Návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu palubní desky

David Plesník

Bakalářská práce
2013

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**David PLESNÍK**
Osobní číslo:	**T10263**
Studijní program:	**B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor:	**Technologická zařízení**
Forma studia:	**prezenční**
Téma práce:	**Návrh vstřikovací formy pro výrobu dílu palubní desky**

Zásady pro vypracování:

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

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: **8. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta technologická
L.S.

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

Příjmení a jméno: Plesník David Obor: Technologická zařízení

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 15.5.2013

Plesník David

.....

[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 nevýdělečně 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 určena, 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 právo 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 vzdělávacího 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 návrhem vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu, v tomto případě dílu palubní desky.

V teoretické části je popsána technologie vstřikování, konstrukce vstřikovaného dílu a vstřikovací formy.

V praktické části byl vytvořen 3D model zadaného dílu a podle něj byla navržena vstřikovací forma, která je doložena 2D výkresovou dokumentací. Pro návrh byl využit program Catia V5R18 s využitím normálií firmy HASCO a DME.

Klíčová slova: vstřikování, konstrukce, vstřikovací forma

ABSTRACT

This thesis describes the design of injection mold for plastic part, in this case part of the car dashboard.

The theoretical part describes the injection molding technology principles, basic rules for injection mold and molded part design.

In the practical part was given a 3D model of the part and injection mold for its production by injection molding technology. 2D drawings with bill of material and with all necessary views have been done as well. The CAD software Catia V5R18 was used including HASCO and DME standard parts.

Keywords: injection molding technology, part design, injection mold, CATIA

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při tvorbě této bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD **10**

I TEORETICKÁ ČÁST **11**

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ **12**

1.1 VSTŘIKOVÁNÍ 12

1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ 13

1.2.1 Vstřikovací jednotka 13
1.2.2 Uzavírací jednotka 14
1.2.3 Řízení a regulace 15

2 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM **16**

2.1 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ 16

2.2 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI POLYMERŮ 18

3 KONSTRUKCE VÝROBKŮ **19**

3.1 JAKOST VÝROBKŮ 19

3.1.1 Hlavní činitelé ovlivňující jakost 19

3.2 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI 19

3.2.1 Konstrukční zásady 19

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA **21**

4.1 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY 22

4.1.1 Zaformování výstřiku 22
4.1.2 Dimenzování tvarové dutiny 22
4.1.3 Smrštění výstřiku 23

4.2 STUDENÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY 24

4.2.1 Obecné zásady při návrhu 24
4.2.2 Plný kuželový vtok 25
4.2.3 Bodový vtok 26
4.2.4 Tunelový vtok 26
4.2.5 Boční vtok 27
4.2.6 Filmový vtok 28
4.2.7 Plnění dutiny více vtoky 28

4.3 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY 29

4.3.1 Horké trysky 29
4.3.2 Vytápěné rozvodné bloky 30

4.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉM 30

4.4.1 Vyhazovací kolíky 30
4.4.2 Trubkové vyhazovače 31
4.4.3 Stírací deska 32
4.4.4 Šikmé vyhazovače 32
4.4.5 Zvláštní způsoby vyhazování 32

4.5 POSUVNÉ ČELISTI 32

4.5.1 Šikmé kolíky válcové 33

4.5.2 Lomené kolíky ... 33
4.5.3 Pneumatické tahače jader ... 33
4.5.4 Hydraulické tahače jader ... 34
4.6 TEMPEROVÁNÍ FORMY ... 34
4.6.1 Úkol temperace ... 34
4.6.2 Obecné zásady volby temperačních kanálů ... 34
4.7 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY ... 35
4.7.1 Technické provedení odvzdušnění ... 35
4.8 MATERIÁLY FOREM ... 36
4.8.1 Tepelné zpracování součástí forem ... 36
II PRAKTICKÁ ČÁST ... 37
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE ... 38
6 POUŽITÉ PROGRAMY ... 39
6.1 CATIA V5R18 ... 39
6.2 HASCO R2 - 2012 ... 39
7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK ... 40
7.1 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU ... 41
8 VSTŘIKOVACÍ STROJ ... 42
9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY ... 43
9.1 ZAFORMOVÁNÍ VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU ... 44
9.1.1 Násobnost formy ... 45
9.1.2 Tvárník a tvárnice ... 46
9.2 VTOKOVÝ SYSTÉM ... 47
9.2.1 Horká tryska ... 47
9.2.2 Rozvodný kanál ... 48
9.2.3 Vtokové ústí ... 48
9.3 TEMPERAČNÍ SYSTÉM ... 49
9.3.1 Temperace levé strany vstřikovací formy ... 49
9.3.2 Temperace pravé strany vstřikovací formy ... 49
9.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉM ... 52
9.5 ODVZDUŠNĚNÍ ... 54
9.6 TRANSPORTNÍ SYSTÉM ... 54
DISKUZE VÝSLEDKŮ ... 56
ZÁVĚR ... 57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY ... 58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK ... 60
SEZNAM OBRÁZKŮ ... 61
SEZNAM TABULEK ... 63
SEZNAM PŘÍLOH ... 64

ÚVOD

Lidská společnost se setkává s makromolekulárními látkami prakticky odnepaměti. I když rozvoj syntetických polymerů v moderním smyslu nastal až ve dvacátém století, některé polymerní materiály byly zaznamenány a používány už mnohem dříve. Zpočátku šlo ovšem o přírodní polymery. [3]

Počátek historie technologie vstřikování plastů je spojován se jménem John Wesley Hyatt, který spolu s bratrem v roce 1870 v USA patentoval materiál, z něhož později vznikl celuloid, včetně zařízení pro jeho vstřikování. Vstřikování plastů se jako výrobní obor začal rozvíjet po 1. světové válce. V roce 1921 pánové A. Eichengrün a H. Bucholtz vyvíjejí v Německu jako první na světě komerční pístový ruční vertikální vstřikovací stroj. [3]

Technologie vstřikování termoplastů, včetně strojů a zařízení pro její realizaci, urazila od svých prvopočátků, přes masový a bouřlivý rozvoj zejména v druhé polovině minulého století až po dnešní globalizaci, velmi dlouhou a úspěšnou cestu. Díky širokým možnostem využití termoplastů, zejména v automobilovém, elektronickém a v dalších oblastech průmyslu, je tato technologie i nadále velmi perspektivní. [3]

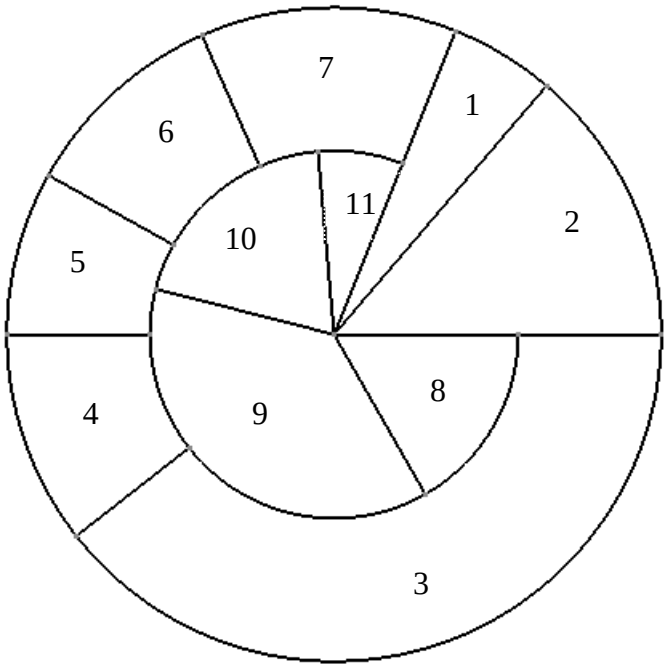
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

1.1 Vstřikování

Technologie 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. [1]

Je nesporné, že kvalita použitého plastu bude vždy důležitá a volba správného typu bude mít podstatný vliv na konečnou aplikaci. Je třeba si také uvědomit, že správná volba plastu může být degradována nesprávným technologickým postupem, který je nutné dokonale znát a během výroby ho respektovat. [1]



1 - vstřikování, 2 - dotlak a doplňování, 3 - chlazení, 4 - otevření formy, 5 - vyprazdňování formy, 6 - příprava formy, 7 - uzavření formy, 8 - vrácení plastikační jednotky, 9 - plastikace, 10 - prodleva, 11 - přisunutí plastikační jednotky

Obr. 1. Vstřikovací cyklus [5]

1.2 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 výrobu. [14]

Obr. 2. Vstřikovací stroj [15]

Hlavní části vstřikovacího stroje:

- vstřikovací jednotka,
- uzavírací jednotka,
- řízení a regulace.

1.2.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. [1]

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovávaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodné a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šne-

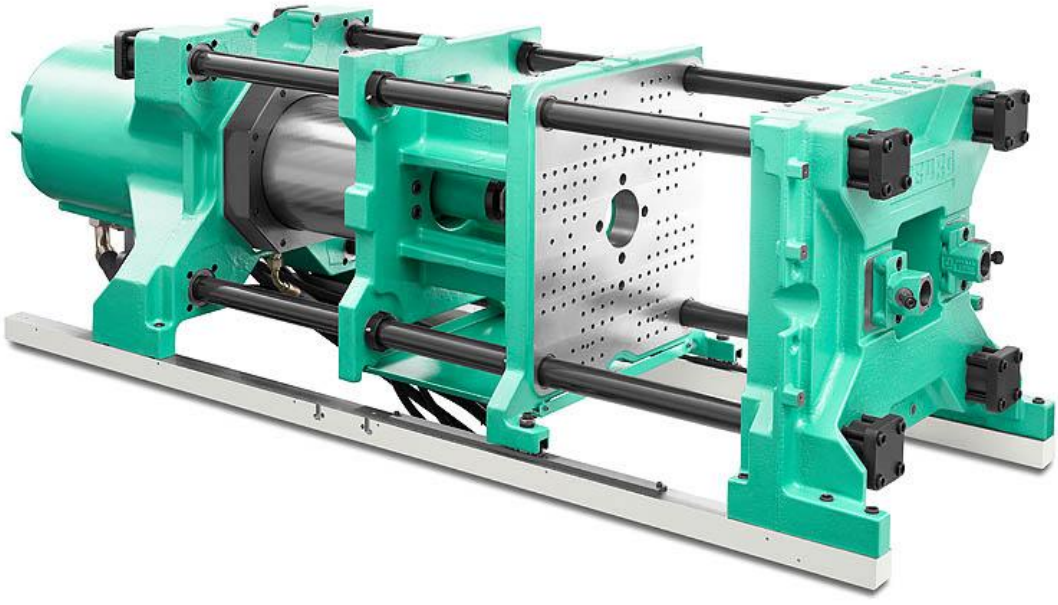
kem. Topení tavné komory bývá zpravidla rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. [1]

1.2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá pohyby formy a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělící rovině. [1]

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

- opěrná deska pevná,
- upínací deska,
- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus.



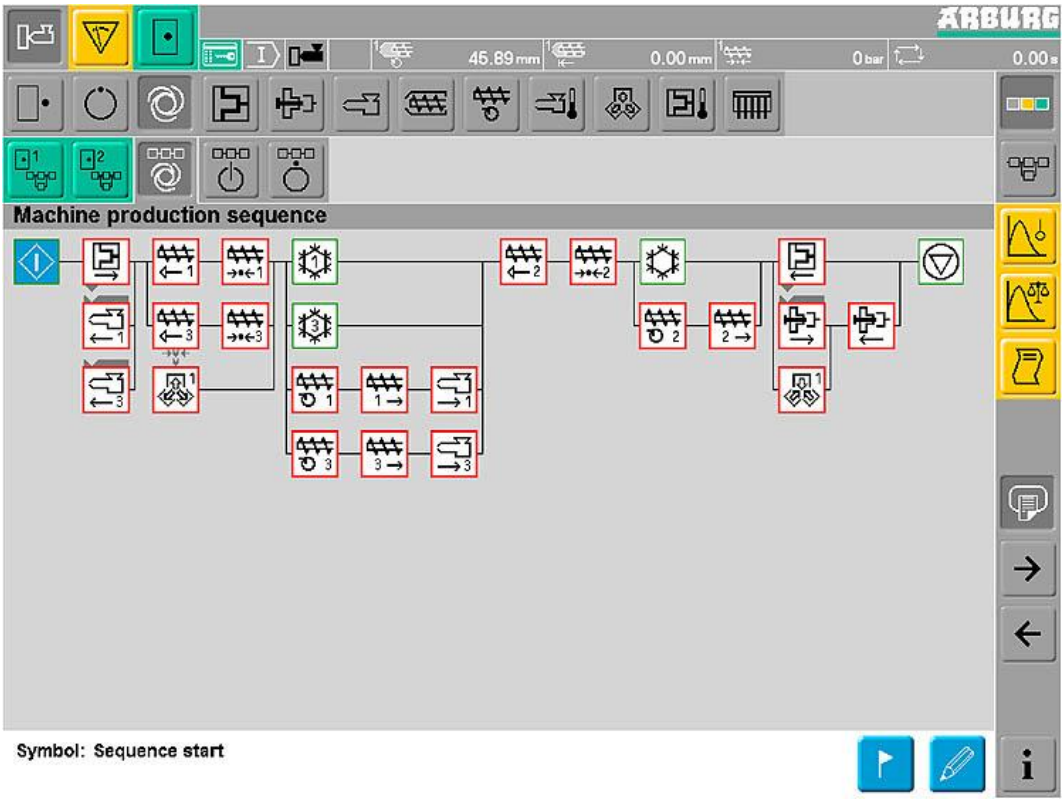
Obr. 3. Hydraulická uzavírací jednotka [16]

1.2.3 Řízení a regulace

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. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný. [1]

Koncepčně je takové seřízení rozděleno na:

- sestavení grafu vstřikovacího stroje,
- definice a nastavení parametrů,
- kontrola procesu.



Obr. 4. Obrazovka řídicího panelu [17]

2 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

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 jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást. [1]

Na základě teplotního chování lze plasty dělit na:

- termoplasty - jedná se o polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání T_m (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty),
- reaktoplasty - jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci - prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování,
- kaučuky, pryže a elastomery - jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci - prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vulkanizace. [14]

2.1 Rozdělení termoplastů

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězec tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny nazýváme homopolymery. Dále kopolymery které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin.

Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

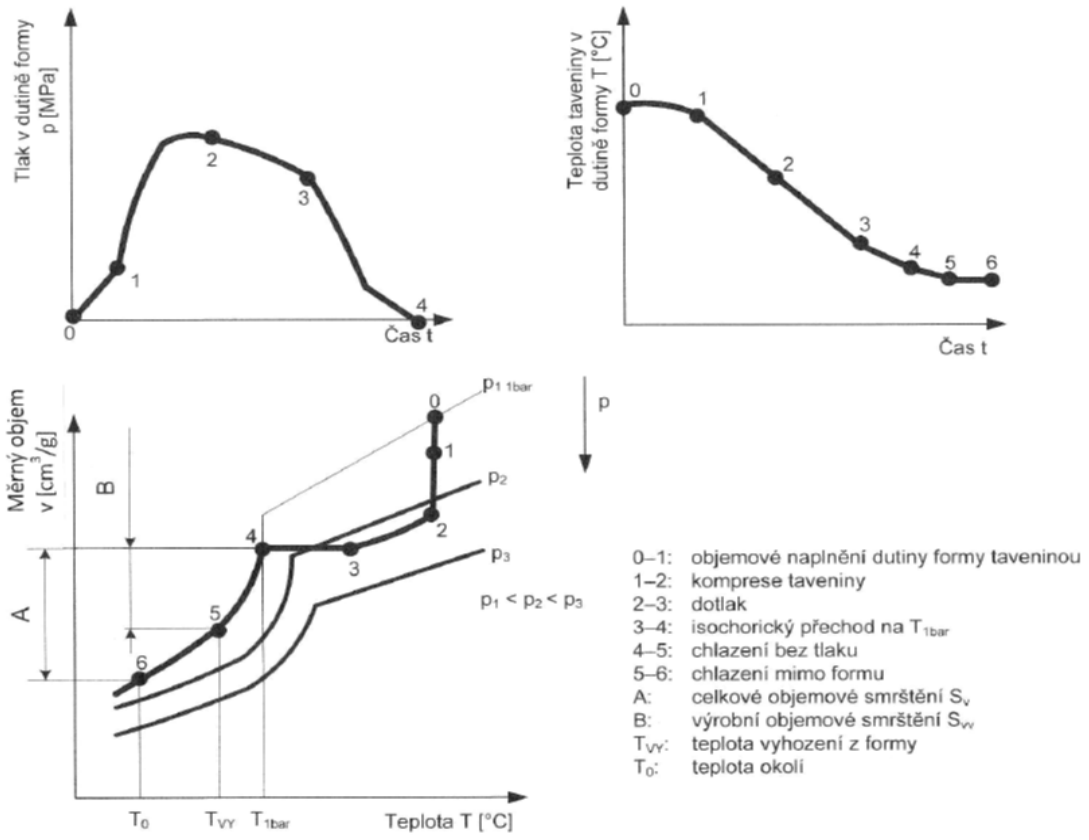
- amorfní, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány,
- semikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfní uspořádání. [1]

Využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (Tg). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad Tg 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. [1]

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 plastů tohoto typu je v oblasti nad teplotou Tg, protože mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. [1]

Působení vlivu termodynamických pochodů na průběh smrštění velmi dobře popisuje pvT diagram příslušného vstřikovacího materiálu. Diagram p - tlak, v - měrný objem, T - teplota charakterizuje:

- kompresibilitu - změnu objemu v závislosti na tlaku,
- tepelné chování - změnu objemu v závislosti na změně teploty. [3]



Obr. 5. pvT diagram [3]

2.2 Základní vlastnosti polymerů

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

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. [1]

3 KONSTRUKCE VÝROBKŮ

Konstrukční návrh součástí z plastu se řídí úplně jinými zásadami, než u součástí kovových. Při její tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílu z plastu bude dít. [1]

3.1 Jakost výrobků

Součásti z plastů nelze vyrobit v takových jakostech jako kovové. To proto, že na ně působí množství různých činitelů, které je ovlivňují. [1]

3.1.1 Hlavní činitelé ovlivňující jakost

- smrštění při zpracování, které se pro daný plast uvádí v určitém rozmezí,
- dodatečné smrštění bývá několikanásobně menší, než smrštění při ochlazování ve formě,
- tečení (krip) vznikne při větším a dlouhodobějším silovém zatížení součásti,
- teplotní roztažnost je přibližně o řád větší než u kovů,
- navlhnutím se mění rozměry podle sorbce vody z okolního prostředí. [1]

3.2 Požadavky na konstrukci

K základním podkladům pro konstrukci formy slouží výkres vyráběné součásti. Její tvar má být řešen nejen z funkčního a ekonomického hlediska, ale musí se přihlédnout i k způsobu její výroby. [1]

3.2.1 Konstrukční zásady

Celková konstrukce součásti

Musí především splňovat vhodnou polohu dělící roviny a tím je určen i způsob jejího zaformování. [1]

Tloušťka stěn

Musí splnit svoji přísnou závislost s dráhou toku plastu. Zásady správné konstrukce tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody mají být bez ostrých hran. [1]

Zaoblení hran, rohů a koutů

Usnadní se tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. [1]

Úkosy a podkosy

Jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělící rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosů zabraňuje vyjímání z dutiny formy. [1]

Žebra

Dělí se podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součásti. Technologická zase umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. [1]

Otvory a drážky

Na výstřiku se doporučují volit tak, aby při výrobě činily co nejmenší potíže. Záleží hlavně na jejich poloze vzhledem k zaformování. [1]

Rýhování

Používané u různých držáků a ovládacích prvků, má být lehce zaformovatelné. Křížové rýhování činí při vyhazování velké potíže. [1]

Závity na plastových dílech

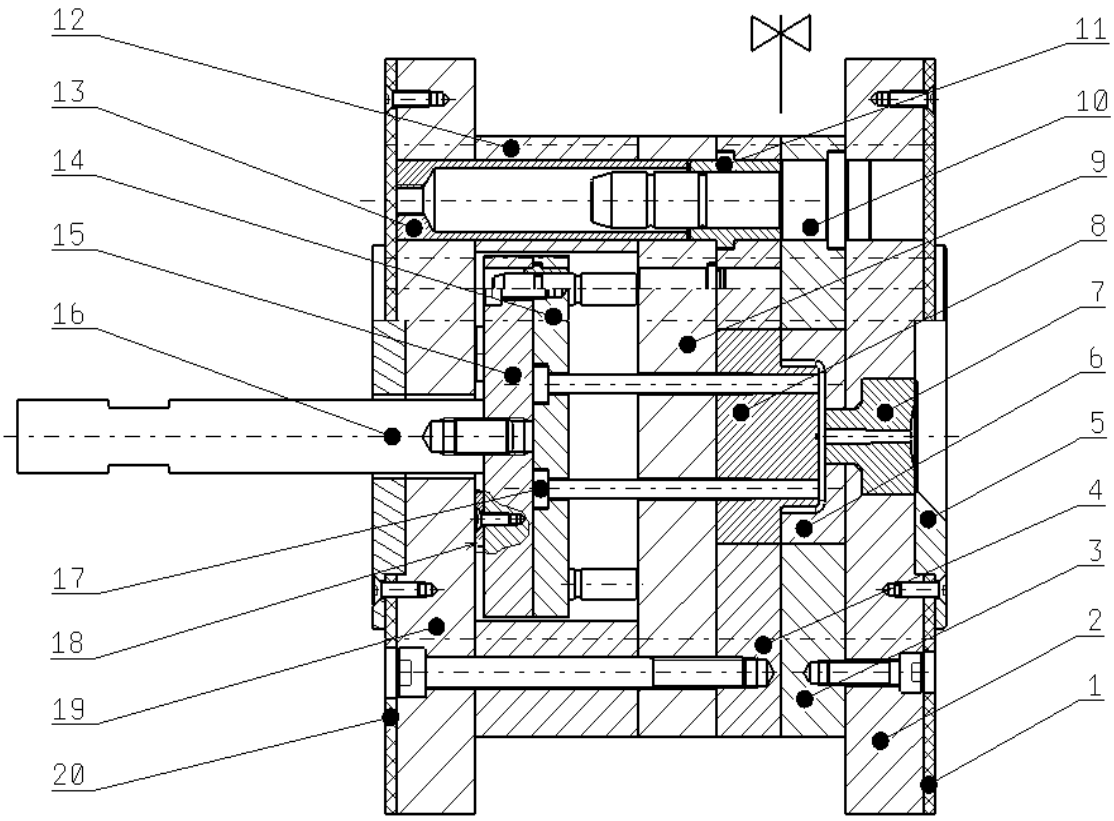
Vyznačují se menší pevností a u jemnějších tvarů i obtížností zaformování. Proto se doporučuje vyrábět větší průměry se závity s větším stoupáním a to tvaru oblého, pilového, trapézového a podobných tvarů, jsou vhodnější pro výrobu. [1]

Nápisy a značky

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

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Formy pro zpracování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, musí umožňovat snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady. Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje. [1, 14]



1, 20 - izolační desky, 2, 19 - upínací desky, 3, 4 - kotevní desky, 5 - středící kroužek, 6 - tvárnice, 7 - vtoková vložka, 8 - tvárník, 9 - opěrná deska, 10 - vodící čep, 11 - vodící pouzdro, 12 - rozpěrka, 13 - středící trubka, 14 - kotevní deska VS, 15 - opěrná deska VS, 16 - vyhazovací trn, 17 - vyhazovač, 18 - dorazová podložka

Obr. 6. Řez vstřikovací formou

4.1 Konstrukce vstřikovací formy

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy nutné pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů, aby její realizace byla úspěšná. Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. [1]

V konstruktérské praxi je určení rozměrů tvářecích částí vstřikovacích forem, včetně tolerance rozměrů, jedním z rozhodujících úkonů, protože rozměry formy tvoří základní předpoklad pro dosažení optimálních rozměrů výstřiků. [3]

4.1.1 Zaformování výstřiku

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

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

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slicovatelná,
- 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 dělící rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u více dělících ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet. [1]

4.1.2 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení. Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výstřiku. [1]

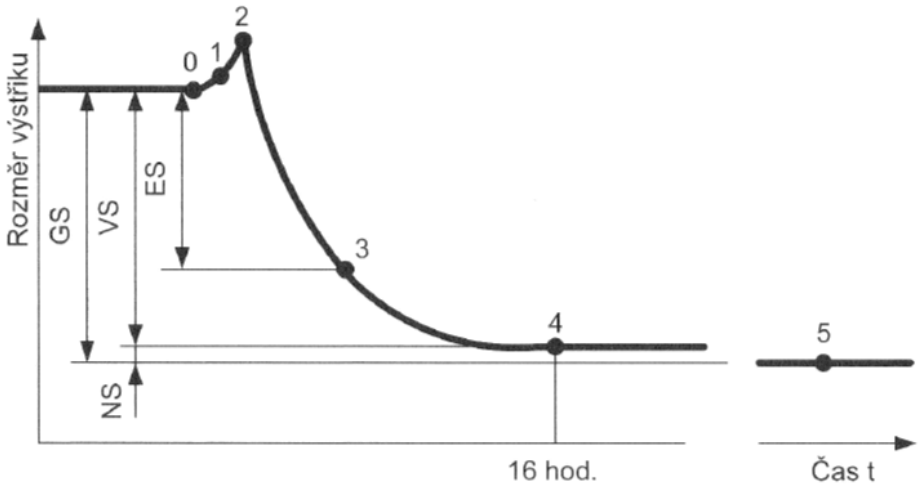
Povrch i rozměry výstřiku jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé:

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

4.1.3 Smrštění výstřiku

Smrštění je fenomén, který se vyskytuje u všech plastů. Při vstřikování kteréhokoliv 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. Udává se v %. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích. [1, 3]

Smrštění se rozděluje do dvou časových fází. Velikost provozního smrštění se stanoví 24 hodin po výrobě součásti a představuje až 90 % z jeho hodnoty. Zbytek je dodatečné smrštění, které probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru. [1]



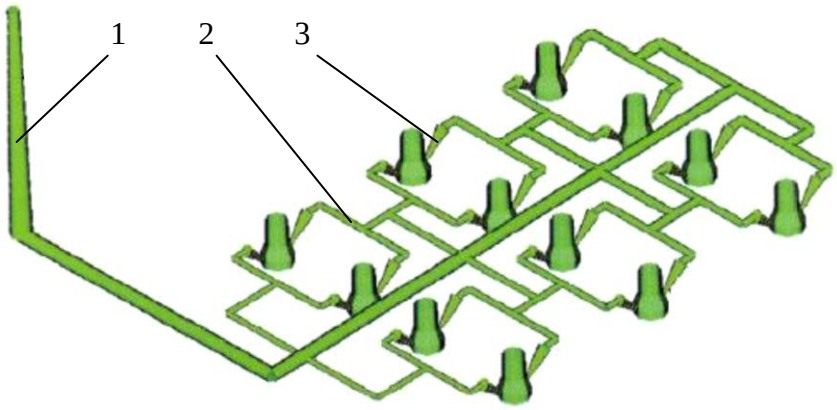
0 - rozměr ve studené formě, 1 - rozměr ve vytemperované formě, 2 - rozměr v uzavřené formě po dotlaku, 3 - rozměr výstřiku při vyhození z formy, 4 - doba měření výrobního smrštění (DIN 16 901 - 16hod.), 5 - rozměr po delším čase, ES - smrštění při vyhození výstřiku z formy, VS - výrobní smrštění, NS - dosmrštění, GS - celkové smrštění

Obr. 7. Průběh smrštění [3]

4.2 Studené vtokové soustavy

Systém rozváděcích kanálů a ústí vtoku spojující otvor v trysce vstřikovacího stroje s tvarovou dutinou formy. Musí zajišťovat správné rovnoměrné naplnění dutiny formy, snadné odtržení, nebo oddělení od výstřiku, snadné vyhození vtokového zbytku a objem vtokové soustavy omezit na minimum. [13]

Konstrukce vtokové soustavy určuje společně s technologickými parametry tokové poměry při plnění formy a je tak důležitým článkem z hlediska kvality výstřiku. [13]



1 - kuželový vtok, 2 - vtokový kanál, 3 - vtokové ústí

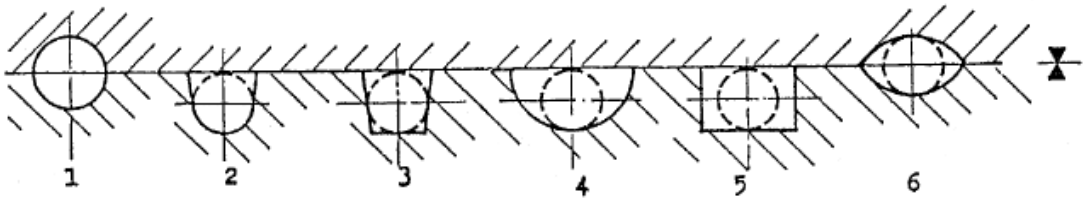
Obr. 8. Studená vtoková soustava [13]

4.2.1 Obecné zásady při návrhu

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,
- 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. [1]

Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový. [1]



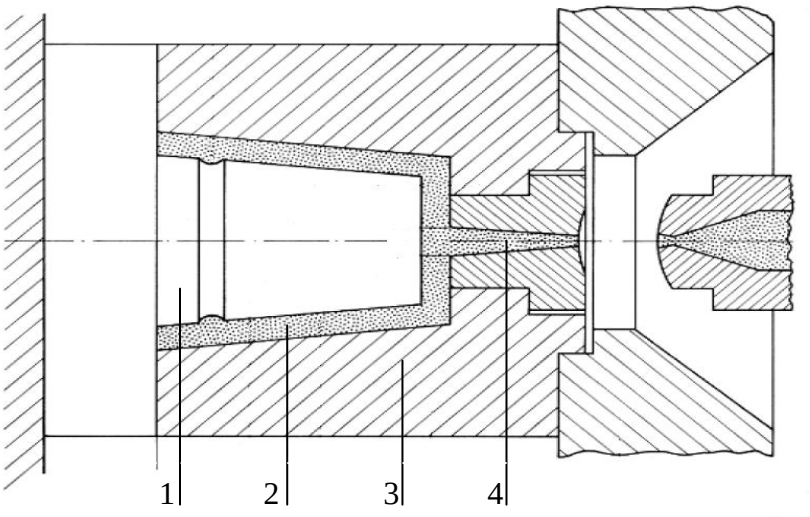
1, 6 - výrobně nevýhodné, 2, 3, 4 ,5 - výrobně výhodné

