

Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu galanterní spony

Vojtěch Holub

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch Holub**
Osobní číslo: **T11229**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu galanterní spony**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma**
- 2. Navrhněte model plastového výrobku ve 3D**
- 3. Navrhněte konstrukci vstřikovací formy ve 3D**
- 4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy**

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:

10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně

.....

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

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

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

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

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

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

V teoretické části je popsána problematika technologie vstřikování, zpracovávaných materiálu a především konstrukce vstřikovacích forem.

Praktická část se zabývá návrhem konkrétního konstrukčního řešení výrobku a vstřikovací formy, včetně výkresové dokumentace. Konstrukce výrobku a formy byla provedena v programu CATIA V5R18 s využitím normálií od firmy HASCO.

Klíčová slova: vstřikování, polymer, vstřikovací forma, konstrukce.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with design of injection mold for specified plastic part which is haberdashery plastic buckle.

Problems of injection molding technology, processed materials and injection mold design are described in the theoretical part.

The practical part deals with design of specific part and injection mold for its production, including drawings. Part and mold design was made in application CATIA V5R18 and the standard parts from company HASCO were used during the mold design.

Keywords: injection molding technology, polymer, injection mold, design.

Velmi rád bych poděkoval všem, kteří mi během psaní této bakalářské práce pomohli cennými radami a připomínkami. Obzvláště bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a pevné nervy s jakými se mi věnoval. Zároveň děkuji svým rodičům za trpělivost a velkou podporu v průběhu dosavadního studia.

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 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	13
1.2 PRŮBĚH TLAKU V DUTINĚ FORMY	14
1.3 POLYMERY ZPRACOVÁVANÉ TECHNOLOGIÍ VSTŘIKOVÁNÍ.....	15
1.3.1 Základní rozdělení polymerů	15
1.3.2 Volba vhodného materiálu	18
1.3.3 Příprava termoplastů před vstřikováním	18
1.4 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	19
1.4.1 Uzavírací jednotka	20
1.4.2 Vstřikovací jednotka	21
1.4.3 Řízení a ovládání stroje.....	23
2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ	24
2.1 DĚLÍCI ROVINA, OKRAJE A OBRUBY	24
2.2 TLOUŠŤKA STĚN VÝROBKU.....	25
2.3 ZAOBLENÍ HRAN, ROHŮ A KOUTŮ	25
2.4 ÚKOSY A PODKOSY.....	26
2.5 ŽEBRA A VÝZTUHY	26
2.6 OTVORY A DRÁŽKY	26
3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM	27
3.1 SOUČÁSTI VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	27
3.2 NÁSOBNOST FORMY	28
3.3 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM.....	29
3.3.1 Vtokový kanál	30
3.3.2 Rozvodné kanály	30
3.3.3 Ústí vtoků.....	31
3.4 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY	33
3.4.1 Vyhřívání vtokové trysky	34
3.4.2 Vytápěné rozvodové bloky	34
3.5 VYHAZOVCÍ SYSTÉM.....	34
3.5.1 Mechanické vyhazování.....	35
3.5.2 Pneumatické a hydraulické vyhazování	36
3.6 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	36
3.6.1 Temperační kanálky	37
3.6.2 Temperační medium.....	38
3.7 ODVZDUŠŇOVACÍ SYSTÉM.....	38
3.8 MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	41
5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	42

5.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	43
6	POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PROGRAMY.....	44
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	45
7.1	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	45
7.1.1	Tvarové části formy pro vnitřní dílec spony	45
7.1.2	Tvarové části formy pro vnější dílec spony	46
7.2	SYSTÉM ODFORMOVÁNÍ VNĚJŠÍHO DÍLCE SPONY	47
7.3	VTKOVÝ SYSTÉM	48
7.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	49
7.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	51
7.6	UPÍNACÍ, STŘEDÍCÍ A VODÍCÍ PRVKY RÁMU VSTŘIKOVACÍ FORMY	53
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ	56
	DISKUZE VÝSLEDKŮ	58
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	67
	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

ÚVOD

Člověk, jako vynalézavý tvor, má tendenci se stále učit novým věcem. Během svého vývoje zdokonaluje své technologie a objevuje novější a lepší materiály. Své první jednoduché nástroje vyráběl z materiálů, kterými byl obkloповán. Označení jednotlivých etap vývoje lidstva tedy vychází z materiálu, který v dané době člověk zpracovával. Vzhledem k tomu, že je známá doba kamenná, bronzová a železná, lze říct, že dnešní doba je dobou plastovou.

Plastikářské technologie jsou jedny z nejmladších, ale rychle se rozvíjejících výrobních oborů. Prudký vývoj těchto technologií je dán vysokým stupněm produktivity, snadným zpracováním, všemožným použitím a relativní cenovou dostupností plastů.

Plasty se uplatňují ve strojírenství, kde často nahrazují kovy, v obuvnickém průmyslu, ve stavebnictví, v potravinářském průmyslu na výrobu obalů, ve zdravotnictví, v chemickém průmyslu, v zemědělství a především v průmyslu automobilovém.

Ke zpracování plastů slouží celá řada různých technologií. Volba technologie výroby je závislá především na tvaru a funkci výrobku, jenž má během své životnosti plnit. Mezi nejnámější technologie patří vstřikování, vytlačování, vyfukování, lisování, válcování, odlévání, ale i technologie, při nichž materiál mění tvar bez významnějšího přemístování částic jako je tvarování, ohýbání, obrábění a mnoho dalších. Největší důraz je ovšem kladen na technologii vstřikování, která slouží pro zhotovení složitějších plastových dílů. S technologií vstřikování úzce souvisí pojem vstřikovací forma, jejíž funkcí je dát tvar konkrétnímu plastovému dílci. Na konstrukci vstřikovacích forem jsou kladeny vysoké nároky. Formy musí zajistit tvar a kvalitu budoucích výrobků a zároveň musí vydržet velké vstřikovací tlaky a svírací síly. Při konstrukci forem se používá celá řada konstrukčních programů, které konstrukci zjednodušují a urychlují. Využití programů je od samotného návrhu výrobku, po samotnou výkresovou dokumentaci formy. Jednotlivé desky a součásti forem se skládají pomocí stavebnicového systému s využitím normálií různých firem.

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovacích forem, kde teoretická část řeší problematiku technologie vstřikování, vstřikovaných materiálů a vstřikovacích forem obecně. Praktická část řeší konkrétní konstrukci formy pro konkrétní plastový díl s využitím programu CATIA V5R18 a normálií od firmy HASCO.

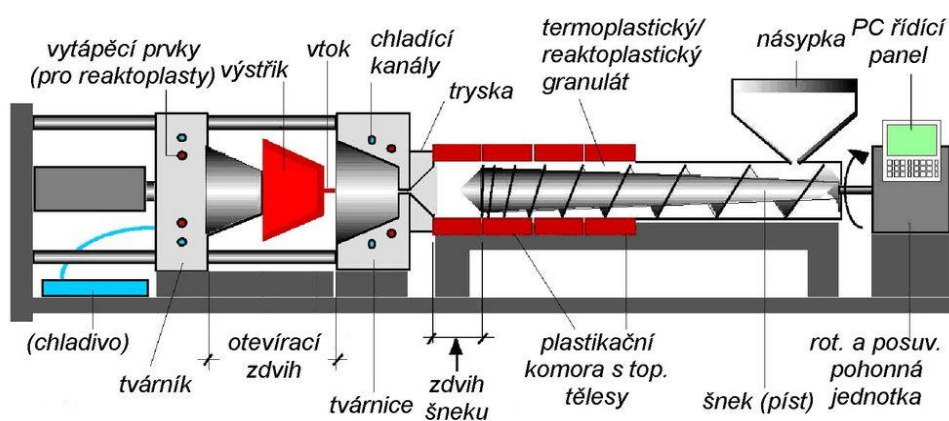
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikováním se označuje taková technologie, při níž bývá zplastikovaný polymerní materiál vysokou rychlostí vstřikován do uzavřené vstřikovací formy, kde ztuhne a přijme tvar její dutiny. Materiál se převádí do plastického stavu v plastikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Technologie vstřikování je jedna z nejrozšířenějších cyklických technologií zpracování plastů, kterou lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. Vstřikováním lze ovšem zpracovávat i reaktoplasty a kaučukové směsi. [1], [2]

Technologii vstřikování lze uplatnit ke zhotovení hotových výrobků, nebo ke zhotovení polotovaru, či dílce určeného ke konečné kompletaci s ostatními dílci. Vstřikované výrobky mají relativně dobré rozměrové a tvarové přesnosti. Vstřikování polymerů má mnoho výhod. Mezi tyto výhody patří krátký vstřikovací cyklus, možnost zhotovení tvarově složitých výrobků, využití plné automatizace výrobního procesu, vysoká produktivita vstřikování, možnost vyrobení hotového výrobku bez dodatečných úprav a v případě zpracování termoplastů lze vtokové zbytky a zmetky rozdrtit a opět zpracovat. Vstřikování má i celou řadu nevýhod, mezi které patří vysoké investiční náklady na pořízení vstřikovacího stroje a vstřikovací formy samotné, která má rozměry s porovnáním vstřikovaného výrobku neúměrně veliké. Tato technologie je vhodná pro hromadnou a velkosériovou výrobu. [2], [3]

Vstřikování probíhá na strojích, jejichž součástí je vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a panel ovládání stroje. Nástrojem stroje je vstřikovací forma, která je v případě zpracování termoplastů temperovaná na teplotu nižší, než je teplota taveniny. V případě zpracování reaktoplastů a kaučukových směsí je tomu obráceně. [1], [2]



