

Konstrukce vstřikovací formy

Radomír Navrátil

Bakalářská práce
2012

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2012

Ve Zlíně dne 13. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



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

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radomír NAVRÁTIL**
Osobní číslo: **T090021**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Provedte konstrukci 3D modelu vyráběného vstřikovaného dílu
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 18.5.2012


.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový díl, kterým je patro vačkového spínače.

V teoretické části je uvedena problematika vstřikování, pravidla volby vstřikovacího stroje, konstrukce vstřikovací formy a vstřikovaného dílce.

Úkolem praktické části je nakreslit 3D model plastového výrobku, zhotovit konstrukci vstřikovací formy a vytvořit výkres sestavy formy. Při konstrukci je využíván program Catia V5R18 a normálie firmy HASCO.

Klíčová slova: forma, vstřikování, catia

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on the construction of injection mold process for plastic product which is a floor of cam switch.

In the theoretical part are presented problems of injection molding, correct option of injecting machine, the design of injection mold and produced part.

The aim of the practical part is to design 3D model of plastic part, to make the design of injection mold and to create a drawing of mold assembly. The Catia V5R18 software and the standart part from company HASCO are used while whole design.

Keywords: mold, injection molding, catia

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné rady a čas, který mi věnoval po celou dobu vzniku práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ	12
1.1 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	13
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	15
2.1 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	16
2.2 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE	17
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	18
3.1 KONSTRUKCE FOREM	19
3.1.1 Postup konstrukce forem.....	20
3.1.2 Zaformování výstřiku.....	20
3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny	21
3.1.4 Smrštění výrobku	21
3.2 STUDENÉ VTKOVÉ SYSTÉMY	22
3.2.1 Obecné zásady SVS	22
3.2.2 Plný kuželový vtok.....	23
3.2.3 Bodový vtok	23
3.2.4 Tunelový vtok	24
3.2.5 Boční vtok	25
3.2.6 Filmový vtok	25
3.2.7 Vícenásobný vtokový systém.....	26
3.3 VYHŘÍVANÉ VTKOVÉ SOUSTAVY.....	26
3.3.1 Vyhřívané trysky	27
3.3.2 Vyhřívané rozvodné bloky	28
3.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	30
3.4.1 Vyhazovací kolíky	31
3.4.2 Stírací deska	32
3.4.3 Trubkový vyhazovač	32
3.4.4 Šikmé vyhazovače.....	33
3.4.5 Speciální systémy vyhazování	33
3.5 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	34
3.5.1 Šikmé kolíky válcové.....	34
3.5.2 Lomené kolíky	35
3.5.3 Hydraulické tahače.....	35
3.5.4 Pneumatické tahače	36
3.6 TEMPERACE FOREM.....	36
3.6.1 Obecné zásady temperace	37
3.6.2 Temperační prostředky.....	39
3.7 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	40
3.8 MATERIÁLY FOREM.....	40

II PRAKTICKÁ ČÁST	42
4 STAVOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	43
5 POUŽITÉ APLIKACE	44
5.1 CATIA V5R18	44
5.2 HASCO R2-2011	44
5.3 AUTODESK MOLDFLOW INSIGHT 2011	44
6 SPECIFIKACE VÝROBKU	45
6.1 MATERIÁL VÝSTŘIKU	45
7 VSTŘIKOVACÍ STROJ	48
8 KONSTRUKCE FORMY	50
8.1 NÁSOBNOST FORMY	51
8.2 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	52
8.2.1 Tvárník a tvárnice	52
8.2.2 Posuvná jádra	54
8.3 VTOKOVÝ SYSTÉM	56
8.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉM	57
8.4.1 Vyhazovače	58
8.5 TEMPERACE.....	59
8.5.1 Temperace tvárníku.....	60
8.5.2 Temperace tvárnice	61
8.6 ODVZDUŠNĚNÍ.....	62
8.7 TRANSPORTNÍ SYSTÉM FORMY	63
9 ZÁVĚR.....	64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	66
SEZNAM OBRÁZKŮ	68
SEZNAM TABULEK.....	70
SEZNAM PŘÍLOH.....	71

ÚVOD

První plast vyrobil roku 1870 Američan John Wesley Hyatt. Mezitím výroba a používání plastů prošlo velmi progresivním stádiem vývoje. Zpočátku se plasty aplikovaly na spotřební zboží, protože nároky na funkční vlastnosti a zpracování nebyly velké. Ekonomické přínosy byly zřejmé a kromě toho měly výrobky estetický vzhled, nízkou hmotnost a nekorodovaly. Postupně se začaly plasty používat v širší oblasti, vlivem objevování nových druhů a modifikací se zvýšenou pevností, tepelnou odolností, a dalšími speciálními vlastnostmi a užíváním rozšiřující se škály plniv nebo aditiv.

V dnešní době nejrozšířenější plastikářskou technologií výroby je vstřikování termoplastů. Tato technologie umožňuje vyrábět výrobky téměř neomezených tvarů pro aplikace v automobilovém a leteckém průmyslu, ale i obaly v potravinářském průmyslu, stavebnictví atd. Provádí se na vstřikovacích strojích, jejichž nedílnou součástí je vstřikovací forma. Ta dává výrobku požadovaný tvar, vzhled i povrchovou kvalitu. Forma by měla zajistit celkovou stabilitu a zachování požadovaných vlastností výrobku. Dále forma musí odolávat vysokým tlakům, mít tvarovou i rozměrovou stálost a umožnit snadné vyjmutí výrobku.

Konstrukce a samotná výroba forem je velmi finančně i časově náročná. Jednou z možností jak zkrátit především čas návrhu a výroby je použití typizovaných součástí od firem, které se jejich výrobou zabývají. Návrh a výroba vstřikovaného dílce a nástroje se v dnešní době již neobejde bez CAD/CAM/CAE systémů. Tyto aplikace umožňují předejít chybám už při konstrukci, ale i při zavedení výroby tohoto produktu. Výsledkem je menší množství úprav na vyrobené formě a ušetření nemalého množství finančních prostředků. [2], [3], [6]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji tlakem dopravován do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. [5]

1.1 Vstřikované materiály

Vstřikováním lze zpracovat jak termoplasty, tak i reaktoplasty a kaučukové směsi. Zatím co v prvním případě je interval pro tváření teoreticky neomezený, v dalších dvou případech je tento interval omezen v důsledku probíhajícího síťování. Čím je teplota tváření vyšší, tím je tvářecí interval kratší. Vstřikovací termoplasty mají zpravidla lepší tokové vlastnosti (ITT) než např. vytlačovací typy. Složení směsi je obdobné jako pro jiné způsoby zpracování, barvení se může provádět za sucha. Vstřikovat se můžou plněné i lehčené materiály. Plasty jako materiály 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 polymer se stává viskozni. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostane opět do původního pevného stavu. Termoplasty jsou nejpoužívanější materiály pro vstřikování. Nejznámější zástupci této skupiny jsou: PS, PMMA, PC, PP, PE, PA, PBT, PET, PVC,
- reaktoplasty mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzení) plastu (někdy i působením katalyzátoru). Jakmile je chemický proces ukončen, další tváření již není možné,
- gumárenské směsi mají vlastnosti podobné jako reaktoplasty s tím rozdílem, že zesíťování (vulkanizace) je dosaženo přidáním vulkanizačního činidla. Vulkanizačními činidly mohou být síra, peroxid nebo oxidy kovů. [1], [5]

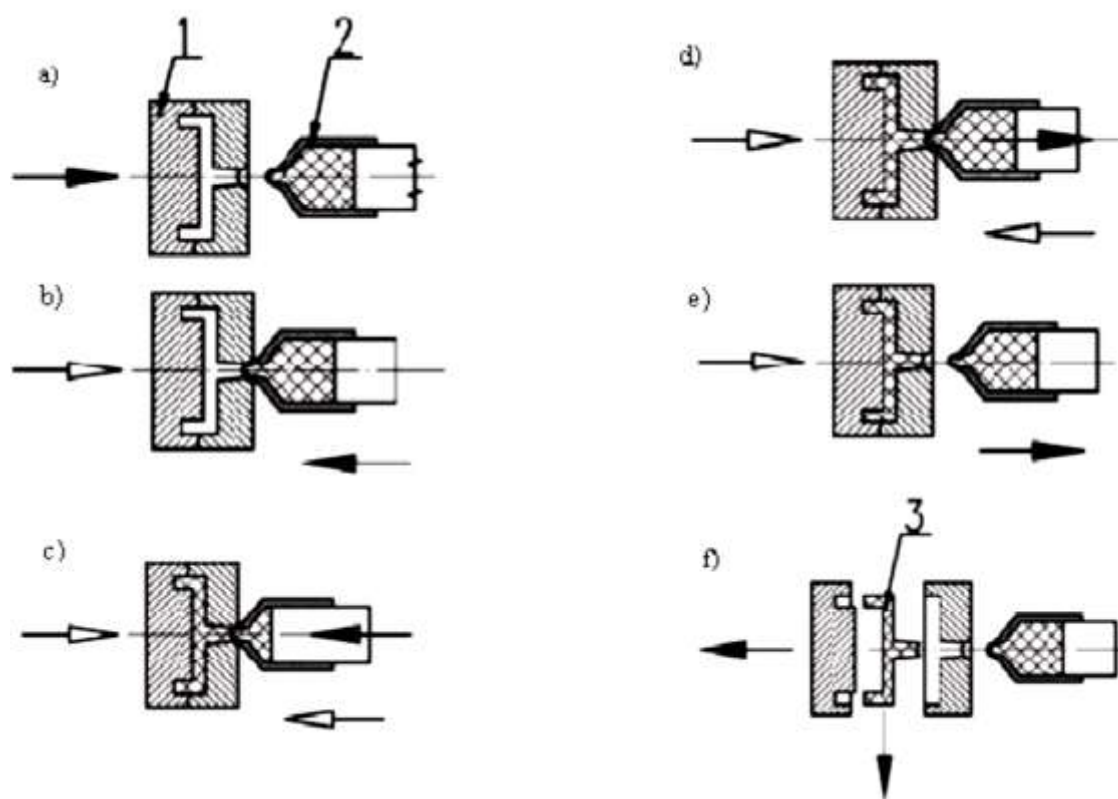
1.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se skládá s těchto fází:

- uzavírání formy,
- vstřík,
- dotlak,
- chlazení a plastikace,
- otevření formy,
- prodleva.

Vyráběné množství výstřiků ovlivňuje především násobnost formy. I pomocí technologie vstřikování se může zvýšit produkce. To se projeví optimální délkou pracovního cyklu. Jeho délka je výsledkem všech časových průběhů.

Po uzavření formy ve stroji je plastifikovaná hmota požadované teploty vstříknuta do formy nastaveným tlakem při určité rychlosti. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Hned potom nastoupí dotlak, který skončí při částečném ochlazení plastu ve formě. Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky plastu. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy pro další cyklus následuje další cyklus. [1]

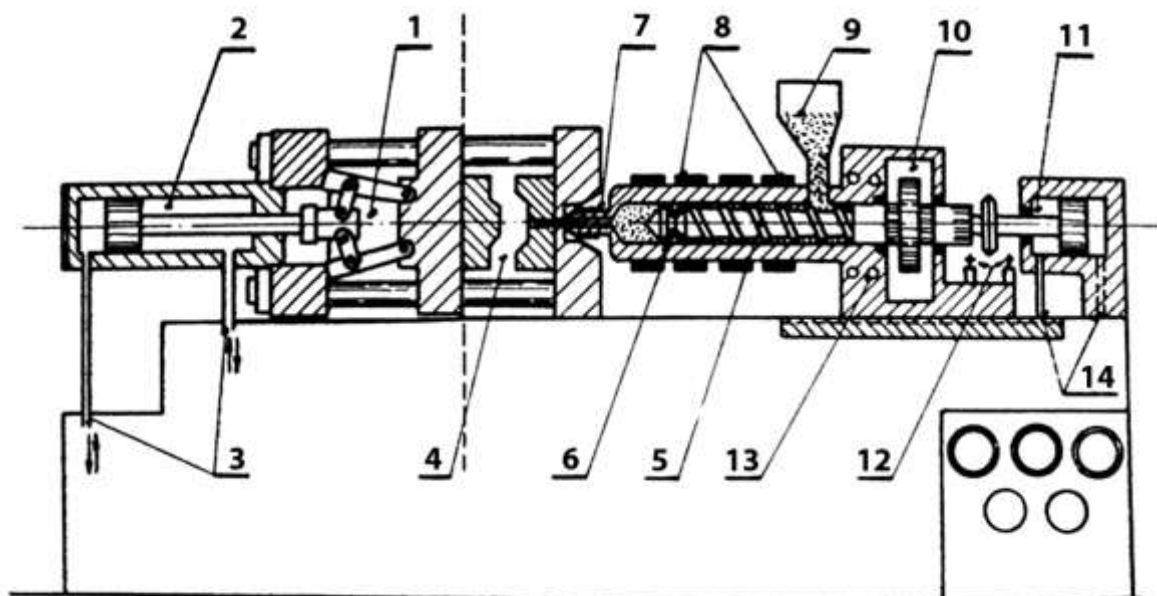


Obr. 1. Schéma činnosti vstřikovacího stroje [5]

a) uzavření formy, b) přisunutí vstřikovací jednotky, c) plnění dutiny formy, d) dotlak, e) odjezd plastikační jednotky, f) otevření formy,

2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řízení a regulace. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací na obrázku. Každý výrobce vstřikovacích strojů je schopen vybavit vstřikovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště, tj. dovybavit stroj manipulátory, roboty, temperačním zařízením, dávkovacím a mísícím zařízením, sušárnami, dopravníky pro výrobky a vtoky, mlýny, atd. [3]

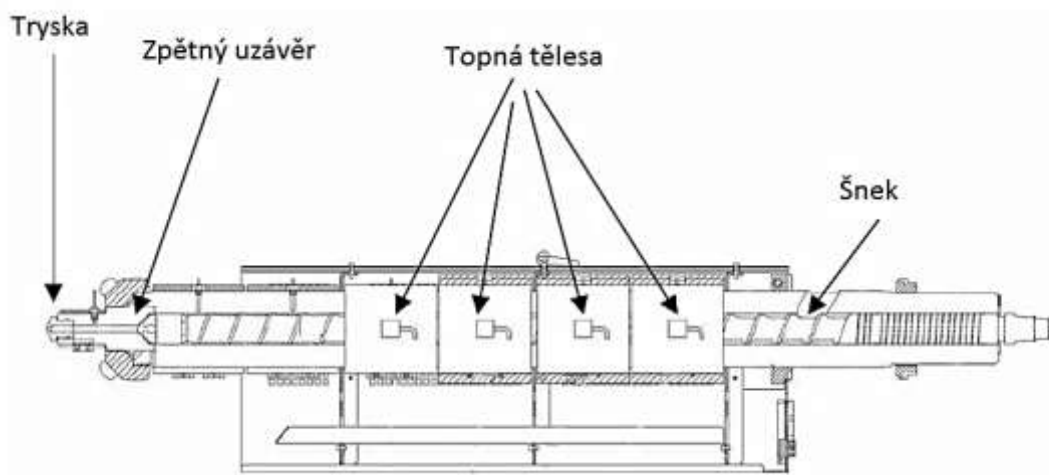


Obr. 2. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [12]

(1 – uzavírací mechanismus, 2 – uzavírací válec, 3,14 – přívod tlakové kapaliny, 4 – forma, 5 – plastikační šnek, 6 – tavící komora, 7 – tryska, 8 – vyhřívání, 9 – násypka, 10 – šnek, 11 – válec pro axiální pohyb šneku, 12 – koncové spínače, 13 - chladící kanály)

Vstřikovací jednotka musí zajistit dokonalou plastifikaci a homogenizaci taveniny a dostatečně vysoký vstřikovací tlak. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva

pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásma. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Část tepelné energie vznikne disipací materiálu. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínkou správné funkce. [1]



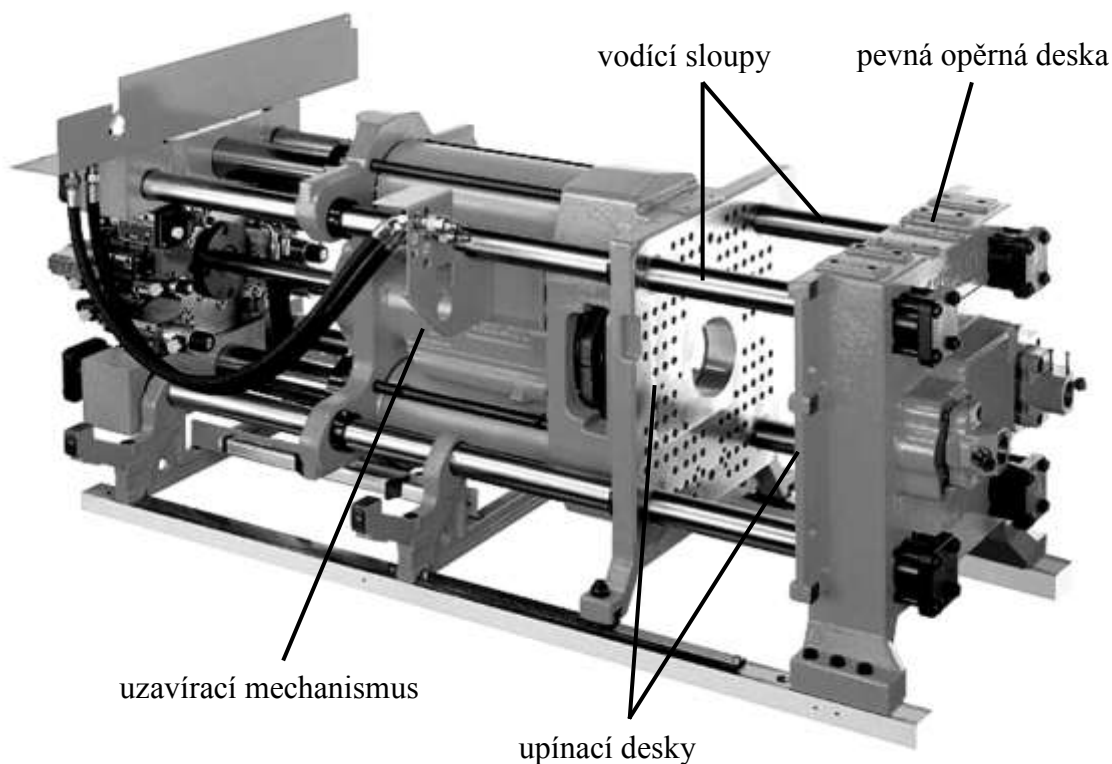
Obr. 3. Vstřikovací jednotka [9]

2.1 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavírací síly je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoku v dělicí rovině.

