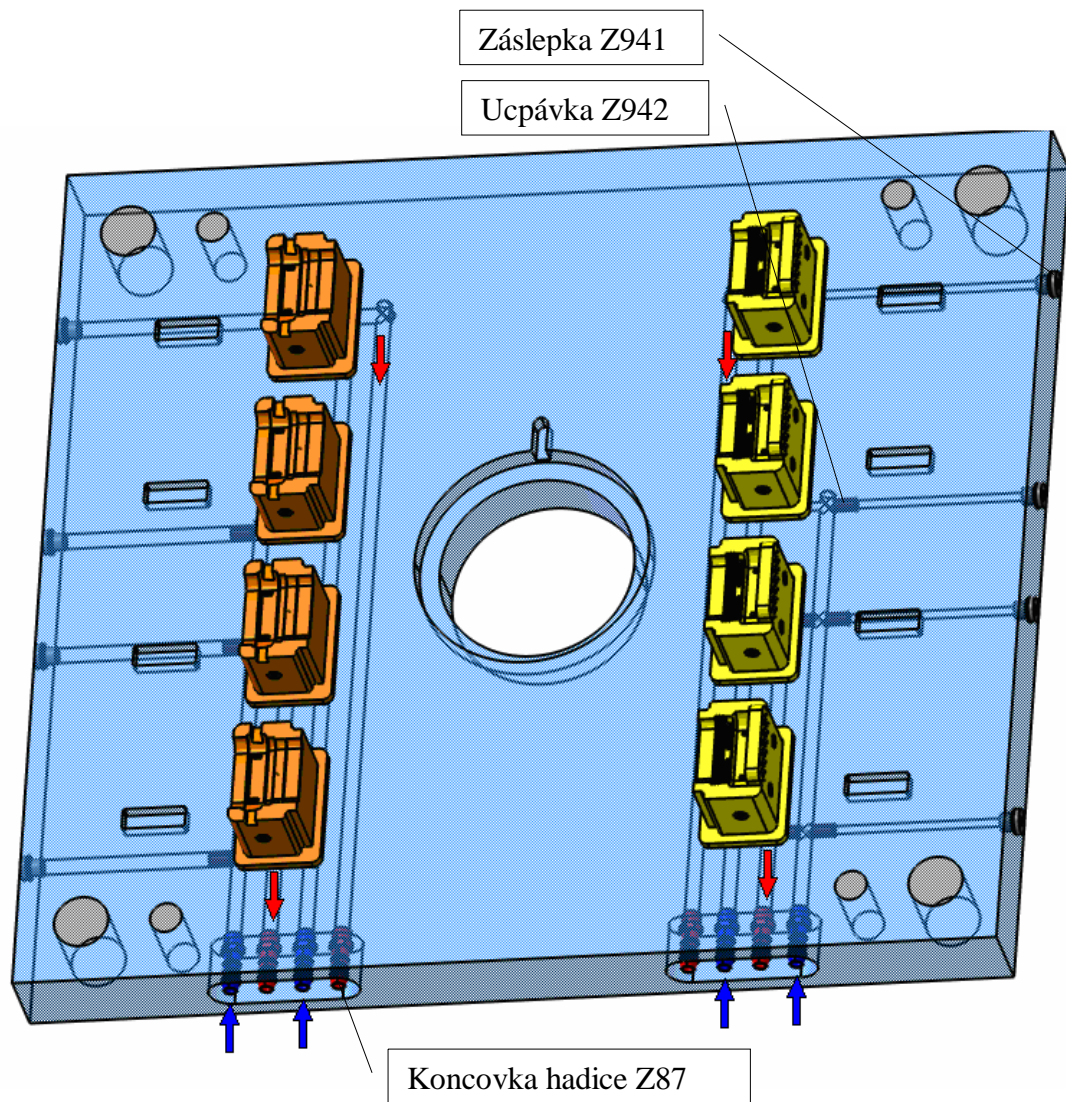


Obr. 43. Zobrazení horkého vtokového systému

7.8 Temperace formy

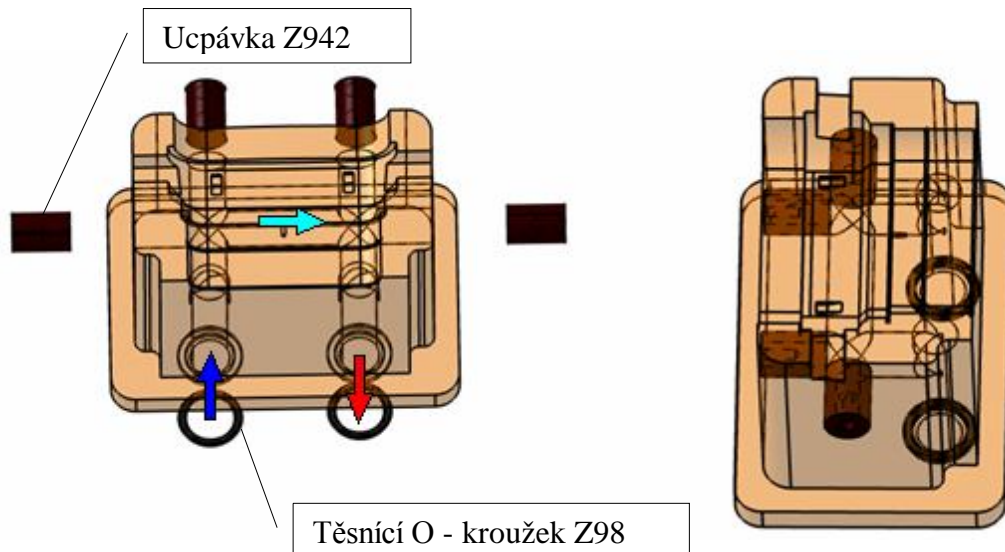
Při vstřikování je do formy přiváděn roztavený polymer, který je v dutině formy ochlazován na teplotu vhodnou pro vyhození výstřiku z formy ven. Temperace formy tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí termoplastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobít opět při stanovené či stejné teplotě jako tomu bylo u předešlého výstřiku. Proto bylo nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy. Temperační kanály byly voleny o průměru 8 mm. Temperace též slouží k vyhřátí formy na pracovní teplotu, tak aby byla zaručena dostatečná kvalita výstřiku.

Ve všech kanálech byla voda hnaná pod tlakem. Všechny vrtané otvory byly ucpány pomocí ucpávek, a otvory v deskách byly přetěsněny pomocí kruhových pryžových těsnění. Tvárníky a tvárnice jsou utěsněny pomocí normalizovaných O – kroužků firmy HASCO, aby nedocházelo k prosakování chladicího media ven z formy.



Obr. 44. Zobrazení temperance levé strany formy

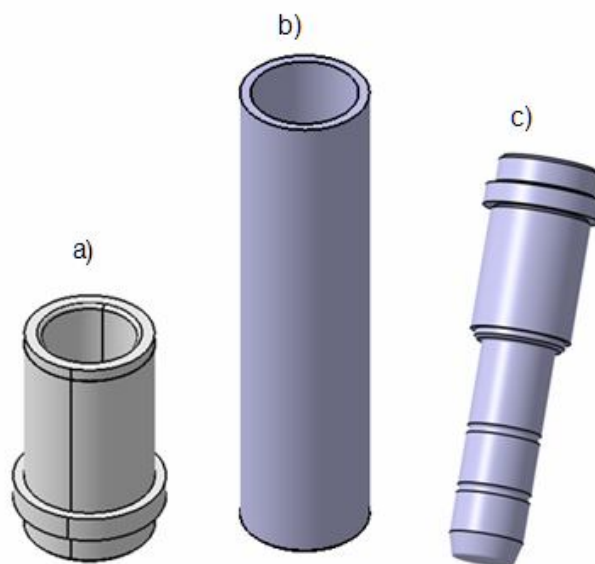
Na obrázku (Obr. 44) je vidět deska s temperačními kanály. Šipkami je znázorněn směr toku temperačního média. Modrá šipka znázorňuje nejchladnější temperační medium, ohřátého na pracovní teplotu a červená znázorňuje medium před vstupem temperačního média do formy v řádu maximálně několika stupňů (2 až 3°C).



Obr. 45. Zobrazení temperace tvárníku PBT

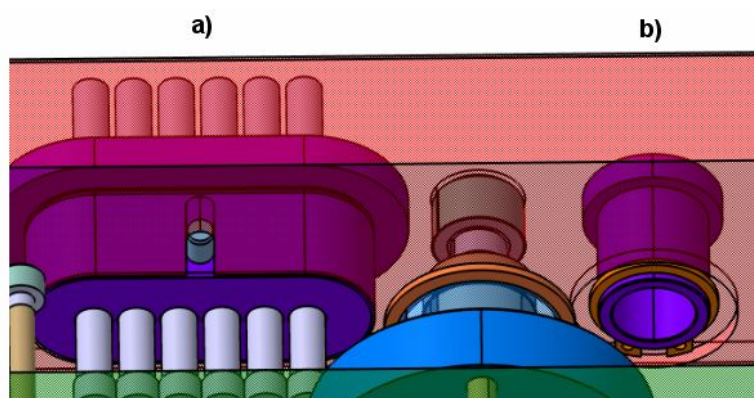
7.9 Vodící elementy formy

Konstrukce vstřikovací formy a volba rozměrů jednotlivých součástí byla volena dle modulu Mold Toolig Design, který je součástí programu CATIA V5R17 a dále pomocí normálí firmy Hasco. Do vodících a upínacích elementů byly zařazeny kolíky, šrouby, středící kroužky, pouzdra. Poloha desek vstřikovací formy byla zajištěna pomocí vodících pouzder, čepů a šroubů. Pro ustředění vstřikovací formy na stroji byla forma osazena středícími kruhy. Středící kruhy slouží k ustavení formy a zabraňují případnému vypadnutí formy. Vodící pouzdra na vyhazovacím systému jsou zabezpečena proti případnému vyjetí či posunutí pomocí pojistných kroužků. Pouzdra, která plní funkci jako stírací deska byli zajištěna pomocí vsazených kolíků, které zajišťují jejich pozici ve stírací desce.