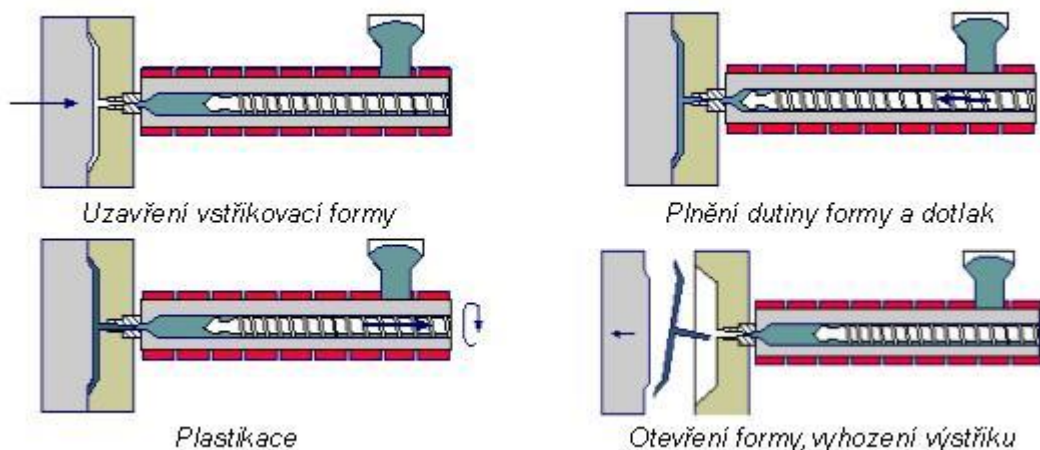
Obr. 1. Schéma vstřikovacího stroje [2]

1.1 Vstřikovací cyklus

Technologický postup výroby výstřiků z termoplastů má v samotném průmyslu tři fáze. Tyto fáze představují práce před vstřikováním, samotný vstřikovací cyklus a dokončovací práce. Přípravné práce představují přípravu stroje, přivezení materiálu ze skladu a jeho sušení. Dokončovací práce může zahrnovat dodatečné operace, kterými může být odstraňování vtoků a přetoků, vrtání otvorů, leštění povrchů, montáž, temperování, povrchové barvení, potiskování a pokovování. [4]

Samotný vstřikovací cyklus lze rozložit na tyto hlavní fáze:

- plastikace materiálu v tavném válci (šnek se radiálně otáčí a axiálně posouvá dozadu, tímto se nabraný granulát z násypky přeměněný v taveninu tlačí před šnek k vstřikovací trysce),
- vstříknutí taveniny do dutiny formy (šnek vykoná axiální pohyb dopředu),
- dotlak a stabilizace tvaru výstřiku (termoplasty chlazením, reaktoplasty síťováním a kaučukové směsi vulkanizací),
- otevření formy, vyjmutí výstřiku, uzavření formy a počátek plastikace další dávky materiálu. [3]



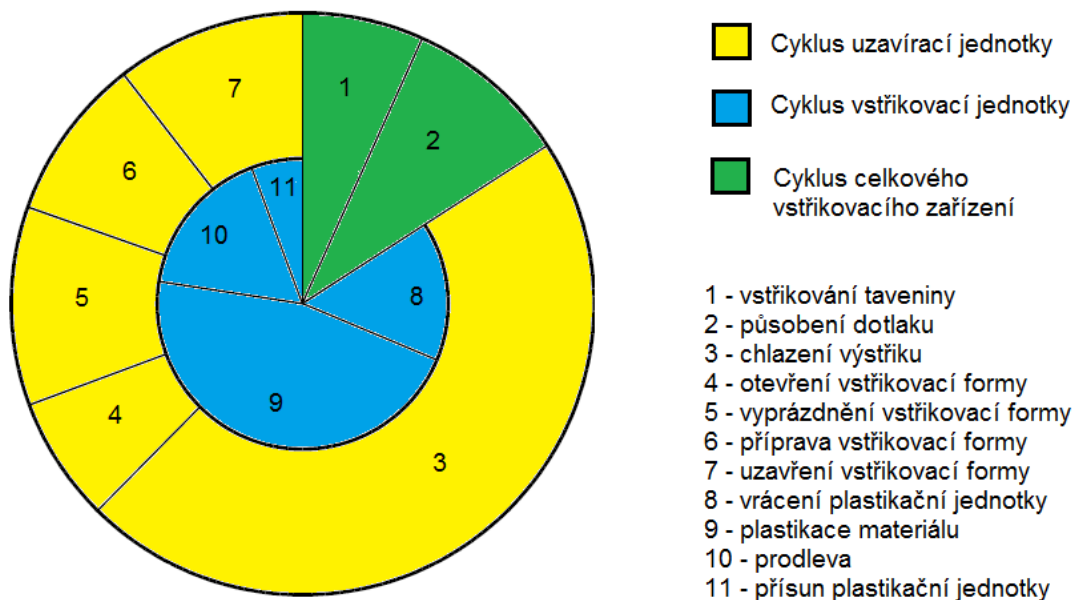
Obr. 2. Vstřikovací cyklus [2]

V průběhu vstřikování se uplatňuje mnoho technologických parametrů, které se musí optimálně navolit, protože ovlivňují zhotovení výrobku. Mezi tyto parametry patří:

- velikost vstřikované dávky taveniny,
- teplota taveniny a vstřikovací formy,

- velikost a doba působení vstřikovacího tlaku,
- vstřikovací rychlost,
- doba působení a velikost dotlaku,
- otáčky šneku a jeho zpětný odpor,
- doba chlazení výstřiku. [5]

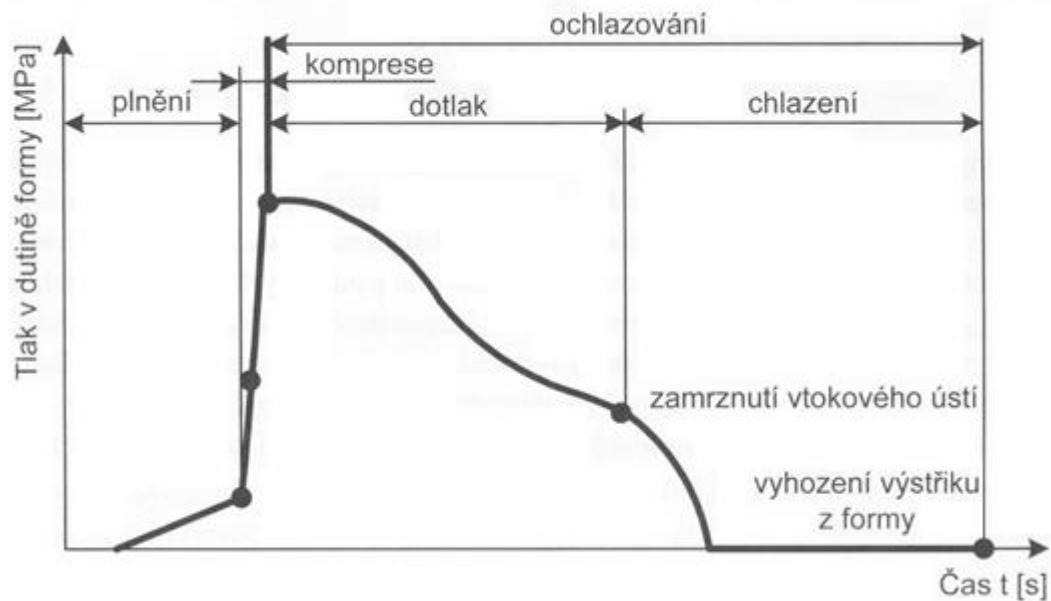
Vzhledem k tomu, že vstřikovací cyklus probíhá na celém vstřikovacím zařízení a každá jednotka může konat jinou operaci, je dobré sledovat cyklus jak na uzavírací jednotce, tak na jednotce s vstřikovací současně.



Obr. 3. Časový průběh vstřikovacího cyklu

1.2 Průběh tlaku v dutině formy

Během vstřikování a působení dotlaku je forma držena silou, která musí zajistit její těsnost. Z důvodů tlakových ztrát v plastikační jednotce a samotné formě je v dutině formy tlak, který je vždy menší, než tlak vstřikovací. Po zaplnění dutiny taveninou je působeno dotlakem. Tento dotlak je obvykle menší, než tlak vstřikovací. Úkolem dotlaku je vyrovnat vliv smrštění výstřiku doplňováním další taveniny. Působení dotlaku je omezeno zatuhnutím vtokového ústí do dutiny formy. [1]



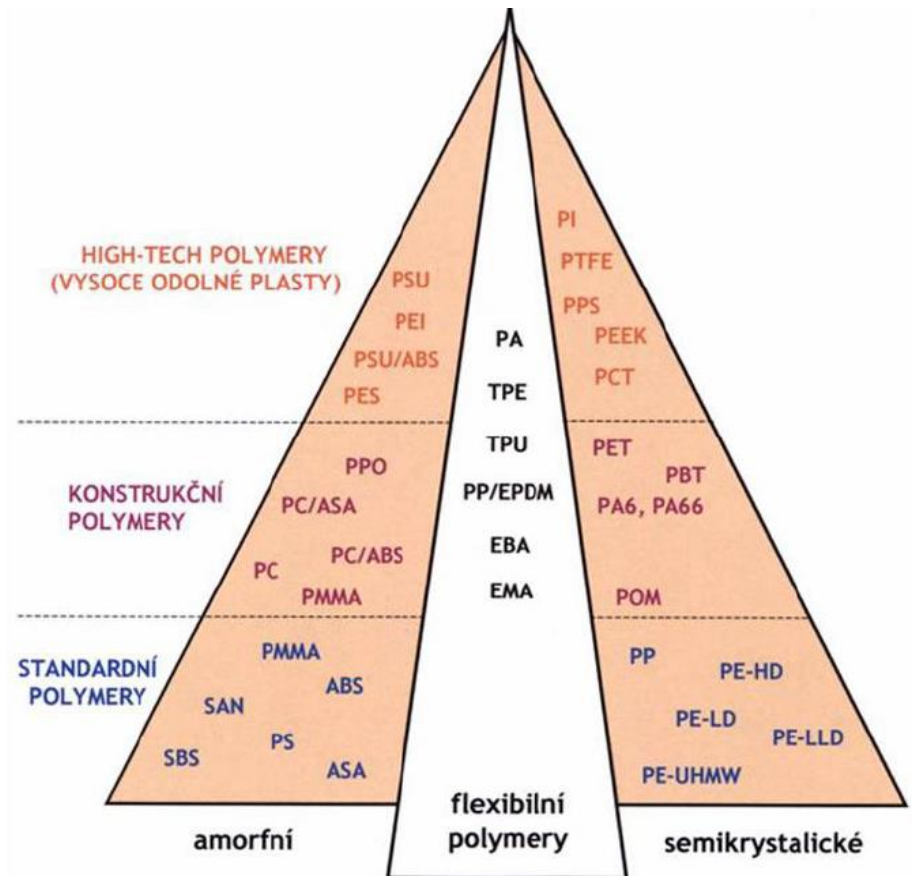
Obr. 4. Průběh vstřikovacího tlaku v dutině formy [6]