Hlavní části uzavírací jednotky:

- opěrná deska pevná,
- upínací desky,
- vodící sloupy,
- uzavírací mechanismus. [1]



Obr. 4. Hydraulická uzavírací jednotka [8]

2.2 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

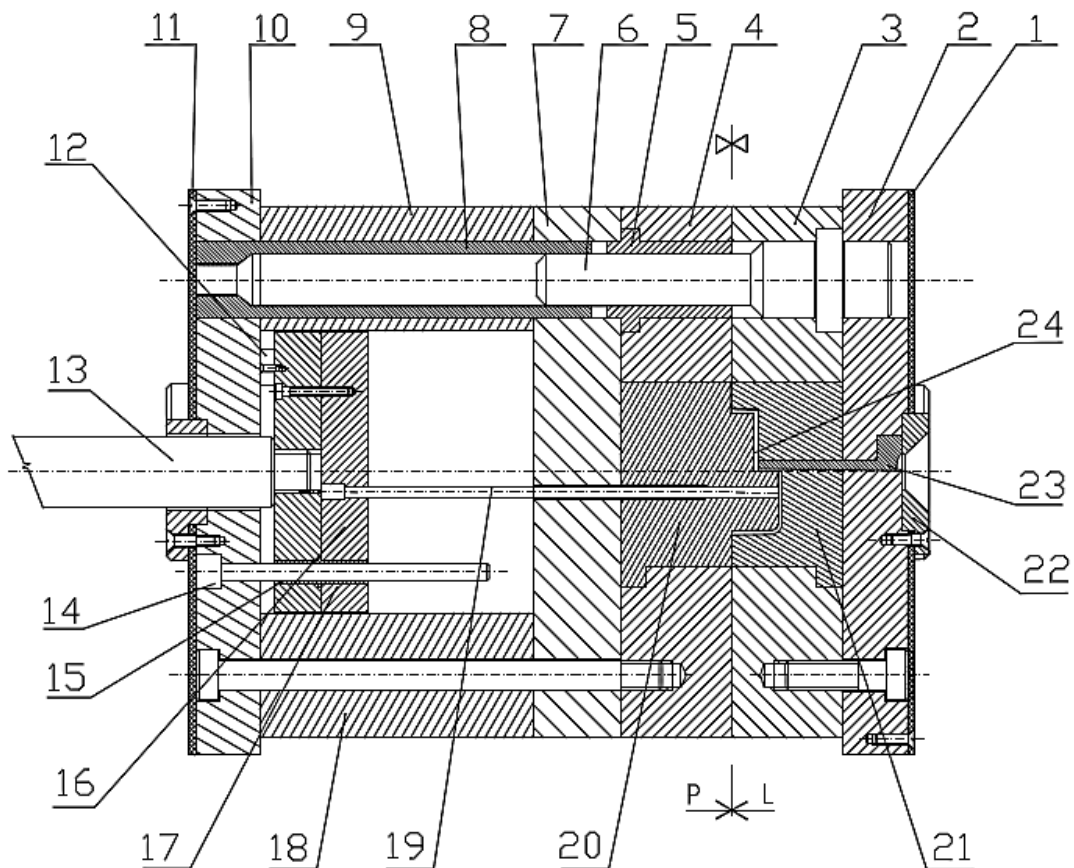
Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. Novější koncepce vstřikovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. [1]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

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 vyrobit požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě,
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. Také vysokým využitím plastu,
- společenskoestetické, které umožňují vytvářet vhodné prostředí při běžné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy. [1]



Obr. 5. Řez vstřikovací formou

1,11 – izolační deska, 2,10 – upínací desky, 3 – pravá kotevní (tvarová) deska, 4 – levá kotevní (tvarová) deska, 5,17 – vodící pouzdro, 6,14 – vodící čep, 7 – opěrná deska, 8 – středící trubka, 9,18 – rozpěrné deska, 12 – dorazová podložka, 13 – táhlo, 15 – vyhazovací deska kotevní, 19 – vyhazovací kolík, 20 – tvárník, 21 – tvárnice, 22 – středící kroužek, 23 – vtoková vložka, 24 – dutina formy

3.1 Konstrukce forem

Výroba dílu vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém časovém intervalu, za působení dostatečného tlaku, teploty a dalších nutných parametru. Z toho vyplývají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí.

U formy se vyžaduje:

- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celku, pro zachycení vznikajících tlaku,
- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch dutiny formy,

- správná funkce formy, vhodný vtokový, vyhazovací, temperační a odvzdušňovací systém,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich nedokonalé funkce, snížené přesnosti i životnosti. Proto je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze. [1]

3.1.1 Postup konstrukce forem

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Celá koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. [1]

Vlastní konstrukce pak má následující postup:

1. Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměru a tvářecích podmínek.
2. Určení dělicí roviny součásti a způsobů zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Je zde nutné respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění vtoku a vyhazování z dutiny formy.
3. Dimenzování tvarových dutin a navržení jejich topologie. Volba vhodného vtokového systému, velikosti jeho průřezu, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálu i ústí vtoku.
4. Stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy.
5. Navržení vhodného rámu formy s ohledem na typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperaci formy.
6. Výběr vhodného středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupný prostředku.
7. Kontrola funkčních parametrů formy, hmotnosti výstřiku, jeho průměrné plochy, vstřikovacího tlaku, uzavíracího tlaku a dalších faktorů s ohledem na doporučený stroj. [1]

3.1.2 Zaformování výstřiku

Dělicí rovina bývá zpravidla rovina rovnoběžná s upínací plochou formy. Muže ovšem být i šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytvářet u výstřiku s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí roviny. Taková koncepce způsobuje obtížnější a dražší výrobu formy a zvyšuje

počet nevázaných rozměrů. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí rovina:

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

Pozitivní úlohu hraje dělicí rovina při odvzdušnění dutin formy. [1]

3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílu, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení.

Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměru výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy napravit úpravou technologických parametru, někdy však jen nákladnou korekcí rozměru formy. Povrch i rozměry výstřiku jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé:

- smrštění polymeru (zejména provozní),
- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny formy. [1]

3.1.4 Smrštění výrobku

Smrštění je děj, který se vyskytuje u všech plastů. Při vstřikování jakéhokoliv termoplastu amorfního nebo částečně krystalického platí, že rozměry výstřiku po jeho vyhození z formy jsou rozdílné od rozměrů měřených po nějaké době od jeho výroby, resp. po jeho skladování. Základní příčinou smrštění je stlačitelnost, tepelná rozpínavost a kontrakce plastů, u částečně krystalických plastů se přidávají krystalizační změny.

Základním požadavkem všech uživatelů výstřiků z termoplastů je, že vyrobený díl musí mít požadované rozměry, definované tolerancemi. Tvarová dutina tedy musí být o příslušné smrštění v daném místě větší. Takto jednoduše definovaný požadavek je ale v praxi velmi obtížně realizovatelný. Důvodem je, že na výsledné smrštění působí velké množství ovlivňujících, přičemž mezi základní je možné řadit:

- procesní parametry výroby – tlaky, teploty, časy,
- typ a vlastnosti zpracovávaného termoplastu – amorfni, částečně krystalické materiály, jejich pvT chování, plněné, neplněné plasty, druh a obsah plniva,
- konstrukce výstřiku, resp. formy – zejména tloušťka stěn výstřiku, tvary ovlivňující smrštění apod. [3]

3.2 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného polymeru od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy.

3.2.1 Obecné zásady SVS

Vtokové systémy formy zajišťují při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory.

Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejich ústí ovlivňuje:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu,
- náročnost opracování a začištění výstřiku,
- energetická 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 vtoku za stejného tlaku a současně.

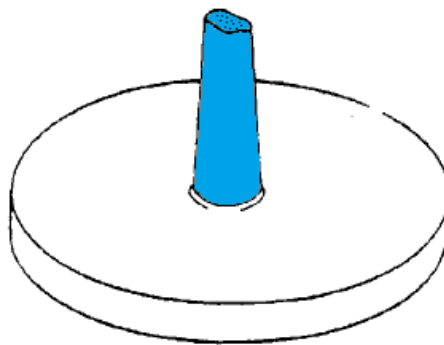
Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnější povrch prudce roste, nejnižší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému. [1]



Obr. 6. Části studeného vtokového systému [1]

3.2.2 Plný kuželový vtok

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

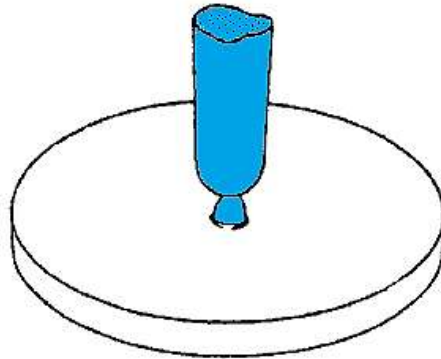


Obr. 7. Plný kuželový vtok [4]

3.2.3 Bodový vtok

Jedná se o nejužívanější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, které leží mimo nebo i v dělicí rovině. Muže vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskové formy. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině. V zúženém místě vtoku dochází při odformování k odtržení vtoko-

vého zbytku od výstřiku. U tenkostěnných výstřiků se nejužší místo volí dál od těla výstřiku, než je tomu u výstřiků tlustostěnných, tím je zamezeno vytržení materiálu na budoucím výrobku. [1]



Obr. 8. Bodový vtok [4]

3.2.4 Tunelový vtok

Je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřík. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelového vtoku je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. To je třeba zvážit u vzhledově náročných výstřiků. Není-li zaústění do boku výstřiku možné, využívá se zaústění do vnitřního nálitku, žebra apod. Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy, nebo při vyhazování výstřiku, k tomu je ale nutno použít přidržovače vtoku.

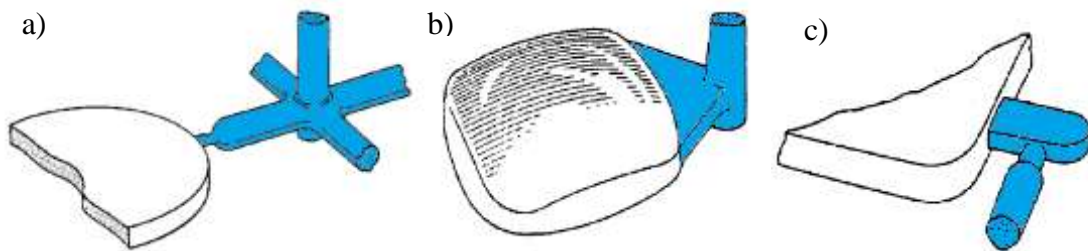


Obr. 9. Tunelový vtok [1]

Zvláštním typem tunelového vtoku je srpkovitý (banánový) vtok, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve kterém nepůsobí rušivě. Takový vtok je vhodný jen pro plasty s vysokou elasticitou. [1]

3.2.5 Boční vtok

Jedná se o typ se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový či lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělení zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. Ústí se často upravuje do tvaru vějíře (vějířový boční vtok) k zamezení volného vstřiku. Mimo typický a vějířový boční vtok známe také boční vtok nepřímý a s překryvem.

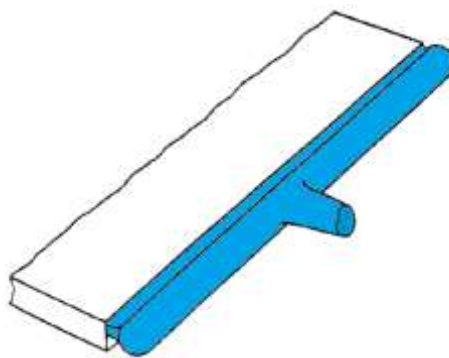


Obr. 10. Boční vtoky [4]

a) typický, b) vějířový, c) nepřímý

3.2.6 Filmový vtok

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



Obr. 11. Filmový vtok [4]

Od filmového ústí se vyžaduje:

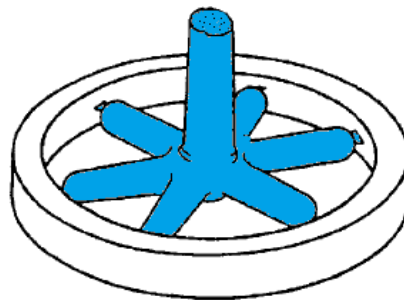
- dodržení rovinnosti, přímosti a přesnosti tvaru výstřiku,
- malé vnitřní pnutí,
- odstranění studených spojů,

- vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra,
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do formy,
- zmenšení odporu vtokového systému.

Důležitým aspektem je, že rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. Toto se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [1]

3.2.7 Vícenásobný vtokový systém

Pro výtřik je účelné naplnit dutinu formy taveninou jedním vtokem. Neumožňuje-li to tvarová dutina (nebo i jiný důvod - rychlost plnění) použije se více vtoků. Před použitím je třeba zvážit jejich vliv na uzavírání vzduchu a vznik studených spojů při setkání proudu taveniny z jednotlivých vtoků. [1]



Obr. 12. Vícenásobný vtok [8]

3.3 Vyhřívání vtokové soustavy

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívání vtokových soustav. Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim rada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami s předkomůrkami apod. Dnešní vyhřívání vtokové soustavy mají vyhřívání trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých dalších jejich dílů. Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců.

I přes tuto nevýhodu používání VVS stále narůstá, protože:

- umožňují automatizaci výroby,

- zkracují výrobní cyklus,
- snižují spotřebu plastů – vstřikování bez vtokových zbytků,
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytku,
- odpadá manipulace a regenerace zbytku vtoku a problémy při jejich zpracování.

Technologie vstřikování při použití vyhřívané vtokové soustavy spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. Součástí systému je regulace teploty jak vyhřívané vtokové soustavy, tak vstřikovací formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [1]

3.3.1 Vyhřívané trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy.

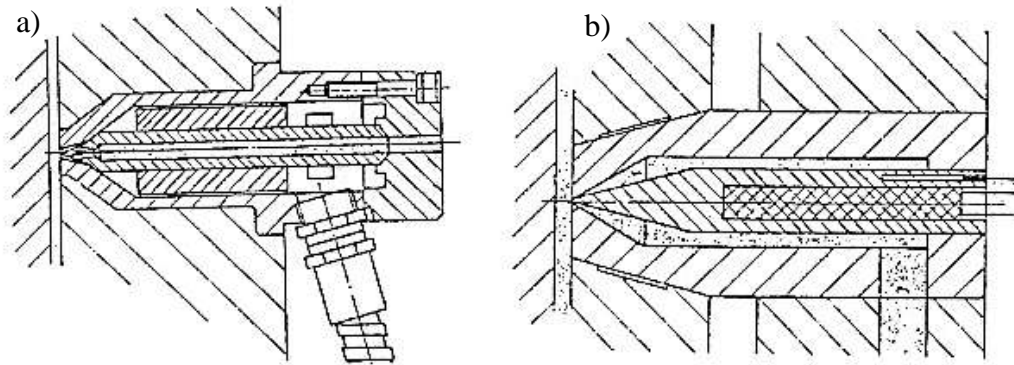
- nepřímo ohřívané trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit, se vyznačují dvěma provedeními,
- dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus.

Druhý způsob se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Je dokonalejší oproti dříve popisovaným systémům. Používá se pro vícenásobné formy. Konstrukční provedení přímo ohříváných trysek je charakterizováno dvěma základními principy:

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Při vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení.
- trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.

Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je:

- otevřené pro plast, který netáhne vlas,
- se špičkou (s hrotem), pro plast náchylný k tažení vlasu, s uzavírací jehlou,
- speciálně tvarované. [1]

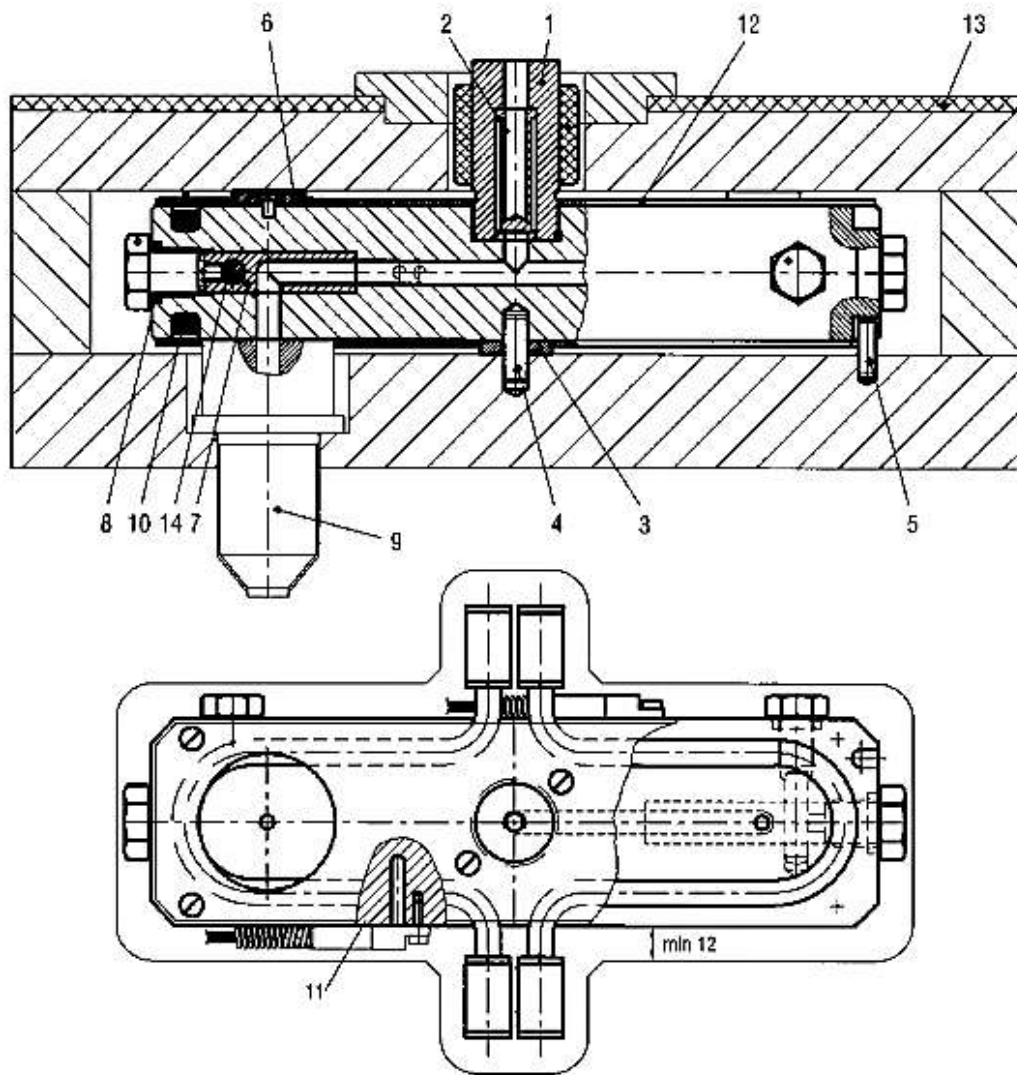


Obr. 13. Horké trysky [1]

a) s vnějším vytápěním b) s vnitřním vytápěním

3.3.2 Vyhřívání rozvodné bloky

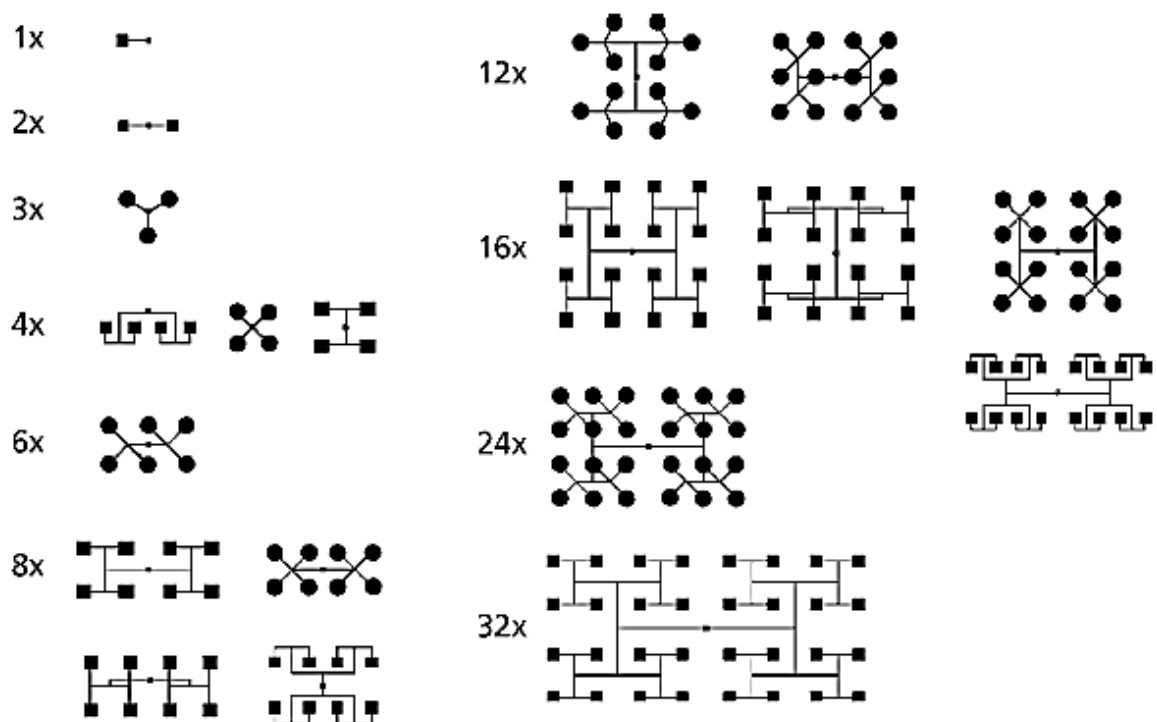
Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhříváními nebo izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním.



Obr. 14. Vyhřívavý rozvodný blok [13]

1 - centrální vtoková vložka, 2 - vložka filtru, 3 - distanční podložka, 4 - středící kolík, 5 - středící kolík, 6 - distanční podložka, 7 - obtoková zátka, 8 - kovové těsnění, 9 - horká tryska, 10 - vyhřívání, 11 - termočlánky, 12 - reflexní deska, 13 - izolační deska, 14 - kolík

Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysky. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. [1]



Obr. 15. Modifikace vyhřívaných rozvodných bloků [13]

Je vytápěný nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. Mohou však být vytápěny i jinak. Rozvodný blok je ve formě upevněn pomocí přítlačných kroužků a je zajištěn proti pootočení.

Ohřev a změna teploty bloku vzhledem k formě, která má jinou teplotu, vyvolává změny v jeho délkových rozměrech. To může způsobit:

- změnu rozměrů bloku a tím přesazení trysky se zmenšením vtokového ústí,
- vysoké tlaky ve formě,
- deformaci v nástroji.

Tyto relativní změny u trysek pevně zakotvených v bloku se musí vhodně kompenzovat. Děje se tak přesazením otvoru pro trysku, zkrácením délky bloku a jinými konstrukčními opatřeními. [1]

3.4 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které má dvě fáze:

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

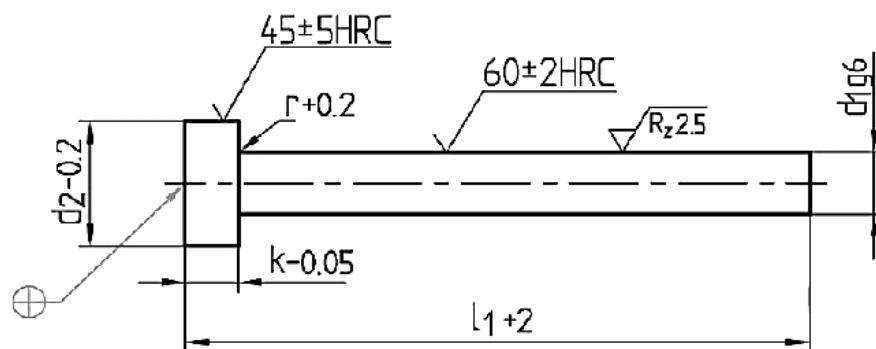
Základní podmínkou dobrého vyhození výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací systém musí výstřik vysunout rovnoměrně, aby nedošlo k jejich přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací nebo k jinému poškození. [2]

3.4.1 Vyhazovací kolíky

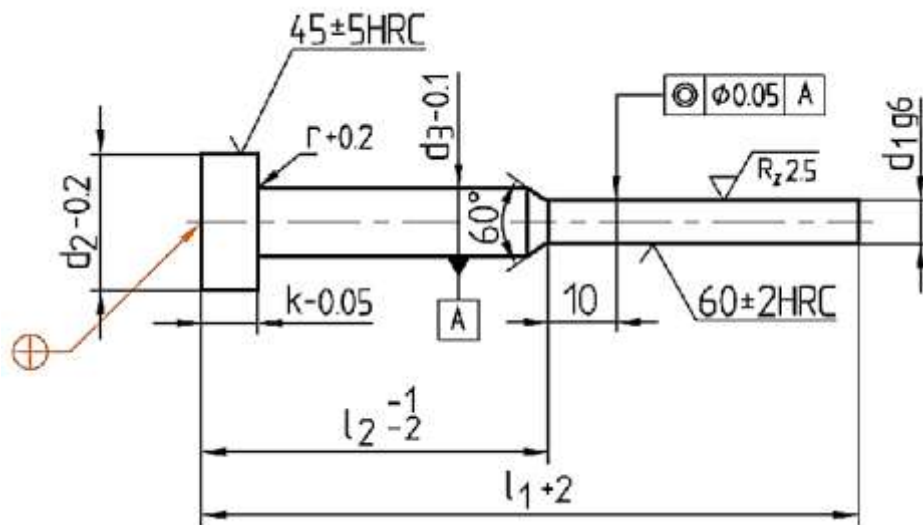
Lze je použít tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Tento způsob je nejčastějším a nejlevnějším. Je také výrobně jednoduchý a funkčně zaručený.

Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku i jeho vhodné umístění umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperační kanály.

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a teplotnosti plastu. Vůle v uložení působí i jako odvzdušnění. [2]



Obr. 16. Vyhazovací kolík válcový [10]



Obr. 17. Vyhazovacích kolíků prizmatický [10]

3.4.2 Stírací deska

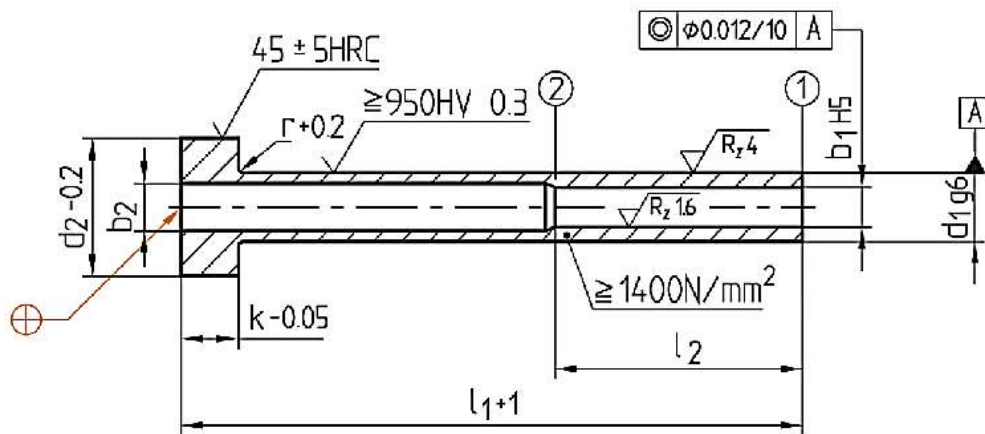
Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace jsou pak minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Pohyb stírací desky může být vyvozen:

- tlakem vyhazovacího systému,
- tahem ve speciálním případě (obvykle při rozevírání formy).

Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [2]

3.4.3 Trubkový vyhazovač

Speciální případem stírací desky je trubkový vyhazovač. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatímco vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [2]



Obr. 18. Trubkový vyhazovač [10]

3.4.4 Šikmé vyhazovače

Jsou speciální formou mechanického vyhazování. Šikmé vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní využití konstrukčně náročných posuvných čelistí s klínovým mechanismem. Je snahou, aby způsob byl funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [2]

3.4.5 Speciální systémy vyhazování

Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače), bez záruky dobré funkce. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích.

Hydraulické vyhazování

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

Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

3.5 Boční posuvné čelisti

Výstřiky s bočními otvory, výstupky nebo různými zahloubeními, které leží kolmo k ose formy, se řeší s pohyblivými čelistmi. K ovládní těchto částí formy, které tvoří někdy další dělicí roviny, se používá mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků.

Čelisti jsou zpravidla ukotveny na pohyblivé části formy. Pohyb je ovládán pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatickými nebo hydraulickými tahači. Mechanické šikmé, válcové nebo lomené kolíky využívají při své funkci otevíracího a uzavíracího pohybu vstřikovacího stroje s formou.

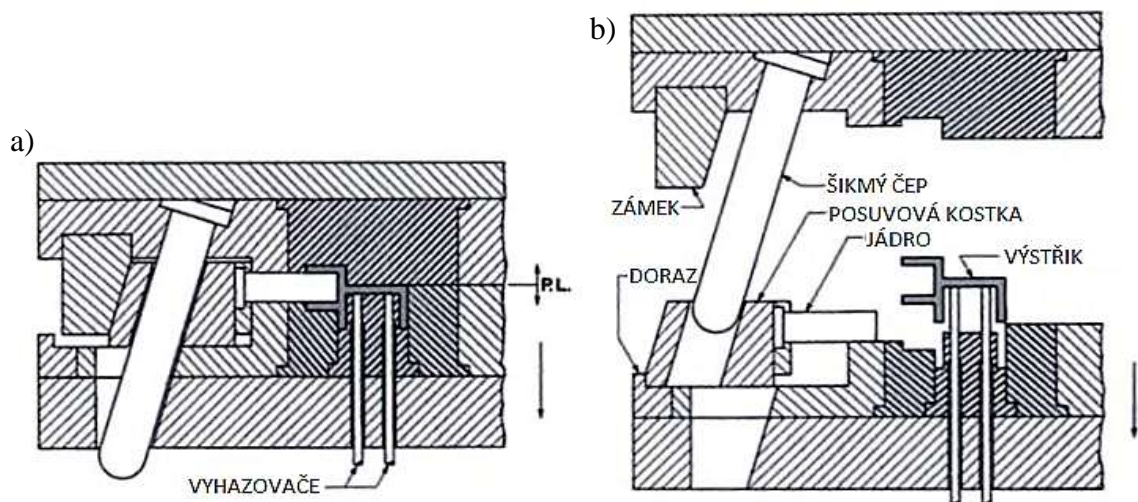
Počtem pohyblivých čelistí se zvětšuje i počet dělicích rovin a tím roste i počet rozměrů nevázaných formou. Tuto skutečnost je třeba brát v úvahu při tolerování a lícování výstřiku i formy. Vzrůstá také složitost a tím i náklady na formu. [2]

3.5.1 Šikmé kolíky válcové

Vysouvají boční čelisti současně s otevíráním formy, jen s nepatrným zpožděním ovlivněným vůlí (obvykle 0,2 mm) v otvoru šikmého kolíku, který se pohybuje pod úhlem 15° až do 25°.

Šikmý kolík provádí především otevírací pohyb. Otevřená poloha se zajišťuje např. kuličkou nebo jinou západkou. Uzavření je opět prováděno šikmým kolíkem, který je v čelisti veden v otvoru s vůlí. Čelist se zajišťuje v pracovní poloze při vstřikování její uzavírací plochou a opěrnou plochou pevné desky formy, případně zajišťovacími kolíky.

Šikmé kolíky se používají tam, kde se nevyžaduje žádné, nebo malé zpoždění vysouvání čelistí při otevírání hlavní dělicí roviny. Vůle mezi kolíkem a otvorem může být až 3 mm. [2]



Obr. 19. Odformování výstříku pomocí šikmých čepů [4]

a) uzavřená forma, b) otevřená forma

3.5.2 Lomené kolíky

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

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

3.5.3 Hydraulické tahače

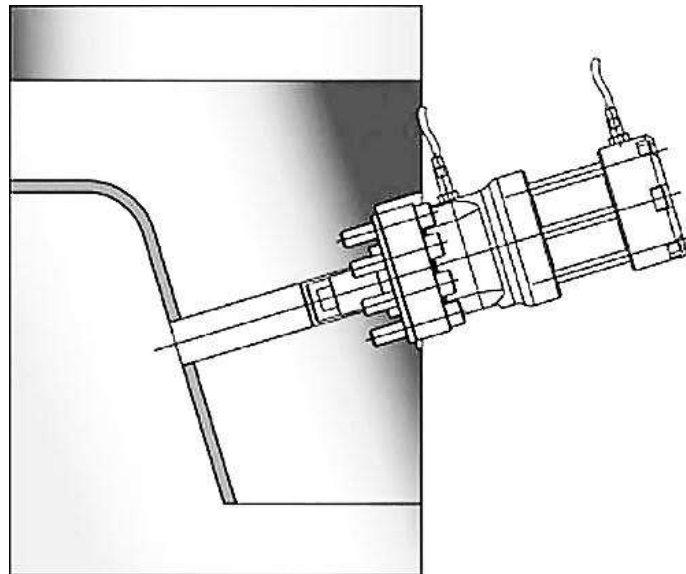
Používají se u pohyblivých čelistí pro vytažení dlouhých, nebo těžkých jader, případně pro postupné vytahování více jader. Čelisti lze ovládat a otvírat:

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

Pohyby se dají snadno ovládat hlavně pomocí koncových spínačů a mohou být řízeny elektromagnetickými rozvaděči, podle předem stanoveného postupu. Pohyb se vyznačuje stej-

nosměrným chodem. Pokud působí na čelisti boční síly, je třeba u nich také použít uzamykacího systému, nebo uzavírací hydraulické jednotky.