Obr. 46. Zobrazení některých vodících elementů

a) pouzdro, b) vodící trubka, c) vodící čep



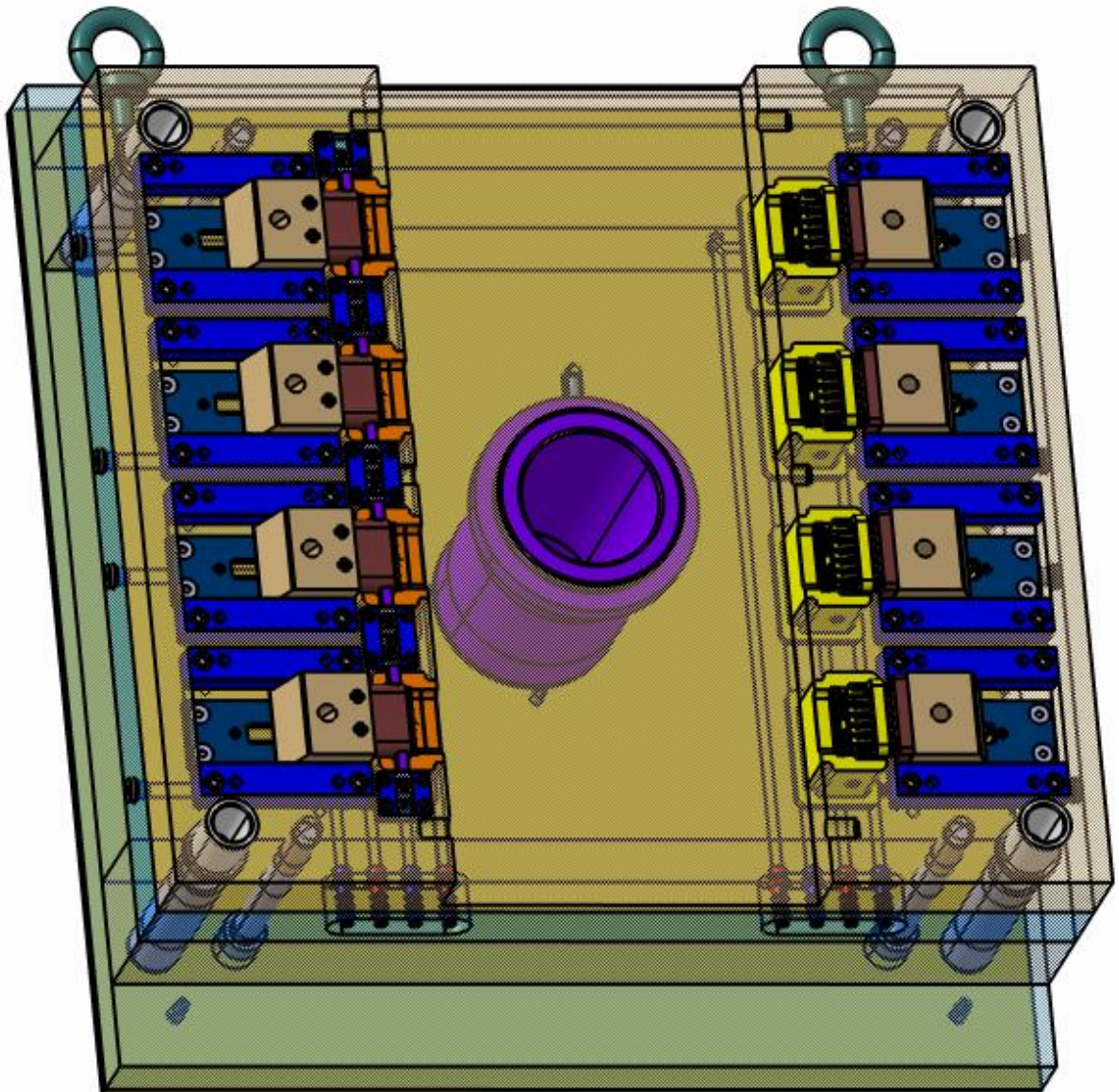
Obr. 47. Zobrazení zajištění pouzder

a) pomocí kolíku b) pomocí pojistného kroužku

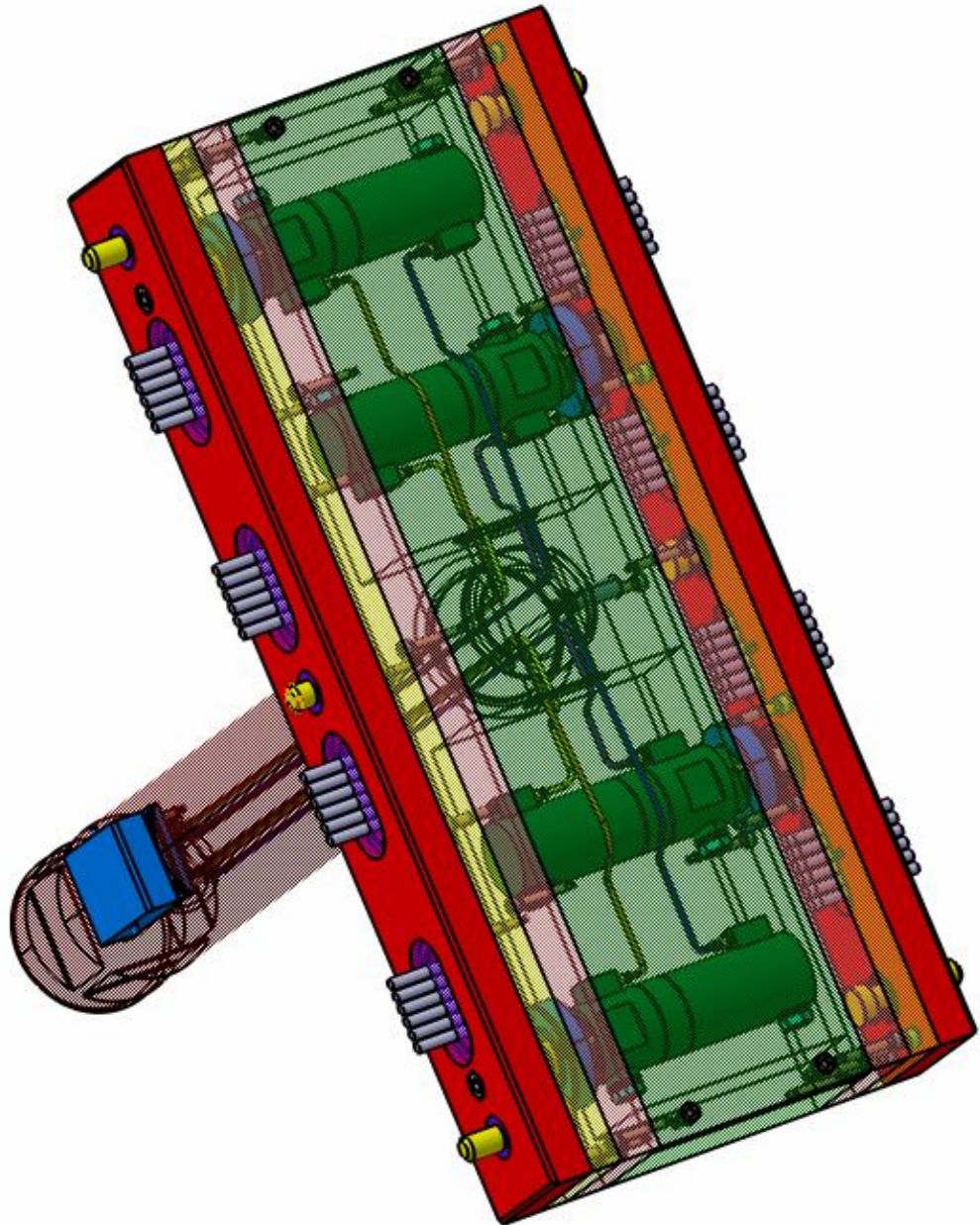
8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Byla navržena vstříkovací forma pro vícekomponentní vstříkování o velikosti 596 x 496 x 404 mm. Forma se dle programu CATIA skládá z 756 dílů. Forma byla volena 4 násobná pro materiál PBT, ale i pro TPE s horkým vtokovým systémem pro oba materiály.