Obr. 9. Průřezy vtokových kanálů [1]

4.2.2 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. [1]

Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu na výstřiku. Pro určení jeho průměru platí, že ústí vtoku má být o 1 až 1,5 mm vetší, než je tloušťka stěny výstřiku. [1]



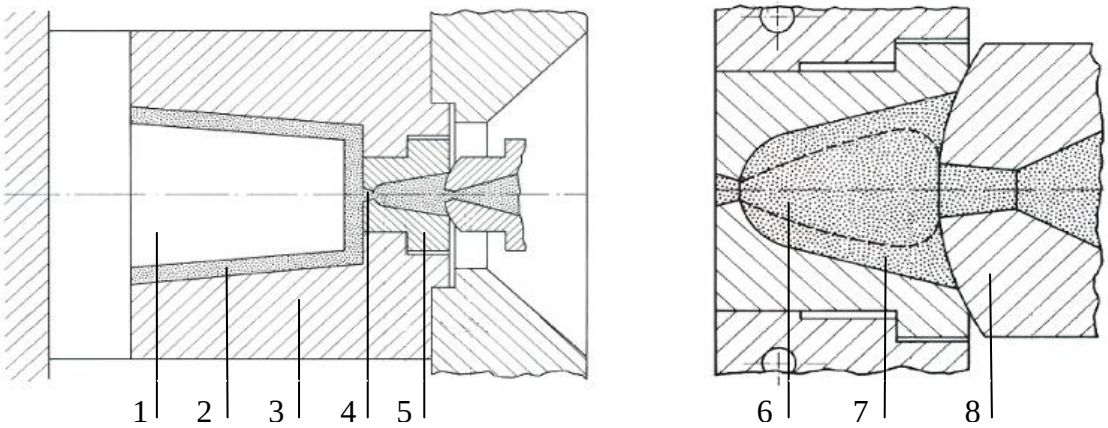
1 - tvárník, 2 - výstřik, 3 - tvárnice, 4 - plný kuželový vtok

Obr. 10. Plný kuželový vtok [13]

4.2.3 Bodový vtok

Je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělící rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Průměr ústí bodového vtoku nejčastěji 1 mm a je vhodný pro tenkostěnné výrobky. [1, 13]

Směrem k výrobku je vtok kuželovitě rozšířen, aby se ztuhlý plast v ústí odtrhl v přechodu ústí a komůrky a byl vytažen společně s výrobkem. Při opačném otevření, by zůstal v přechodu a bránil by dalšímu průtoku během následujícího cyklu. [13]



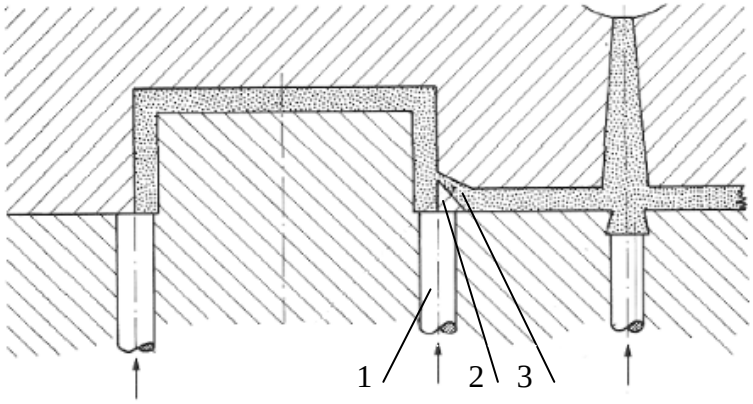
1 - tvárník, 2 - výstřik, 3 - tvárnice, 4 - bodový vtok, 5 - vtoková tryska, 6 - tekuté jádro, 7 - ztuhlé jádro, 8 - tryska vstřikovacího stroje

Obr. 11. Bodový vtok [13]

4.2.4 Tunelový vtok

Je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělící rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělícími rovinami. [1]

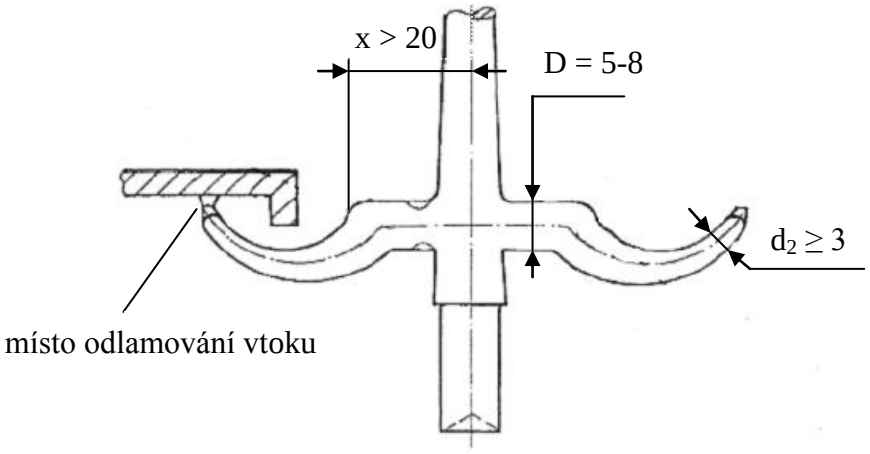
Tunelový vtok se používá pro dvoudeskové konstrukce forem s automatickým oddělováním vtokového systému od výstřiku. Ústí vtoku je vedeno pod řeznou hranou tvárníku. Šikmý zužující se kanál vychází z konce rozváděcího kanálu, navazující těsně pod dělící rovinou. [13]



1 - vyhazovač, 2 - řezná hrana, 3 - tunelový vtok

Obr. 12. Tunelový vtok [13]

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



Obr. 13. Srpkovitý vtok [13]

4.2.5 Boční vtok

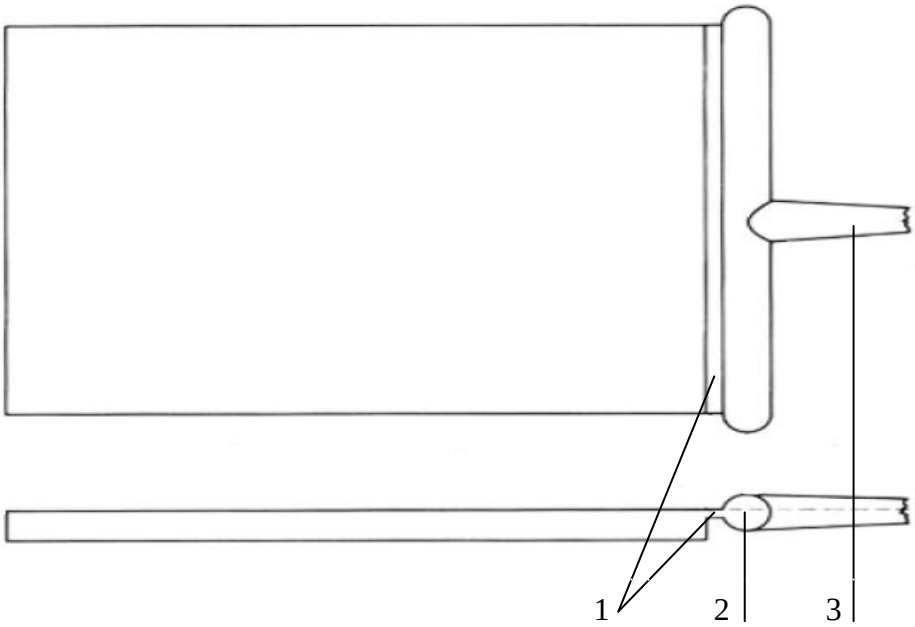
Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový). Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. [1]

Nahrazuje třídeskové řešení formy (nákladnější) dvoudeskovým řešením formy, tj. tvarové části i vtoková soustava jsou zaformovány v jedné dělící rovině. [13]

4.2.6 Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [1]

U obdélníkového tvaru výstřiku je ústí vtoku umisťováno do kratší hrany, především u semikrystalických a plněných plastů. Jen tak lze dosáhnout požadované pevnosti výstřiku. [13]



1 - filmový (štěrbinový) vtok, 2 - rozváděcí kanál, 3 - kuželový vtok

Obr. 14. Filmový vtok [13]

4.2.7 Plnění dutiny více vtoky

Pro výstřik je účelné naplnit dutinu formy taveninou jedním vtokem. Neumožňuje-li to tvarová dutina použije se více vtoků. Před použitím je třeba zvážit jejich vliv na uzavírání vzduchu a vzniku studených spojů při setkání proudů taveniny z jednotlivých vtoků. [1]

4.3 Vyhřívané vtokové soustavy

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomocí vyhřívaných vtokových soustav. Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. [1]

Používání vyhřívaných vtokových soustav stále narůstá, protože:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu (vstřikuje se bez vtokových zbytků),
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování. [1]

U způsobů bezvtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. [13]

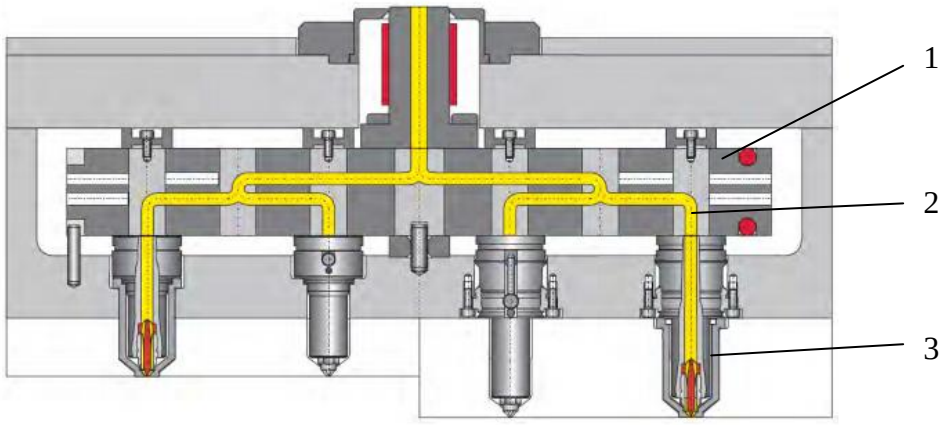
4.3.1 Horké trysky

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

Obr. 15. Horká tryska [18]

4.3.2 Vytápěné rozvodné bloky

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



1 - rozvodný blok, 2 - polymer, 3 - horká tryska

Obr. 16. Vytápěný rozvodný blok [20]

4.4 Vyhazovací systém

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 automaticky výrobní cyklus.

Má dvě fáze:

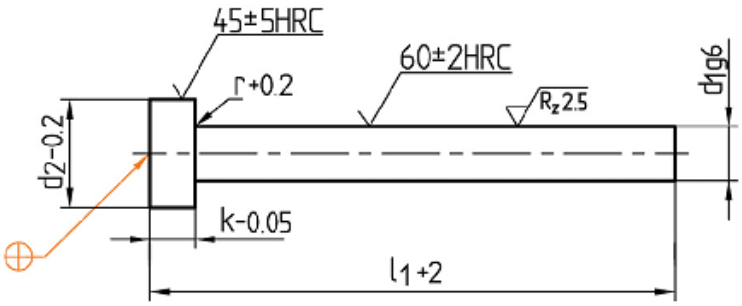
- dopředný pohyb, vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [2]

4.4.1 Vyhazovací kolíky

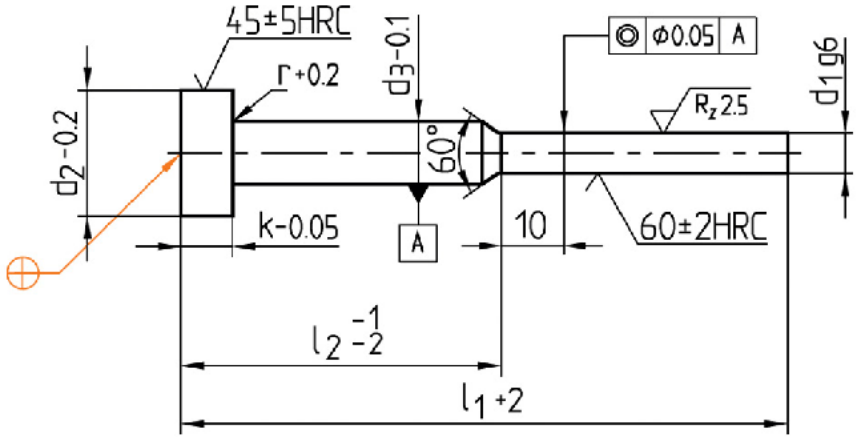
Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. [2]

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. [2]

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Vůle v uložení působí i jako odvzdušnění. [2]



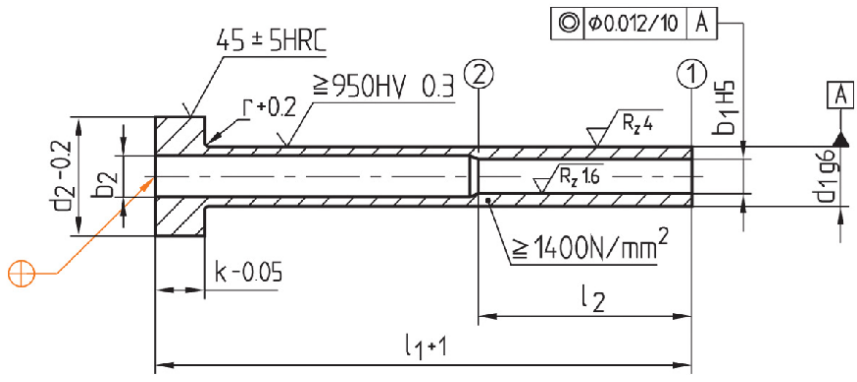
Obr. 17. Válcový vyhazovač [19]



Obr. 18. Prizmatický vyhazovač [19]

4.4.2 Trubkové vyhazovače

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatímco co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [2]



Obr. 19. Trubkový vyhazovač [19]

4.4.3 Stírací deska

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivená. [2]

4.4.4 Šikmé vyhazovače

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělící rovině, ale jsou uloženy k ní pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [2]

4.4.5 Zvláštní způsoby vyhazování

Vzduchové vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru velmi vhodný. [2]

Hydraulické vyhazování

Bývá součástí stroje a používá se především k ovládání mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače, se setkáváme již méně. Více se používají k ovládání bočních posuvných čelistí. [2]