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



Obr. 20. Hydraulický tahač jader [10]

3.5.4 Pneumatické tahače

Používají se někdy pro ovládání pohybu posuvných čelistí. Při jejich funkci je třeba brát v úvahu stlačitelnost vzduchu, která může mít za následek nerovnoměrný nebo trhavý pohyb ovládané čelisti. Tlak vzduchu ve válci bývá 0,4 až 0,6 MPa.

Výhodou pneumatických, případně hydraulických válců je možnost pohybu posuvné čelisti i při sevřené formě, pokud tato není uzamčena. [2]

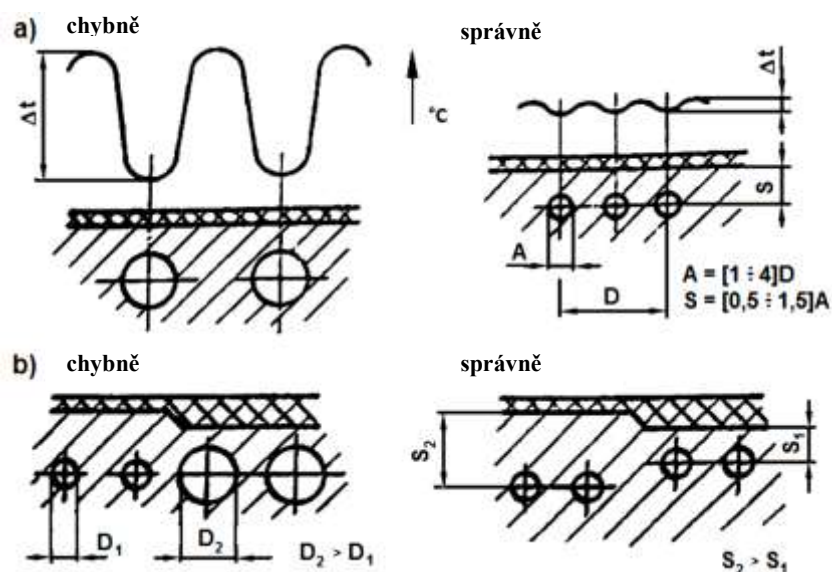
3.6 Temperace forem

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy nebo její části. Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma

ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy. Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích. Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutí, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. [2]

3.6.1 Obecné zásady temperace

Rozměry a rozmístění temperačních kanálů se volí tak, aby vzdálenost kanálů od funkční dutiny příliš nesnížila tuhost a pevnost stěn dutiny formy. Povrch temperačních kanálů slouží jako plocha pro přestup tepla z povrchu dutiny formy do chladicího média, případně naopak. Je proto vhodnější používat spíše více kanálů s menším průřezem a menší roztečí než kanály s větším průřezem a roztečí. Toto řešení zajistí menší kolísání teploty v dutině formy. [2]



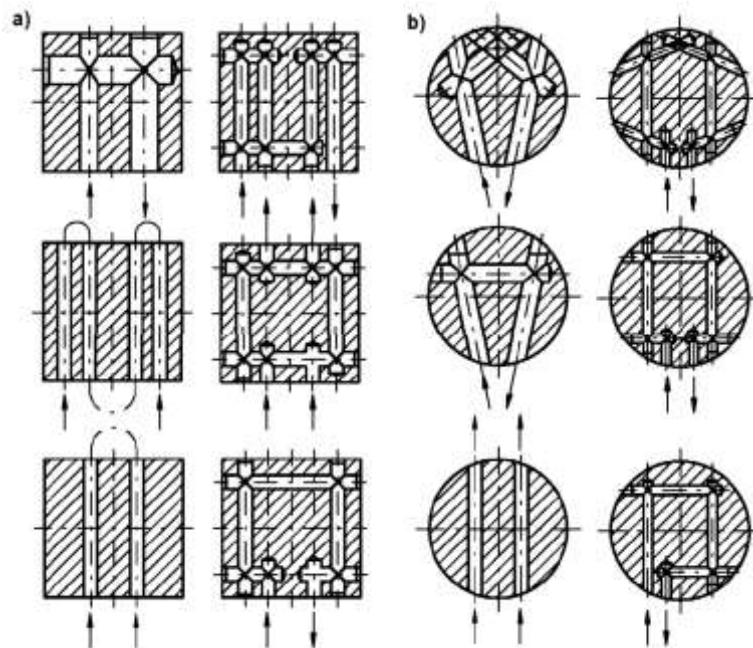
Obr. 21. Vliv umístění a průměru temperačních kanálů [2]

- a) vliv rozmístění kanálů na průběh teploty povrchu tvárnice
- b) chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny

Pro volbu temperačního systému je třeba dodržet tyto pravidla:

- kanály umístit tak blízko k tvarové dutině, aby byla zajištěna její dostatečná tuhost,
- kanály umístit a dimenzovat tak, aby intenzivně odváděly teplo v okolí vtoku taveniny do dutiny,

- průtok chladicí kapaliny regulovat tak, aby proudila od nejteplejšího místa formy k nejméně chladnějšímu,
- průřez kanálů volit kvůli výrobním důvodům kruhový,
- rozmístění kanálů volit s ohledem na tvar výstřiku, kanály musí procházet celistvým materiálem formy s dobře utěsněnými spoji.
- V případě, že není možné zaručit dobré utěsnění, nahradí se temperační kanál drážkou, do které se umístí tenkostěnná měděná trubka.
- zamezit vzniku mrtvých koutů (usazují se v nich nečistoty a jsou to ohniska koroze, která způsobí ucpání kanálů),
- neumísťovat kanály v blízkosti hran výstřiků,
- průměr kanálů volit minimálně 6 mm z důvodu vzrůstajícího nebezpečí ucpání nečistotami, vodním kamenem apod. (vyžadují použití upravené vody a čistitelných filtrů),
- kanály konstrukčně řešit tak, aby se daly jednotlivé větve variabilně propojit hadicemi. [2]



Obr. 22. Příklady chlazení tvarových desek [2]

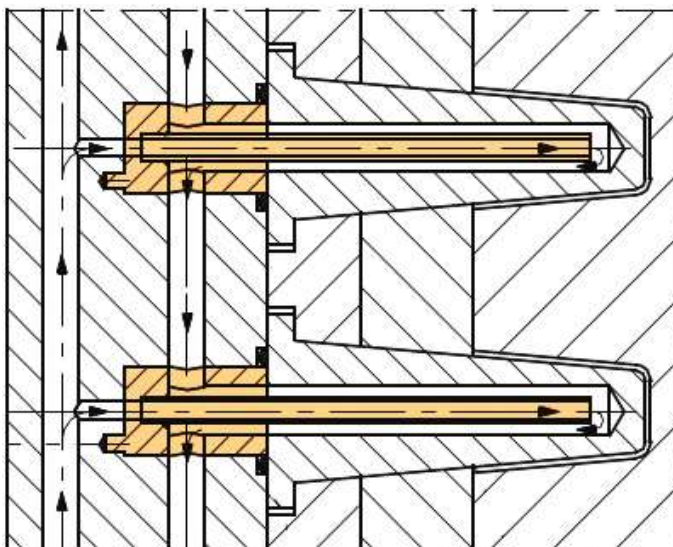
a) hranatých b) kruhových

3.6.2 Temperační prostředky

Aktivní temperace

Jedná se o prostředky, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí. Aktivní prostředky představují především:

- kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály, jež jsou vytvořeny uvnitř formy. Účinnost závisí na fyzikálních vlastnostech kapaliny, teplotní spádu, ploše a vzdálenosti kanálu od dutiny či druhu proudění. Užívá se vody, oleje nebo glykolu,
- u vzduchu se využívá buď volného proudění, nebo nuceného proudění působením přetlaku či podtlaku. Díky malé účinnosti se užívá jen v místech, kam není možné přivést kapalinu pro nedostatek prostoru,
- topné elektrické články se využívají především k temperaci forem na požadovanou vyšší teplotu v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší, než teplo dodané vstříkovaným polymerem. [2]



Obr. 23. Temperace tvárníků [10]

Pasivní temperace

Tento druh temperačních prostředků působí na formu svými fyzikálními vlastnostmi. Lze je rozdělit na:

- tepelné izolační materiály, které se využívají především k omezení přestupu tepla do upínacích desek vstříkovacího stroje a to zejména v případech, kdy je potřeba vysoká teplota formy. Zde se volí pevnostně a teplotně odolné

materiály na bázi vyztužených reaktoplastů, či nekovových anorganických látek.

- tepelně vodivé materiály se užívají k odvodu resp. přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných do míst, kde lze již odvod resp. přívod tepla zajistit obvyklým způsobem. Užívá se především med a její slitiny s Be, Co, Zr, Cd, Sn nebo hliník a jeho slitiny,
- tepelné trubice jsou nejúčinnějším prostředkem k přenosu tepla. Využívají výparného tepla látky, cirkulující uvnitř trubice v důsledku teplotního gradientu. Tímto způsobem lze zvýšit odvod tepla až o řád, ve srovnání s čistou mědí. [2]

3.7 Odvzdušnění forem

Jedním ze zdánlivě méně důležitých problémů je odvzdušnění vstřikovacích forem a s tím spojené vady výstřiků. Neodvedený vzduch uzavřený v tvarových dutinách vstřikovacích forem může mimo jiné vyvolat následující vady, resp. technologické problémy:

- nedostřiky - zamrznutí postupu čela taveniny,
- spálená místa na výstřících vyvolaná tzv. Dieselovým efektem,
- uzavření vzduchu (tvorba bublin) ve stěnách výstřiků s větší tloušťkou stěn,
- zvýšení nebezpečí výskytu studených spojů a sním spojených vad povrchu a lokální snížení pevnosti.

Problémy s odvodem vzduchu z tvarových dutin vstřikovacích forem je možné řešit již při konstrukci, a to buď empiricky (využitím znalostí a zkušeností příslušného konstruktéra) nebo s využitím počítačových analýz plnění dutin formy. [3]

3.8 Materiály forem

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

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

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

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

Oceli jsou nejvýznamnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to všechno má vliv na kvalitu forem. [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STAVOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit 3D model vstřikovaného výrobku,
- provést konstrukci sestavy vstřikovací formy,
- nakreslit 2D výkresy vstřikovací formy.

Teoretická část obsahuje poznatky týkající se vstřikování, charakteristiky vstřikovacího stroje, konstrukcí forem a jejich funkčních částí. Hlavní prvky vstřikovací formy jsou stručně popsány v jednotlivých kapitolách.

Úkolem praktické části bylo nakreslení 3D modelu plastového výrobku. Při jeho vytvoření se vychází z reálného výrobku, určeného vedoucím bakalářské práce. Jedná se o patro vačkového spínače. K tomuto výrobku byl navržen 3D model formy a také 2D sestava s kusovníkem. Při návrhu a konstrukci vstřikovací formy bylo využito programu CATIA V5R18 a normálíí firmy HASCO.

5 POUŽITÉ APLIKACE

5.1 Catia V5R18

CATIA (*Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application*) je integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby (CAD/CAM/CAE), vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systèmes a užívaný hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu. Jedná se o program, kterým lze vytvořit velkou část návrhu vstříkovací formy, a to od 3D modelu přes 2D výkresovou dokumentaci až po simulace obrábění nebo pevnosti.

5.2 Hasco R2-2011

Hasco modul vytvořen stejnojmennou firmou funguje jako knihovnu 3D normálií potřebných k návrhu forem. V aplikaci se nachází rozsáhlý souhrn dokumentace a návodů, jak normálie co nejlépe aplikovat. Součásti z knihoven lze uložit do formátů kompatibilních s nejrozšířenějšími konstrukčními programy (Catia, SolidWorks, Unigraphics, AutoCad, Inventor, atd.).

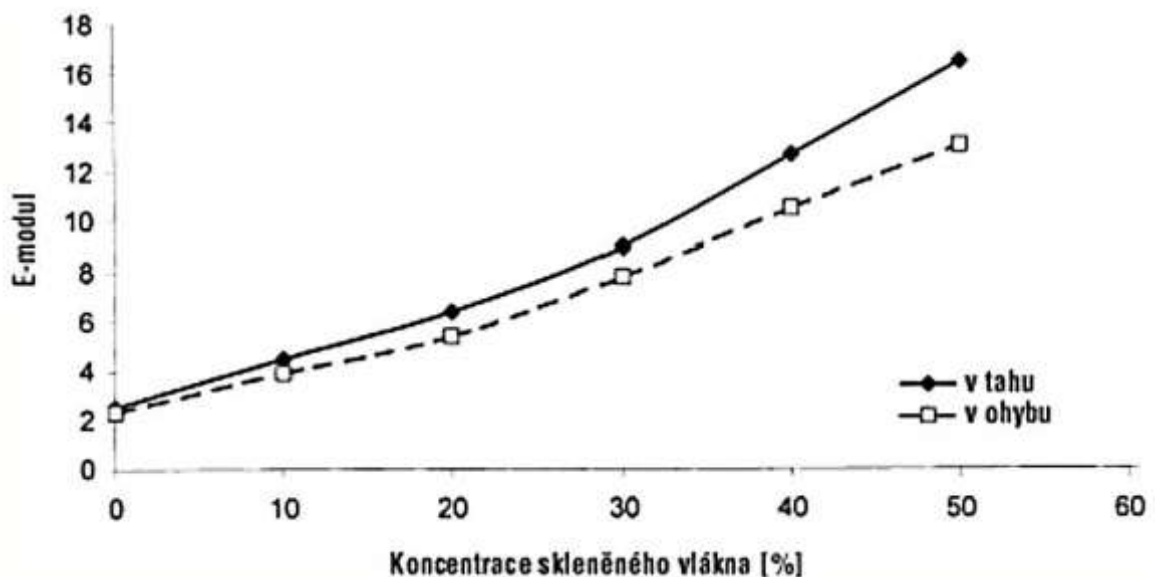
5.3 Autodesk Moldflow Insight 2011

Software Autodesk Moldflow Insight jako součást řešení Autodesk® pro digitální prototypování je nástrojem pro simulaci vstříkovacího procesu na digitálním prototypu. Software Autodesk Moldflow Insight poskytuje možnost hloubkově řešit, vyhodnocovat a optimalizovat plastový díl i vstříkovací formu a tím napomáhá ke studiu vstříkovacích procesů, užívaných v současné praxi. Software Autodesk Moldflow Insight využívají přední světoví výrobci v automobilovém průmyslu, v odvětví spotřební elektroniky, zdravotního materiálu i obalů k tomu, aby jim ušetřil náklady. [14]

Jedná se o semikrystalický polymer, který je řazen mezi tzv. inženýrské plasty pro náročné aplikace (vzhledem k vyváženému komplexu mechanických a tepelných vlastností).

Za své dobré užité vlastnosti vděčí své krystalické povaze s poměrně vysokou teplotou tání $T_m = 225^\circ\text{C}$, při poměrně vysoké teplotě skelného přechodu $T_g = 40^\circ\text{C}$ v porovnání s ostatními semikrystalickými polymery. Vysoká rychlost krystalizace, což přispívá k re-produkovatelné hodnotě smrštění ve formě a k snadné zpracovatelnosti na rozměrově přesné výrobky.

PBT má vysokou mechanickou pevnost a tuhost, houževnatost, výborné elektroizolační vlastnosti, výbornou chemickou odolnost, vysoký lesk povrchu výrobků. Mechanické vlastnosti strmě závisí na polymeračním stupni. Pro další modifikace mechanických vlastností se využívá vystužení vláknitým plnivem (skelná vlákna, nebo minerální plniva).



Obr. 26. Závislost modulu pružnosti na koncentraci skleněného vlákna v PBT [11]

Nejčastěji se používá na mechanicky i elektricky namáhané díly přístrojů spotřební elektroniky, elektrických strojků pro domácnost a elektrické vybavy automobilů. Pro dílce palivového systému automobilů (vzhledem k dobré chemické odolnosti ropným derivátů), galanterní zboží (zipy), discmany, kalkulačky, apod. [11]

Tab. 1. Vlastnosti materiálu PBT GF30 firmy Dupont [15]

Vlastnosti	Norma	Jednotka	Hodnota
Mechanické			
Pevnost v tahu	ISO 527	MPa	150
Prodloužení při přetržení	ISO 527	%	2,5
Modul pružnosti	ISO 527	MPa	10000
Charpyho rázová houževnatost	ISO 179/1eU	kJ/m ²	60
Tepelné			
Teplota průhybu při zatížení (1,82 MPa)	ISO 72A	°C	210
Teplota tání (10 °C/min)	ISO 11357-1/-3	°C	223
Reologické			
Index toku taveniny (250 °C, 2,16kg)	ISO 1133	cm ³ /10 min	19
Fyzikální			
Hustota	ISO 1183	g/cm ³	1,54
Smrštění	ISO 294-4	%	
Příčné			1,1
Rovnovnoběžné			0,3

Tab. 2. Parametry dané výrobcem pro vstřikování
PBT GF30 [15]

Vlastnost	Jednotka	Hodnota
Teplota tání (rozpětí)	°C	235-260
Teplota tání (optimum)	°C	240
Teplota formy (rozpětí)	°C	30-130
Teplota formy (optimum)	°C	80
Čas sušení	h	2-4
Teplota sušení	°C	110-130
Zpracovatelská vlhkost	%	<0,04

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro výrobu vstřikovaného dílce byl zvolen plně elektrický vstřikovací stroj od německé firmy Krauss Maffei s označením 80 AX, jehož předností je energetická úspornost, zároveň umožňuje dosažení velmi rychlých cyklů. Tento stroj byl zvolen díky jeho technickým parametrům, které jsou vhodné pro použití navržené vstřikovací formy. Jedním z nich je velikost upínacího prostoru pro vstřikovací formu. U vstřikovací formy byly zvoleny upínací desky o rozměrech 346 x 396 mm a výšce formy 295,5mm. Vstřikovací stroj má vzdálenost mezi rozpěrkami 460 x 410 mm a maximální výška formy, která může být do stroje upnuta je 550 mm, tudíž splňuje rozměrové požadavky pro upnutí navržené formy. Další parametry jako vstřikovací tlak, objem plastikační jednotky a uzavírací síla jsou také dostatečně velké a zajišťují optimální vyplnění dutin formy. Rozsah pohybu a síla vyhazování zajišťuje bezproblémové vyhození výstřiku z formy.