1.3 Polymery zpracovávané technologií vstřikování

K výrobě plastových výrobků se dnes využívá celá řada různých polymerů. Polymer je makromolekulární látka s dlouhými makromolekulami, které většinou obsahují atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku a chloru. V určitém stádiu zpracování se nachází v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucímu výrobku. Výchozí látkou pro tvorbu polymeru je monomer, jenž je látka, jejíž molekuly mají schopnost se spojovat v makromolekuly. Makromolekuly jsou základní stavební částice polymeru. Opakující se jednotka v makromolekule polymeru, jejíž chemické složení odpovídá složení molekuly příslušného monomeru se nazývá mer. Polymer, jehož makromolekuly se skládají z merů jednoho druhu se nazývá homopolymer. Pokud je polymer složen ze dvou a více druhů merů, jedná se o kopolymer. [7]

1.3.1 Základní rozdělení polymerů

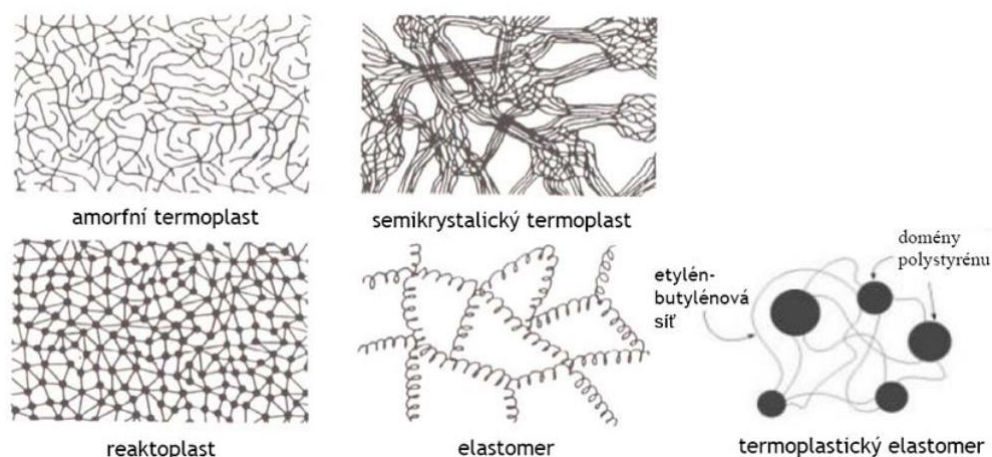
Polymery lze dělit podle mnoha různých hledisek. Mezi základní dělení patří rozdělení podle původu na polymery přírodní a syntetické. Také lze rozdělení provést podle struktury makromolekul na polymery lineární, rozvětvené a zesíťované. Dále lze polymery dělit podle vzniku, aplikace, polaritě, druhu přísad a typu nadmolekulární struktury. [2], [8]



Obr. 5. Dělení polymerů dle aplikace a nadmolekulární struktury [8]

Nejčastější rozdělení je ovšem podle toho, jak se polymery chovají za zvýšené teploty. Dělí se tedy na:

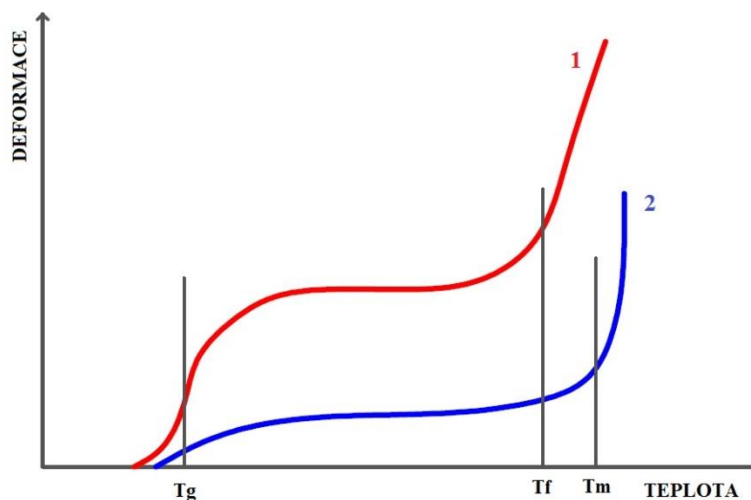
- termoplasty – látky, které působením tepla měknou, stávají se plastické, mohou se tvarovat. Po ochlazení opět tvrdnou, aniž se mění jejich chemické složení, přičemž takové přeměny jsou vratné. Jsou typickým materiálem pro výrobu vstřikovaných výrobků,
- reaktoplasty – látky, které se působením tepla chemicky mění, tvrdnou. Po vytvrzení jejich tvar teplem nelze měnit, do plastického tvaru už je již nelze převést,
- elastomery – látky, které působením tepla měknou a lze je tvářet, ovšem také vulkanizují, chemicky se mění z termoplastické podoby do netermoplastické pryže. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následné tuhnutí lze opakovat. [8]



Obr. 6. Nadmolekulární struktura polymerů [8]

Z jednotlivých skupin polymerů jsou pro technologii vstřikování nejrozšířenější termoplasty. Tyto lineární či rozvětvené polymery se z hlediska struktury dělí na:

- amorfní polymery, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Využitelnost tohoto polymeru je pod teplotou T_g v oblasti sklovitého stavu. Nad touto teplotou je stav kaučukovitý, kde postupně slábnou kohézní síly mezi makromolekulami. Tyto polymery se zpracovávají nad teplotou T_f , kde mají stav plastický,
- semikrystalické polymery, kde je část řetězců pravidelně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má uspořádání amorfní. Tady jsou makromolekuly vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se napřed uvolní makromolekuly amorfní části, později i ostatní. Použití tohoto polymeru je nad teplotou T_g a pod teplotou T_m , při které tají vzniklé krystaly. [5]



Obr. 7. Termomechanická křivka amorfního (1) a krystalického (2) polymeru

1.3.2 Volba vhodného materiálu

Při navrhování vhodného termoplastu pro výrobu plastového výrobku je nutné uvážit konkrétní podmínky provozního zatížení a zvolit k výrobě vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu. Optimální volba plastu se pak posuzuje z těchto hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky,
- zvolená technologie k výrobě součásti musí být reálná a na určeném stroji snadno realizovatelná,
- musí být splněné ekonomické požadavky z hlediska výroby formy i výrobku. [5]

Obecně platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plastu a zvolené technologii. Optimální návrh konstrukce výrobku a volba jeho materiálu vyžaduje široké znalosti, proto je nutná spolupráce příslušných odborníků v daném podniku. [5]

1.3.3 Příprava termoplastů před vstřikováním

Polymery nelze většinou bezprostředně hned zpracovávat v hotové výrobky. Musí nejprve projít procesem přípravného zpracování. To znamená, že musí být upravena jejich chemická a fyzikální struktura přidáním a dokonalým rozptýlením různých přísad. Přípravné zpracování termoplastů, které se zpracovávají technologií vstřikováním, jsou většinou již provedené jejich výrobcem. [3]

Před zpracováním plastů vstřikováním se materiál obvykle suší, mísí s přísadkou rozdrobeného regranulátu, barví a případně míchá s nadouvadly. [5]

Většina termoplastů absorbuje vlhkost ze vzduchu. To při zpracování může vyvolat degradaci polymeru a tím i snížení kvality povrchu výrobku. Aby granulát nezvlhl, skladuje se v suchém skladu. Sušení a navlhání jsou vratné děje a vysušený materiál se již musí chránit před vlhkostí v ovzduší. K sušení konkrétního plastu je nutné znát teplotu a dobu k dosažení požadované hodnoty vlhkosti. Sušení nejčastěji probíhá v komorových pecích s cirkulujícím vzduchem. U vstřikovacích strojů s nevytápěnou násypkou je nutné vysušený granulát do 30 minut zpracovat. Některé plasty se předsoušet nemusí. [2], [5]

Někdy vyráběné dílce vyžadují jakostní povrch a také vhodný barevný odstín. Barva výrobku ovlivňuje jeho vzhled a tím i dojem, jaký si jejím vnímáním zákazník vytvoří. Vlastní barvení se provádí dávkovacím zařízením přímo do granulátu, nebo je granulát již

dopředu vybarvený. Obvykle se dávkování barviva pohybuje do 5 hmotných dílů. Barviva mohou ovlivnit kvalitativní vlastnosti plastů i technologické parametry při zpracování. Barvu a vzhled výrobku lze upravovat i v dokončovacích operacích lakováním, potiskem nebo pokovováním. [5]