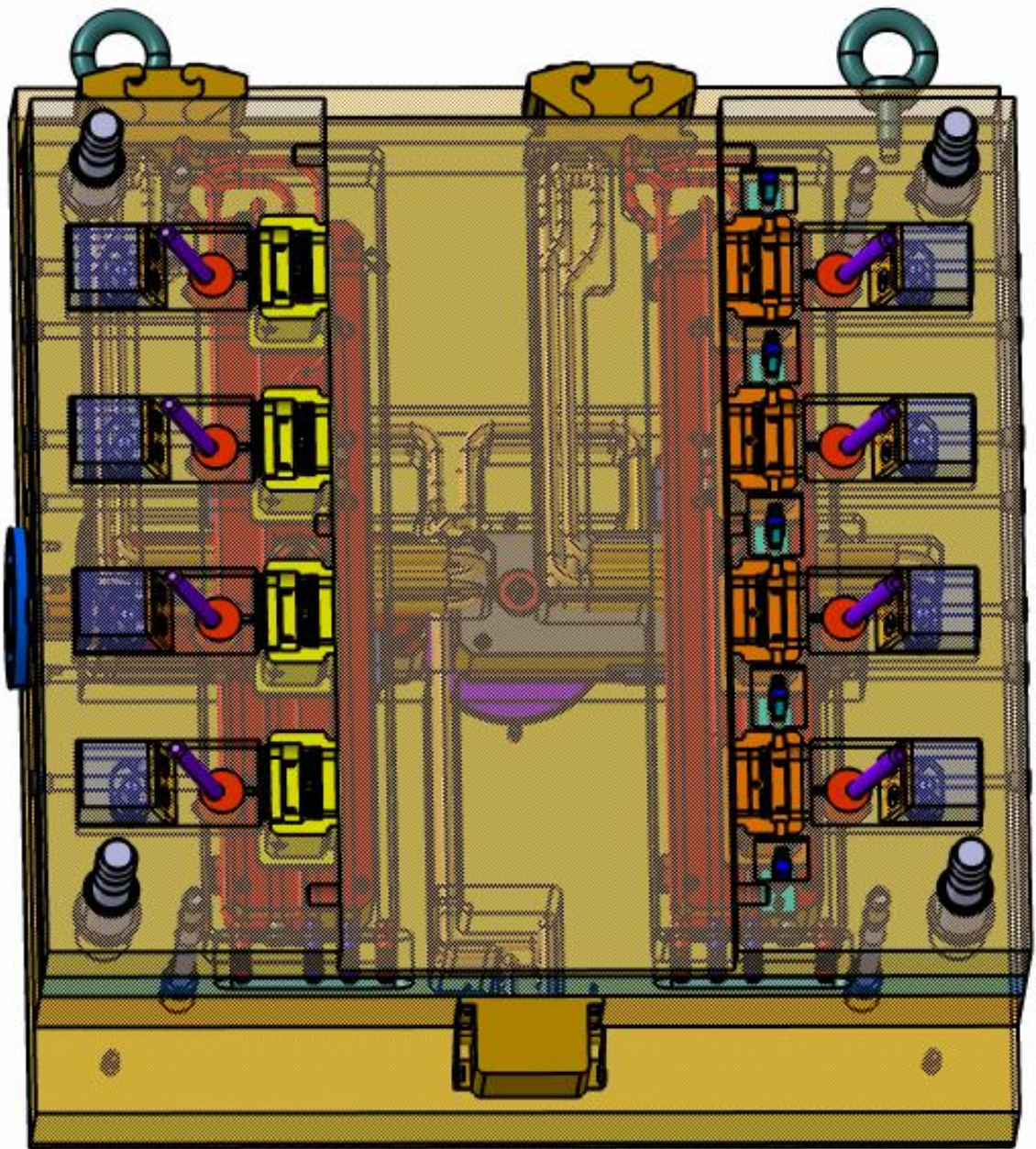
Při vstříkování roztaveného polymeru do formy je bude dutina ochlazována na vyha-zovací teplotu výstřiku pomocí navrženého temperačního systému tak, aby docházelo k optimálnímu tuhnutí polymeru. Temperační systém též slouží k ohřátí dutiny formy na pracovní teplotu. Vhodně navržený temperační systém má velký vliv na kvalitu výrobku. Při samotné konstrukci bylo vycházeno z modulu v programu CATIA V5R17. Pomocí to-hoto modulu byly navrženy dané velikosti desek vstříkovací formy, a byly také voleny další normálie vhodné ke konstrukci forem. Vstříkovací forma bude upnuta pomocí upínek k upínací ploše vstříkovacího stroje a vystředěna pomocí středících kroužků upevněných na vstříkovací formě. Pro snadnou manipulaci formy, byla forma osazena závěsnými šrouby - oky, které byly našroubovány na upínacích deskách formy. Vstříkovací forma byla opatřena izolačními deskami, aby nedocházelo při vstříkování k nežádoucímu ohřevu formy. O vhodnou teplotu formy při vstříkování se stará temperační systém formy, který byl již blíže zná-zorněn.



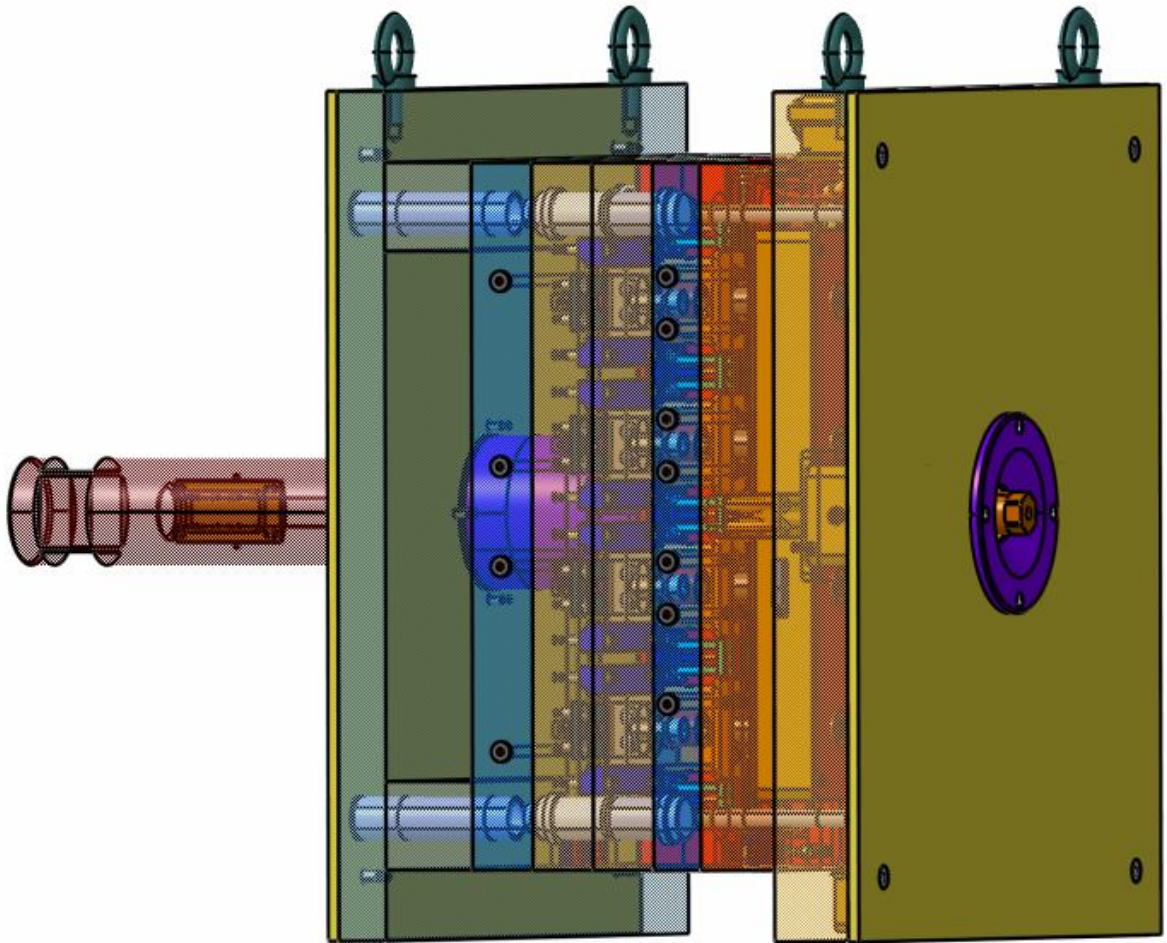
Obr. 48. Vyhazovací strana vstřikovací formy