Obr. 27. Vstřikovací stroj Krauss Maffei 80 AX [16]

Tab. 3. Vybrané parametry uzavírací jednotky vstřikovacího stroje [16]

Uzavírací jednotka			
Parametr	Jednotka	Hodnota	Forma
Uzavírací síla	max. kN	800	-
Velikost upínací desky (h x v)	mm	660x610	-
Vzdálenost mezi vodícími sloupy (h x v)	mm	460x410	346x396
Výška formy	mm	180-550	295,5
Maximální délka otevření	mm	350	-
Síla vyhazovacích kolíků	max. kN	30	-
Zdvih vyhazovačů	max. mm	90	50

Tab. 4. Vybrané parametry vstřikovací jednotky vstřikovacího stroje [16]

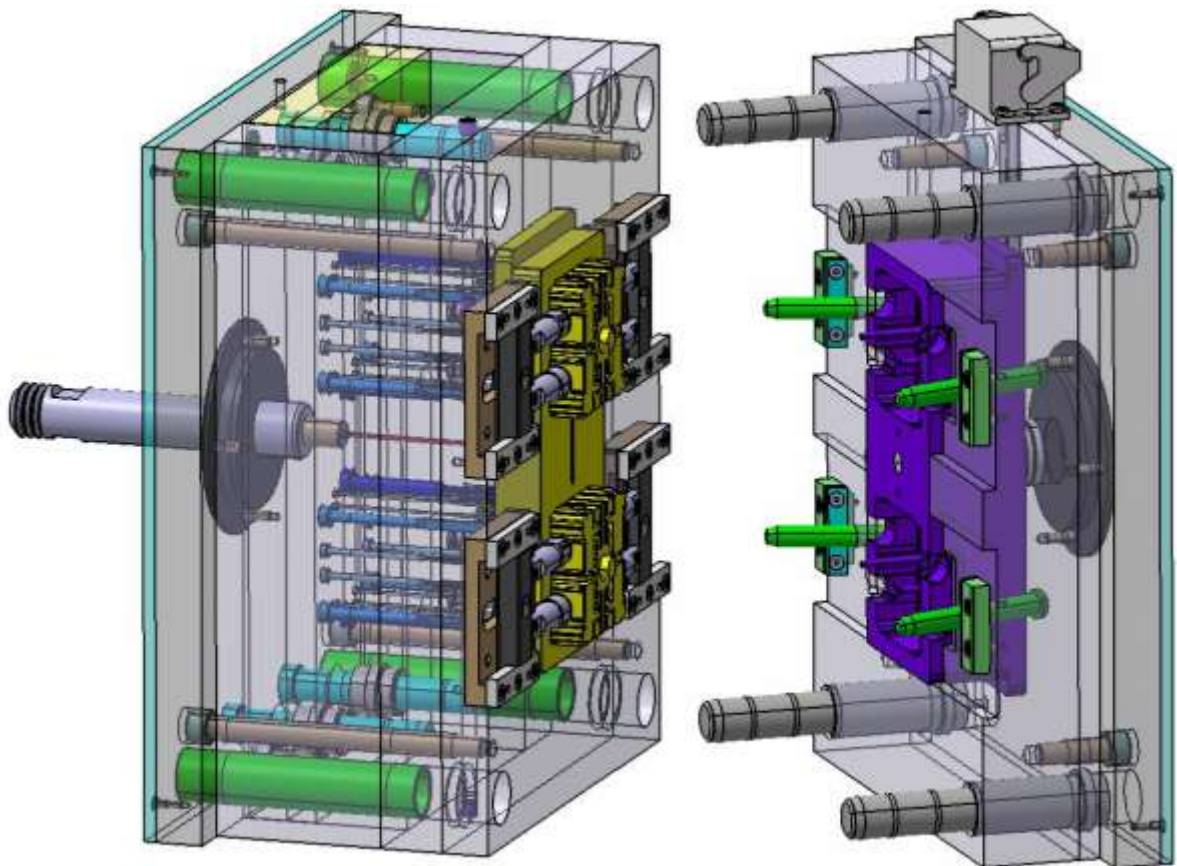
Vstřikovací jednotka			
Parametr	Jednotka	Hodnota	Forma
Průměr šneku	mm	40	-
Poměr šneku	L/D	20	-
Vstřikovací tlak	max. bar	1860	-
Objem vstřikované taveniny	max. cm ³	201	106,8
Vstřikovací rychlost	max. cm ³ /s	251	-
Přítlačná síla trysky	max. kN	29	-

8 KONSTRUKCE FORMY

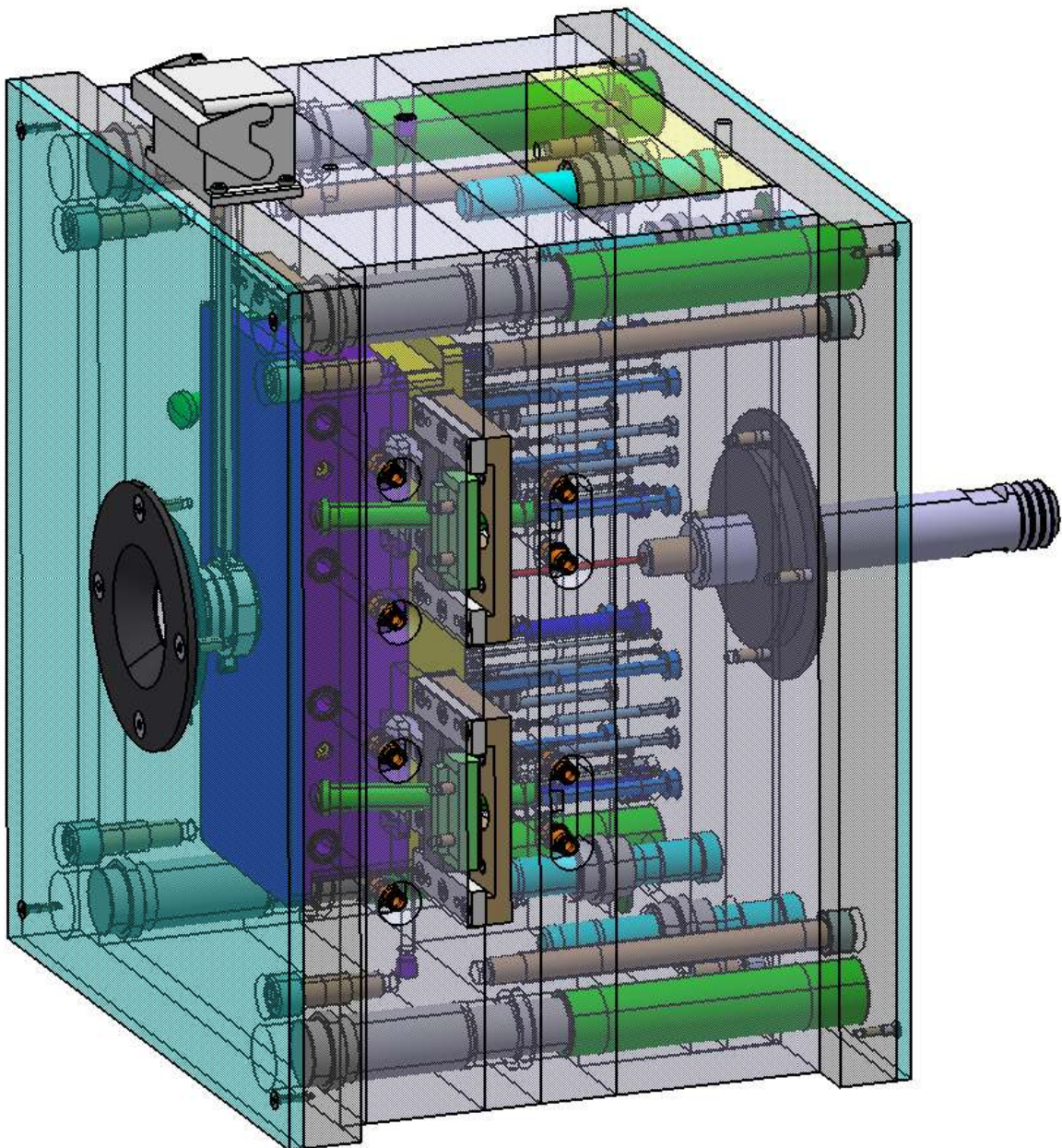
Vstřikovací forma se skládá ze tří hlavních částí:

- pravá strana (vstřikovací část),
- levá strana (uzavírací část),
- vyhazovací systém (vyhazovací část).

Konstrukce formy by měla být řešena s ohledem na složitost formy a přesnost výstřiku, co nejjednodušeji. Při konstrukci bylo snahou použít co nejvíce typizovaných dílů firmy Hasco. Případná výroba formy by se tím zjednodušila, zrychlila, zlevnila a zlepšila vyměnitelnost. Navržená vstřikovací forma je určena ke zpracování termoplastických materiálů a je tvořena dvanácti deskami, vodícími a upínacími prvky, jako jsou šrouby, vodící čepy a pouzdry, středícími trubkami a kroužky.



Obr. 28. Pohled do levé a pravé strany dělící roviny formy



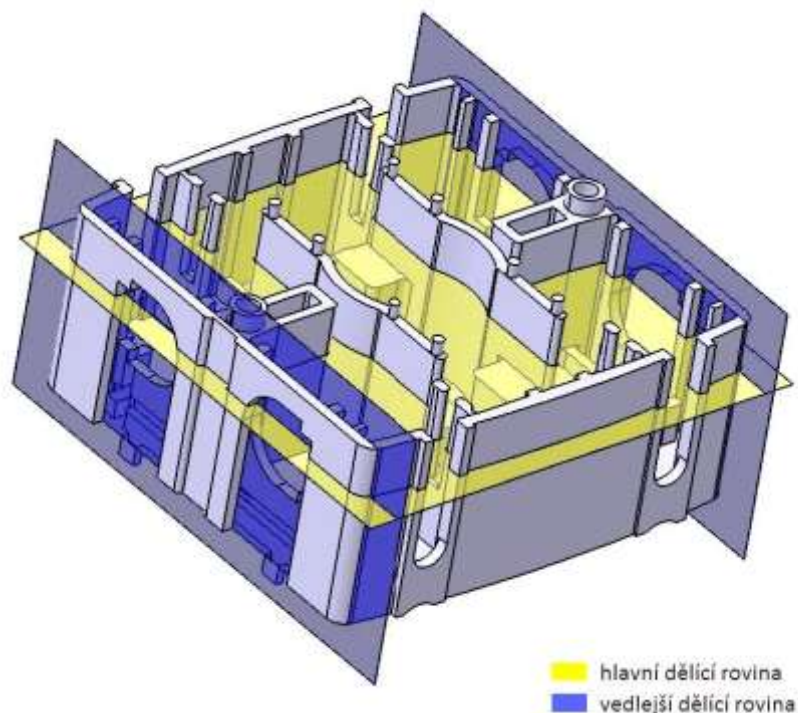
Obr. 29. Pohled na uzavřenou formu

8.1 Násobnost formy

U volby násobnosti vstřikovací formy je důležité zvažovat několik kritérií. Násobnost formy se volí z hlediska přesnosti výstřiku, požadovaného množství vyrobeného v sérii. Z hlediska přesnosti výstřiku by měla být násobnost co nejmenší. Zatímco při malé násobnosti se zvyšuje doba nutná k vyrobení požadovaného množství kusů. Při velké násobnosti se zvyšují náklady na výrobu formy a také je potřeba využít většího a výkonnějšího vstřikovacího stroje. Po zvážení těchto kritérií byla jako vhodná volba shledána forma dvojnásobná.

8.2 Zaformování výstřiku

Situování dutiny ve formě vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílce. Pro zadaný výrobek byly zvoleny tři dělicí roviny. Hlavní dělicí rovina je kolmá na směr otevírání formy, 9 mm od horní hrany skořepiny výrobku, dosedají zde na sebe kotevní (tvarové) desky a tvárník s tvárnici při uzavírání formy. Vedlejší dělicí roviny jsou rovnoběžné se směrem otevírání formy a jsou zde ve styku tvárník a boční posuvné jádra. Vedlejší dělicí roviny jsou nutné ke zhotovení čtyř otvorů, umístěných ve dvou bočních stěnách.



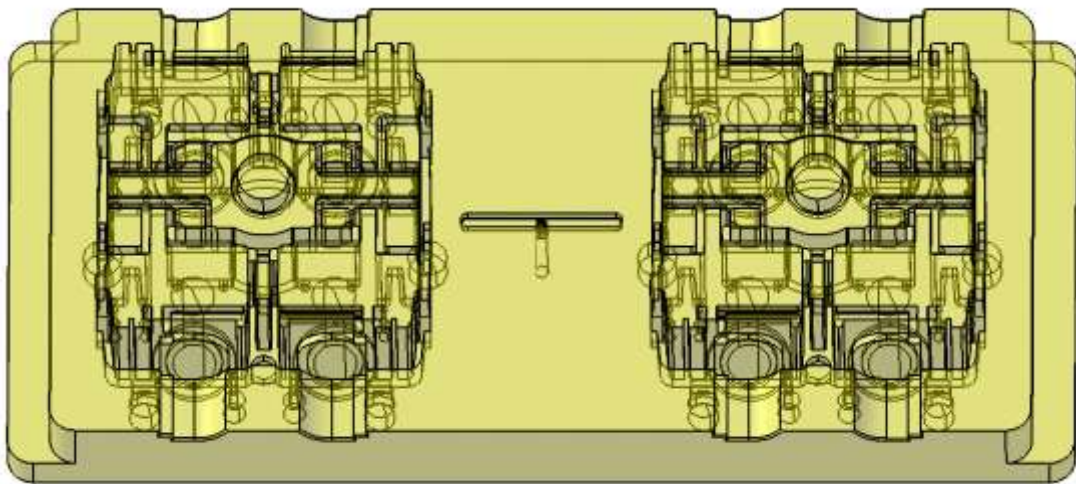
Obr. 30. Uspořádání dělicích rovin na výrobku

8.2.1 Tvárník a tvárnice

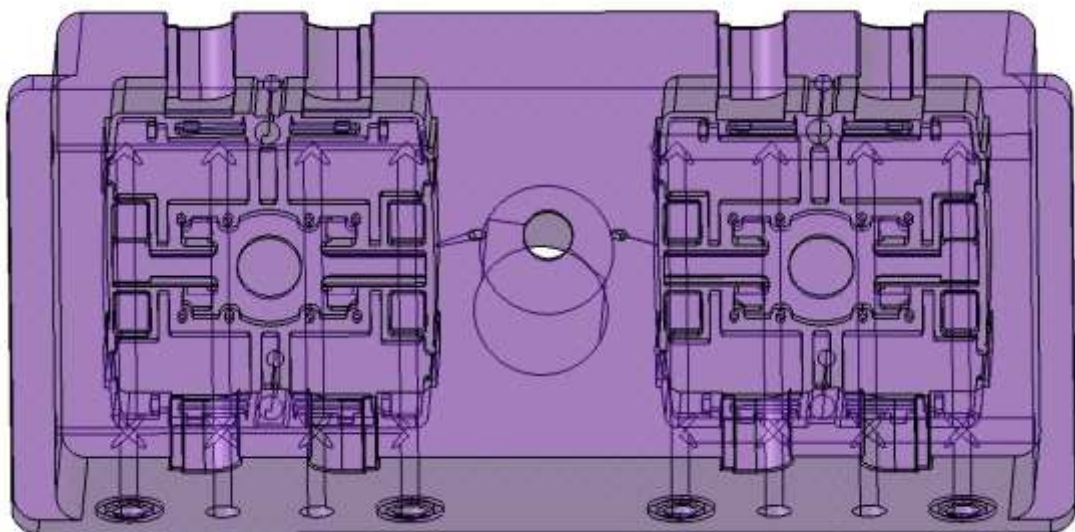
Při uzavření formy, spolu se skupinou osmi posuvných jader tvoří tvárník a tvárnice dvě dutiny formy, která udávají tvar polymerní tavenině. Tvarové dutiny jsou negativy vstříkovaného výrobku, pro rozměrovou přesnost by měly být zvětšené o hodnoty smrštění v podélném a příčném směru toku taveniny. Tvarové vložky jsou vyrobeny z oceli třídy 19 552, která je dodatečně cementována a kalena, aby mohla co nejdéle odolávat působení tlaku a abrazivnímu vlivu daného polymeru v dutinách formy. Tvárník a tvárnice byly konstruovány tak, aby výstřik při otevírání formy zůstal nasmrštěn na tvárníku, odkud bude po otevírání formy vyhozen pomocí vyhazovacích kolíků.

Tvárník s tloušťkou 27 mm je umístěn do levé tvarové desky a má zajištění v podobě 10 mm širokého osazení, ze spodní strany je do něj vyvrtáno 8 kruhových otvorů o průměru 10 mm sloužící pro zalisování obtokových můstků. Dále je zde vytvořeno 37 otvorů pro průchod stejného počtu vyhazovacích kolíků. V tvárníku jsou vyfrézovány drážky pro těsnící o-kroužky a tvarové vybrání pro pohyb bočních jader.