Vadné výstřiky, přetoky a vtoky, které vznikly při vstřikování, se mohou opětovně zpracovávat. Tato možnost se velmi využívá, protože podíl odpadu je značný a to hlavně při výrobě malých výstřiků. Tento plastový odpad se nejčastěji drtí na nožových mlýnech. Drt' se smíchá s novým granulátem a znovu se zpracuje. S větším obsahem drti dochází obvykle ke snížení fyzikálně-mechanických vlastností a zhoršení povrchového vzhledu. V některých případech u nenáročných výrobků se dílce vyrábí i ze 100 % odpadu. [5]

1.4 Vstřikovací stroje

Jsou to tvářecí stroje, jimiž vzniká plastový výrobek v dutinách vstřikovacích forem. Princip těchto strojů je znám od roku 1872. Tyto stroje umožňují zplastikování a homogenizaci polymeru, vstříknutí do dutiny formy a zajištění správné stabilizace tvaru. Obecně jsou tyto stroje složeny z plastikační a vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a příslušenství vstřikovacího stroje včetně jeho řízení. [3], [4]

Vzhledem k tomu, že existuje velké množství různých vstřikovacích strojů, je nutné zavést jejich třídění dle různých hledisek. Můžeme je tedy dělit:

- dle typu zpracovávaného materiálu (termoplast, reaktoplast a elastomer),
- dle typu plastikačního systému (pístové, šnekové, kombinované),
- dle vzájemné polohy vstřikovací a uzavírací jednotky (horizontální nebo vertikální stroje se vstříkem kolmo k dělicí rovině, nebo stroje se vstříkem do dělicí roviny),
- dle objemu vstřikované dávky,
- dle pohonu vstřikovací a uzavírací jednotky (hydraulické, hydraulicko-mechanické, elektrické a případně mechanické). [4]

Pro práci se vstřikovacím strojem je nutné znát celou řadu různých parametrů. Mezi základní parametry vstřikovacího stroje patří:

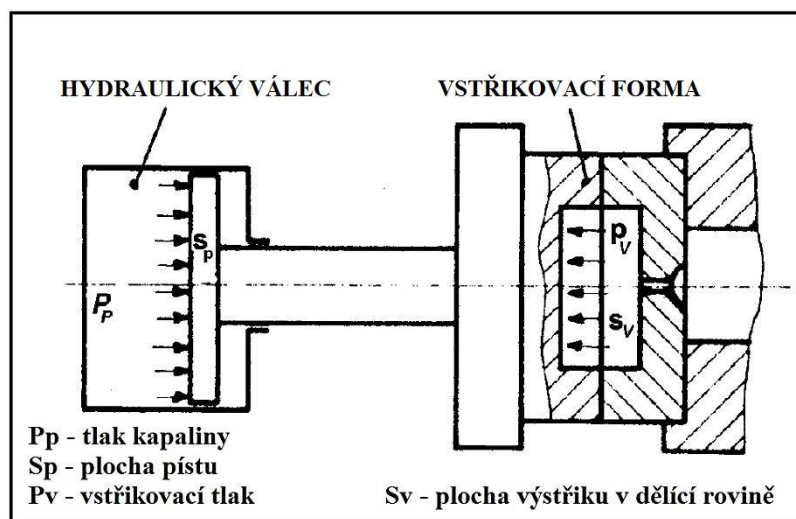
- vstřikovací kapacita stroje (udává maximální hmotnost výstřiku v gramech vztahenou většinou k materiálu PS),

- plastikační kapacita stroje (udává množství materiálu v kilogramech, které lze za 1 hodinu převést do taveniny vyhovující kvality),
- vstřikovací tlak (tlak v MPa, který vyvolá čelo šneku v tavenině plastu),
- uzavírací síla (síla potřebná k uzavření formy),
- přidržovací síla (síla, která drží formu v uzavřené poloze při procesu vstřikování),
- maximální rozměry upínacích desek (jsou omezeny vzdálenostmi mezi vodícími sloupy),
- maximální otevírací zdvih vstřikovacího stroje. [3]

1.4.1 Uzavírací jednotka

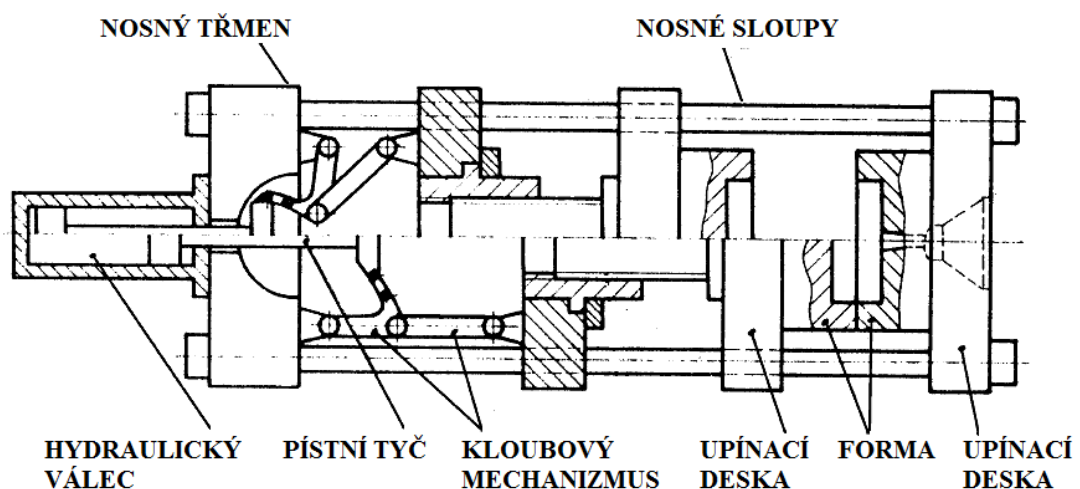
Bezpečné otevření a uzavření vstřikovací formy zajišťují uzavírací ústrojí stroje. Tato ústrojí musí působit uzavírací silou, která je závislá na velikosti stroje, na velikosti plochy výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstřikovacího tlaku. Uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu má vliv na těsnost vstřikovací formy, která dává tavenině konečný tvar výrobku. Podle typu pohonu lze uzavírací jednotku dělit na hydraulickou, hydraulicko-mechanickou a elektromechanickou. [9], [10]

Nejjednodušší uzavírací ústrojí je hydraulické přímé. Výhodou tohoto ústrojí je jeho jednoduchá konstrukce a jednoduchá regulace. Nevýhodou je však velikost a časté problémy s utěsněním velkých průměrů pístů. Obdobné ústrojí je hydraulické uzavírání s mechanickým zarovnáním, které má mezi pohyblivou částí a základovým rámem zajištěné tuhé propojení. Tato výhoda vynikne především u velkých vstřikovacích strojů. [9], [10]



Obr. 8. Přímá hydraulická uzavírací jednotka [9]

Další typ uzavíracího ústrojí je ústrojí hydraulicko-mechanické. Toto ústrojí slouží k vyvození větších uzavíracích sil, jelikož u hydraulických mechanismů by vznikly komplikace s velikostí hydraulického válce. Kombinací hydraulického válce s kinematickým mechanismem se docílí jak vyšších sil, tak lepších rychlostních poměrů. Nejčastěji se používají mechanismy kloubové, ale můžeme se setkat i s mechanismem paklínovým, nebo klikovým. Vzájemné uspořádání mechanismu může být s válcem v ose stroje, nebo s válcem mimo osu stroje. V obou případech jsou válce malého průměru a mají malou spotřebu tlakové kapaliny. [10]



Obr. 9. Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem v ose stroje [9]

Poslední dobou se stále více uplatňuje využití elektromechanických ústrojí. Jelikož příprava tlakové energie je energeticky náročná, tak se často hydraulické motory nahrazují elektromotorem s klikovým mechanismem. Tyto mechanismy mají vysoké uzavírací rychlosti, nižší energetické nároky a snadněji se automatizuje cyklus vstřikování. [10]

1.4.2 Vstřikovací jednotka

Úkolem vstřikovací jednotky je zajistit dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny. Dále tuto taveninu musí pod dostatečným tlakem vstříknout do dutiny formy. Vstřikovací jednotky se nejčastěji dělí podle provedení plastikace na jednotky s předplastikací a jednotky bez předplastikace. [10]

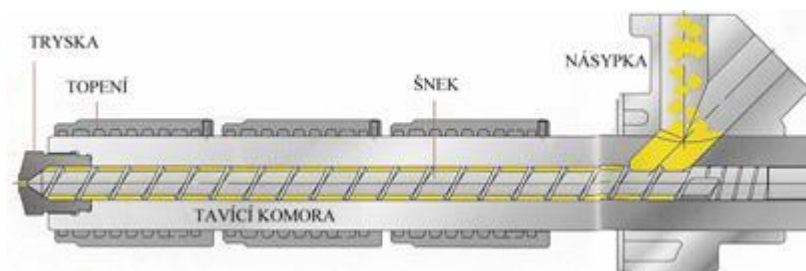
První vstřikovací jednotky pro plastové směsi byly jednotky pístové. Ty byly ovšem postupem svého času zcela vytlačeny jednotkami šnekovými, neboli šnekopístovými. Dnes

se s jednotkami pístovými v plastikářském průmyslu setkáváme velice zřídka, proto se bude další text týkat především jednotek šnekových. Zavedením jednotek šnekových se zcela vyřešily nedostatky vstřikovacích jednotek pístových. Vstřikovací jednotka se šnekem bývá charakterizována mnoha parametry, mezi které především patří průměr šneku, délka šneku, vstřikovací a plastikační kapacita a maximální vstřikovací tlak. [2]

Mezi hlavní výhody šnekových jednotek patří:

- velmi dobrá plastikace a homogenizace taveniny,
- zamezení přehřátí plastu v tavící komoře,
- velmi dobrý plastikační výkon,
- lepší čištění komory při změně materiálu,
- přesnější dávkování,
- nízké ztráty tlaku. [2]