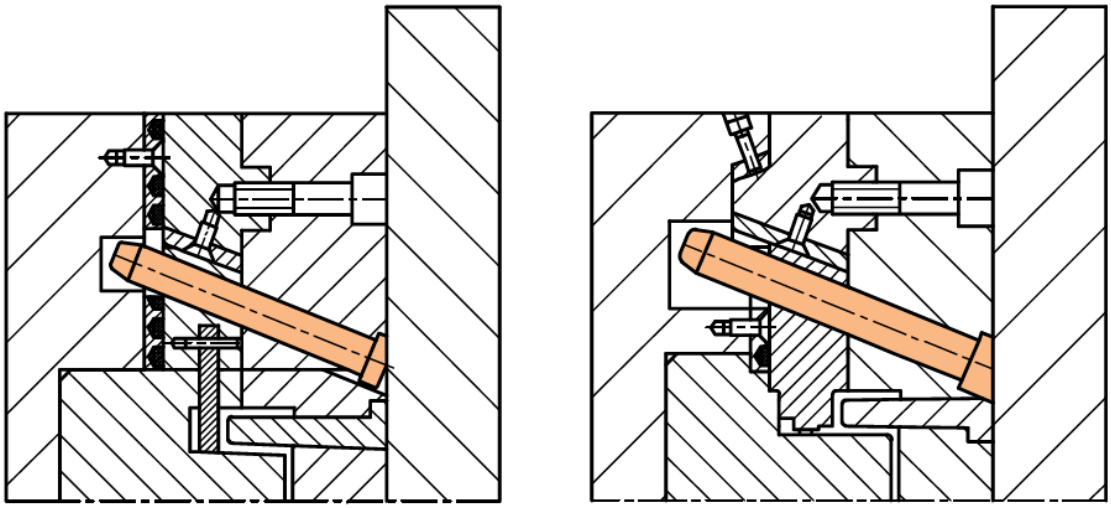
4.5 Posuvné čelisti

Výstřiky s bočními otvory, výstupky nebo různými zahloubeními, které leží kolmo k ose formy, se řeší s pohyblivými čelistmi. K ovládání těchto částí formy, které tvoří někdy další přídavné dělící roviny, se používá mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků. [2]

4.5.1 Šikmé kolíky válcové

Vysouvají boční čelisti současně s otevíráním formy, jen s nepatrným zpožděním, ovlivněným vůlí v otvoru šikmého kolíku. Vůle bývá 0,2 mm. Sklon šikmého kolíku se pohybuje od 15° až do 25°. [2]

Uzavírací pohyb čelisti je ukončen současně s uzavřením formy. Šikmý kolík provádí především otevírací pohyb. [2]



Obr. 20. Šikmý kolík válcový [19]

4.5.2 Lomené kolíky

Zajišťují nucený pohyb bočních čelistí při otevírání a uzavírání formy podobně jako šikmé kolíky, jen s tím rozdílem, že umožňují poměrně delší zpoždění odsunu čelisti při otevírání formy. Potom je možné vytáhnout čelist s jádrem při jakémkoliv otevření formy. [2]

Vůle mezi kolíkem a otvorem bývá 0,2 až 0,5 mm. Úhel sklonu bývá 12° až 25° a úhel uzamykacích ploch 15°. [2]

4.5.3 Pneumatické tahače jader

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. [2]

4.5.4 Hydraulické tahače jader

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

- před otevřením formy, pokud nemá uzamykací systém,
- v jakékoliv fázi otevření formy,
- až po celkovém otevření formy. [2]

4.6 Temperování formy

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Dutina formy je během vstřikování plněna taveninou plastu, která je ve formě ochlazována na teplotu vhodnou k vyjmutí výstřiku. Temperační systém ovlivňuje plnění tvarové dutiny formy, kvalitu výstřiku a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu (odvodem tepla z tvarových částí formy). [2, 12]

4.6.1 Úkol temperace

- ohřev formy na požadovanou teplotu a její stálost během procesu vstřikování,
- zajistit rovnoměrné rozložení teploty formy po celém povrchu její dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [12]

4.6.2 Obecné zásady volby temperačních kanálů

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává, nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin, se volí s ohledem na celkové řešení formy. [2]

Při volbě temperačního systému je třeba dodržovat následující pravidla:

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

- průtok chladící kapaliny regulovat tak, aby při chlazení proudila od nejteplejšího k nejchladnějšímu místu formy,
- průřez kanálů volit z výrobních důvodů kruhový, je však možno volit i jiný průřez,
- kanály mají procházet celistvým materiálem formy, pokud to není možné, je třeba stykové spoje utěsnit,
- po cestě temperačního média se nemají vytvářet mrtvé kouty, protože se v nich usazují nečistoty a jsou počátečními body ohnisek koroze a tím zarůstání kanálů,
- průměr kanálů nemá být menší než 6 mm, jinak hrozí nebezpečí ucpání nečistotami, vodním kamenem a pod. [2]

4.7 Odvzdušnění formy

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Vstřikování termoplastů je diskontinuální, cyklický výrobní proces. Při každém výrobním cyklu jsou tvarové dutiny formy před naplněním polymerní taveninou zavzdušněny. Při toku taveniny tedy musí konstrukce formy zajistit úplný odvod vzduchu a případných plynných zplodin vzniklých při plastifikaci vstřikovaného granulátu v plastifikační komoře vstřikovacího stroje a s taveninou zanesených do dutiny formy. [2, 3]

Samozřejmě platí přímá úměra - čím je vetší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny formy. Při neúčinném odvzdušnění tvarové dutiny formy a použití vysoké rychlosti plnění je nejčastější vadou vznik tzv. Dieselova efektu, což je spálené místo na výstřiku. [3]

4.7.1 Technické provedení odvzdušnění

Odvzdušnění musí být realizováno vždy v místě uzavírání vzduchu.

Určení místa pro odvzdušnění:

- na základě počítačové analýzy plnění a správné interpretace získaných výsledků,
- na základě zkušenosti konstruktéra formy,
- při oživování formy. [3]

4.8 Materiály forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich 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. [2]

Pro výrobu se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Takové druhy představují:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al, ...),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé, ...). [2]

4.8.1 Tepelné zpracování součástí forem

Tepelné zpracování představuje souhrn takových operací, kterými se získávají požadované vlastnosti materiálů. Průběh je provázen změnou jejich struktury, ovlivňující především mechanické vlastnosti. Nejdůležitějšími způsoby tepelného zpracování jsou:

- žíhání (odstranění vnitřního pnutí, ...),
- kalení (zvýšení tvrdosti a pevnosti),
- popouštění v návaznosti na kalení,
- chemicko-tepelná zpracování (cementace, nitridování, ...). [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit 3D model vstřikovaného dílu,
- navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl,
- nakreslit 2D řez vstřikovací formy včetně příslušných pohledů a kusovníku.

Teoretická část obsahuje popis technologie vstřikování, vstřikovacího stroje a poznatky týkající se konstrukce forem a popis jejich jednotlivých částí.

V praktické části bylo úkolem nakreslit 3D model, dále navrhnout a zkonstruovat vstřikovací formu na výrobu daného dílu. Vycházelo se z reálného výrobku, který byl zadán vedoucím bakalářské práce. Jedná se o díl palubní desky do automobilu. Při konstrukci formy byl využit program CATIA V5R18 a bylo využito dílů z normálií firmy HASCO a DME.

6 POUŽITÉ PROGRAMY

6.1 CATIA V5R18

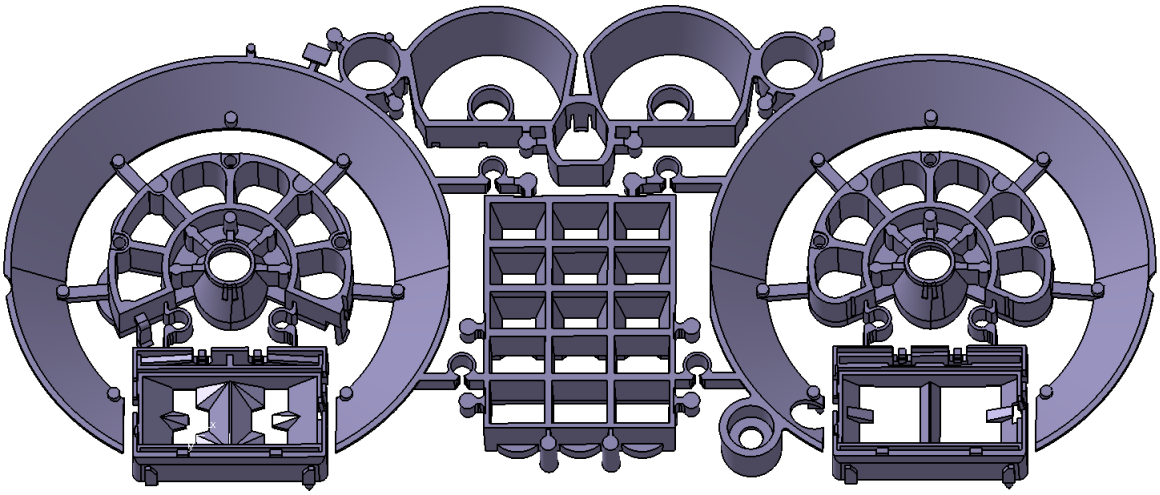
CATIA je program vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systèmes a využívá se především v automobilovém a leteckém průmyslu. Je to integrovaný systém pro počítačový návrh, konstruování a výrobu. V programu lze navrhnout vstřikovací formu pomocí modulů, které program obsahuje, a to od 3D modelu až po 2D výkresovou dokumentaci. Dále umožňuje vkládání jednotlivých částí forem z normálií od různých firem.

6.2 HASCO R2 - 2012

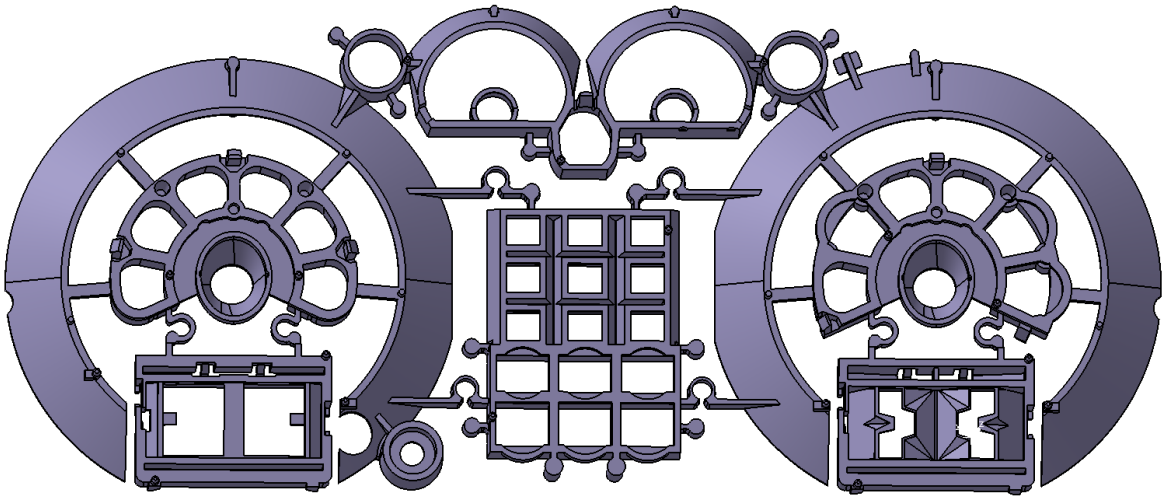
HASCO modul je 3D knihovna normálií potřebných k návrhu formy. V programu se nachází několik návodů a dokumentace k tomu, jak normálie co nejefektivněji použít. Vybrané součásti lze z knihovny importovat do různých konstrukčních programů (Catia, Inventor, SolidWorks, atd.).

7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

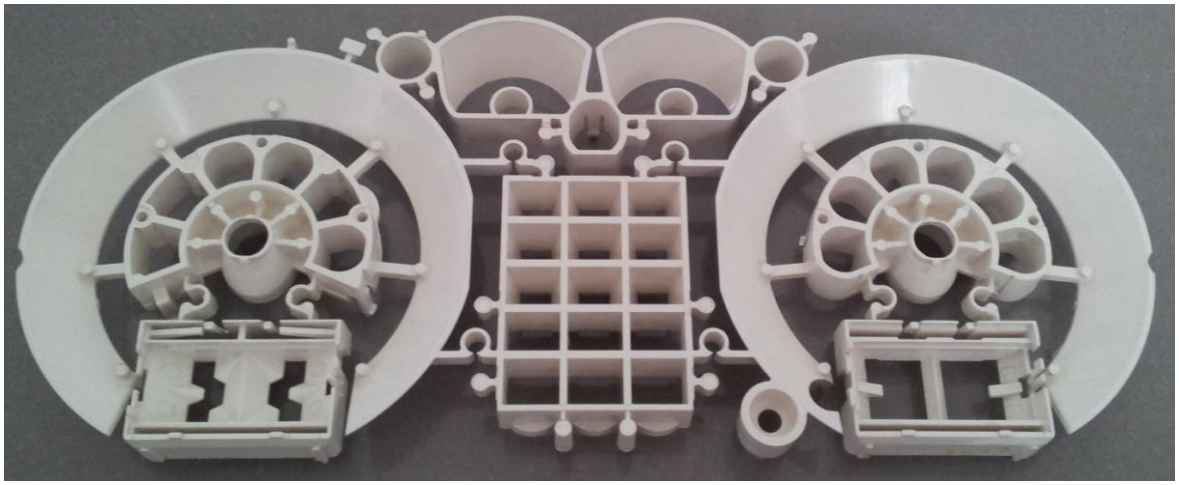
Vstřikovaným výrobkem je část palubní desky automobilu. Jedná se o výrobek, jehož maximální rozměry jsou 287 x 122mm a výška 25,5mm. Tloušťka stěn je proměnná. Na výrobku se nachází čtyři výstupky, které nelze odformovat přímo a je nutno využít pružné vyhazovače. Objem výstřiku je 86,9 cm^3 a hmotnost 97,3 g.



Obr. 21. Pohled zepředu na vymodelovaný výrobek



Obr. 22. Pohled zezadu na vymodelovaný výrobek



Obr. 23. Fotka zadaného výrobku

7.1 Materiál vstřikovaného výrobku

Materiál na daný výrobek byl zvolen jako kombinace materiálů PC/ABS (Polycarbonat/Acrylonitrile Butadien Styren) od švédské firmy POLYKEMI. Obchodní název zvoleného materiálu je POLYblend 65FS. Jedná se o materiál, který má vhodné vlastnosti pro daný typ výrobku, neobsahuje skelné vlákna. Materiál má dobrou rázovou houževnatost a rozměrovou stálost.

V příloze PI je přiložen materiálový list, ve kterém lze nalézt základní hodnoty materiálů, jako je hustota, index toku taveniny, a další.

V příloze PII jsou procesní podmínky, při kterých má být materiál připraven pro použití, zde lze najít teplotu sušení a čas potřebný pro vysušení materiálu. Dále v příloze lze nalézt podmínky pro vstřikovací proces. Teplota tavení materiálu, teplota temperování formy a hodnoty tlaků.

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj byl zvolen od německé firmy Arburg s označením Arburg ALLROUNDER 470C GOLDEN EDITION. Jedná se o stroj, který má uzavírací část řízenou hydraulikou. Průměr šneku byl zvolen 45 mm, kdy výkon plastikační jednotky je 254 cm^3 na jeden pracovní cyklus. Základní hodnoty stroje jsou uvedený v tabulce Tab.1. a ostatní parametry jsou v příloze PIII, kde jsou vypsány všechny parametry daného stroje.