Tvárnice tloušťky 56 mm, vložená do pravé tvarové desky formy, kde je zajištěna totožným osazením jako tvárník, navrtána dvanácti otvory pro dva okruhy temperace. Podobně jako v tvárníku jsou zde okolo temperačních kanálků vyfrézovány drážky pro pryžové o-kroužky a tvarové vybrání v dráze pohybu bočních jader.



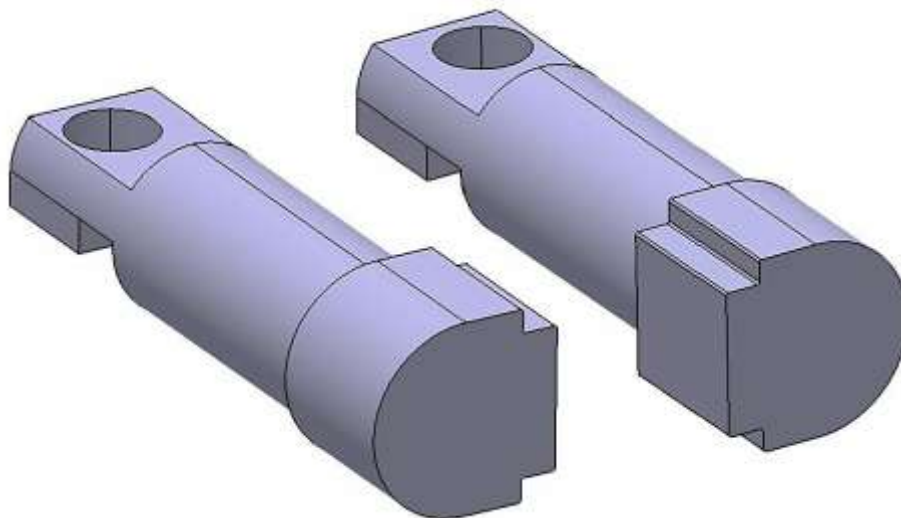
Obr. 31. Tvárník



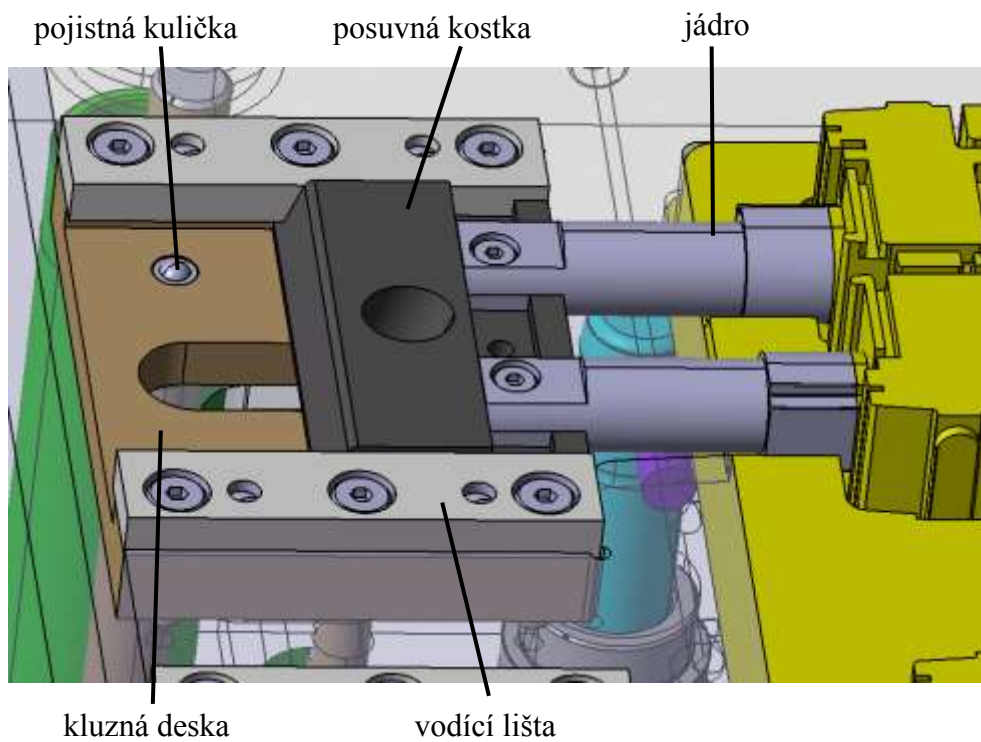
Obr. 32. Tvárnice

8.2.2 Posuvná jádra

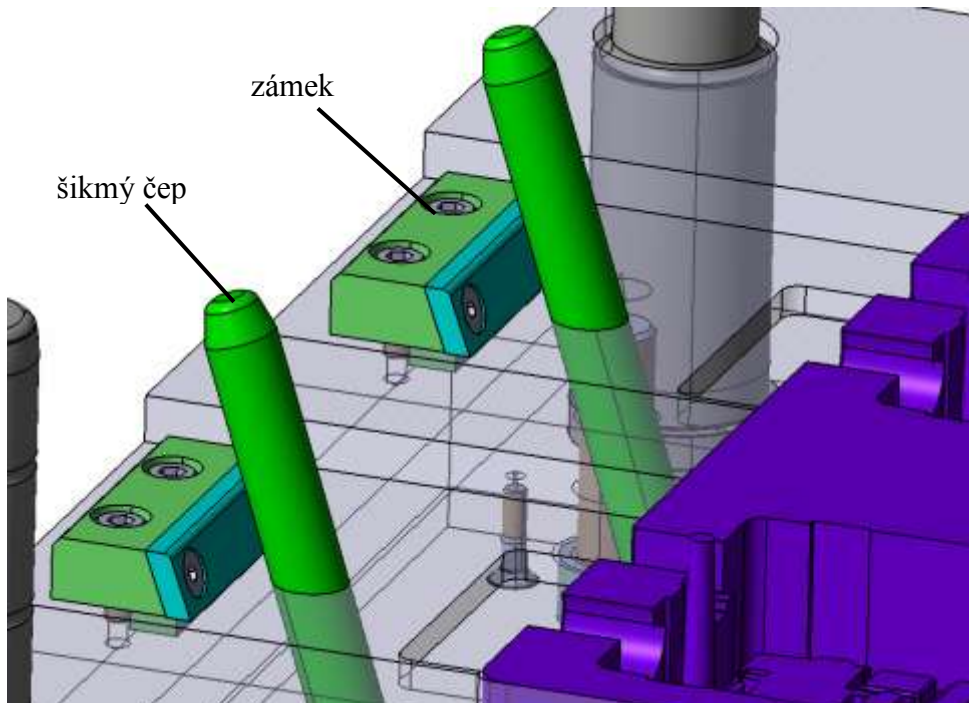
Jádra ve dvou tvarových modifikacích slouží k odformování bočních otvorů na výstřiku, které probíhá pohybem čelistí v ose jader. Stejně jako u tvarových vložek je zvoleným materiálem kalená ocel 19 552. Odformování bočních otvorů je možno uskutečnit několika způsoby (šikmými čepy, lomenými čepy, tahači jader, atp.). Konstrukčně a ekonomicky výhodné jsou pro tento výrobek posuvné čelisti. Tyto čelisti odformovávají výstřik pomocí čtyř šikmých válcových čepů s úhlem 18° , které jsou uloženy s malou vůlí v otvorech v pravé tvarové desce. Jednotlivá jádra jsou přišroubována k posuvové kostce, jejíž pohyb je veden mezi vodíci lištami, po kluzné desce a je zajišťován pohybem šikmého čepu při zavírání resp. otevírání formy. Otevřená resp. konečná poloha čelistí je následně zajištěna pomocí pojistných kuliček. Vlivem vysokých tlaků uvnitř dutiny, které provázejí vstřikování polymeru do formy, by mohlo dojít k částečnému otevření vedlejších dělicích rovin nebo poškození šikmých čepů. Z těchto důvodů bylo nutno polohu čelistí při zavřené formě zajistit zámky, které jsou přišroubovány k pravé tvarové desce.



Obr. 33. Pravé a levé tvarové jádro



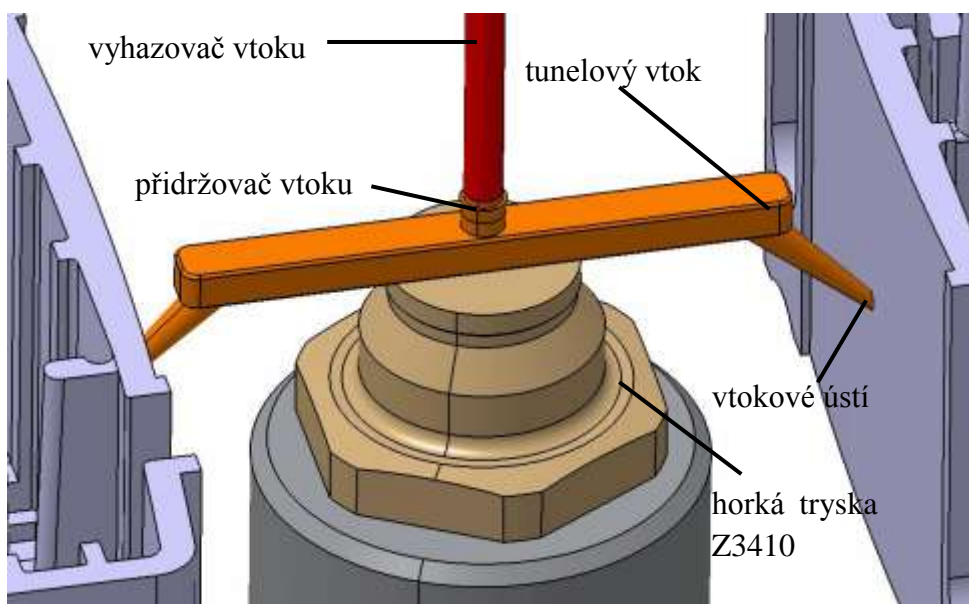
Obr. 34. Odformovací mechanismus na levé straně formy



Obr. 35. Odformovací mechanismus na pravé straně

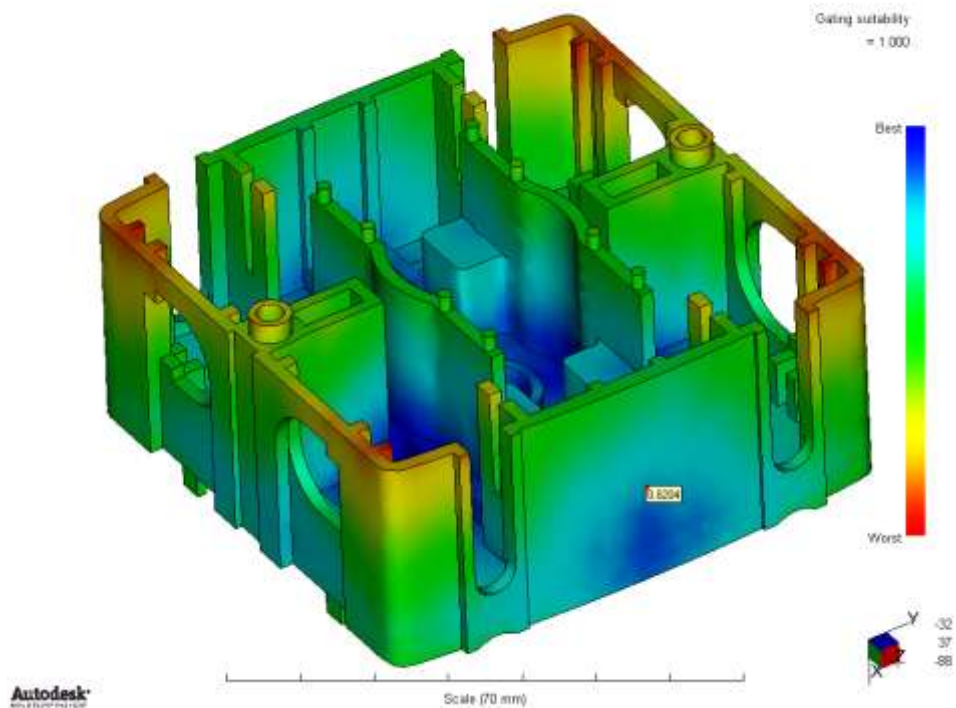
8.3 Vtokový systém

Vtokový systém formy byl řešen jako kombinace vyhřívaného a studeného vtokového systému. Polymer je do systému veden ze vstřikovací jednotky přes otevřenou horkou trysku Z3410, která dokáže přivádět až 200 g polymeru za jeden cyklus, což pro tuto formu s rezervou postačuje. Napájení topných prvků v trysce je zajištěno dvěma kabely, vedoucími k zásuvce příslušné velikosti, pro kabelové vedení byla přidána mezideska s vyfrézovanou drážkou, vedoucí od trysky k zásuvce. V kombinaci s horkou tryskou je zvoleno tunelového vtoku, kterým je s pomocí přidržovače zajištěno oddělení vtokového zbytku od výrobku během otevírání formy. Velikost a tvar tunelového ústí byla volena dle velikosti a objemu výrobku. Umístění vtoku bylo situováno do stěny s největší plochou a tloušťkou, tudíž by se mělo předejít rychlému zamrznutí místa vtoku, tímto je splněna jedna z podmínek vstřikování polymerů.



Obr. 36. Řešení vtokového systému

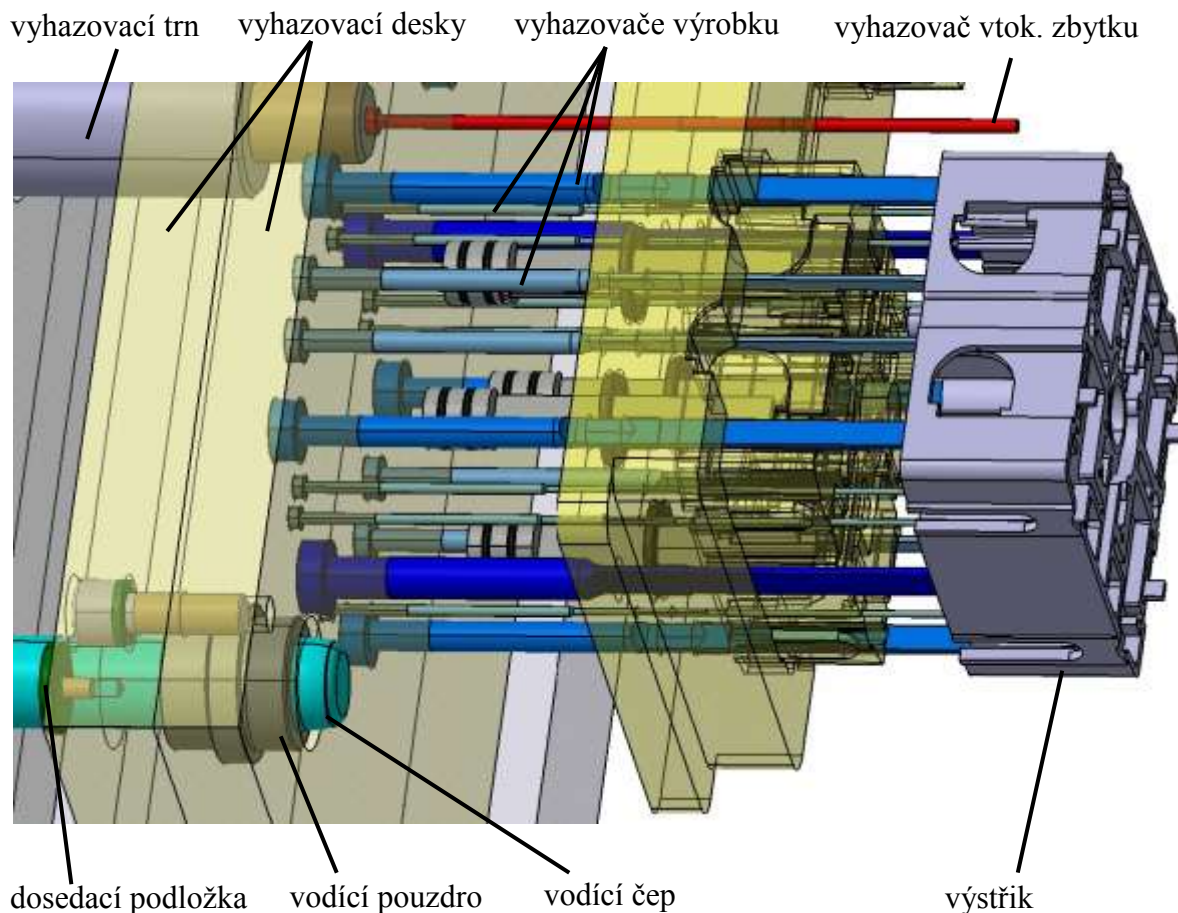
Volba místa vtoku byla posléze ověřena výpočtem analýzy best gate location (nejlepší místo vtoku) v softwaru Autodesk Moldflow Insight. Tato analýza dokáže určit míru vhodnosti místa vtoku s ohledem na co nejrovnoměrnější plnění dutiny formy polymerní taveninou. Pro výpočet v programu byl brán v zřetel tvar výrobku, místo vtoku, druh vstřikovaného materiálu a jeho viskozita. Vhodnost použitého místa tunelového ústí dle daných vlastností je přibližně 82 %, což se dá považovat za velmi dobře zvolené místo.