Obr. 49. Vyhazovací systém vstřikovací formy



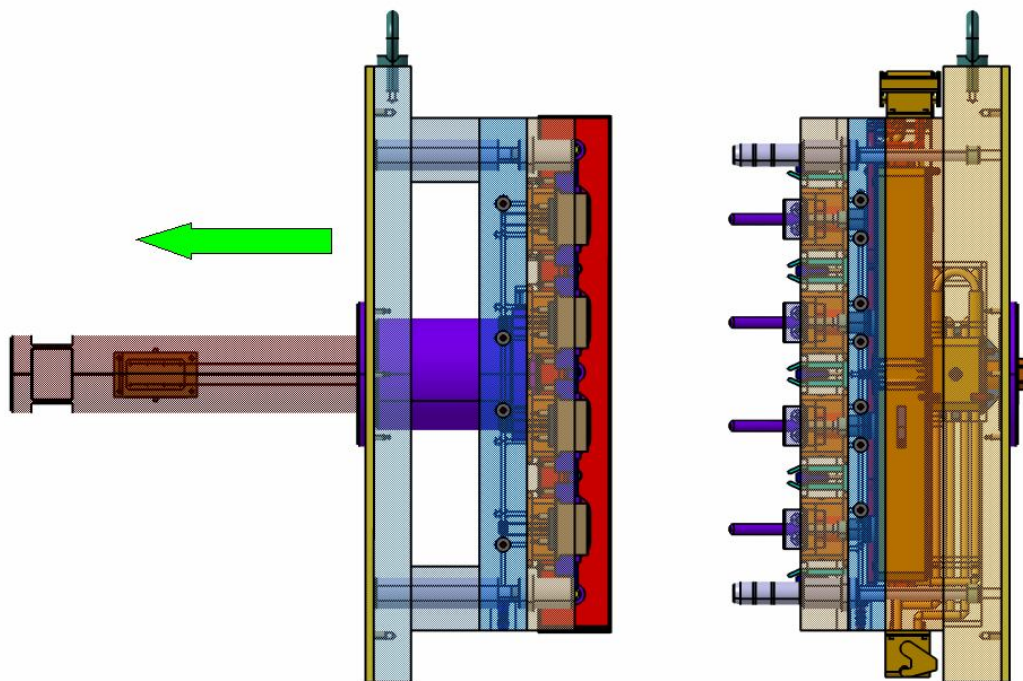
Obr. 50. Vstřikovací strana formy



Obr. 51. Zobrazení kompletní vstřikovací formy

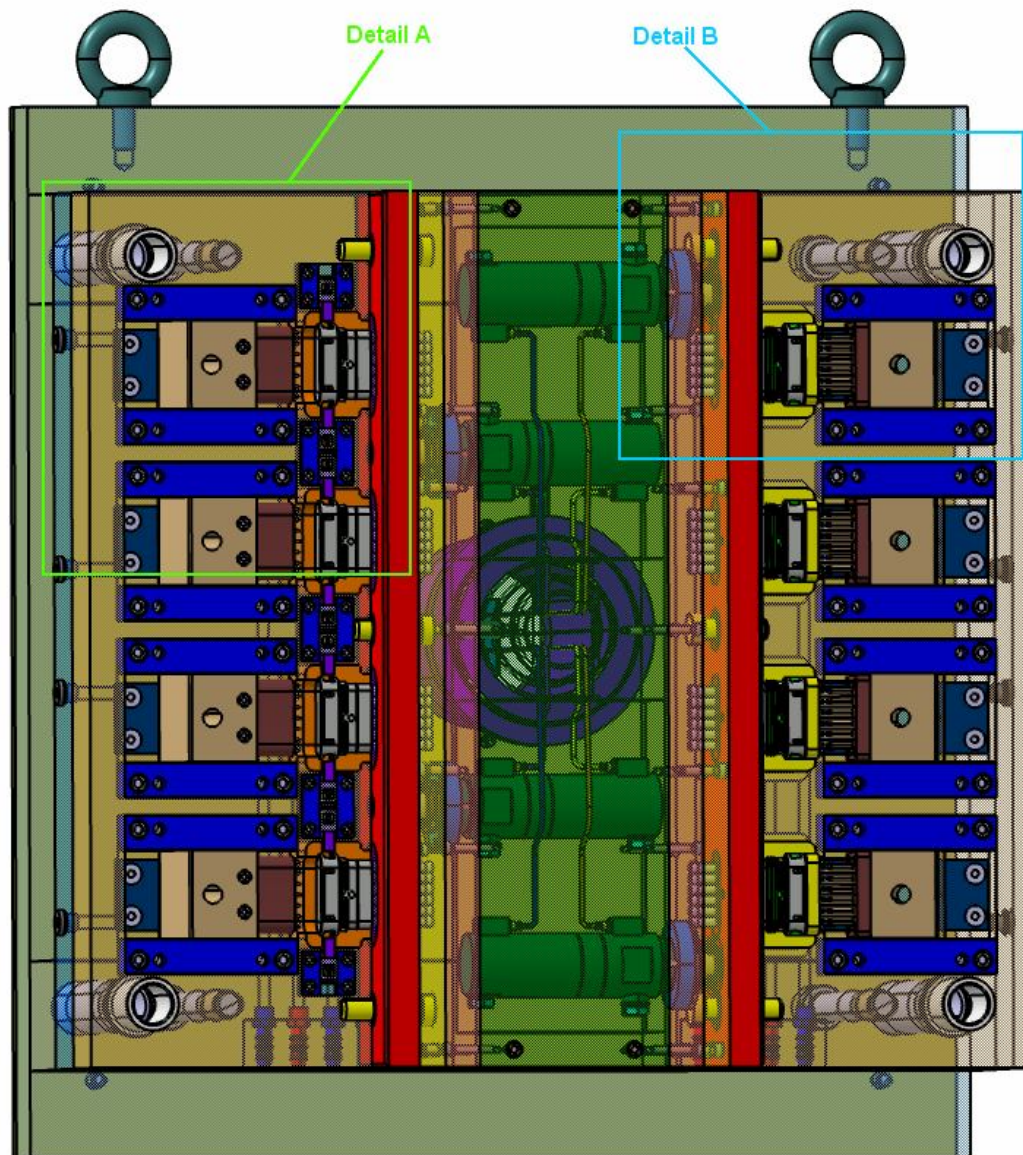
8.1 Fáze otevření vstřikovací formy a následné vyhození výrobku

Otevření vstřikovací formy bylo rozloženo do několika fází. Při odjíždění vyhazovací části formy dojde k odformování výrobku pomocí šikmých čepů a lomených kolíků. Po odjetí vstřikovací části, přijde na řadu vyhazovací systém formy, který povyjede a následně bude otočen o 180 stupňů. Na jádrech ponese výrobek z PBT. Byl vstříknut v levé části formy (bráno ve směru vstřikování). Po otočení dojde k zpětnému pohybu vyhazovací části, tzn. že bude posunuta vpřed. Pak bude následovat uzavření vstřikovací formy a začne nový vstřikovací cyklus. Jak pro materiál PBT, tak i pro TPE. Po ukončení vstřikovacího cyklu dojde k otevření formy. Vyhazovací systém vyjede ven, pomocí hydraulického pístu se dá do pohybu stírací deska, která setře výrobek. Stírací deska se vrátí zpět a vyhazovací systém se otočí o 180 stupňů. Vyhazovací systém zajede zpět do formy a začne po uzavření formy nový vstřikovací cyklus. Před uzavřením a začátkem nového cyklu, musí být forma očištěna a provedena kontrola zda nedošlo k nějakým nežádoucím přetokům materiálu. Vstřikovací proces pak může pokračovat.



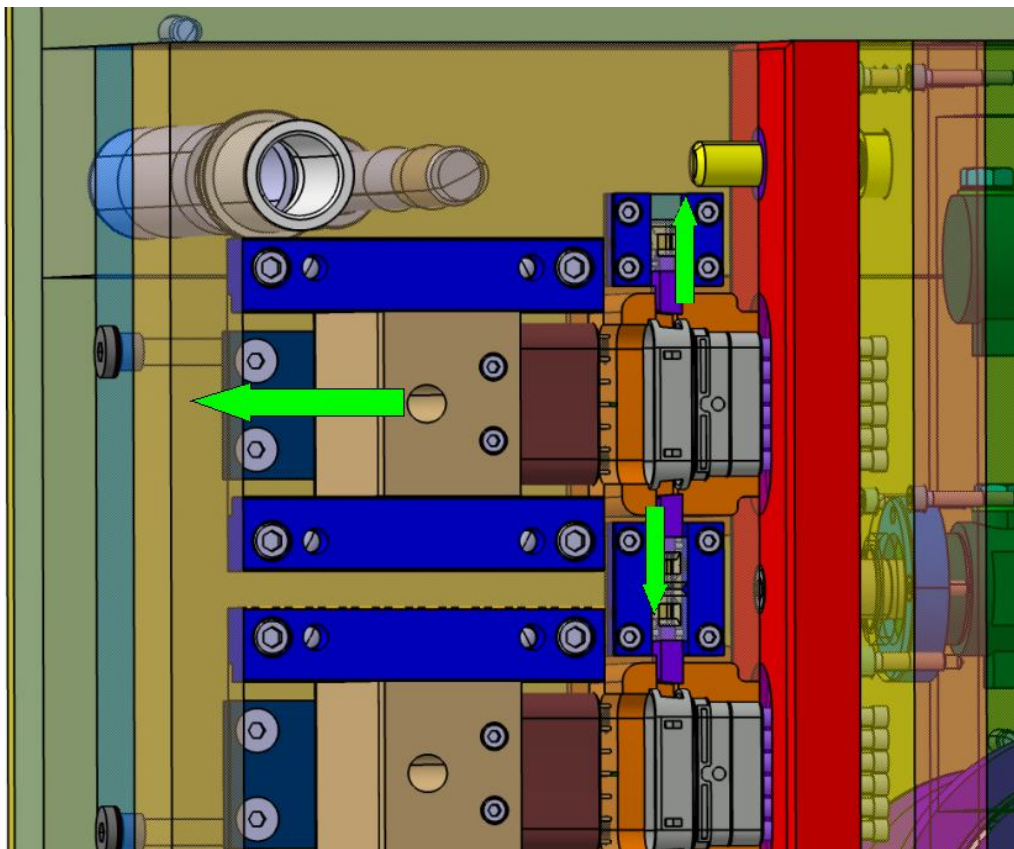
Obr. 52. Otevřená vstřikovací forma

Na Obr. 52 bylo naznačeno pomocí šipky směr odjíždění vyhazovací strany formy. Vstřikovací strana formy zůstává nehybně ukotvena na pevné vstřikovací straně vstřikovacího stroje.