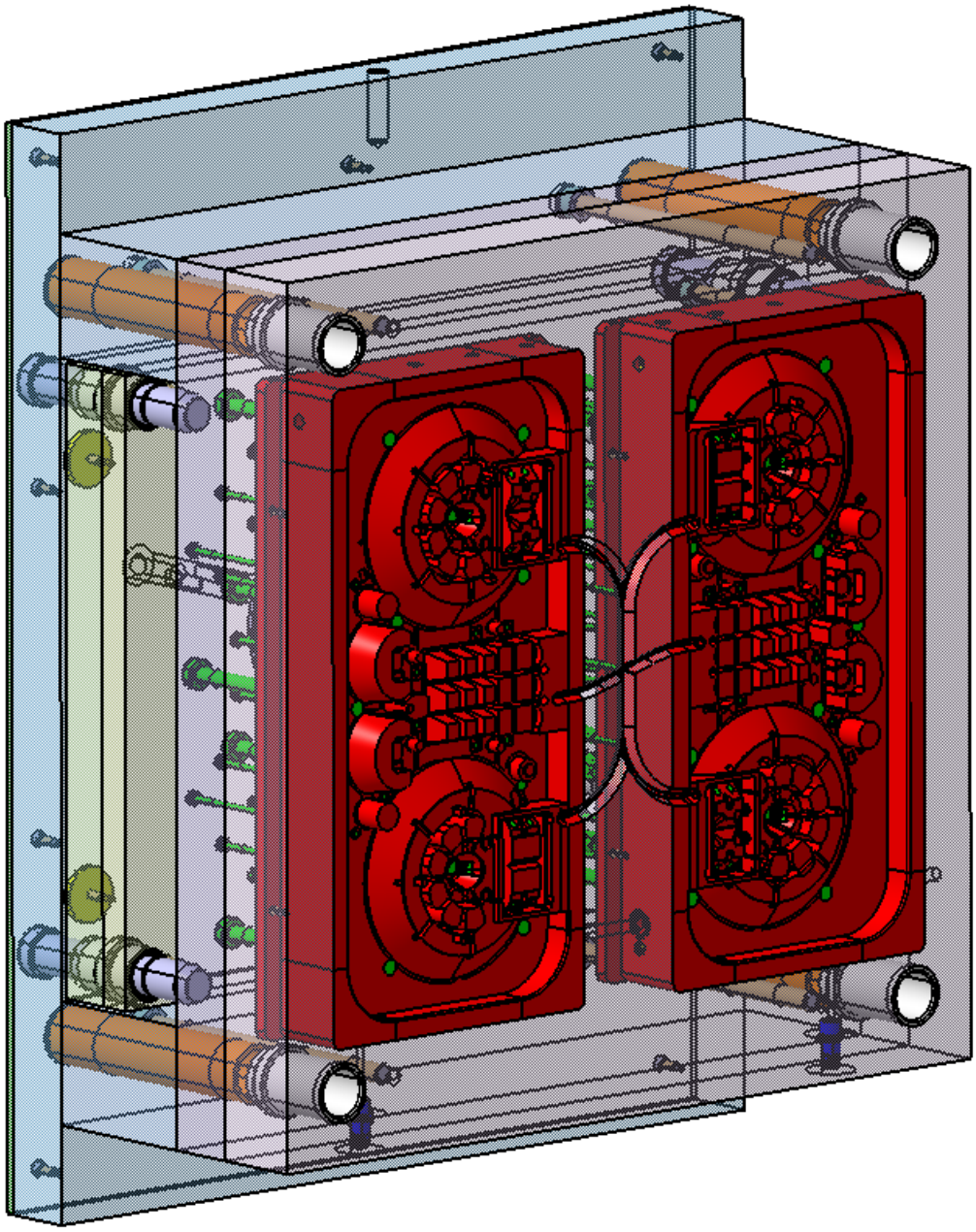
Obr. 24. Zvolený vstřikovací stroj [21]

Tab. 1. Základní parametry stroje

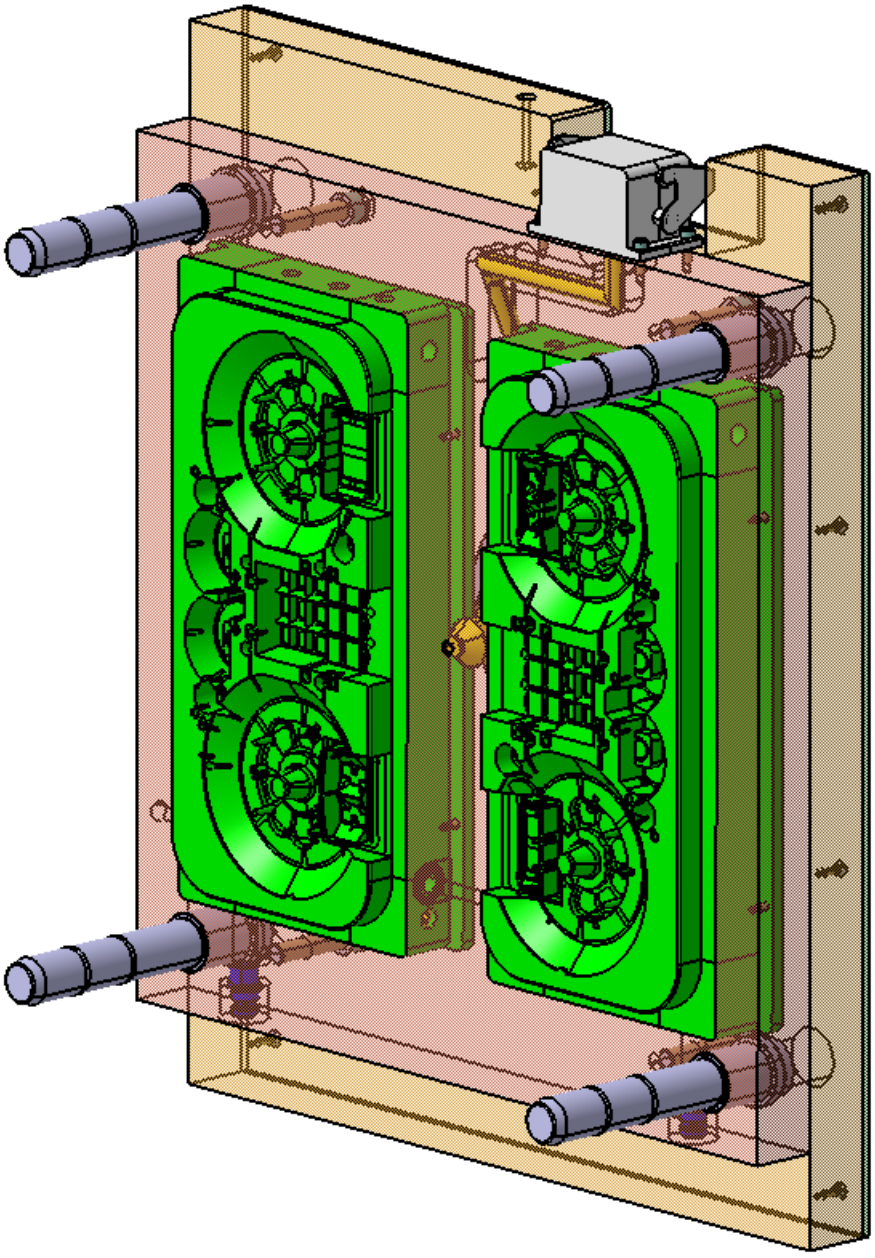
	Arburg 420C	Vstřikovací forma
Maximální uzavírací síla	1500 [KN]	-
Maximální vyhazovací síla	40 [KN]	-
Zdvih vyhazovačů	175 [mm]	38 [mm]
Průměr šneku	45 [mm]	-
Maximální objem dávky	254 [cm^3]	185,7 [cm^3]
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	470 x 470 [mm]	546 x 446 [mm]
Velikost upínací desky	650 x 650 [mm]	-
Minimální výška formy	250 [mm]	284 [mm]
Celková světlost mezi upínacími deskami	750 [mm]	-

9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Při návrhu vstřikovací formy byl brán ohled na co největší využití normalizovaných dílů od firmy HASCO, čímž by se čas potřebný na výrobu formy podstatně zkrátil a případná výměna některého poškozeného komponentu by nebyla náročná. Konstrukce formy byla řešena s ohledem na minimální složitost formy. Navržená forma je tvořena několika deskami, vodícími a upínacími prvky.



Obr. 25. Pohled na levou stranu formy



Obr. 26. Pohled na pravou stranu formy

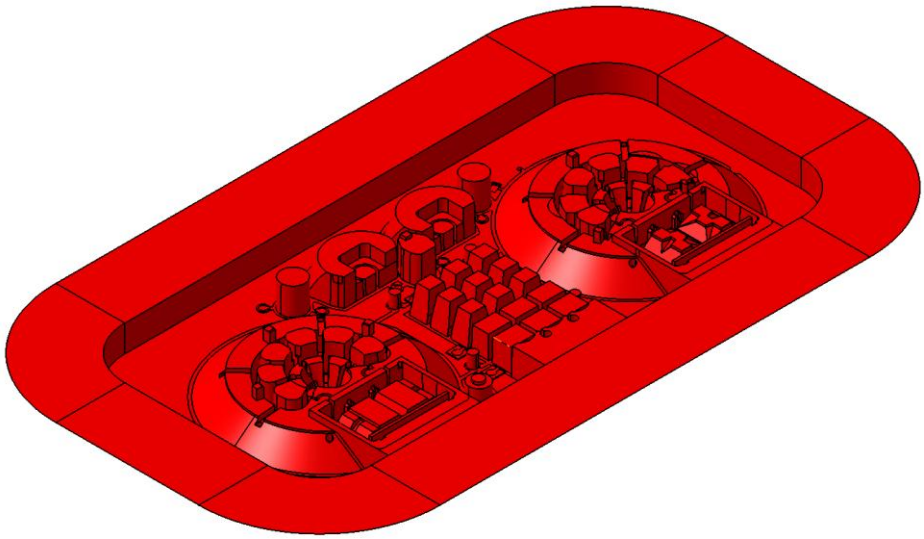
9.1 Zaformování vstřikovaného výrobku

S ohledem na tvar a složitost vstřikovaného výrobku byl tvárník a tvárnice vytvořena v programu CATIA pomocí modulu Core & Cavity Design. Tento modul rozdělí plochy na 3D modelu podle jejich úkosů a plochy které nejsou pod žádným úhlem vzhledem k dělící rovině označí. Tyto plochy se následně zařadí buď do tvárnice nebo tvárníku. Výsledkem jsou dvě celistvé plochy, pomocí kterých se do tvarových vložek nebo tvarových desek

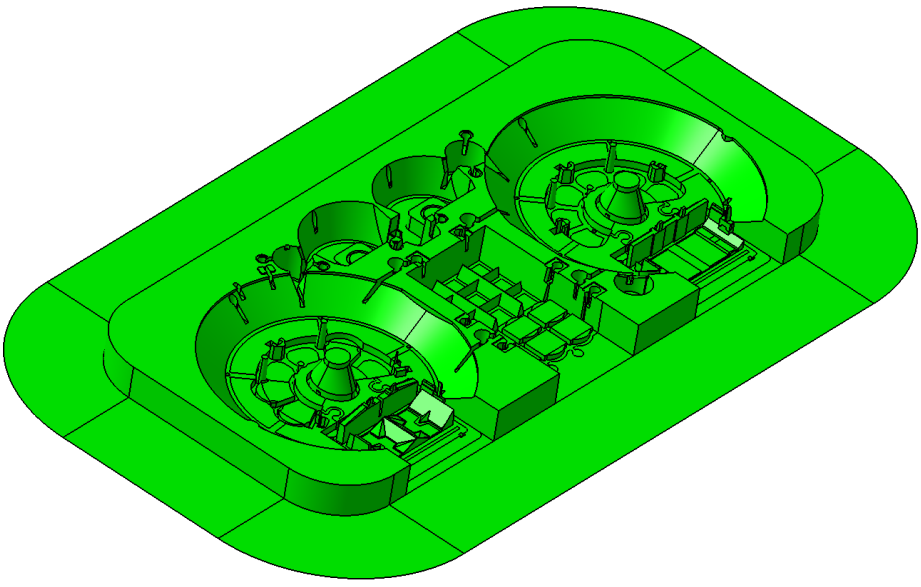
vyřeže tvar, který je zvětšen o hodnotu smrštění daného materiálu, aby vystříknutý výrobek měl požadované rozměry.

9.1.1 Násobnost formy

Pří volbě násobnosti je nutné brát v úvahu, že všechny kusy musí být stejné. Násobnost vstřikovací formy ovlivňuje počet vyráběných kusů a série, ve kterých budou vyráběny. U větší násobnosti vstřikovací formy by se docílilo zkrácení výrobního času dané série, ale nevýhodou je zde využití většího stroje s větším výkonem, také náklady na výrobu formy jsou větší. Po zvážení všech kriterií byla forma zvolena jako dvojnásobná.