Obr. 37. Analýza místa vtoku (modrá - nejlepší, červená – nejhorší)

8.4 Vyhazovací systém

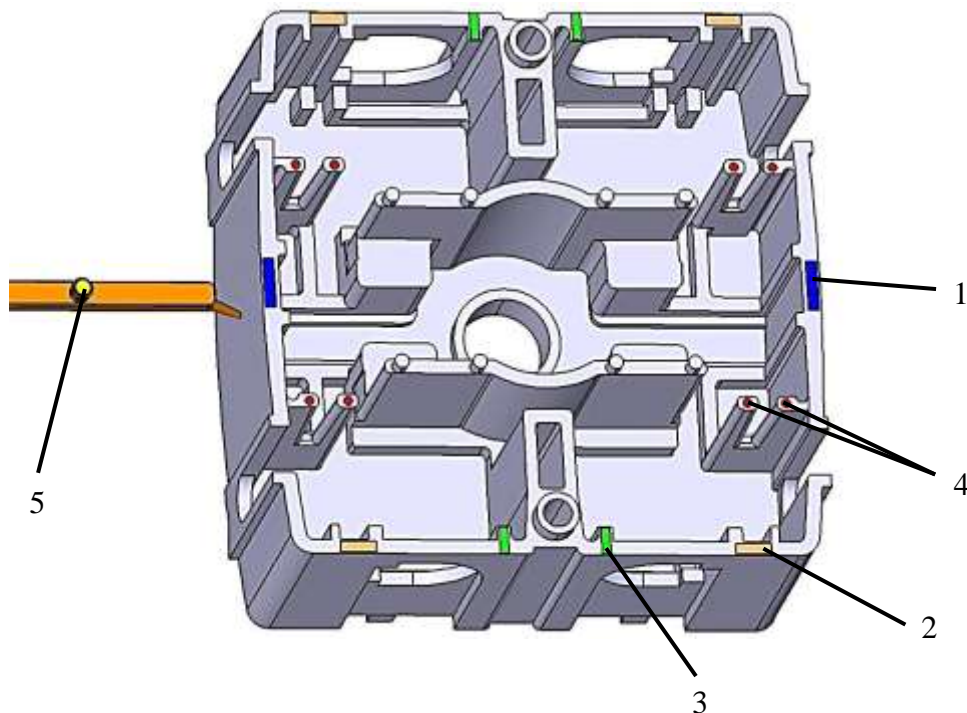
Podstatou správného vyhození výstřiku z dutiny formy je, aby výstřík zůstal nasmrštěn k levé straně formy a mohl být po otevření formy odstraněn vyhazovači. Vyhazovače jsou ukotveny ve vyhazovací kotevní desce. Vyhazovací desky jsou vedeny pomocí čtyř vodících čepů, které jsou ukotveny v levé upínací desce. Pohyb vyhazovacích desek je zajištěn pomocí trnu, který je našroubován do vyhazovací opěrné desky a jeho druhý konec je upnut vyhazovacím mechanismem stroje. Po vyhození výstřiku z dutiny formy zůstávají na výstříku stopy, které nejsou na pohledové straně dílce, což není problémem. Správné vedení vyhazovacího systému zajišťují vodící prvky, jako jsou vodící pouzdra a vodící čepy. Proti rázu celé plochy vyhazovací desky do upínací, při zpětném pohybu vyhazovacího trnu zabraňují dosedací podložky.



Obr. 38. Vyhazování výrobku

8.4.1 Vyhazovače

Distribuce vyhazovačů na výrobku byla zvažována tak, aby docházelo k rovnoměrnému a bezpečnému vyhození výrobků a vtokového zbytku. Ve vyhazovací kotevní desce je umístěno celkem 37 vyhazovačů, v každé dutině vyskytují ve čtyřech tvarových provedeních s obdélníkovou nebo kruhovou prizmatickou částí. Jediný válcový vyhazovací kolík, jež má $\varnothing 2,2$ mm a délku zkrácenou na 129,5 mm, je zároveň vyhazovačem vtokového zbytku. Vyhazování výstříků z každé dutiny formy je provedeno pomocí 18 prizmatických vyhazovačů s typizovanou délkou 125 mm, bez nutnosti dalších úprav. Aby mohlo dojít k využití typizované délky vyhazovacích kolíků, byly optimalizovány hloubky dutin a tím pozice dělicí roviny na výrobku.



Obr. 39. Rozmístění vyhazovačů na výrobku

Tab. 5. Seznam vyhazovačů použitých ve formě

Číslo	Název	Norma/rozměr	Ks ve formě
1	Prizmatický obdélníkový	Z46/7,5x1,5x125	4
2	Prizmatický obdélníkový	Z46/5,5x1,5x125	8
3	Prizmatický obdélníkový	Z46/3,8x1,2x125	8
4	Prizmatický kruhový	Z44/1,2x125	16
5	Válcový	Z40/2,2x160	1

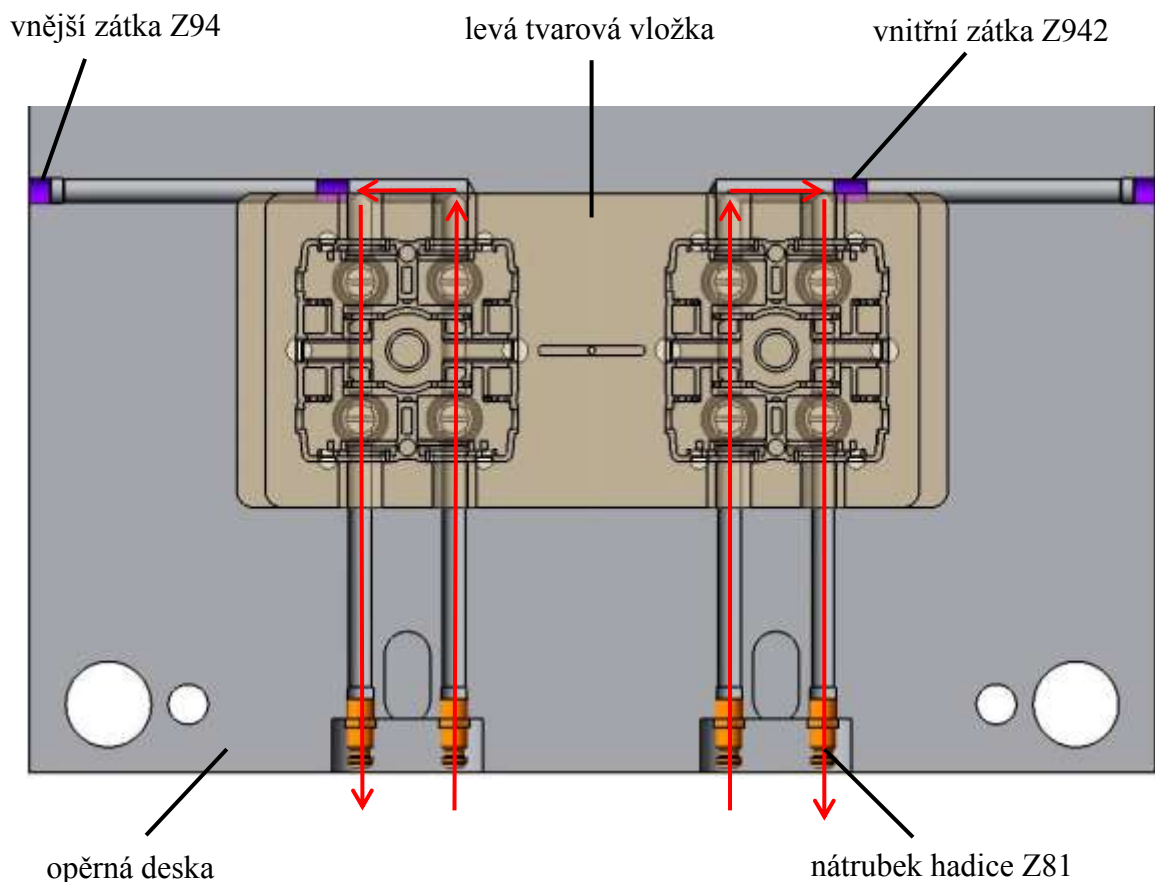
8.5 Temperace

Temperace formy na předepsanou vyhazovací teplotu polymeru, vychází z energetické bilance formy a teploty okolního prostředí. Teplota formy je během vstřikování proměnná, přesto by měl být teplotní spád (rozdíl teplot chladicího média na vstupu a výstupu z formy), co nejmenší. Okruhy chlazení jsou podle možností navrženy tak, aby médium proudilo od nejteplejšího k nejchladnějšímu místu. Po vstříknutí taveniny do dutiny formy teplota nejprve strmě roste a poté klesá v závislosti na rychlosti odvodu tepla, především chladí-

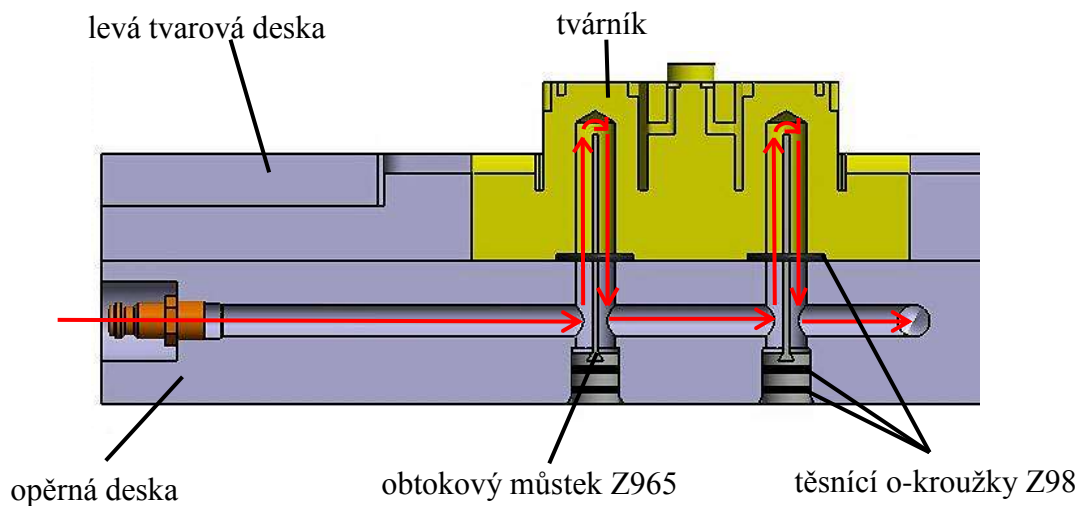
cími okruhy. Zároveň bylo snahou navrhnout rozmístění a velikost temperačních kanálů tak, aby bylo chlazení účinné, rovnoměrné a mohlo dojít k zatuhnutí všech částí výrobku v přibližně stejném čase. Pro dodatečné zefektivnění odvodu tepla funkci je možné zvolit médium s vyšší tepelnou vodivostí a zvýšit rychlost proudění. Pro formu byla jako chladicí kapalina zvolena voda s aditivy, zabraňující vzniku vodního kamene.

8.5.1 Temperace tvárníku

Temperační systém levé strany formy je tvořen dvěma okruhy vrtaných kanálků kruhového průřezu, kterými proudí kapalina udržující teplotní pole levé tvarové vložky na optimální teplotě. V levé opěrné desce jsou vyvrtány kanálky průměru 8 mm. Do tvárníku a opěrné desky je vyvrtáno 8 otvorů o průměru 10 mm, do nichž jsou zalisovány obtokové můstky, zkrácené na délku 42 mm. Výhodou obtokových můstků je možnost chlazení ve třetím směru, proto jsou vhodné právě pro tvárník. Vnitřní ucpávky usměřňují tok temperačního média, z vnější strany jsou otvory zaslepeny vnějšími zátkami.



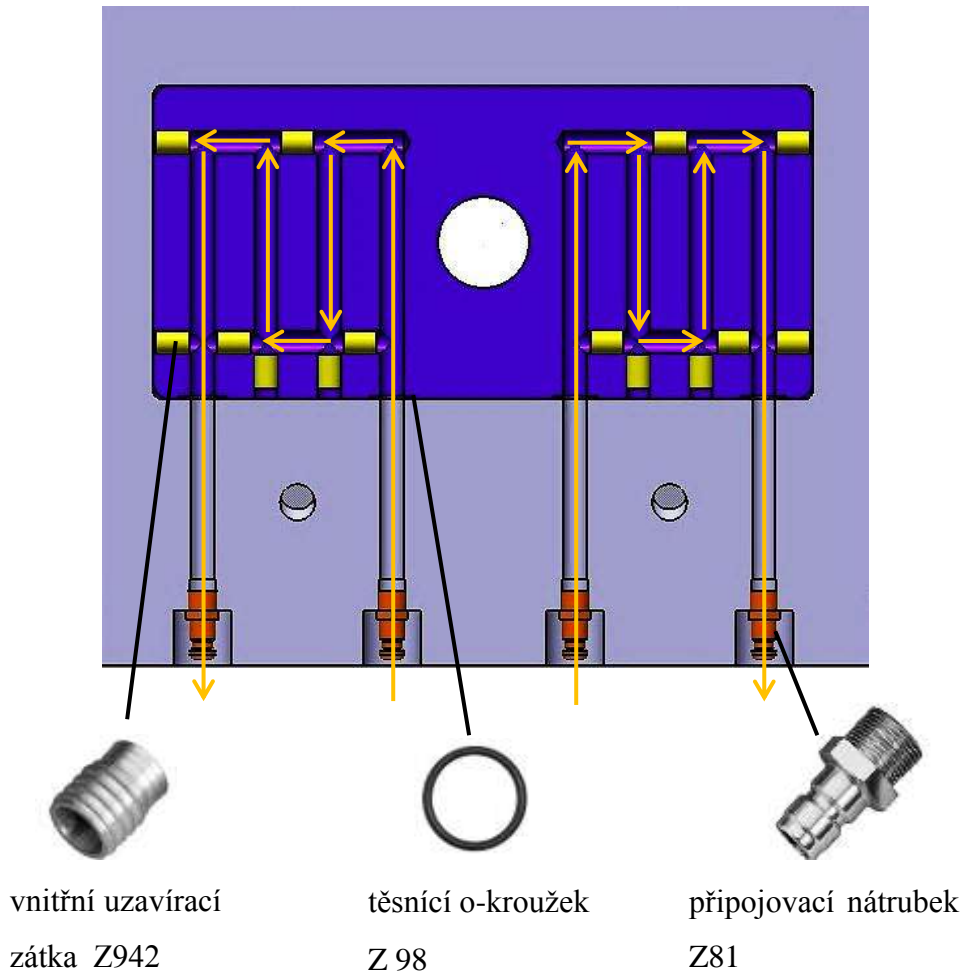
Obr. 40. Chlazení levé strany formy, řez opěrnou deskou



Obr. 41. Řez tvárníkem, levou tvarovou deskou a opěrnou deskou

8.5.2 Temperace tvárnice

Temperační systém pravé strany formy je utvořen dvěma okruhy kanálků, kterými proudí kapalina udržující teplotu tvarových vložek na požadované výši. V tvarové vložce je vyvrtáno dvanáct otvorů kruhového průřezu o průměru 8 mm, tok média je usměrněn pomocí vnitřních uzavíracích zátek. Na styku mezi tvárnicí a tvarovou deskou jsou opatřeny těsnícími o-kroužky, zamezující únik média mimo okruh. Na vstupu a výstupu do okruhu jsou přišroubovány nátrubky pro připojení hadic, které vedou médium skrz temperační zařízení, odkud dochází k distribuci kapaliny do okruhů a regulaci jeho teploty.



Obr. 42. Schéma okruhů temperace tvárnice v řezu s normáliemi Hasco [14]

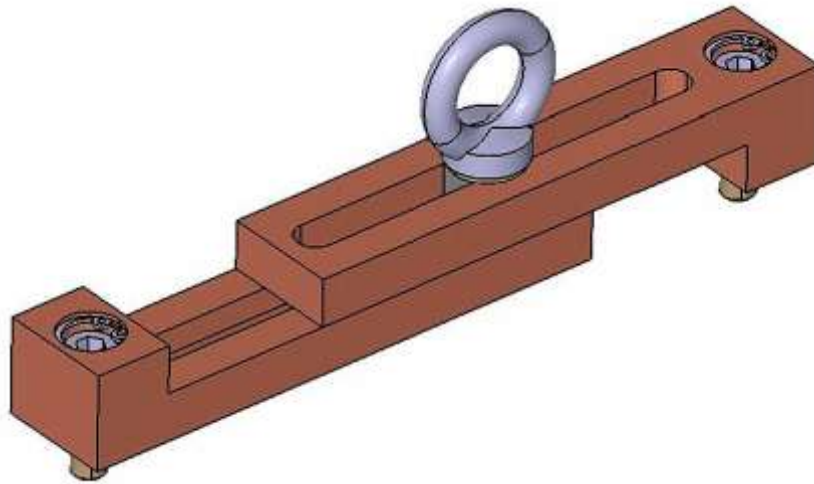
8.6 Odvzdušnění

V uzavřené formě je obsažen vzduch, při plnění dutiny polymerní taveninou, pokud nemá možnost dostatečně unikát, dochází k jeho adiabatickému stlačování vzduchu čelem taveniny, zvyšuje se tlak a tím i teplota, což je způsobeno tzv. Dieselovým efektem. Poruchy, které mohou poukazovat na problém s nedostatečným odvzdušněním jsou spálená místa, nedostříknutý výrobek, bubliny nebo propadliny.

V návrhu formy se očekává, že vzduch může uniknout hlavní dělicí rovinou, vřelymi okolo vyhazovačů a bočních tvárníků. V problematických částech dutiny, místech uzavření vzduchu by však u reálné formy nemuselo dojít k dokonalému odvzdušnění. V případě vzniku neodvzdušněných míst by se měli dodatečně vytvořit odvzdušňovací drážky, které umožní vzduchu uniknout z dutiny formy a předejít tak vadám na výstřicích.