Konstrukce šneku je dána jeho činnostmi, tedy dávkování materiálu, hnětení, plastikace a vstříknutí taveniny do formy. Využívají se šneky diferenciální, které jsou charakteristické svým kompresním poměrem. To je poměr objemu šnekového profilu pro jedno stoupání závitu pod násypkou k objemu profilu šneku stoupání před tryskou. Kompresní poměr bývá obvykle 1,5 až 4,5. [2]



Obr. 10. Vstřikovací šneková jednotka [2]

Na šneku jsou rozlišovány tři pásma. První pásmo je vstupní a nachází se pod násypkou materiálu. Toto pásmo slouží především jako pásmo dopravující materiál dopředu. Střední pásmo je kompresní, ve kterém dochází ke zvětšování průměru jádra šneku. Proto zde dochází k dokonalému stláčení vznikající taveniny. Poslední pásmo je výstupní, které slouží pro lepší homogenizaci materiálu. Zakončení šneku je provedeno tak, aby se při vstřikování zamezilo proudění taveniny zpět. Existuje mnoho různých řešení zakončení, nejčastější je ovšem zakončení se zpětným ventilem. Tavící komora je rozdělena do něko-

lika pásem, které jsou vytápěna samostatně se samostatnou regulací teploty. Zakončením komory je vstřikovací tryska, která vede taveninu do formy. Tato tryska je konstruovaná jako otevřená, nebo jako uzavřená. Uzavřená tryska se při dosednutí na formu otevře. [2]

1.4.3 Řízení a ovládání stroje

Dosáhnout vyrábění kvalitních výstřiků lze tehdy, když je výrobní proces optimálně naladěn. Je nutné, aby podmínky vstřikovacího procesu byly dobře seřízeny. Při řízení a regulaci výrobního procesu se snímají a nastavují technologické a strojní parametry, mezi které především patří teplota formy, teplota taveniny, doba vstřikování, doba chlazení, tlak při vstřikování a dotlačování, otáčky šneku, rychlost posuvu šneku při vstřikování, délka posuvu šneku a rychlost uzavírání, či otevírání formy. Měření teploty se provádí termoelektrickým článkem nebo odporovým teploměrem. V průmyslovém využití je snahou, aby vstřikovací cyklus probíhal bez zásahu člověka zcela automaticky. S vyšším využitím regulační a měřicí techniky stroje ovšem roste cena na jeho pořízení a nároky na kvalifikaci obsluhu a údržbu stroje.[3], [4], [6]

2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Konstrukční návrh výrobku z plastu se zcela liší od konstrukce kovových výrobků. Z pravidla platí, že co jednoduší tvar výrobku konstruktér navrhne, tím jsou výhodnější pevnostní podmínky, lacinější výroba formy, snadnější dodržení přesnějších rozměrů a jednoduší vystříknutí výrobku. Při navrhování plastových dílů je nutné znát technologii jejich výroby. [5]

Konstrukce výstřiku musí splňovat mnoho hledisek, mezi tyto základní hlediska může patřit:

- funkčnost plastového dílu v daném prostředí,
- užité, estetické, ergonomické a bezpečnostní hlediska,
- technologické zásady (zaformovatelnost, zaoblení hran a koutů, tloušťky stěn a žeber, volba vhodného materiálu, velikost úkosů a mnoho dalších zásad). [11]

Jakost povrchu je významným znakem výrobku z plastu. Může zvýšit estetické vlastnosti, ale i účelové využití dílu. Plochy výstřiku mohou být:

- matné (výrobně nejjednodušší, mohou zakrýt některé vzhledové nedostatky),
- lesklé (výrobně nejnáročnější, mohou zvýraznit některé vzhledové nedostatky),
- dezénové (zakrývají vzhledové nedostatky, výrobek musí mít větší úkosy). [5]

2.1 Dělicí rovina, okraje a obruby

Dělicí rovinu, místo dosedání částí formy při jejím uzavírání, je nutné vzhledem k výrobku umístit tak, aby se usnadnilo jeho vyjímání z dutiny formy. Stopa po dělicí rovině by neměla působit funkční a vzhledové závady výrobku. S ohledem na umístění dělicí roviny lze rozlišit rovinu vedlejší a hlavní. Hlavní dělicí rovina je kolmá ke směru uzavírání formy, ostatní dělicí roviny jsou vedlejší. Vedlejší roviny se vyskytují u výrobků s bočními otvory, výstupky, či zápichy. Dělicí rovina se nejčastěji umísťuje do hrany výrobku, která nesmí být zesláblá. Jestliže se má u výrobku dosáhnout větší tuhosti, může se na jeho hraně navrhnout obruba. V této obrubě se ovšem nesmí hromadit materiál. [12]

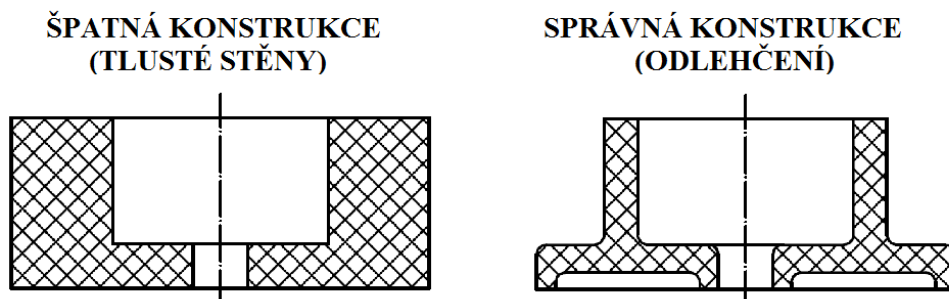
2.2 Tloušťka stěn výrobku

Tloušťka stěn vstříkovaných výrobků musí splňovat funkční požadavky, ty jsou především tuhost a pevnost. Zároveň musí plnit požadavky technologické z hlediska tečení materiálu ve formě. Také by se mělo přihlížet na požadavky ekonomické. Z pravidla je snahou volit tloušťku výrobku co nejmenší, ale při splnění všech funkčních požadavků. Také je nutné, aby přechody tlouštěk mezi stěnami byly rovnoměrné. [11], [12]



Obr. 11. Přechody tlouštěk stěn vstříkovaného výrobku [11]

V úzké stěně tavenina rychle tuhne, v tlusté probíhá chlazení delší dobu. U různě tlustých stěn tavenina tuhne nestejně a vzniká vnitřní pnutí a propadliny. Zásady správné konstrukce výrobku vyžadují jednotnou tloušťku. V tlustších místech výrobku se provádí odlehčení a tloušťka žeber nesmí přesáhnout 80% tloušťky hlavní stěny. [5]



Obr. 12. Příklad úpravy tloušťky stěny výrobku [11]

2.3 Zaoblení hran, rohů a koutů

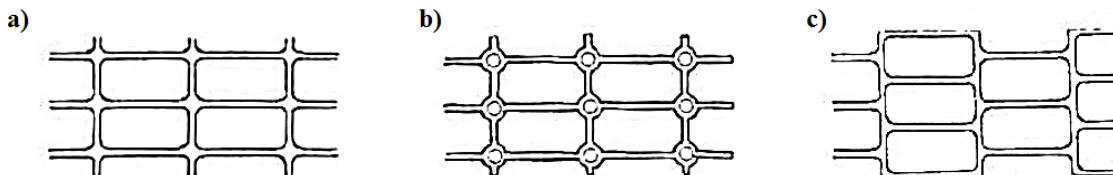
Hrany, rohy a kouty je důležité opatřit minimálním zaoblením, které zlepšuje tok materiálu dutinou formy, usnadňuje vyjímání výrobku z formy, snižuje zbytkové vnitřní pnutí a může zvyšovat tuhost tvářeného výrobku. Zaoblené hrany na formách jsou výrobně jednodušší a mají větší odolnost poškození, než hrany ostré. Zaoblení na výrobcích nesmí ovšem vést k hromadění materiálu a nárůstu tlouštěk. [12]

2.4 Úkosy a podkosy

Úkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, které umožňují vyjmutí výstřiku s dutiny formy. Podkosy jsou opakem úkosu a zabraňují vyjímání výstřiku z dutiny. Svým uspořádáním mohou být vnější, nebo vnitřní. Volbu úkosu ovlivňuje především smrštění a pružnost plastu, povrch stěn a automatizace výroby. Hodnoty vnitřních úkosů se pohybují od $0,5^{\circ}$ - 3° a vnějších $0,5^{\circ}$ - 2° . U žeber může být úkos i 10° . [5], [12]

2.5 Žebra a výztuhy

Žebra lze obecně dělit dle jejich funkce, kterou u vstřikovaného dílce plní. Žebra technická se v plastových výrobcích nachází z důvodu zvýšení pevnosti a tuhosti tvářeného výrobku. Žebra technologická zajišťují lepší tok tvářeného materiálu dutinou formy. Někdy se používají i žebra ozdobná, která zlepšují vzhled tvářeného výrobku, nebo zakrývají vzniklé povrchové vady. [5], [12]



Obr. 13. Příklady provedení žeber [5]

a), b) žebra technologická; c) žebra technická

2.6 Otvory a drážky

Mnoho výrobků má různé otvory a drážky, ty se ale musí při konstrukci navrhnout tak, aby při vyrábění dělali co nejmenší potíže. Otvory a drážky ležící ve směru zaformování se vytváří pomocí kolíků a trnů, jejichž tloušťka nesmí být menší než 1 mm. Jiné otvory se musí vyrábět pomocí výsuvných jader a čelistí. Hloubka slepých děr nebývá větší než pětkrát zvětšený jejich průměr. Malé vzdálenosti mezi otvory a drážkami mohou vést k popraskání stěn mezi nimi a okrajem, proto je nutné při konstrukci vycházet z doporučených hodnot. Zahloubení pro kuželové šrouby se u plastových výrobků nepoužívají z důvodů špatně rozložených tlaků v plastu. [5]