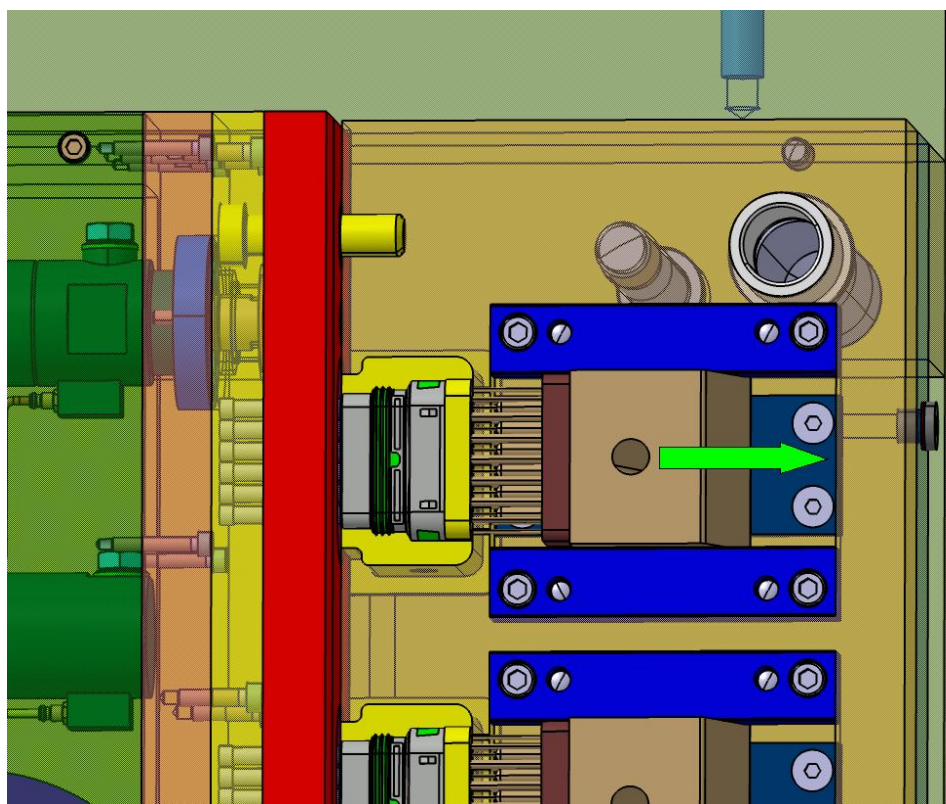


Obr. 53. Vyhazovací strana formy – pohled do dutiny formy

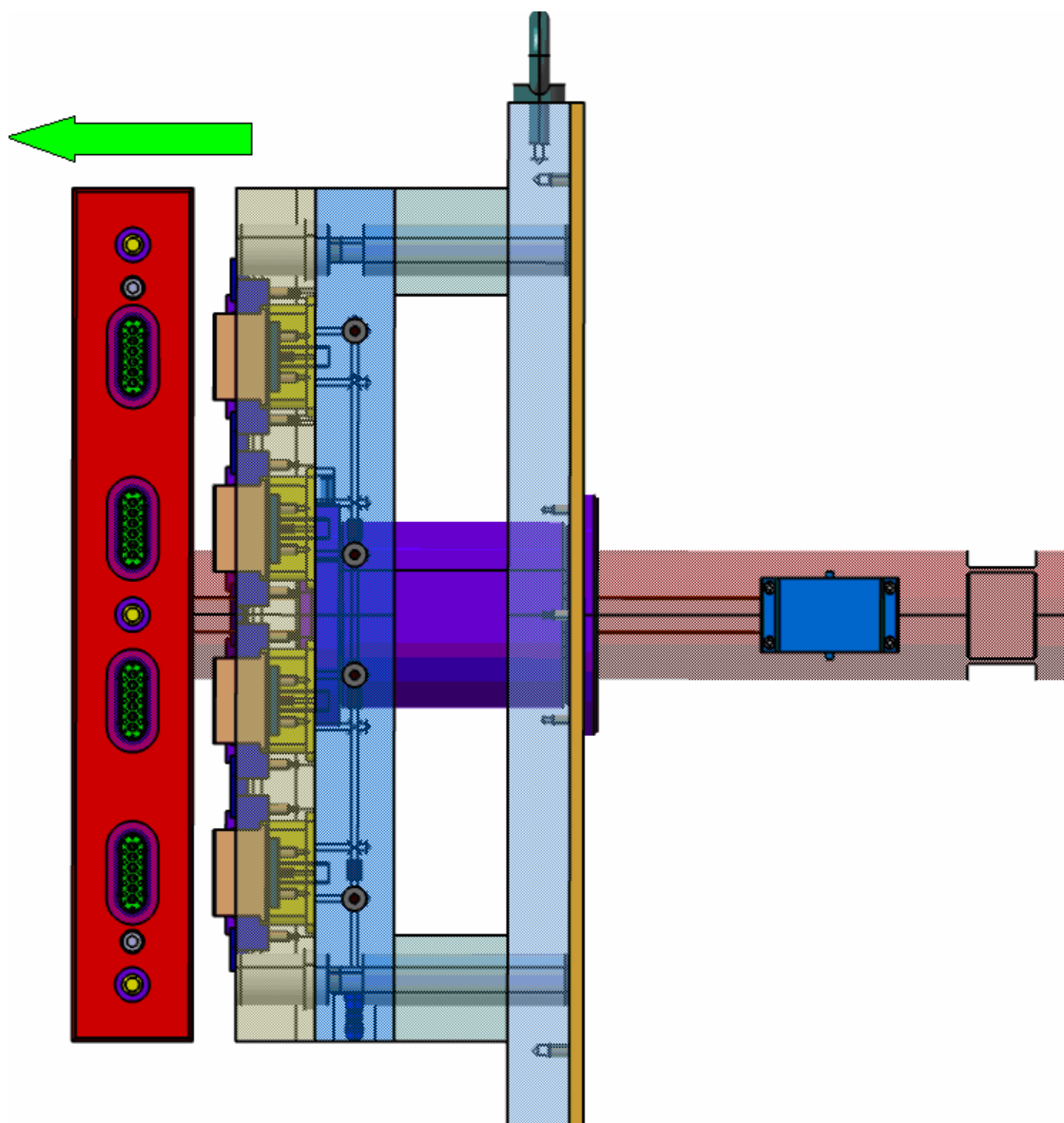
Na Obr. 53 je naznačeno pomocí detailů doformování výrobku, které bylo pomocí šikmých čepů a lomených kolíků při odjždění vyhazovací strany formy. Na detailních obrázcích je pak vidět pomocí šipek směr odformování.