8.7 Transportní systém formy

Pro jednodušší přepravu formy z nástrojárny do upínací části vstřikovacího stroje je využito transportního můstku, který je přišroubován k levé upínací a pravé tvarové desce. Při manipulaci nedovolí rozevření formy v dělicí rovině a umožňuje posun závěsného oka v závislosti na poloze těžiště formy.



Obr. 43. Transportní můstek

9 ZÁVĚR

Bakalářská práce se skládá ze dvou hlavních částí, kterými jsou teoretická a praktická část. V teoretické části byly popsány základy problematiky konstrukce vstřikovacích forem a jejich částí. V praktické části byl vytvořen 3D model vstřikovaného dílu a vstřikovací formy. Dále 2D sestava formy s kusovníkem, pohledy do pravé a levé strany dělicí roviny. Při návrhu se využívalo dílů z katalogu normálií firmy Hasco, ale také modelováním součástí v programu Catia V5 R18.

Cílem této bakalářské práce byl návrh vstřikovací formy pro patro vačkového spínače, který se používá v elektrotechnickém průmyslu. Materiál dílce byl zvolen semikrystalický termoplast PBT GF30. Pro navrženou vstřikovací formu byl přiřazen vhodný typ vstřikovacího stroje Krauss Maffei AX 80. Násobnost formy je zvolena dvojnásobná. Rozměry desek se uzpůsobily výrobku a jeho způsobu odformování. Pro zaformování výstřiku byly navrženy dvě tvarové vložky a pro vytvoření bočních otvorů se zvolily posuvné čelisti, ovládané šikmými čepy. K dopravě polymeru do dutiny formy je vytvořena kombinace horké trysky a studeného tunelového ústí. K vyhození výstřiků byl navržen vyhazovací systém s prizmatickými vyhazovači v několika rozměrových a tvarových provedeních. Jako temperace tvarových vložek a desek slouží celkem čtyři okruhy vrtaných kanálků, ve kterých proudí vhodné temperační médium. V důsledku vysokého množství vyhazovačů a jader se zanedbával problém s odvzdušněním, kdy množství vzduchu uzavřeného v dutině stačí uniknout vůlemi. Pro případnou přepravu formy je zvolen transportní můstek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I.díl - Vstřikování termoplastů*, 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 134 str.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II.díl - Vstřikování termoplastů*, 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 212 str.
- [3] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování plastu*. 1.vyd Praha: BEN – technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [4] ROSATO, D. V., ROSATO, D. V., ROSATO, M. G. *Injection Molding Handbook (3rd Edition)*. NYC, NY, USA: Springer - Verlag, 2000. 1485s. ISBN 978-0-7923-8619-3.
- [5] MAŇAS, Miroslav, HELŠTÝN, Josef. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastická stroje II*. Editační středisko VUT Brno, 1990. ISBN 80-214- 0213.
- [6] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1986. 229 s.
- [7] BEAUMONT, J. *Runner and gating design handbook*. 2nd ed. Munich, Germany: Hanser Publishers, 2007. 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.
- [8] ARBURG [online]. [cit. 2012-02-08]. Dostupný WWW: < <http://www.arburg.com> >
- [9] GOODSHIP, V. *Practical Guide to Injection Moulding*. Shropshire, UK: Rapra Tech. Ltd. and ARBURG Ltd, 2004. 202s. ISBN 1-85957-444-0
- [10] HASCO [online]. c2010 [cit. 2012-02-09]. Hasco.com. Dostupné z WWW: <<http://www.hasco.com/>>.
- [11] *Vstřikování Plastů* [online]. 2005 [cit. 2012-02-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka> >.
- [12] NEUHAUSL, E. *Vstřikování plastických hmot*. Praha: SNTL, 1973. 206 s.
- [13] FRENKLER, D.; ZAWISTOWSKI, H. *Hot Runners in Injection Moulds*. Shropshire, UK; Rapra Tech. Ltd, 2001. 364s. ISBN: 1-85957-208-1
- [14] *Smartplast* [online]. [cit. 2012-04-18]. Dostupný z WWW: < <http://smartplast.cz> >
- [15] *Dupont* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupný z WWW: < <http://dupont.com> >
- [16] *KraussMaffei* [online]. [cit. 2012-04-22]. Dostupný z WWW: < <http://krauss-maffei.de> >
- [17] *Obzor* [online]. [cit. 2012-05-02]. Dostupný z WWW: < <http://obzor.cz> >

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAD	Computer aided design (počítačová podpora konstruování)
CAM	Computer aided design (počítačová podpora obrábění)
CAE	Computer aided engineering (počítačová podpora ve strojírenství)
2D	Dvou rozměrný prostor
3D	Tří rozměrný prostor
ITT	Index toku taveniny
PS	Polystyren
PMMA	Polymethylmethakrylát
PC	Polykarbonát
PP	Polypropylen
PE	Polyethylen
PA	Polyamid
PBT	Polybutylenteraftalát
PET	Polyethylenteraftalát
PVC	Polyvinylchlorid
IT 8	Stupeň přesnosti 8
pvT	Závislost tlaku, měrného objemu a teploty
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
Be	Beryllium
Co	Kobalt
Zr	Zirkonium
Cd	Kadmium
Sn	Cín

Cu	Měď
Al	Hliník
Catia	Computer aided three dimensional interactive application (počítačově graficky tří rozměrová interaktivní aplikace)
T_m	Teplota tání [$^{\circ}\text{C}$]
T_g	Teplota skelného přechodu [$^{\circ}\text{C}$]
PBT GF30	Polybutylentereftalát se 30% skelného vlákna

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma činnosti vstřikovacího stroje [5].....</i>	14
<i>Obr. 2. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [12]</i>	15
<i>Obr. 3. Vstřikovací jednotka [9]</i>	16
<i>Obr. 4. Hydraulická uzavírací jednotka [8].....</i>	17
<i>Obr. 5. Řez vstřikovací formou</i>	19
<i>Obr. 6. Části studeného vtokového systému [1].....</i>	23
<i>Obr. 7. Plný kuželový vtok [4].....</i>	23
<i>Obr. 8. Bodový vtok [4].....</i>	24
<i>Obr. 9. Tunelový vtok [1]</i>	24
<i>Obr. 10. Boční vtoky [4].....</i>	25
<i>Obr. 11. Filmový vtok [4].....</i>	25
<i>Obr. 12. Vícenásobný vtok [8]</i>	26
<i>Obr. 13. Horké trysky [1].....</i>	28
<i>Obr. 14. Vyhříváný rozvodný blok [13]</i>	29
<i>Obr. 15. Modifikace vyhříváných rozvodných bloků [13]</i>	30
<i>Obr. 16. Vyhazovací kolík válcový [10].....</i>	31
<i>Obr. 17. Vyhazovacích kolíků prizmatický [10].....</i>	32
<i>Obr. 18. Trubkový vyhazovač [10].....</i>	33
<i>Obr. 19. Odformování výstřiku pomocí šikmých čepů [4]</i>	35
<i>Obr. 20. Hydraulický tahač jader [10]</i>	36
<i>Obr. 21. Vliv umístění a průměru temperačních kanálů [2].....</i>	37
<i>Obr. 22. Příklady chlazení tvarových desek [2].....</i>	38
<i>Obr. 23. Temperace tvárníků [10]</i>	39
<i>Obr. 24. Výrobek vymodelovaný pomocí Catie</i>	45
<i>Obr. 25. Aplikace vačkového spínače [17]</i>	45
<i>Obr. 26. Závislost modulu pružnosti na koncentraci skleněného vlákna v PBT [11].....</i>	46
<i>Obr. 27. Vstřikovací stroj Krauss Maffei 80 AX [16]</i>	48
<i>Obr. 28. Pohled do levé a pravé strany dělicí roviny formy.....</i>	50
<i>Obr. 29. Pohled na uzavřenou formu</i>	51
<i>Obr. 30. Uspořádání dělicích rovin na výrobku</i>	52
<i>Obr. 31. Tvárník.....</i>	53
<i>Obr. 32. Tvárnice.....</i>	53

<i>Obr. 33. Pravé a levé tvarové jádro</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 34. Odformovací mechanismus na levé straně formy.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 35. Odformovací mechanismus na pravé straně</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 36. Řešení vtokového systému</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 37. Analýza místa vtoku (modrá - nejlepší, červená - nejhorší).....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 38. Vyhazování výrobku</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 39. Rozmístění vyhazovačů na výrobku</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 40. Chlazení levé strany formy, řez opěrnou deskou.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 41. Řez tvárníkem, levou tvarovou deskou a opěrnou deskou.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 42. Schéma okruhů temperace tvárnice v řezu s normáliemi Hasco [14].....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 43. Transportní můstek.....</i>	<i>63</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab.1. Vlastnosti materiálu PBT GF30 firmy Dupont [15].....</i>	<i>47</i>
<i>Tab.2. Parametry dané výrobcem pro vstřikování PBT GF30 [15].....</i>	<i>47</i>
<i>Tab.3. Vybrané parametry uzavírací jednotky vstřikovacího stroje [16].....</i>	<i>49</i>
<i>Tab.4. Vybrané parametry vstřikovací jednotky vstřikovacího stroje [16].....</i>	<i>49</i>
<i>Tab.5. Seznam vyhazovačů, použitých ve formě.....</i>	<i>59</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Materiálový list PBT GF30
- P II Technický list vstřikovacího stroje Krauss Maffei 80 AX
- P III 2D sestava formy s příslušnými řezy
- P IV Kusovník
- P V CD obsahující: bakalářskou práci, 3D model výrobku a formy,
2D výkresovou dokumentaci

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PBT GF30

Product Information

DuPont™ Crastin® PBT

thermoplastic polyester resin

PRELIMINARY DATA

Crastin® SK615SF NC010

Crastin® SK615SF is a 30% glass fiber reinforced, low viscosity polybutylene terephthalate for injection molding. It has high flow characteristics and is specifically suitable for super fast production.

Property	Test Method	Units	Value
Identification			
Resin Identification	ISO 1043		PBT-GF30
Part Marking Code	ISO 11469		>PBT-GF30<
Mechanical			
Stress at Break	ISO 527	MPa (kpsi)	150 (21.7)
Strain at Break	ISO 527	%	2.5
Tensile Modulus	ISO 527	MPa (kpsi)	10000 (1450)
Unnotched Charpy Impact Strength	ISO 179/1eU	kJ/m ²	60
Thermal			
Deflection Temperature 1.80MPa	ISO 75-1/-2	°C (°F)	210 (410)
Melting Temperature 10°C/min	ISO 11357-1/-3	°C (°F)	223 (433)
Rheological			
Melt Volume-Flow Rate 250°C, 2.16kg	ISO 1133	cm ³ /10 min	19
Other			
Density	ISO 1183	kg/m ³ (g/cm ³)	1540 (1.54)
Molding Shrinkage	ISO 294-4	%	
Normal			1.1
Parallel			0.3

Contact DuPont for Material Safety Data Sheet, general guides and/or additional information about ventilation, handling, purging, drying, etc.
ISO Mechanical properties measured at 4.0mm, ISO Electrical properties measured at 2.0mm, and all ASTM properties measured at 3.2mm.
Test temperatures are 23°C unless otherwise stated.

The above data are preliminary and are subject to change as additional data are developed on subsequent lots.

The DuPont Oval Logo, DuPont™, The miracles of science™ and Crastin® are trademarks or registered trademarks of DuPont Company. Copyright© 2008

080930/081008

The information provided in this data sheet corresponds to our knowledge on the subject at the date of its publication. This information may be subject to revision as new knowledge and experience becomes available. The data provided fall within the normal range of product properties and relate only to the specific material designated, these data may not be valid for such material used in combination with any other materials, additives or pigments or in any process, unless expressly indicated otherwise. The data provided should not be used to establish specification limits or used alone as the basis of design; they are not intended to substitute for any testing you may need to conduct to determine for yourself the suitability of a specific material for your particular purposes. Since DuPont cannot anticipate all variations in actual end-use conditions DuPont makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information. Nothing in this publication is to be considered as a license to operate under or a recommendation to infringe any patent rights. DuPont advises you to seek independent counsel for a freedom to practice opinion on the intended application or end-use of our products. CAUTION: Do not use DuPont materials in medical application involving implantation in the human body or contact with internal body fluids or tissues unless the material has been provided from DuPont under a written contract that is consistent with DuPont policy regarding medical applications and expressly acknowledges the contemplated use. For further information, please contact your DuPont representative. You may also request a copy of DuPont POLICY Regarding Medical Applications H-50103-2 and DuPont CAUTION Regarding Medical Applications ... H-50102-2.

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PBT GF30 DUPONT

Product Information

Crastin® SK615SF NC010

Property	Test Method	Units	Value
Processing - Injection Molding			
Melt Temperature Range		°C (°F)	235-260 (465-500)
Melt Temperature Optimum		°C (°F)	240 (464)
Mold Temperature Range		°C (°F)	30-130 (85-265)
Mold Temperature Optimum		°C (°F)	80 (175)
Drying Time, Dehumidified Dryer		h	2-4
Drying Temperature		°C (°F)	110-130 (230-265)
Processing Moisture Content		%	<0.04

Contact DuPont for Material Safety Data Sheet, general guides and/or additional information about ventilation, handling, purging, drying, etc.
ISO Mechanical properties measured at 4.0mm, ISO Electrical properties measured at 2.0mm, and all ASTM properties measured at 3.2mm.
Test temperatures are 23°C unless otherwise stated.

The above data are preliminary and are subject to change as additional data are developed on subsequent lots.

The DuPont Oval Logo, DuPont™, The miracles of science™ and Crastin® are trademarks or registered trademarks of DuPont Company. Copyright© 2008

080930/081008

The information provided in this data sheet corresponds to our knowledge on the subject at the date of its publication. This information may be subject to revision as new knowledge and experience becomes available. The data provided fall within the normal range of product properties and relate only to the specific material designated; these data may not be valid for such material used in combination with any other materials, additives or pigments or in any process, unless expressly indicated otherwise. The data provided should not be used to establish specification limits or used alone as the basis of design; they are not intended to substitute for any testing you may need to conduct to determine for yourself the suitability of a specific material for your particular purposes. Since DuPont cannot anticipate all variations in actual end-use conditions DuPont makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information. Nothing in this publication is to be considered as a license to operate under or a recommendation to infringe any patent rights. DuPont advises you to seek independent counsel for a freedom to practice opinion on the intended application or end-use of our products. CAUTION: Do not use DuPont materials in medical application involving implantation in the human body or contact with internal body fluids or tissues unless the material has been provided from DuPont under a written contract that is consistent with DuPont policy regarding medical applications and expressly acknowledges the contemplated use. For further information, please contact your DuPont representative. You may also request a copy of DuPont POLICY Regarding Medical Applications H-50103-2 and DuPont CAUTION Regarding Medical Applications ... H-50102-2

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE

KRAUSS MAFFEI 80 AX

CX/MX/C3/EX/AX	
Injection Molding Machine	
Clamping Unit	
Clamping force ¹⁾	kN
Mold opening force	kN
Travel force moving platen	
opening	kN
closing	kN
Mold platen dimensions (h x v)	mm
Clearance between tie bars (h x v)	mm
Mold opening stroke max.	mm
Mold height min./max.	mm
Max. daylight	mm
Hydraulic ejector stroke	mm
Ejector force forward/backward	kN
Injection unit	
Working capacity ²⁾	
Screw diameter	mm
L/D ratio	
Injection pressure	bar
Stroke volume	cm ³
Shot weight, PS	g
Shot weight, PE	g
Injection rate	cm ³ /s
Screw speed, max., nominal/max.	V/min
Plasticizing rate ³⁾ at	
nominal screw speed, PS	g/s
nominal screw speed, PE	g/s
maximum screw speed, PS	g/s
maximum screw speed, PE	g/s
Plasticizing rate PS max. ⁴⁾	g/s
Nozzle pressure	kN
Electrical/hydraulic units	
Nominal capacity of pump motor ⁵⁾	kW
Installed heating capacity	kW
Barrel heating zones, adjustable	
Dry cycles number ⁴⁾	1/h
Dry cycle time ⁴⁾	sec
Reservoir capacity	ltr
Dimensions and weights	
Net weight including control cabinet	t
Installation dimension (L x W x H)	m
Maximum mold weight	kg
Integrated linear robot type	
X axis (strip stroke)	mm
Y axis (vertical stroke)	mm
Z axis (traverse stroke)	mm
Payload	kg
max. velocity X axis	m/s
max. velocity Y axis	m/s
max. velocity Z axis	m/s
Torque C wrist axis	Nm

¹⁾ 1 kN = 0.1 MP

²⁾ International classification calculated from max. stroke volume [cm³] x max. injection pressure [bar] divided by 1000

³⁾ As per KM in-house standards

⁴⁾ According to Euromap 6 (cycles per hour)

⁵⁾ Connected load EX, AX Series

KM 80/100 AX		- 180	- 380
KM 80/100 AX			
800/900			
660 x 610			
460 x 410			
350			
180/550			
90			
30			
SP 180			
147	172	172	172
75	29	30	35
26.0	25.0	23.3	20.0
2500	2325	2025	1688
99	74	85	116
56	67	77	105
98	123	141	192
400	400	400	400
SP 380			
280	374	374	374
30	35	40	45
26.7	22.9	20.0	17.8
2500	2429	1840	1469
113	154	201	254
103	140	183	232
141	192	251	319
390	390	390	390
LRX 90			
420			
1000			
1500			
5			
2.0			
2.4			
2.0			
30			
LRX 100			
550			
1200			
2000			
10			
2.0			
3.0			
2.0			
30			

Subject to technical alterations.