3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Vstřikovací forma je nástroj, jenž je výměnou částí uzavírací jednotky vstřikovacího stroje. Úkolem formy je dát tavenině polymeru požadovaný tvar a rozměry výrobku, kdy tavenina musí ve formě ztuhnout na vyhazovací teplotu. [3],[4]

Vstřikovací formy musí odolávat velmi vysokým tlakům, které formu značně namáhají. Proto se musí tvarové části formy správně dimenzovat. Konstrukce a samotná výroba forem je značně náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady. Navrhování formy vychází z těchto údajů:

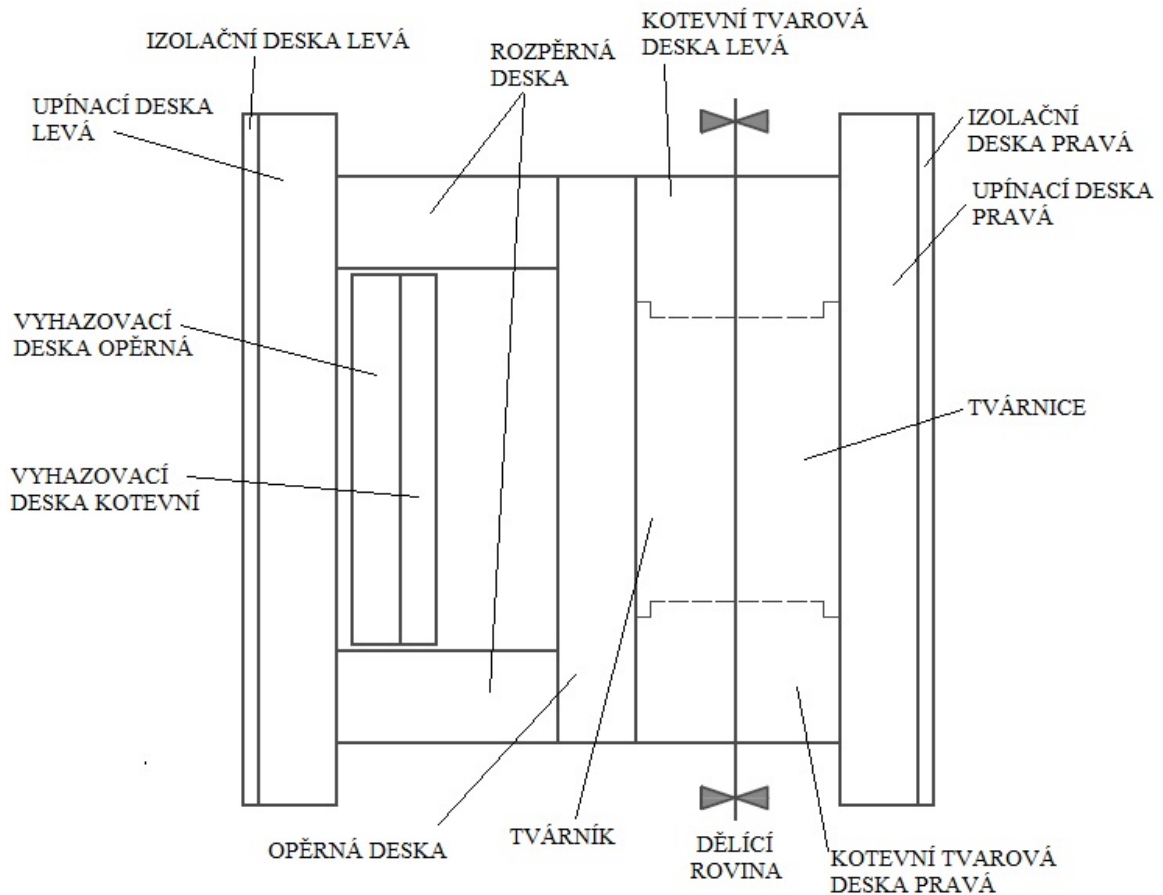
- tvar a rozměry vstřikovaného výrobku,
- parametry vstřikovacího stroje,
- druh vstřikovaného polymeru,
- požadovaného množství vyráběných kusů. [2], [4]

Konstrukce a výroba forem probíhá ve specializovaných podnicích, které se na tuto činnost zaměřují. Tyto kvalitně navržené formy si při svém provozu zachovávají požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti. Obecně forma musí plnit tyto požadavky:

- technické (forma musí plnit podmínku snadné manipulace a musí být schopna vyrobit požadované množství výrobků v náležité kvalitě),
- ekonomické (forma by měla mít co nejnižší pořizovací cenu a měla by snadno a rychle vyrábět výrobky s co nejvyšším využitím plastu),
- společensko-ekonomické (zajištění vhodného a bezpečného pracovního prostředí). [5]

3.1 Součásti vstřikovacích forem

Vstřikovací forma je složena ze tří základních celků, které zajišťují její správnou funkci. Patří sem vstřikovací část, vyhazovací část a vyhazovací systém. Základními stavebními prvky vstřikovací formy jsou její desky, ty se spojují šrouby v jednotlivé celky. Přívod taveniny zajišťuje vtokový systém, který může být studený, nebo vyhříváný. Tvar výrobku dává dutina formy, která je vymezena tvárníkem a tvárnicí. Vyhození výstřiku z formy zajišťuje vyhazovací systém. Přesné uzavírání a dosednutí tvarových částí zajišťují vodící čepa a vodící pouzdra se středící trubkami.



Obr. 14. Schématické zobrazení základních desek vstřikovací formy

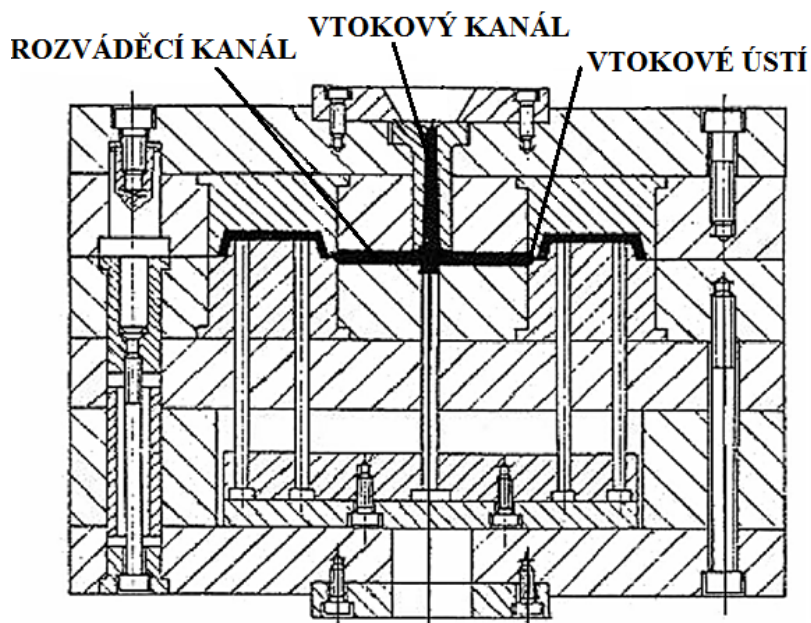
3.2 Násobnost formy

Násobnost formy uvádí, jaký počet výrobků je schopna forma vyrobit v jednom pracovním cyklu. Vyrobení vícenásobné formy je mnohem nákladnější, než u formy jednonásobné. Jednonásobné formy jsou vhodné pro velkorozměrové a tvarově složité výrobky. Z hlediska kvality a přesnosti vstřikovaného výrobku je vhodné zvolit násobnost co nejmenší. Zvolení násobnosti formy rozhoduje především otázka ekonomická. Při rozhodování je nutné zvážit tato kritéria:

- množství vstřikovaných výrobků a termín jejich dodání,
- charakter vstřikovaných výrobků,
- kapacita vstřikovacího stroje,
- celkové náklady na výrobu formy,
- doba vstřikovacího cyklu,
- provozní náklady stroje s formou. [4], [5]

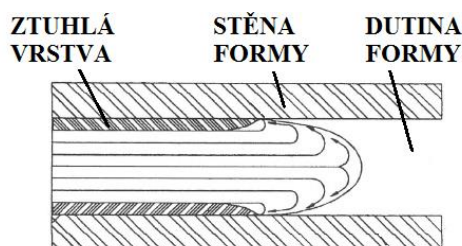
3.3 Studený vtokový systém

Vstřikovací systém nám umožňuje vstříknutí taveniny ze vstřikovací trysky do dutiny formy. V případě použití SVS vzniká při ztuhnutí materiálu vtokový zbytek, který se musí od výstřiku odstranit. Konstrukce vtokové soustavy má významný vliv na kvalitu výstřiku. U vícenásobných forem je snahou plnit všechny dutiny formy najednou s rovnoměrně vyrovnanými tlaky. Vtoková soustava je složena z vtokového kanálu, rozváděcích kanálků a vtokového ústí. [4], [12]



Obr. 15. Studený vtokový systém vstřikovací formy [5]

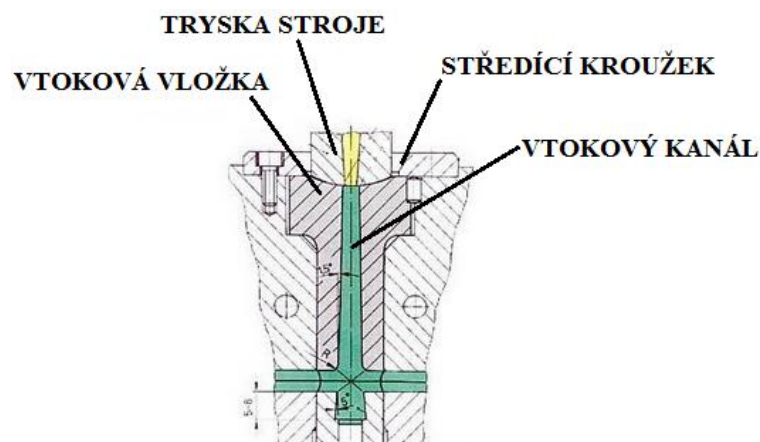
Zaplnění dutiny formy zajišťuje axiální posun šneku dopředu. Pro získání výrobku s dobrými vlastnostmi je nutné, aby se forma neplnila tzv. volným paprskem. Proto je dobré, aby tavenina při vstupu do dutiny narazila na nějakou překážku. Pro správné zaplnění dutiny formy je vhodný fontánový tok, který má při plnění dutiny plastické jádro. Tavenina, která je ve styku s dutinou formy, je ztuhlá a působí jako tepelný izolant pro taveninu v jádru. Fontánový tok umožňuje zaplnění dutiny a dotlačování materiálu. [1], [3], [5]