Obr. 54. Detail A – odformování

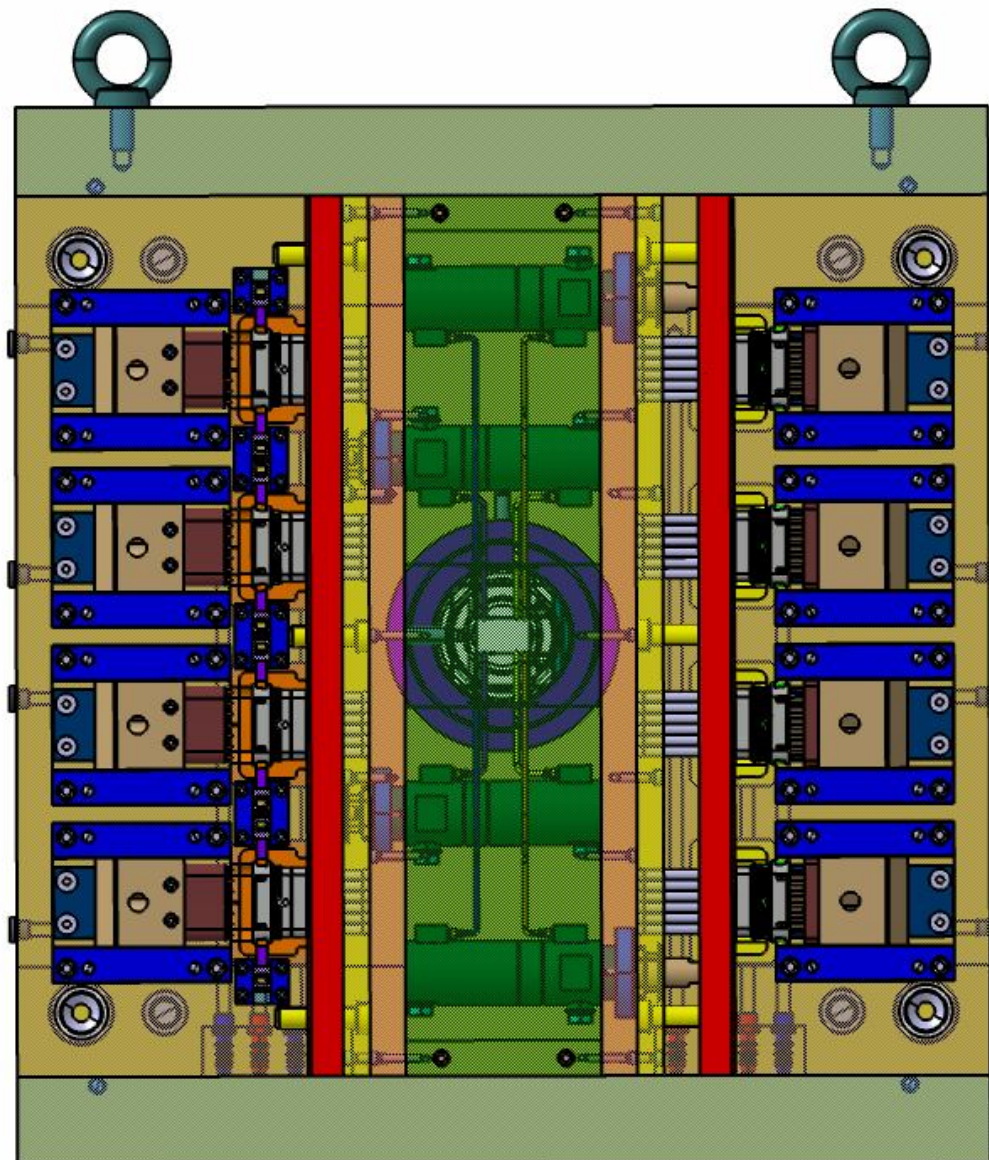


Obr. 55. Detail B – odformování

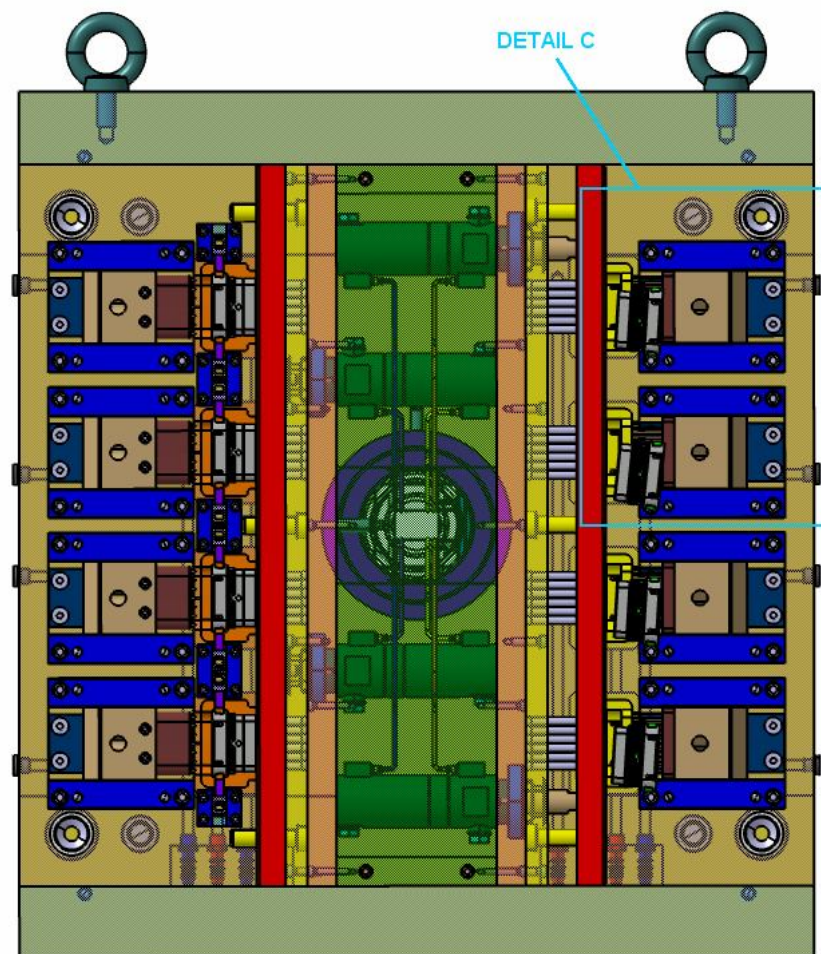


Obr. 56. Zobrazení vysunutí vyhazovacího systému

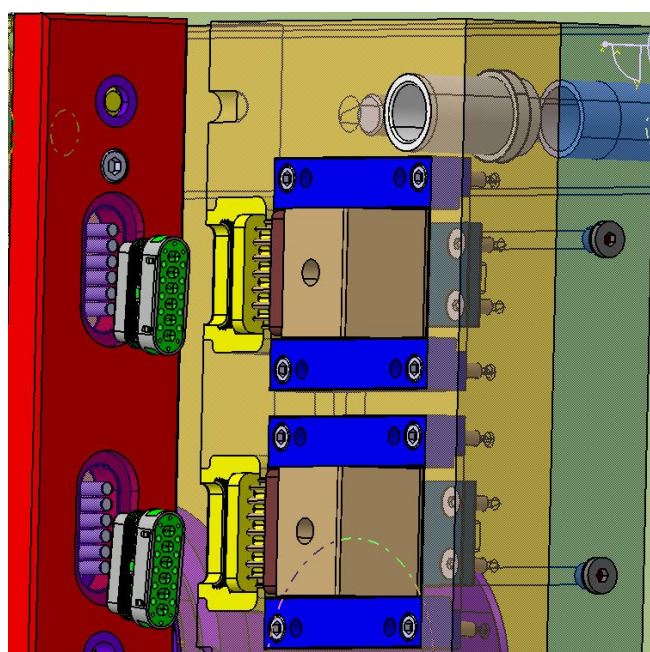
Zobrazení vysunutí vyhazovacího systému nám blíže ukazuje jakým směrem je vyhazovací systém formy vysunut z vyhazovací strany formy. Směr vysunutí blíže specifikuje šipka.



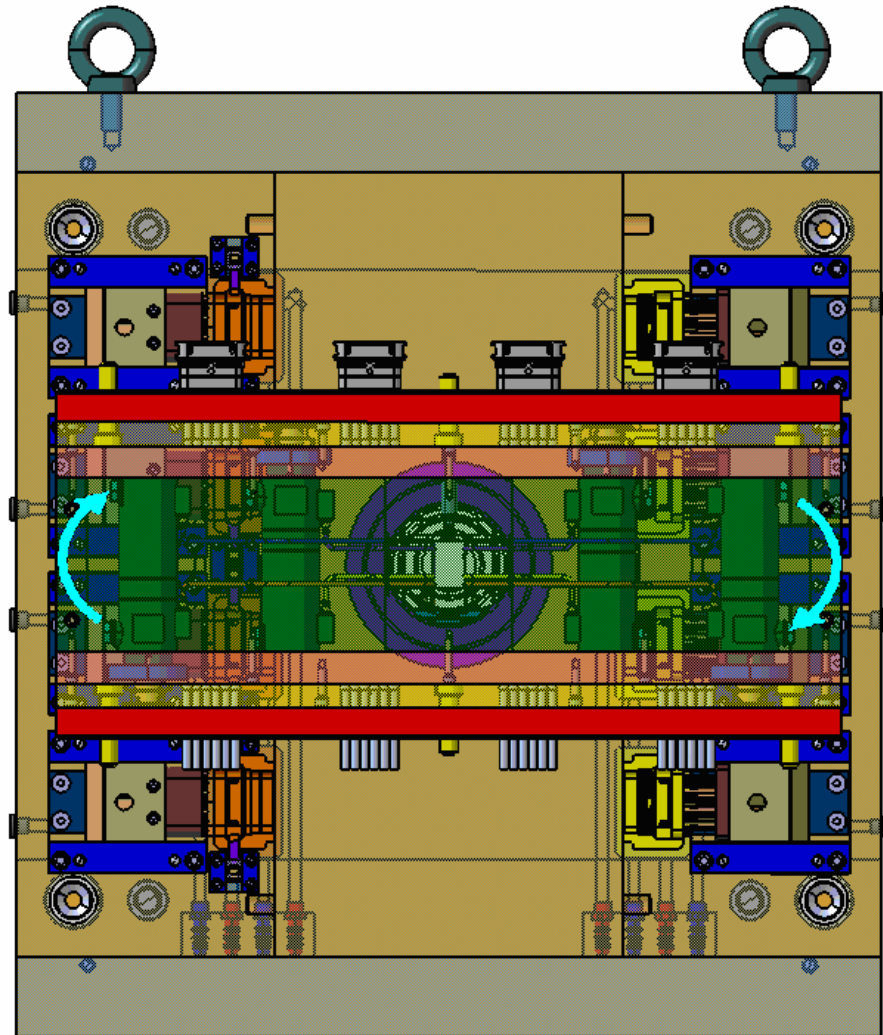
Obr. 57. Zobrazení vysunutí stírací desky vyhazovacího systému