Obr. 27. Plocha pro vyřezání tvárníku

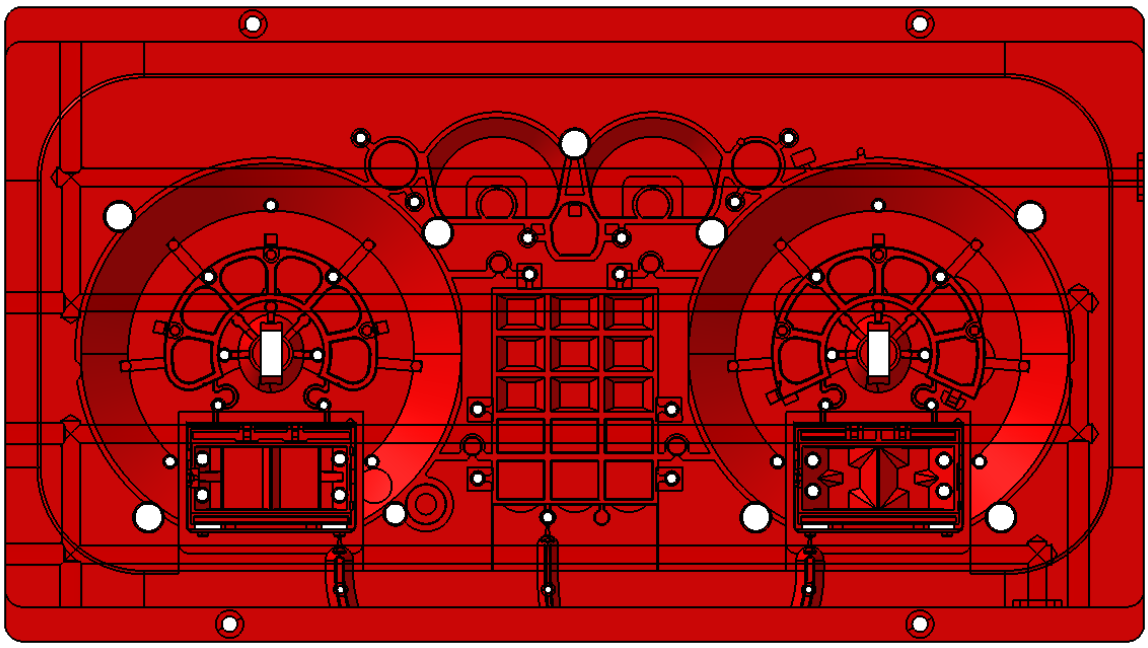


Obr. 28. Plocha pro vyřezání tvárnice

9.1.2 Tvárník a tvárnice

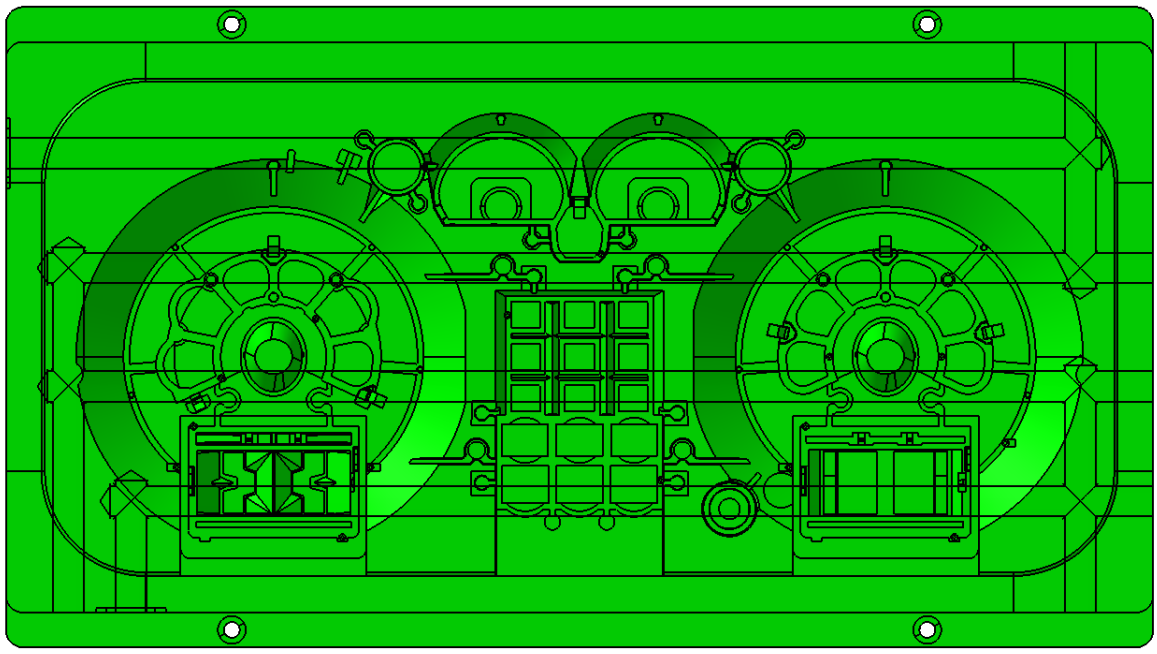
Při uzavření formy tvoří osm pružných vyhazovačů s tvárníky a tvárnicemi dvě uzavřené dutiny, které jsou propojené studeným tokovým systémem, kdy materiál vstupuje do každé dutiny přes tři tunelové vtoky.

Tvárník je tvořen tvarovou vložkou, která má tloušťku 46 mm. V této vložce je 53 otvorů pro vyhazovače které jsou obdélníkového a kruhového průřezu. Dále jsou ve vložce vytvořeny dvě drážky pro čtyři pružné vyhazovače od firmy DME pro odformování výstupků, které se nachází na vstřikovaném výrobku. Tvarová vložka také obsahuje temperační kanály průměru 6 mm a dvě drážky pro pryžové o-kroužky, které mají za úkol utěsnit přechody v temperačním systému. Tvarová vložka drží ve formě díky osazení na zadní straně a je přitažena čtyřmi šrouby průměru 4mm.



Obr. 29. Tvárník

Tvárnice je tvořena tvarovou vložkou, která má tloušťku 36 mm. V této vložce jsou kruhové otvory o průměru 10 mm určené pro temperaci. Přechody jsou utěsněny pomocí pryžových o-kroužků, které jsou umístěny ve vyfrézovaných drážkách. Tvarová vložka drží ve formě díky osazení na zadní straně a je přitažena čtyřmi šrouby průměru 4mm.



Obr. 30. Tvárnice

9.2 Vtokový systém

Vstřikovací forma byla navrhnuta v kombinaci horký a studený vtokový systém. Ve vstřikovací formě je v pravé straně zaformována horká tryska a v levé straně vstřikovací formy je studený rozvod, který má šest tunelových ústí do dutin vstřikovací formy. Výhodou použití tunelových vtoků je, že při vyhazování výstřiků z dutiny vstřikovací formy vyhazovacím systémem dojde k ustřižení v ústích tunelových vtoků tokového systému od výstřiku. Výhodou využití horké trysky je, že dojde k úspoře materiálu díky eliminaci kuželového vtoku.

9.2.1 Horká tryska

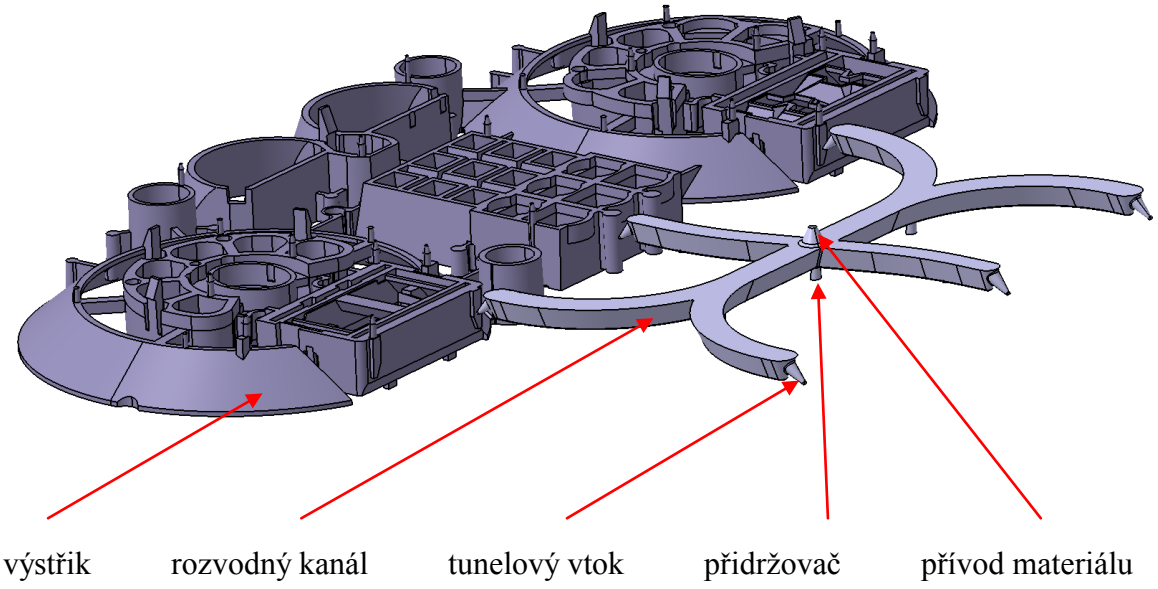
Horká tryska byla volena z normálií firmy HASCO. Vytápění horké trysky je pomocí odporového drátu. Horká tryska byla zvolena otevřená, průměr vyústění z trysky je 1,5 mm a otvor pro plnění trysky od plastikační jednotky má průměr 3,5 mm. Katalogové číslo dané trysky je HASCO Z103/32 x 61/1,5.

9.2.2 Rozvodný kanál

Rozvodný kanál má lichoběžníkový průřez, který je odstupňovaný, aby materiál rovnoměrně plnil dutinu formy. Lichoběžníkový průřez má výhodu díky své výrobní jednoduchosti, také má malé teplotní a tlakové ztráty. Materiál který je přiváděn horkou tryskou je rozdělen do čtyř kanálů, které se poté ještě rozdělují a šest tokových ústí plní dutiny vstřikovací formy. Ostré hrany jsou v rozvodném kanálu zaobleny a také tvar tokového kanálu byl navrhován tak, aby materiál co nejlépe zatékal do dutin vstřikovací formy. Rozvodný kanál je ze spodní strany přidržován na třech místech přidržovači vtoku.

9.2.3 Vtokové ústí

U zadaného dílu bylo zvoleno tunelové vtokové ústí. Délka tunelových vtoků byla volena co nejmenší. Průměr vyústění do formy byl zvolen o průměru 1 mm. Díky tunelovému vtokovému ústí dochází ve formě k oddělení studeného vtokového systému od výstřiků a ze vstřikovací formy po jednom cyklu vypadává studený vtokový systém oddělen od obou výstřiků. Pro bezproblémové oddělení byly ve vstřikovací formě z každé strany tunelového ústí umístěny vyhazovače, které při vyhození výstřiků ustřihnou vyústění tunelových vtoků o hranu tvárníků.



Obr. 31. Schéma studeného vtokového systému s jedním výstřikem

9.3 Temperační systém

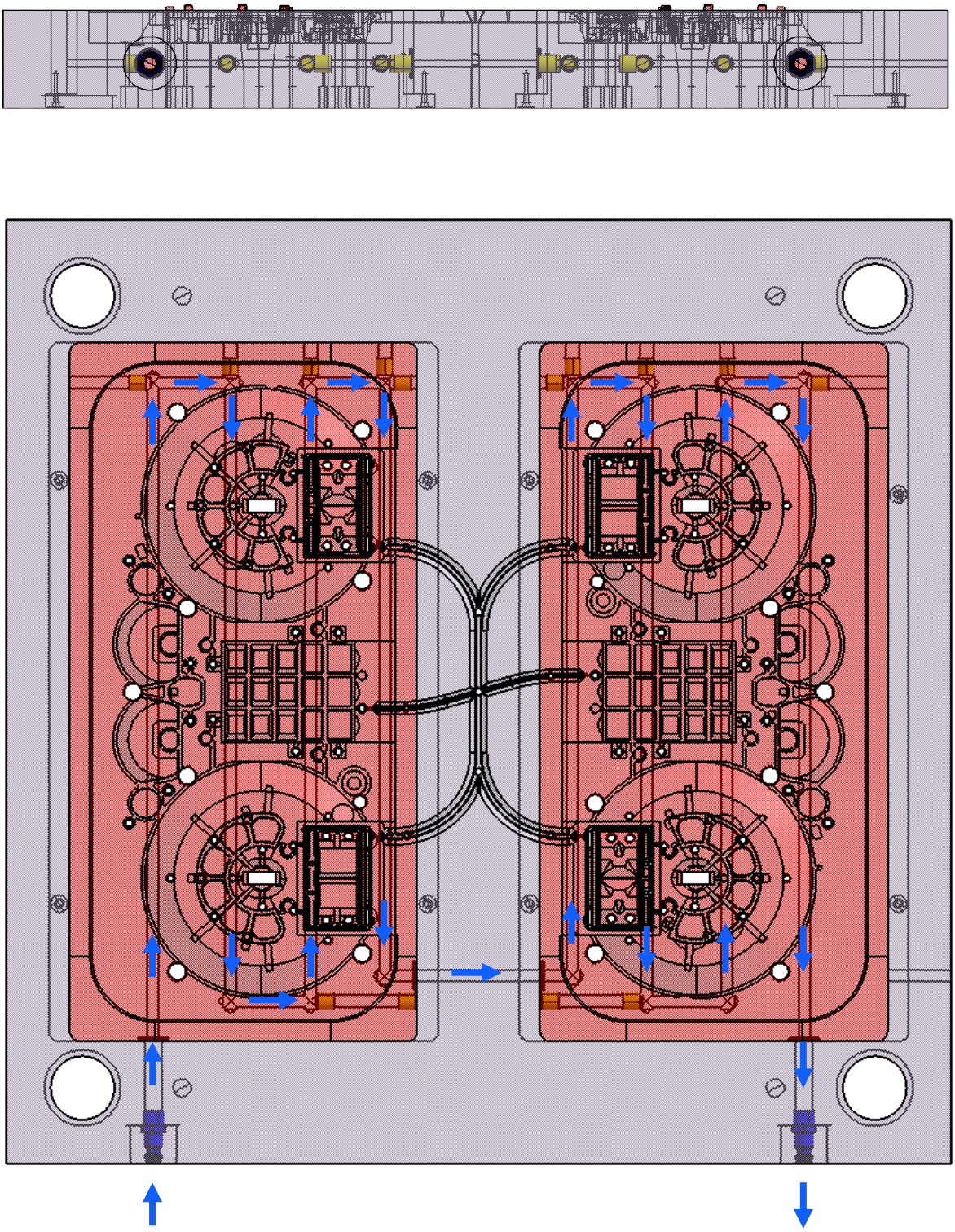
Temperační systém má ve formě důležitý charakter, jelikož zajišťuje rovnoměrné teplotní pole vstřikovací formy. Temperační systém má vliv na výslednou kvalitu výstřiků. Zajišťuje rovnoměrné tuhnutí a chladnutí jednotlivých výstřiků.

9.3.1 Temperace levé strany vstřikovací formy

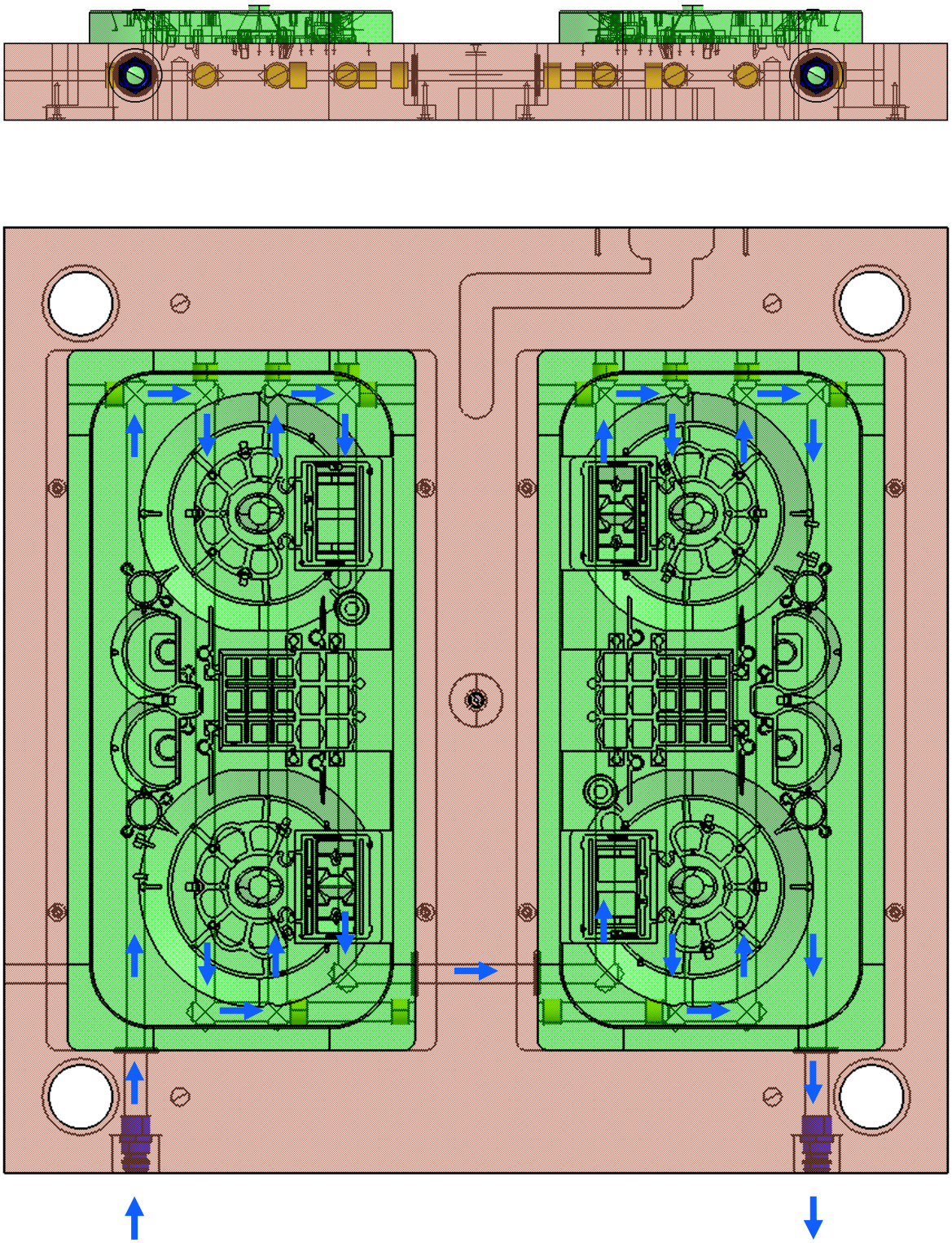
Temperační systém v levé straně vstřikovací formy je tvořen soustavou vrtaných kanálů průměru 6 mm, větší průměr kanálu nešel zvolit, kvůli husté síti otvorů, která vznikla od vyhazovacího systému. Střed kanálu je v hloubce 25 mm od povrchu tvárníku. Přechody v temperačním kanálu jsou utěsněny pryžovými o-kroužky. Pro vymezení dráhy temperačního média byly použity zátky, jejich katalogové číslo je HASCO Z940/8x0,75. Nátrubek byl volen otevřený s vnitřním průměrem 6 mm a jeho katalogové číslo je HASCO Z81/9/10x1.