Obr. 16. Fontánový tok [13]

3.3.1 Vtokový kanál

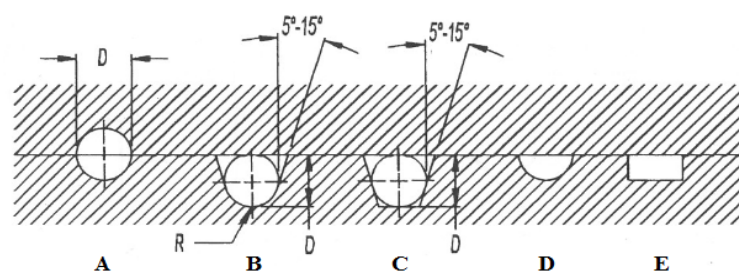
Vtokový kanál je součástí vtokové vložky, která přivádí taveninu do rozváděcích kanálků, nebo v případě jednonásobné formy přímo do její dutiny. Vtoková vložka je vyrobena z pevné, houževnaté, otěruvzdorné a tepelně upravené oceli, protože je vystavena velkému mechanickému a tepelnému namáhání. Průměr vtokového kanálu na straně trysky je až o 1 cm větší, než průměr otvoru na trysce. Pro lepší vytažení vtokového zbytu z formy má vtokový kanál kuželové provedení s úkosem minimálně $1,5^\circ$. Průměr kanálu se volí s ohledem na hmotnost výstřiku a typ vstříkovaného plastu. [5]



Obr. 17. Vtoková vložka [2]

3.3.2 Rozvodné kanály

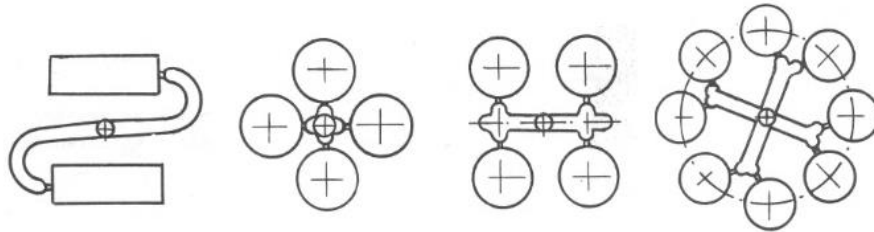
Rozváděcí kanály jsou součástí vícenásobných vstříkovacích forem, kde přivádí taveninu z vtokového kanálu do dutiny formy. Nejvhodnější profil vtokových kanálů je kruhový, protože má velký průřez a malou plochu. Takový kanál se však obtížně vyrábí, neboť je součástí obou polovin formy. Z výrobních důvodů je tedy vhodnější tvar lichoběžníkový. Velikost průřezu kanálu závisí na tloušťce stěny výrobku, hmotnosti výstřiku, tokové dráze, teplotních poměrech a vstříkovaném materiálu. Průřezy vtokových kanálů pro krystalické polymery jsou větší, než pro polymery amorfnní. [12], [5]



Obr. 18. Průřezy rozvodných kanálů [13]

A,B,C – vhodné; D,E - nevhodné

Uspořádání rozváděcích kanálků je dobré vyřešit tak, aby se všechny dutiny plnily současně. Rozvodné kanály by měly být co nejkratší s malým hydraulickým odporem. Při větvení kanálů se hlavní rozváděcí kanál prodlužuje, kde se v prodloužené části při vstřikování zachytí studené čelo taveniny. Zabrání se tím proniknutí studeného čela taveniny do tvarové dutiny formy. [12]



Obr. 19. Příklady provedení rozváděcích kanálku [12]

3.3.3 Ústí vtoků

Ústí vtoku je vytvořeno zúžením rozváděcího kanálu v co nejmenší průřez. Zúžením kanálu se zvýší klesající teplota a rychlost tečení taveniny do dutiny. Zajistí se rovnoměrnější plnění formy, usnadní se oddělování vtokového zbytku, ale zkrátí se tím doba dotlaku. Délku zúženého ústí vtoku je vhodné volit co nejkratší. Vtokové ústí by mělo být umístěno:

- do nejtlustšího místa u výstřiku,
- do geometrického středu dutiny formy,
- mimo místa velkého namáhání a opticky činných ploch,
- tak aby tavenina tekla ve směru orientace žeber,
- s ohledem na únik vzduchu z dutiny,
- s ohledem zamezení vzniku volného toku a tím i turbulentního plnění formy. [5], [6], [12]

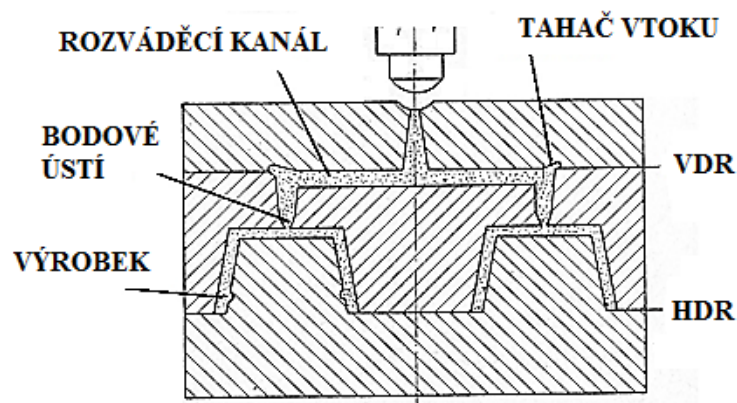
Při konstrukci vstřikovacích forem je využíváno různých typů vtoků, které mají své charakteristické vlastnosti. Mezi nejčastější typy patří následující vtoky.

a) Plný kuželový vtok

Tento vtok přivádí taveninu bez zúženého vtokového ústí rovnou z hlavního vtokového kanálu. Použití je především pro jednonásobné formy se symetrickou dutinou. Výhodou je zde velmi účinné působení dotlaku. Bohužel se tento vtok ale pracně odstraňuje od vstříknutého výrobku, na kterém zůstává stopa po vtoku. [5]

b) Bodový vtok

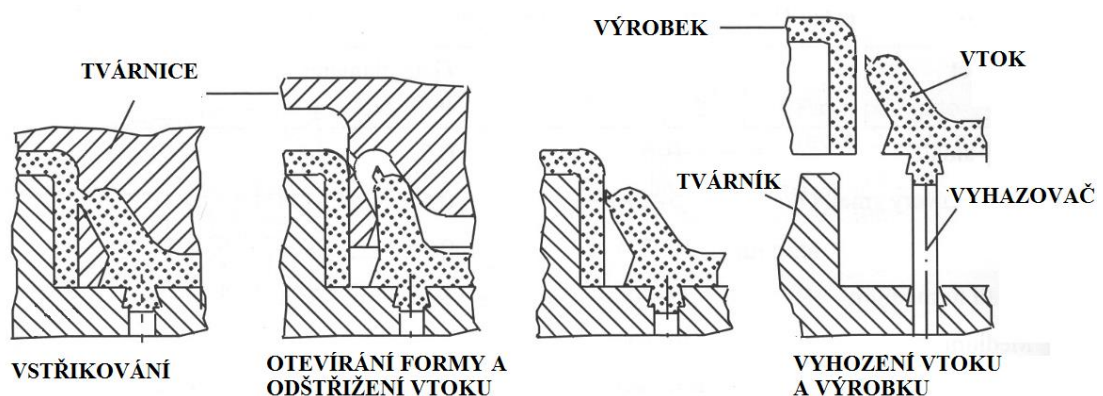
Tento vtok vyžaduje systém třídeskových forem, kdy leží mimo nebo v dělicí rovině. Může vycházet z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozvodných kanálů. Výhodou je, že lze v první fázi otevřením vedlejší dělicí roviny odtrhnout vtokové ústí od výrobku a až potom otevřít hlavní rovinu s výrobkem. Velikost ústí vtoku je nutné vhodně zvolit, tak aby předčasně nezduhlo a aby se vtok dal odtrhnout. Tento vtokový systém není vhodný pro tlustostěnné výrobky. [5], [12]



Obr. 20. Schéma třídeskové vícenásobné formy [3]

c) Tunelový vtok

Tunelový vtok může ležet v hlavní dělicí rovině a to v pevné nebo pohyblivé části formy. Svou konstrukcí umožňuje oddělení vtokového ústí od výrobku při otevírání formy, nebo při vyhazování výstřiku. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Odstržení je zde umožněno pomocí ostré hrany. Tento systém vtoků si vyžaduje použití přídržovačů vtoků. [5], [12]



Obr. 21. Schéma použití tunelového vtoku [14]

Zvláštní způsob provedení tunelového vtoku je vtok banánový, který slouží u výrobků, kde je snahou stopy vtoku schovat do jejich dutiny. Tento vtok je konstrukčně složitější a není vhodný pro křehké materiály.