Obr. 58. Zobrazení vysunutí stírací desky vyhazovacího systému

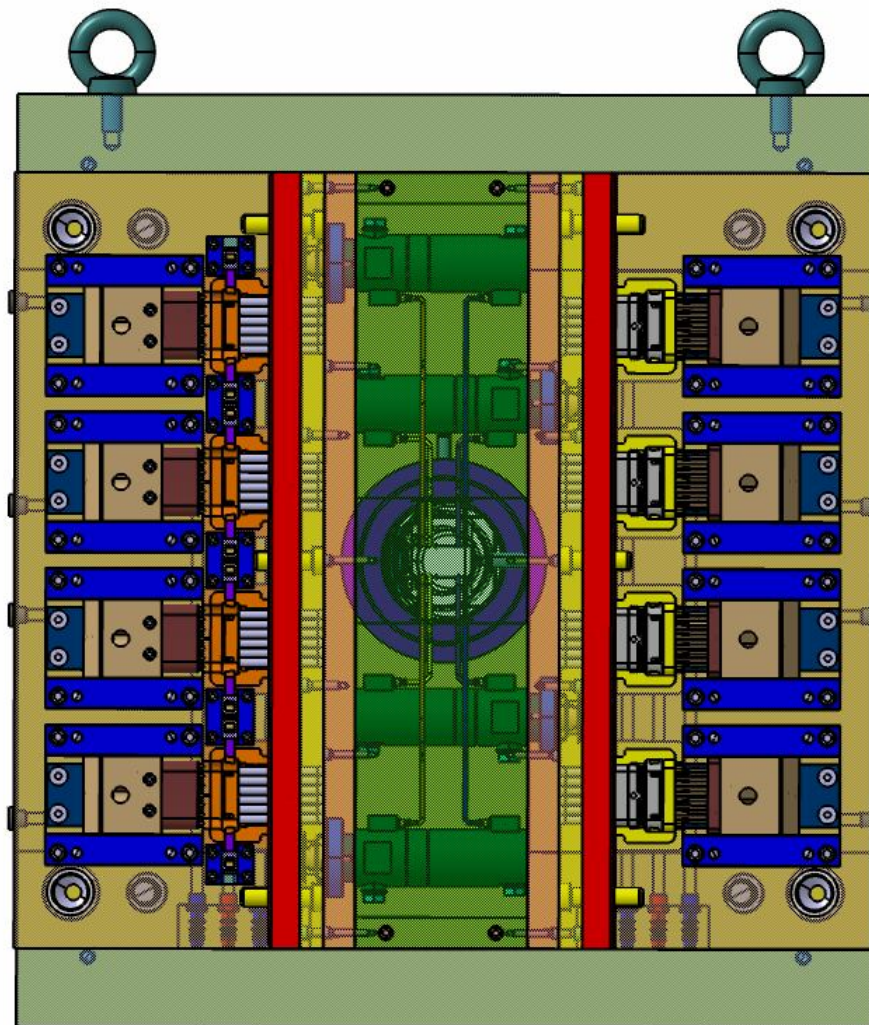


Obr. 59. Detail C vyhození výstřiku TPE pomocí stírací desky

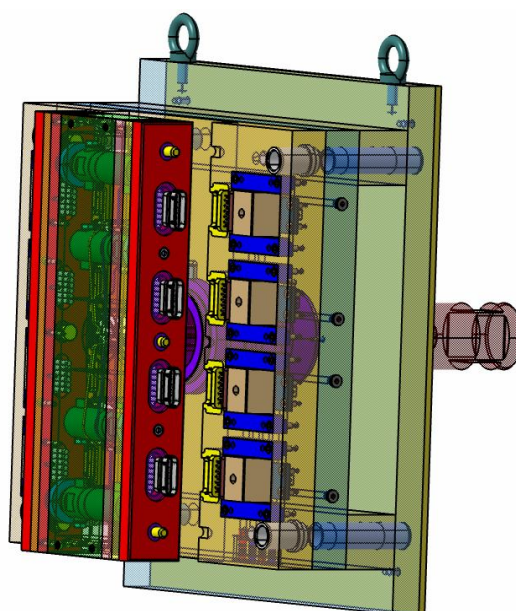


Obr. 60. Zobrazení otáčení vyhazovacího systému

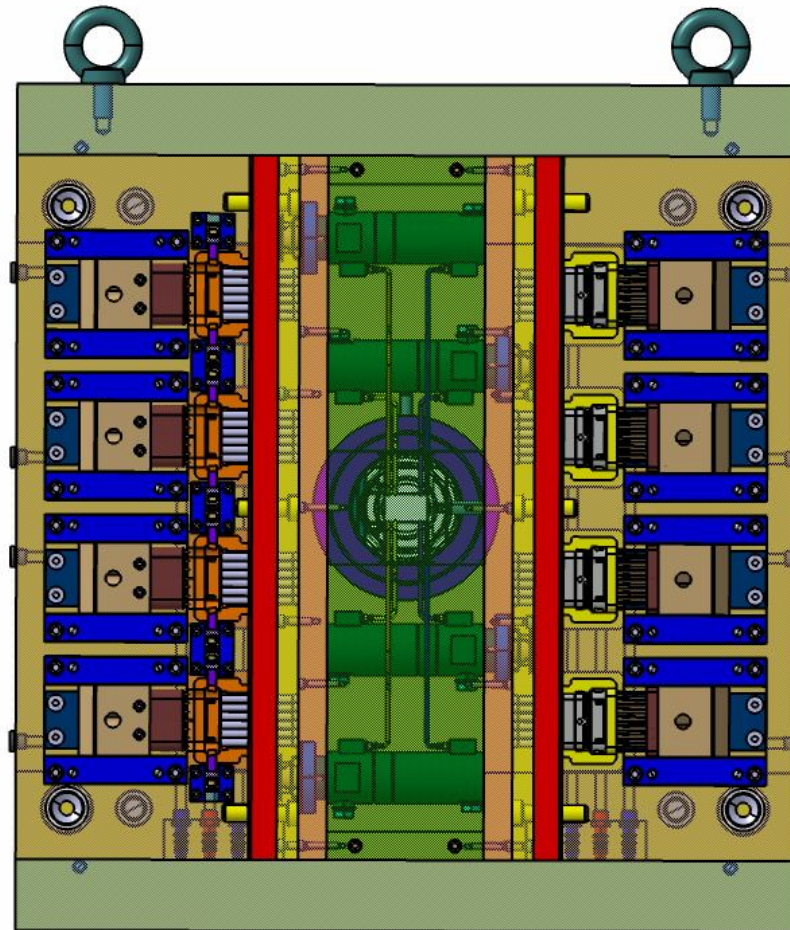
Pomocí šipky je zde znázorněn směr otočení vyhazovacího systému formy. Táhllo, které je umístěno v těle vyhazovacího systému pomocí závitu, je zajištěno proti případnému nežádoucímu otočení pojistným šroubem. Pouzdro, v kterém systém se otáčí je zajištěno proti nežádoucímu otočení pomocí kolíku. Na Obr. 61. a Obr. 62. je zobrazení již otočeného vyhazovacího systému a připraveného k zasetí do vyhazovací strany formy.



Obr. 61. Zobrazení otočeného vyhazovacího systému



Obr. 62. Otočený vyhazovací systém



Obr. 63. Zobrazení vyhazovací části formy

po usazení PBT do dutiny formy

Po zajištění a usazení výstřiku do dutiny formy, dojde k pohybu vyhazovací strany formy a uzavření vstřikování formy. Po dostatečném uzavření může následovat vstřikovací cyklus.

9 VOLBA VHODNÉHO VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Volba vstřikovacího stroje vychází z několika základních podmínek, které musí být při volbě dodrženy.

Velikost vstřikovacího stroje se určuje především dle:

- rozteče vodících sloupků vstřikovacího stroje,
- velikost uzavírací síly vstřikovacího stroje,
- plastikační výkon vstřikovacího stroje.

Dle výše uvedených podmínek byl vybrán vstřikovací stroj pro navrženou konstrukci formy.

Požadované parametry hledaného vstřikovacího stroje jsou uvedeny níže:

- vnější rozměry formy: **496 x 596 x 404 mm**,
- uzavírací síla,
- objem dutiny formy $19,58 \text{ cm}^3 + 20\% \text{ navíc} = \underline{23,496 \text{ cm}^3}$ pro PBT,
- objem dutiny formy $22,90 \text{ cm}^3 + 20\% \text{ navíc} = \underline{27,48 \text{ cm}^3}$ pro TPE.

Hodnota uzavírací síly není známa, jelikož nebyla prováděna simulace vstřikování pomocí známých programů jako jsou MOLDFLOW či CADMOULD.

Parametry vyhovují zvolenému vstřikovacímu stroji ARBURG Allrounder 630s jeho parametry jsou vloženy k porovnání v příloze práce.



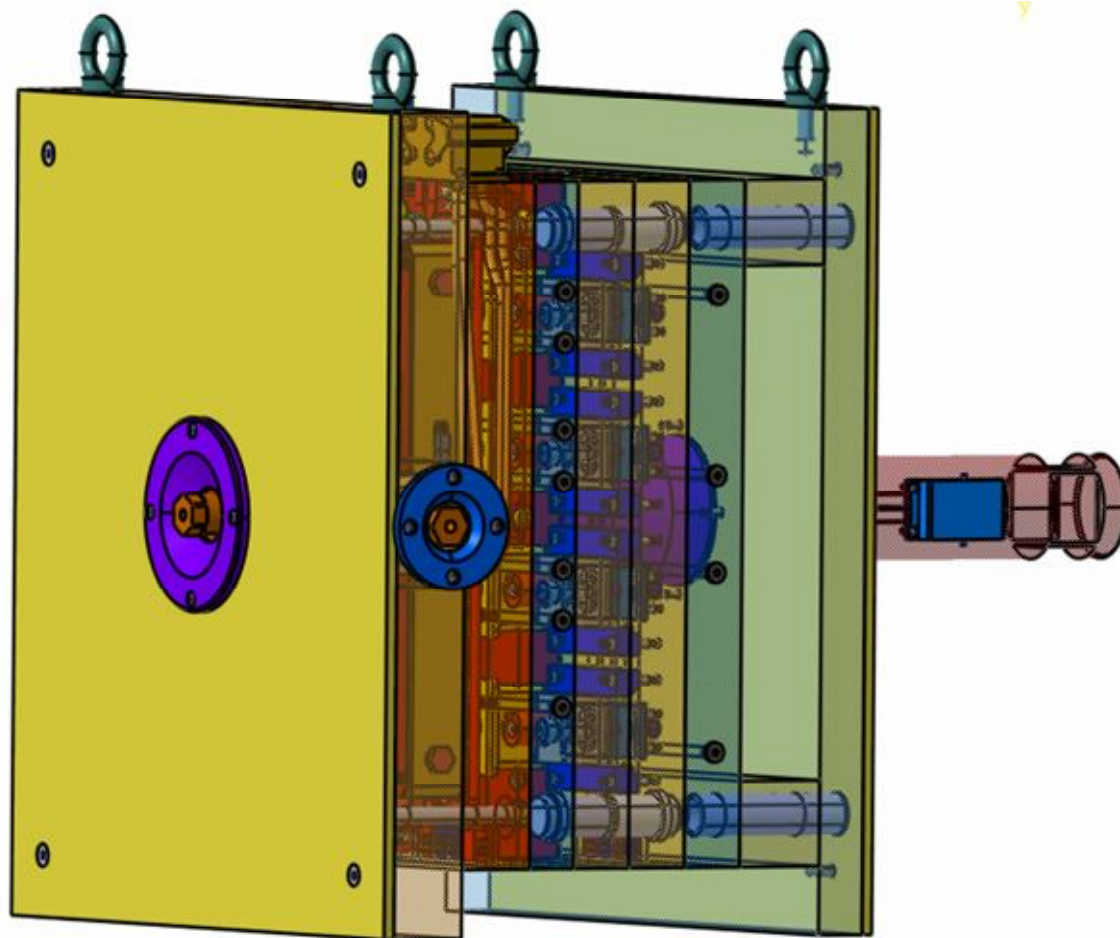
Obr. 64. Zvolený vstřikovací stroj

9.1 Uspořádání vstřikovací jednotky

Uspořádání vstřikovacích jednotek u vícekomponentního vstřikování je velmi důležité. Je několik možností, jak budou vstřikovací jednotky umístěny. Při konstrukci vstřikovací formy bylo voleno uspořádání typu L, a k tomu byla uzpůsobena i vstřikovací forma. Vstřikovací jednotka pro materiál PBT je uložena standardně kolmo na dělicí rovinu a pro materiál TPE je uložena z boku. Odůvodnění proč bylo voleno tohle uložení je snadné. Jelikož prostředí, v kterém stroj pracuje, neumožňuje prostor nad vstřikovacím strojem, pracovní výška haly vstřikovny. Nelze proto formu konstruovat pro horizontální vstřikovací jednotku, ale bylo zapotřebí ji konstruovat pro vertikální polohu vstřikovací jednotky, tedy uspořádání typu L.



Obr. 65. Zobrazení stroje a polohy vstřikovací jednotky



Obr. 66. Zobrazení vstřikovací formy s uspořádáním vstřikovacích jednotek, typ L

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Vypracování diplomové práce bylo prováděno dle požadavků oficiálního zadání práce. Hlavní částí byl návrh vstřikovací formy pro zadaný díl pro vícekomponentní vstřikování. Konstrukce formy a zadaného dílu byla prováděna pomocí grafického programu CATIA V5R17. Pro vložení normálie bylo využito digitálního katalogu firmy HASCO HNM 3D Universal Module V9.0.

Násobnost formy byla volena dle ekonomického hlediska a kvality vstřikovaného dílu. Forma byla tedy navržena čtyřnásobná pro materiál PBT a též čtyřnásobná pro materiál TPE. Tvarové části formy jsou negativem vstřikovaného dílu, které byly zvětšeny o dané smrštění materiálu. Do těchto tvarových částí jsou zahrnuty tvárník, tvárnice, jádra.

Vstřikování bylo voleno pomocí horkého vtokového systému uloženého ve vstřikovací části formy. Horký blok Z106 a vstřikovací trysky Z200 byly voleny dle normálií firmy HASCO. Pro správnou funkčnost musela být zadána správná rozteč mezi vstřikovací trysky.

Pro odformování zadaného dílu bylo využito pro radiální směr šikmých čepů a lomených kolíků, které byly zajištěny uzamykacím systémem proti posunutí jader. Odformování pomocí stírací desky bylo provedeno pomocí hydraulického válce Z2300. Hydraulické válce jsou uloženy ve vyhazovacím otočném systému. V dutém trnu byly uloženy komponenty potřebné pro ovládání hydraulického válce.

Teplota formy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobít opět při stanovené teplotě. Proto temperační systém vstřikovací formy byl navržen několika okruhy. Bylo navrženo celkem osm okruhů. Pro každé dva tvárníky či tvárnici jeden okruh.

Volba vstřikovacího stroje byla prováděna na základě několika technických parametrů, které jsou pro kvalitní výstřiky a velikost formy nutné. Jako vhodný optimální stroj byl navržen ALLROUNDER 630 S od firmy ARBURG.

ZÁVĚR

Zhotovení diplomové práce bylo na základě požadavků oficiálního zadání a stanovených cílů diplomové práce.