9.3.2 Temperace pravé strany vstřikovací formy

Temperační systém v pravé straně vstřikovací formy je tvořen soustavou vrtaných kanálů průměru 10 mm. Na pravé straně byl zvolen větší průřez kanálů, aby se chladící účinek zvýšil. Střed kanálů je v hloubce 15 mm od povrchu kotevní desky. Pro vymezení dráhy temperačního média byly použity zátky, jejich katalogové číslo je HASCO Z940/12x1,5. Nátrubek byl volen otevřený s vnitřním průměrem 9 mm a jeho katalogové číslo je HASCO Z81/13/14x1,5.



Obr. 32. Pohledy na temperaci levé strany



Obr. 33. Pohledy na temperaci pravé strany

9.4 Vyhazovací systém

Vyhození ochlazených výrobků z dutiny vstřikovací formy je pomocí navrhnutého vyhazovacího systému. Tento systém je ovládán vyhazovacím táhlem, které je ukotveno v opěrné desce vyhazovacího systému pomocí závitového kolíku a druhá strana se ukotví ve vstřikovacím stroji.

Při návrhu bylo zvoleno několik typů vyhazovačů. Vyhazovací systém obsahuje velký počet vyhazovačů, kvůli složitosti výrobku, a aby bylo dosaženo rovnoměrného vyhození z dutin vstřikovací formy.

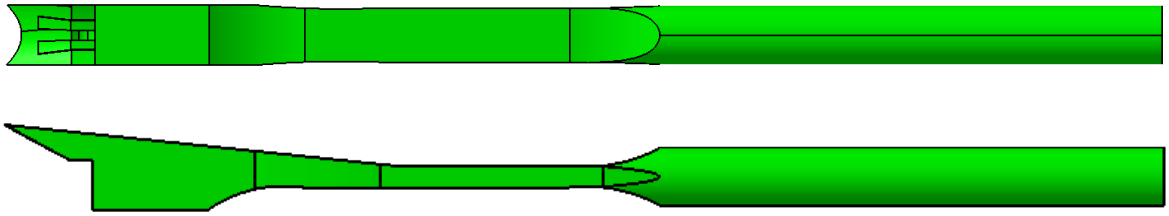
Vyhazovací systém obsahuje celkem 118 vyhazovačů různých průřezů. Tyto vyhazovače jsou popsány v Tab. 2., kde je jejich název, včetně katalogového čísla a počtu ve vstřikovací formě. Dále vyhazovací systém obsahuje 3 přidržovače vtoku, které drží vtokový kanál na levé straně vstřikovací formy. Jedná se o válcové vyhazovače průměru 3 mm, které jsou upraveny do tvaru Z (viz. Obr. 34.).

Tab. 2. Zvolené vyhazovače

Vyhazovače	**Katalogové číslo**	**Počet ve formě**
Válcové Ø3 mm	HASCO Z41/3 x 160	54 Ks
Válcové Ø3,5 mm	HASCO Z41/3,5 x 160	16 Ks
Válcové Ø6 mm	HASCO Z41/6 x 125	2 Ks
Válcové Ø8 mm	HASCO Z41/8 x 160	16 Ks
Prizmatické válcové Ø2 mm	HASCO Z441/2 x160	6 Ks
Prizmatické válcové Ø2,5 mm	HASCO Z441/2,5 x 160	8 Ks
Prizmatické obdélníkové 7 x 1,5 mm	HASCO Z46/7,5 x 1,5/125	8 Ks
Pružné	DME AW275 06 - 6,2	8 Ks
Přidržovače	-	-
Válcové Ø3 mm	HASCO Z41/3 x160	3 Ks

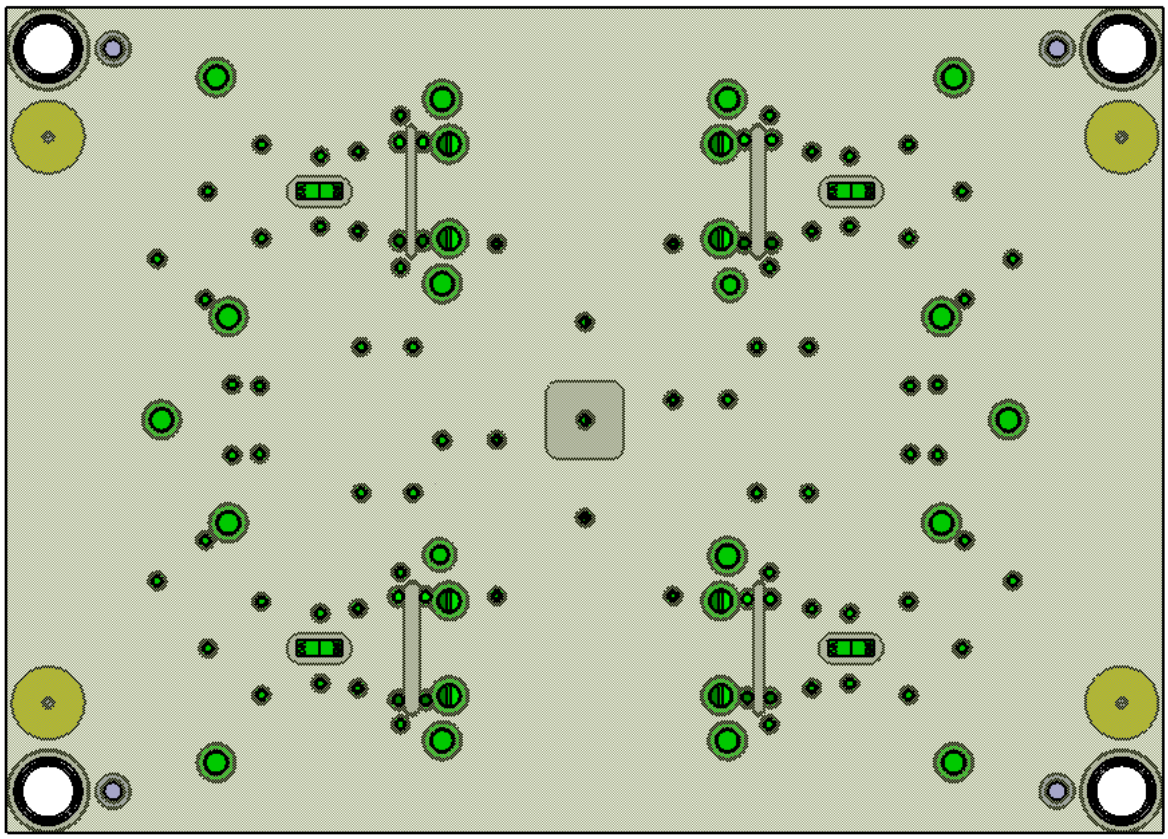
Obr. 34. Přidržovač vtoku

Na vstřikovaném výrobku se nachází čtyři výstupky, které se nedají odformovat. Z důvodu nedostatku místa nemohly být použity šikmé vyhazovače, proto bylo navrhnuto odformování pomocí pružných vyhazovačů od firmy DME.

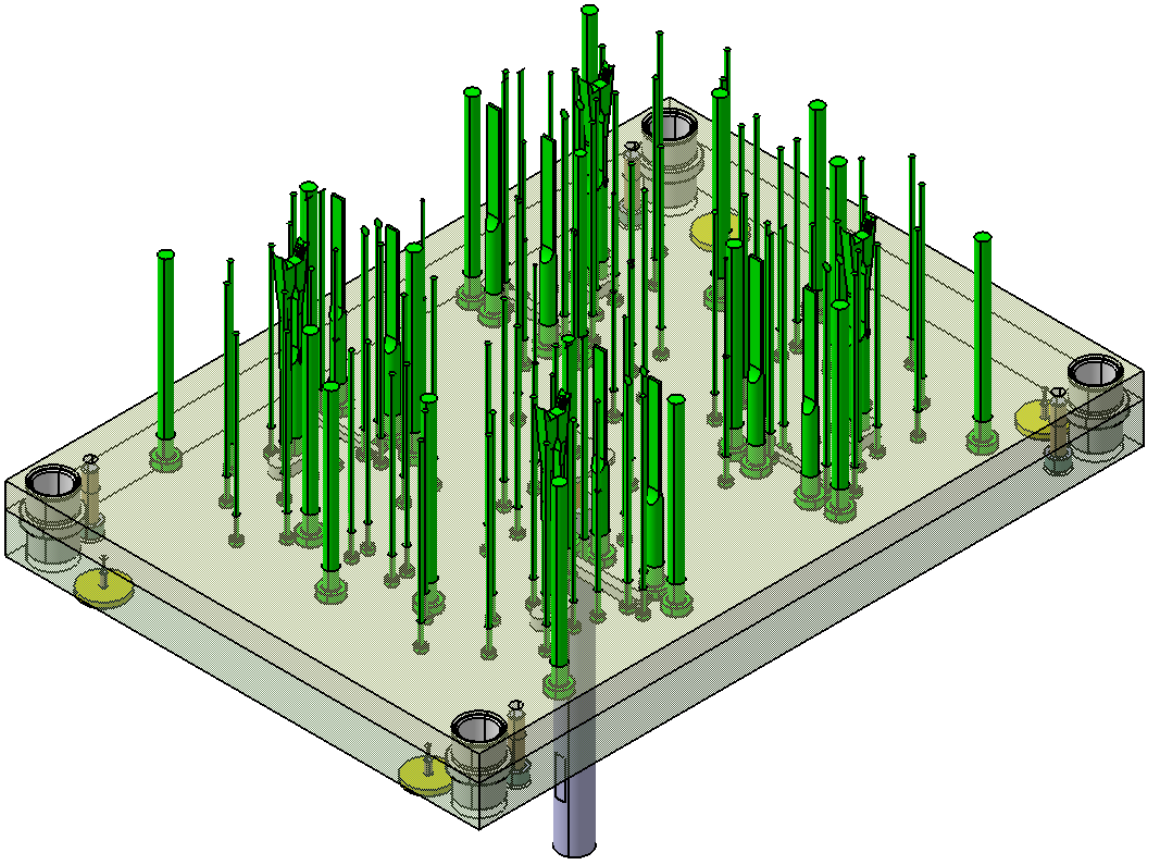


Obr. 35. Pohledy na pružný vyhazovač umístěný ve vstřikovací formě

U osmi vyhazovačů průměru 3,5 mm bylo nutné zabránit vyhazovačům rotaci kolem své osy, proto se do kotevní desky zaformovala čtyři pera, která této rotaci brání.



Obr. 36. Pohled z dutiny vstřikovací formy na vyhazovací systém



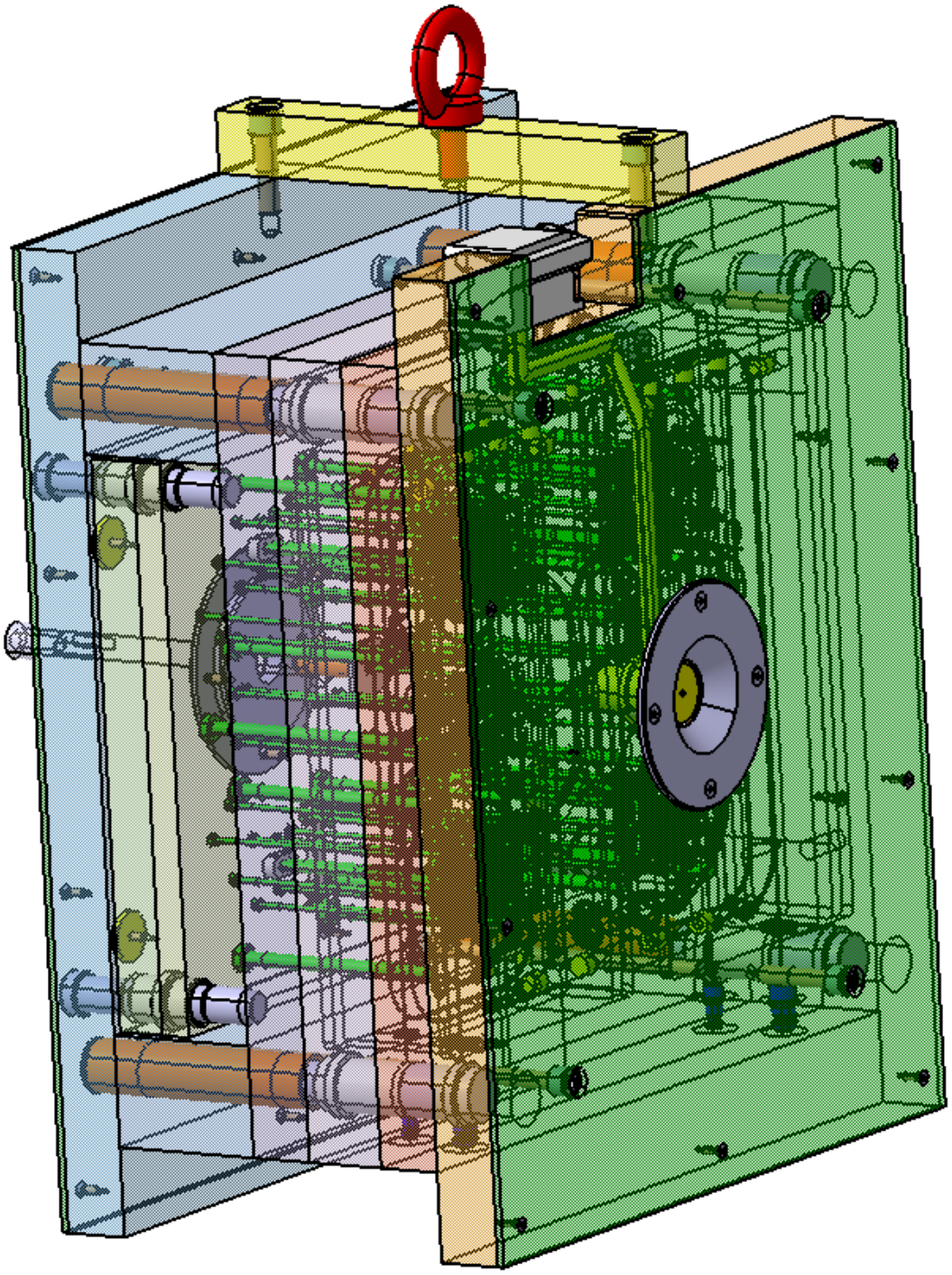
Obr. 37. 3D pohled na vyhazovací systém

9.5 Odvzdušnění

Odvzdušnění vstřikovací formy je důležité, jelikož dutiny jsou po uzavření vstřikovací formy naplněny vzduchem, který po vstříknutí roztaveného polymeru musí uniknout. Únik vzduchu v navrhované formě byl uvažován vůlemi mezi vyhazovači a tvarovou vložkou a přes vůle v dělící rovině.