Diplomová práce byla rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část pojednává o procesu vstřikování plastů. Byl popsán pracovní cyklus vstřikování. V další teoretické části bylo seznámení a rozdělení polymerů, termoplastů, reaktoplastů a jejich bližší popis. Práce byla též z větší části věnována konstrukci vstřikovacích forem a dílů ze kterých se skládá. Byly zde popsány různé součásti a podmínky vhodné ke konstrukci vstřikovací formy. Poslední část práce byla věnována popisu vícekomponentního vstřikování a rozdělení překládání výstřiků.

Praktická část pojednává o konstrukci formy pro vícekomponentní vstřikování. Zadaný díl Conector, pro který byla navržena vstřikovací forma bylo použito dvou materiálů. Jedná se o termoplastické materiály PBT a TPE. Pomocí programu CATIA byl modelován výrobek. V další části byla navržena a popsána samotná konstrukce vstřikovací formy, kde byly zobrazeny a popsány některé části formy. Finálním bodem diplomové práce byla konstrukce formy pro 2D sestavu. Sestava byla vhodně opozicována a jednotlivé díly sestavy byly zapsány do kusovníku.

Závěrečné zhodnocení konstrukce a rozbor výsledků bylo provedeno v diskuzi výsledků. Všechny díly, použité normálie a konstrukce sestavy vstřikovací formy byly uloženy na doloženém CD.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AVERY, J. Injection molding alternatives, A guide for designers and produkt engineers, Munich: Hanser/gardner publications, 1998. 331 s. ISBN 1-56990-251-8.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů. 2. opr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 133 s.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů. 1. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [4] GASTROW, Hans. Injection Molds: 130 proven designs. 3rd ed. Munich: Hanser publisher, 2002. 313 s. ISBN 3-446-21448-8.
- [5] HLUCHÝ, M., KOLOUCH, J., PAŇÁK, R. Strojírenská technologie 2 - 1.díl, Polotovary a jejich technologičnost, 1. vydání Praha: SCIENTIA, 1999. 316 s. ISBN 80-7183-117-4.
- [6] <http://www.arburg.com>
- [7] <http://www.battenfeld.com>
- [8] <http://www.engelglobal.com>
- [9] <http://www.hasco.com>
- [10] <http://www.ticona.cz>
- [11] KOLOUCH, J. Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním, SNTL Praha, 1986. 232 s.
- [12] LENFELD, P. Technologie zpracování plastů, Technická univerzita Liberec, http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp
- [13] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II., Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [14] MENGES, Georgie. MICHAELL, Walter., MOHREN, Paul. How to make Injection Molds, 3rd ed. Munich: Carl Hanser Verlag, 2001. 612 s., ISBN 3-446-21256-6.
- [15] ŘEHULKA, Z. Konstrukce výlisků z platů a forem pro zpracování plastů, 3 vydání, SEKURKON Brno: 2004. 203 s. ISBN 80-86604-11-X.

- [16] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. Formy a přípravky, Brno:VUT, 1985. 278 s.
- [17] VLČEK, J., MAŇAS, M. Aplikovaná reologie, Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2001. 144 s. Skriptum ISBN 80-7318-039-1.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

3D	Třírozměrný prostor
ABS	Akrylonitril butadien styren
ASA	Akrylonitril styren alkylakrylát
HIPS	High impact polystyren
LCP	Liquid crystal polymer
PA	Polyamid
PBT	Polybutylentereftarát
PC	Polykarbonat
PE	Polyethylen
PEAK	Polystherketone
PEI	Polyetherimide
PES	Polyethersulphone
PMMA	Polymethylmethacrylate
POM	Polyoxymethylen
PP	polypropylen
PPS	Polypropylen sulfad
PS	Polystyren
PSU	Polysulphone
PVC	Polivinilchlorid
SAN	Styren akrylonitril
T _f	Teplota toku [°C]
T _g	Teplota skelného přechodu [°C]
T _m	Teplota tání [°C]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Princip vstřikování termoplastů (jeden pracovní cyklus) [5]</i>	10
<i>Obr. 2. Schéma vstřikovacího stroje [5]</i>	11
<i>Obr. 3. Vstřikovací jednotka s předplastikací [13]</i>	12
<i>Obr. 4. Vstřikovací jednotka bez předplastikace</i>	13
<i>Obr. 5. Vzájemná poloha mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou [12]</i>	15
<i>Obr. 6. Klasifikace polymerů [17]</i>	18
<i>Obr. 7. Schematické znázornění uspořádání dlouhých makromolekulových</i>	19
<i>Obr. 8. Termomechanická křivka amorfního (a) a krystalického (b) polymeru [17]</i>	20
<i>Obr. 9. Trvalá odolnost vůči teplotám [17]</i>	21
<i>Obr. 10. Typy vyhazovacích kolíků [16]</i>	27
<i>Obr. 11. Vyhazování pomocí stírací desky [9]</i>	28
<i>Obr. 12. Vyhazování pomocí šikmých čepů [9]</i>	29
<i>Obr. 13. Základní druhy vtoků [11]</i>	31
<i>Obr. 14. Umístění vtoků [11]</i>	31
<i>Obr. 15. Průřezy rozvodných kanálů [16]</i>	32
<i>Obr. 16. Horký vtokový blok [9]</i>	34
<i>Obr. 17. Uspořádání rozvodných kanálů v deskách [16]</i>	36
<i>Obr. 18. Chlazení tvárníků [14]</i>	37
<i>Obr. 19. Princip dvoukomponentního vstřikování pomocí otočné formy [1]</i>	40
<i>Obr. 20. Princip dvoukomponentního vstřikování [7]</i>	40
<i>Obr. 21. Příklad uspořádání vstřikovacích jednotek</i>	41
<i>Obr. 22. Princip tříkomponentního vstřikování</i>	42
<i>Obr. 23. Princip postupného dvoukomponentního vstřikování [1]</i>	43
<i>Obr. 24. Princip překládání výrobků pomocí rotace formy [7]</i>	45
<i>Obr. 25. Princip horizontální rotace části vstřikovací formy [7]</i>	45
<i>Obr. 26. Princip použití posuvné části formy, šoupátka [7]</i>	46
<i>Obr. 27. Princip použití robotů k překládání výstřiků [7]</i>	47
<i>Obr. 28. Princip sendvičového vstřikování</i>	47
<i>Obr. 29. Zobrazení dílů vzniklých pomocí sendvičového vstřikování</i>	48
<i>Obr. 30. Zobrazení sendvičového vstřikování [8]</i>	48
<i>Obr. 31. Model plastového dílu ve 3D</i>	53

<i>Obr. 32. Zobrazení rozloženého modelu</i>	53
<i>Obr. 33. Zobrazení tvárníku a tvárnice pro materiál PBT.....</i>	57
<i>Obr. 34. Zobrazení tvárníku a tvárnice pro materiál TPE.....</i>	58
<i>Obr. 35. Zobrazení dělicích rovin na výstřiku</i>	58
<i>Obr. 36. Posuvné čelisti pro odformování TPE.....</i>	59
<i>Obr. 37. Posuvné čelisti pro odformování PBT.....</i>	59
<i>Obr. 38. Šikmý čep s uložením a uzamykání posuvných čelistí</i>	60
<i>Obr. 39. a) lomený kolík b) uzamykací trn</i>	60
<i>Obr. 40. Posuvný systém pro lomený kolík.....</i>	61
<i>Obr. 41. Zobrazení hydraulického pístu Z2300.....</i>	62
<i>Obr. 42. Detail horké trysky HASCO Z200.....</i>	63
<i>Obr. 43. Zobrazení horkého vtokového systému</i>	64
<i>Obr. 44. Zobrazení temperance levé strany formy.....</i>	65
<i>Obr. 45. Zobrazení temperance tvárníku PBT.....</i>	66
<i>Obr. 46. Zobrazení některých vodících elementů</i>	67
<i>Obr. 47. Zobrazení zajištění pouzder</i>	67
<i>Obr. 48. Vyhazovací strana vstřikovací formy.....</i>	69
<i>Obr. 49. Vyhazovací systém vstřikovací formy</i>	70
<i>Obr. 50. Vstřikovací strana formy.....</i>	71
<i>Obr. 51. Zobrazení kompletní vstřikovací formy</i>	72
<i>Obr. 52. Otevřená vstřikovací forma</i>	73
<i>Obr. 53. Vyhazovací strana formy – pohled do dutiny formy</i>	74
<i>Obr. 54. Detail A – odformování</i>	75
<i>Obr. 55. Detail B – odformování</i>	75
<i>Obr. 56. Zobrazení vysunutí vyhazovacího systému</i>	76
<i>Obr. 57. Zobrazení vysunutí stírací desky vyhazovacího systému</i>	77
<i>Obr. 58. Zobrazení vysunutí stírací desky vyhazovacího systému</i>	78
<i>Obr. 59. Detail C vyhození výstřiku TPE pomocí stírací desky.....</i>	78
<i>Obr. 60. Zobrazení otáčení vyhazovacího systému</i>	79
<i>Obr. 61. Zobrazení otočeného vyhazovacího systému</i>	80
<i>Obr. 62. Otočený vyhazovací systém.....</i>	80
<i>Obr. 63. Zobrazení vyhazovací části formy.....</i>	81
<i>Obr. 64. Zvolený vstřikovací stroj.....</i>	82

Obr. 65. Zobrazení stroje a polohy vstřikovací jednotky 83

Obr. 66. Zobrazení vstřikovací formy s uspořádáním vstřikovacích jednotek, typ L 84

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Materiály pro vícekomponentní vsřikování [8]</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 2. Popis materiálu PBT</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 3. Procesní podmínky materiálu PBT.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 4. Popis materiálu TPE</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 5. Procesní podmínky materiálu TPE.....</i>	<i>56</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P I.** Parametry vstřikovacího stroje Arburg ALLROUNDER 630 S
- P II.** Sestava vstřikovací formy ve 2D
- P III.** Vstřikovací strana formy ve 2D
- P IV.** Vyhazovací strana formy ve 2D
- P V.** Vyhazovací systém formy ve 2D
- P VI.** Kusovník sestavy
- P VII.** Příložené CD s vypracovanou diplomovou prací, výkresovou dokumentací ve 3D a též 2D konstrukce vstřikovací formy, plošný model zadaného dílu