9.6 Transportní systém

Navrhovaná vstřikovací forma je opatřena transportním systémem, který obsahuje dva šrouby M12x45 a šroub s okem od firmy HASCO, který má nosnost 500kg a katalogové číslo Z71/16 a transportní hranol průřezu 35x35 mm. Transportní hranol je ukotven do upínacích desek vstřikovací formy.



Obr. 38. Pohled na vstřikovací formu s transportní částí

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu na výrobu stejného výrobku, který byl zadán vedoucím bakalářské práce. Tento díl je komponent z palubní desky automobilu. Jehož maximální rozměry jsou 287 x 122mm a výška 25,5mm. Tloušťka stěn je proměnná.

Pří návrhu měla být vstřikovací forma navržena se všemi potřebnými komponenty, které vstřikovací forma musí obsahovat. Vstřikovací forma byla navrhována z normálií německé firmy HASCO. Při návrhu bylo zvoleno, že vstřikovací forma bude dvojnásobná s kombinací studeného a horkého tokového systému. Kdy studený vtokový systém s tunelovými ústími bude ve vstřikovací formě rozvádět roztavený polymer a horký vtokový systém je v podobě vysokovýkonné horké trysky. Materiál desek byl zvolen stejný pro všechny desky kromě desek, které přichází do kontaktu s roztaveným polymerem, tyto desky jsou z kvalitnějšího materiálu a jsou tepelně zpracovány. Odformování vstřikovaného výrobku je pomocí dvou vložek (tvárník a tvárnice), které tvoří se skupinou vyhazovačů a tokovým systémem uzavřenou dutinu, která je vyplňována roztaveným polymerem, v tomto případě materiálem POLYbled 65FS. Materiál je do dutiny přiváděn vysokovýkonnou tryskou od německé firmy HASCO. Celkové množství polymeru potřebné na vyplnění dutiny formy je 185,7 cm^3 a plastikační výkon zvoleného stroje Arburg 470C je 254 cm^3, plastikační jednotka stroje je využita ze 73,1%. Navrhovaná vstřikovací forma má velký počet vyhazovačů (121 Ks), což je způsobené velikostí a složitostí daného vstřikovaného výrobku. Vstřikovací forma je opatřena transportní částí, která má také za úkol držet vstřikovací formu uzavřenou a při namontování na vstřikovací stroj musí být tato část demontována, aby bylo možné vstřikovací formu otevřít. Velikost formy kterou lze na vstřikovacím stroji upnout je dána vzdáleností vodících sloupků stroje a velikostí upínací desky, kdy vzdálenost mezi vodícími sloupky je 470x470 mm a velikost upínací desky je 650x650 mm. Velikost navrhnuté vstřikovací formy je 546x446 mm a výška je 284 mm. Celková hmotnost dané vstřikované formy je 410Kg.

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce je popsán princip technologie vstřikování, materiály které se touto technologií zpracovávají, konstrukce výrobků a v poslední nemalé části je popsána konstrukce vstřikovací formy.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na návrh vstřikovací formy na zadaný vstřikovaný výrobek. 3D model a navrhnutá vstřikovací forma byly kresleny v programu CATIA V5R18 francouzské firmy Dassault Systèmes. Úkolem bylo navrhnout vstřikovací formu na zadaný vstřikovaný výrobek, tento úkol byl splněn. Návrh vstřikovací formy je včetně výkresové dokumentace (2D řez vstřikovací formou, pohledy do levé a pravé strany vstřikovací formy a kusovník). V přílohách jsou doloženy následující materiály: materiálový list vstřikovaného polymeru, procesní podmínky, technické parametry vstřikovacího stroje, 2D výkresová dokumentace a CD-disk, který obsahuje 3D model vstřikovaného výrobku a 3D model vstřikovací formy včetně výkresové dokumentace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

monografie

[1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I.díl - Vstřikování termoplastů*. 2.upr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 133 s.

[2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II.díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.

[3] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. 1.vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.

[4] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vydání. Brno: VUT, 1990. 199s. ISBN 80-214-0213-X

1. vydání. Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.

[5] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie.* 2. vydání. Brno: VUT Brno, 1980. 278 s.

[6] GASTROW, Hans. *Injection Molds: 130 proven design*. 3rd ed. Munich: Hanser Publisher, 2002. 313s. ISBN 3-446-21448-8.

[7] RESS, Herbert. *Mold engineering*. 2nd ed. Munich: Hanser Publisher, 2002. 688s. ISBN 3-446-21659-6.

[8] 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.

[9] BRUMEL, M. a kol. *Rozměrově přesné výrobky z plastů.* 1. vyd. Praha: VÚNM, 1977. 272 s.

[10] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním.* 1. vyd. Praha: SNTL, 1986. 229 s.

internetové zdroje

[11] Temperace [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c6/TS.pdf>.

[12] Plasty [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm>.

[13] Vtokové soustavy [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf>.

[14] Vstřikování plastů [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>.

[15] Arburg [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Presse/2011/18554-01_570C_GE.jpg>.

[16] Arburg [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.arburg.com/cs/cz/reseni/injection-moulding-machines/hydraulic-machines/#!prettyPhoto>.

[17] Arburg [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.arburg.com/cs/reseni/processes/vicekomponentni-vstrikovani/#!prettyPhoto>.

[18] Horké trysky [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.jansvoboda.cz/nove-samostatne-trysky-s-jednoduchym-topenim>.

[19] Hasco [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://www.hasco.com>.

[20] Vyhřívané vtokové soustavy [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf >.

[21] Vstřikovací stroj Arburg [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z WWW: <http://konferencje.eplastics.pl/academy/files/2011/01/allrounder-470-c.jpg>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvourozměrný prostor
3D	Trojrozměrný prostor
Al	Hliník
ABS	Akronitril-Butadien-Styren
Cu	Měď
IT	Stupeň přesnosti
PC	Polycarbonat
pvT	Závislost tlaku, měrného objemu a teploty
T_f	Teplota tečení (plastického toku) [°C]
T_g	Teplota skelného přechodu [°C]
T_m	Teplota tání [°C]
VS	Vyhazovací systém

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vstřikovací cyklus [5] 12
Obr. 2. Vstřikovací stroj [15] 13
Obr. 3. Hydraulická uzavírací jednotka [16] 14
Obr. 4. Obrazovka řídicího panelu [17] 15
Obr. 5. pvT diagram [3] 17
Obr. 6. Řez vstřikovací formou 21
Obr. 7. Průběh smrštění [3] 23
Obr. 8. Studená vtoková soustava [13] 24
Obr. 9. Průřezy vtokových kanálů [1] 25
Obr. 10. Plný kuželový vtok [13] 25
Obr. 11. Bodový vtok [13] 26
Obr. 12. Tunelový vtok [13] 27
Obr. 13. Srpkovitý vtok [13] 27
Obr. 14. Filmový vtok [13] 28
Obr. 15. Horká tryska [18] 29
Obr. 16. Vytápěný rozvodný blok [20] 30
Obr. 17. Válcový vyhazovač [19] 31
Obr. 18. Prizmatický vyhazovač [19] 31
Obr. 19. Trubkový vyhazovač [19] 31
Obr. 20. Šikmý kolík válcový [19] 33
Obr. 21. Pohled zepředu na vymodelovaný výrobek 40
Obr. 22. Pohled zezadu na vymodelovaný výrobek 40
Obr. 23. Fotka zadaného výrobku 41
Obr. 24. Zvolený vstřikovací stroj [21] 42
Obr. 25. Pohled na levou stranu formy 43
Obr. 26. Pohled na pravou stranu formy 44
Obr. 27. Plocha pro vyřezání tvárníku 45
Obr. 28. Plocha pro vyřezání tvárnice 45
Obr. 29. Tvárník 46
Obr. 30. Tvárnice 47
Obr. 31. Schéma studeného vtokového systému s jedním výstřikem 48

Obr. 32. Pohledy na temperaci levé strany 50
Obr. 33. Pohledy na temperaci pravé strany 51
Obr. 34. Přidržovač vtoku 52
Obr. 35. Pohledy na pružný vyhazovač umístěný ve vstřikovací formě 53
Obr. 36. Pohled z dutiny vstřikovací formy na vyhazovací systém 53
Obr. 37. 3D pohled na vyhazovací systém 54
Obr. 38. Pohled na vstřikovací formu s transportní částí 55

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Základní parametry stroje.....42

Tab. 2. Zvolené vyhazovače.....52

SEZNAM PŘÍLOH

PI Materiálový list

PII Procesní podmínky

PIII Technické parametry stroje

PIV Výrobní dokumentace - 2D řez, pohledy a kusovník

PV CD - disk

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST

polykemi

POLYblend

65FS

PC/ABS-blend

Property	Value	Unit	Standard
Density	1,12	g/cm³	ISO 1183
MFI at 260°C/5kg	25	g/10min	ISO 1133
Flexural modulus at +23°C	2400	MPa	ISO 178
Maximum flexural strength	95	MPa	ISO 178
Maximum tensile strength	58	MPa	ISO/R527
Elongation at break		%	ISO/R527
Elongation at yield	7	%	ISO/R527
Impact strength			
Notched Charpy at +23°C	45	kJ/m²	ISO 179
Notched Charpy at -30°C	16	kJ/m²	ISO 179
Unnotched Charpy at +23°C	NB	kJ/m²	ISO 179
Unnotched Charpy at -30°C	NB	kJ/m²	ISO 179
Filler content		±2%	Polykemi
Heat Distortion Temperature			
HDT 120°C/h at 455kPa (B)	111/110	°C	ISO 75/1
HDT 120°C/h at 1820kPa (A)	100/93	°C	ISO 75/1
Softening temperature			
Vicat 50°/h at 9,81N (A)	124	°C	ISO 306
Vicat 50°C/h at 49,05N (B)	109	°C	ISO 306
Ball pressure test	100	°C	IEC 335-1
Flammability			
GWT at 2 mm	650	°C	IEC 695-2-1
UL94 at 1.6 mm	HB*		UL94
Mould shrinkage (with flow)	0,5-0,7	%	ISO 2577
Mould shrinkage (across flow)	0,5-0,7	%	ISO 2577

*UL file no. E122538
HDT (annealed/unannealed)

Version 3 2011-02-01

Stated values in this datasheet are approximate. The values originate, if nothing else is stated, from standardised test specimens in natural colour. All information, recommendations and advice given by Polykemi AB or any of its subsidiaries and affiliates, written or verbal, are according to Polykemi AB's knowledge to the date of this edition, correct and given in good faith. It is the responsibility of the customer to test and evaluate if the material suits the application and the environment in which it is intended to be used. Polykemi AB, its subsidiaries and affiliates can not be held responsible or liable for any loss incurred through incorrect or faulty use of the products. When producing details in flame retardant material, corrosion protected steel is to recommend for the mould. Polykemi AB takes no responsibility for any printing errors.

Polykemi AB, Bronsgatan 8, Box 14, 271 21 Ystad, Sweden
Tel:+46 411-170 30, Fax: +46 411-16730, E-mail: info@polykemi.se, www.polykemi.se

PŘÍLOHA P II: PROCESNÍ PODMÍNKY

polykemi

POLYblend

65FS

Processing data for the injection moulder

Parameter	Recommended Value	Unit
Melt temperature	240-280	°C
Mould temperature	70-100	°C
Injection pressure	900-1500	bar
Injection speed	High	
Holding pressure	20-50	% of injection pressure
Back pressure	5-15	bar
Drying temperature	100-110	°C
Drying time in circulation dryer	2-8*	h
Drying time in fresh-air dryer	2-8*	h
Drying time in dessicant air dryer	2-8*	h

*Predry until moisture-content < 0.05%

During production stops, emptying the cylinder is recommended. Leave the screw in its front most position. For polycarbonate it is also recommended to leave the cylinder temperature at 160-180°C and that the heating on the feeding zone is on. When producing details in flame retardant material, corrosion protected steel is to recommend for the mould. For further information, see the material safety datasheet (MSDS).

Polykemi AB, Bronsgatan 8, Box 14, 271 21 Ystad, Sweden
Tel:+46 411-170 30, Fax: +46 411-16730, E-mail: info@polykemi.se, www.polykemi.se

PŘÍLOHA P III: TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE

Technical data | 470 C GOLDEN EDITION

Machine model			470 C GOLDEN EDITION
EUROMAP size indication[1]			1500-400
Clamping unit			
Clamping force	max.	kN	1500
Closing force	max.	kN	50
Opening force / increased	max.	kN	35 / 350
Opening stroke	max.	mm	500
Mould height	min.	mm	250
Daylight	max.	mm	750
Distance between tie bars		mm	470 x 470
Platen size (hor. x vert.)		mm	650 x 650
Weight of mov. mould half	max.	kg	800
Ejector force	max.	kN	40
Ejector stroke	max.	mm	175
Hydraulics, drive, general			
Drive power of the hydraulic pump		kW	18,5
Dry cycle time for opening stroke[4]		s-mm	1,8-329
Total connected load[2]		kW	30,4
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow			
Control cabinet			
Safety standard according to			DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)			1 x 16 A
Injection unit			400
Screw diameter		mm	35 / 40 / 45
Effective screw length		L/D	23 / 20 / 18
Screw stroke	max.	mm	160
Calculated injection volume	max.	cm^3	154 / 201 / 254
Shot weight	max.	g PS	141 / 184 / 232
Material throughput[4]	max.	kg/h PS	25 / 29 / 35
	max.	kg/h PA 6.6	12,5 / 15 / 17,5
Injection pressure[3]	max.	bar	2500 / 2000 / 1580
Injection flow[3]	max.	cm^3/s	128 / 168 / 212
Back pressure positive / negative	max.	bar	350 / 160
Circumferential screw speed	max.	m/min	47 / 53 / 60
Screw torque	max.	Nm	480 / 550 / 610
Nozzle contact force	max.	kN	60
Nozzle retraction stroke	max.	mm	300
Installed cylinder heating power / heating zones		kW	8,8 / 4
Installed nozzle heating power		kW	0,6
Material hopper capacity		l	50
Machine dimensions and weights of the basic machine			
Oil capacity		l	235
Net weight		kg	4850
Electrical connection (pre-fused)[2]		A	80

1) 1st figure: clamping force (kN), 2nd figure: max. dosage volume (cm^3) x max. injection pressure (kbar)
2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases (observe phase loading when installing new equipment)
3) A combination of max. injection pressure and max injection flow (max. injection capacity) can be mutually exclusive, depending on the equipment-related motor output
4) Deviations are possible depending upon process settings and material type
5) According to EUROMAP

These technical data specifications refer to the state at the time of printing. We reserve the right to modify specifications in the interest of a continuous program of further development.