Obr. 22. Schéma tunelového banánového vtoku [3]

d) Boční vtok

Boční vtok bývá nejrozšířenější a nejpoužívanější vtokové ústí, které bohužel neumožňuje odstranění vtokového zbytku. Tento vtok leží v dělicí rovině a obvykle má obdélníkový průřez. Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál a často bývá upraveno do vějíře. [5]

e) Filmový vtok

Filmový vtok patří do skupiny bočních vtokových ústí a slouží pro plnění kruhových a trubicových dutin formy. Tavenina je zde do dutiny vedena rovnoměrně. Hlavním důvodem použití tohoto vtoku je odstranění vzniku studených spojů, zmenšení odporu vtokového systému, vyvážení tlaku a dodržení rovinnosti a přesnosti tvaru výstřiku. [5]

f) Plnění dutiny více vtoky

Plnění více vtoky se používá tehdy, vyžaduje-li si to složitost dutiny formy. Při konstrukci je nutno dbát na to, aby nevznikaly studené spoje a nesvíral se vzduch mezi jednotlivými proudy taveniny. [5]

3.4 Vyhřívání vtokové systémy

Neustálá snaha po vyšší automatizaci výrobního procesu a menších materiálových ztrátách vedla ke vzniku horkých vtokových systémů. Nejprve se začali používat zesílené vtoky a izolované soustavy, které sice nebyly vytápěné, ale ztuhlá vrstva polymeru zde působila jako izolant pro stále plastické jádro. Dnes se používají vytápěné rozvodové bloky s vytápěnými tryskami. [5], [15]

Horké vtokové systémy umožňují bezodpadové vstřikování, které vede k šetření polymeru. Také odpadají dodatečné operace k odstranění vtokových zbytků a dojde ke zkrácení celého vstřikovacího cyklu, který lze snadno zautomatizovat. Hlavní nevýhodou VVS je větší složitost konstrukce a cena vstřikovací formy, která je složitější na údržbu. [3], [15]

3.4.1 Vyhřívání vtokové trysky

Ke zlepšení tepelného režimu v oblasti vtoku se používají vtokové trysky se samostatně regulovatelnými topnými elementy. Vyhřívání trysky a rozvodové bloky se dodávají jako hotové komplety, které se vmontují do běžných normalizovaných rámců formy. Trysky jsou konstruovány s vnitřním, nebo vnějším ohřevem. Mohou být volně otevřené, nebo uzavíratelné pomocí hrotu, či jehly. Uzavíratelné trysky se volí pro vstřikované materiály, které by na výrobku zanechávali velké stopy po ústí vtoku. [12], [15]

3.4.2 Vytápění rozvodové bloky

Vytápění rozvodové bloky slouží pro rozvedení vtokových kanálků v dutině formy. Tyto rozvodové bloky mají topné elementy, které zajišťují, že polymer je stále taveninou. Tvar těchto rozvodových bloků může být tvaru hranolu, desky, kříže, nebo písmena H a X. Rozvodové bloky jsou pomocí podložek a středících kolíků umístěny mezi upínací a tvarové desky tak, aby se s deskami nestýkali celou plochou. Zamezí se tím zbytečnému vedení tepla do celé vstřikovací formy a rámu vstřikovacího stroje. [15]

3.5 Vyhazovací systém

Po ochlazení výstřiku ve formě následuje její otevření a vyhození výstřiku vyhazovacím systémem. Základní podmínkou pro správné vyhození jsou hladké stěny dutiny formy ve směru vyhazování, minimální úkosy stěn výrobku $0,5^\circ$ a rovnoměrné působení vyhazovací síly. Vyhazování výstřiku lze provést mechanicky, pneumaticky a hydraulicky. [12], [16]

Vyhazování výstřiku má dvě fáze:

- vlastní vyhození výstřiku z dutiny,
- návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [16]

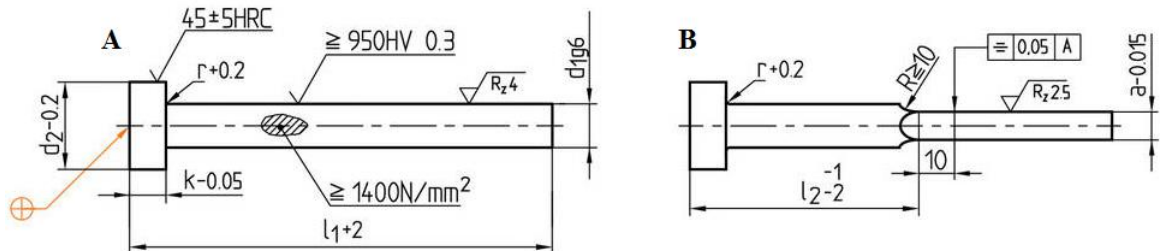
3.5.1 Mechanické vyhazování

Mechanické vyhazování je nejrozšířenější způsob vyhazování. Využívá se všude, kde je to možné. [16]

Způsoby provedení mechanického vyhození mohou být:

a) Vyhazovací kolíky

Tyto vyhazovače jsou nejpoužívanějším, nejlevnějším a výrobně nejjednodušším způsobem vyhazování. Lze je umístit tam, kde je plocha výstřiku ve směru vyhození. Kolíky by měli být opřené o stěnu či žebro výrobku a neměly by ho při vyhazování bortit. Umístění čela vyhazovacích kolíků na výrobek je z nepohledové strany, protože zanechává po vstříknutí na výrobku stopy. Ovládání vyhazovacích kolíků je zajištěno vyhazovacími deskami, ve kterých jsou tyto kolíky upnuty. Množství a způsob rozmístění vyhazovacích kolíků bývá často omezeno temperačním systémem. Vyhazovací kolíky mohou být válcové, nebo prizmatické. [16]



Obr. 23. Příklady provedení vyhazovacích kolíků [17]

A-válcový kolík, B-prizmatický kolík

b) Stírací deska

Stírací deska stahuje výstřik z tvárníku v celém jeho obvodu. Protože působí ve velké styčné ploše, nezanechává na výrobku žádné stopy. Přesto, že je stírací síla velká, nedochází k deformaci výrobku. Proto je tento systém vhodný pro vyhazování tenkostěnných výrobků. Pohyb stírací desky je vyvozen tlakem vyhazovacího systému, pružinami, nebo hydraulickým či pneumatickým mechanismem. Pro zvýšení životnosti se stírací deska opatřuje stírací tvarovou vložkou z ušlechtilejšího materiálu. [12], [16]

c) Trubkový vyhazovač

Tento systém vyhazování je zvláštním případem stírací desky. Je složen z pevného jádra a pohyblivé vyhazovací trubky, která má větší styčnou plochu. Pohyb trubky je obdobný jako u vyhazovacích kolíků. [16]

d) Zvláštní způsoby vyhazování

Pro vyhazování výstřiků s mělkým, nebo vnějším zápichem lze použít šikmé vyhazovací kolíky, které jsou k dělicí rovině uloženy pod úhlem. Tím se odstraní použití složitých posuvných čelistí. [16]

Pokud jsou vyžadovány dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují, je nutné zavést dvoustupňové vyhazování. Tento systém umožňuje samostatné vyhození výrobku a vtokového zbytku v jiný časový okamžik. [16]

3.5.2 Pneumatické a hydraulické vyhazování

Pneumatické vyhazování se využívá především tam, kde nelze použít vyhazování mechanické. Využití je u větších výrobků, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Tento způsob vyhození není zcela běžný, jelikož je omezen jen na některé tvary výrobku. [12], [16]

S hydraulickým způsobem vyhazování se lze setkat u forem, které mají zabudovanou hydraulickou jednotku, která ovládá vyhazovací kolíky a stírací desky. [16]

3.6 Temperační systém

Temperací vstřikovacích forem je myšleno udržování konstantního teplotního pole v dutině formy, které má v případě termoplastů vyšší teplotu, než je teplota vstřikovaného plastu. Požadovaná teplota formy pro termoplasty je v rozmezí 30 až 120°C. Teplota formy má významný vliv na smrštění, tvarové změny, jakost povrchu a mechanické vlastnosti finálního výrobku. Kromě vlastností výstřiku má temperace vliv i na průběh zaplňování dutiny formy a na délku vstřikovacího cyklu. Z pravidla je snahou o rovnoměrné rozložení teploty po povrchu dutiny formy. [12]

Odvádění tepla se tedy provádí pomocným temperačním systémem. V praxi je ovšem nutné počítat i se ztrátami tepla sáláním, či prouděním do okolí a vedením do částí vstřikovacího stroje. Ztráty tepla vedením mohou ovlivnit správnou funkci stroje, proto se využívají izolační desky. Tyto desky jsou vloženy mezi vstřikovací formu a rám vstřikovacího stroje. [4]

Na provedení temperačního systému má vliv mnoho faktorů. Nejdůležitější faktory tedy jsou:

- typ vstřikovaného polymeru,
- velikost a tvar vstřikovaného výrobku,
- požadavky na přesnost výrobku,
- materiál vstřikovací formy. [12]

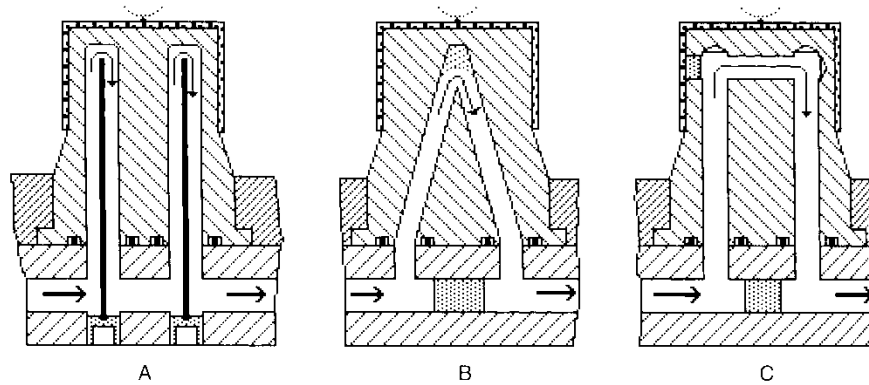
3.6.1 Temperační kanálky

Temperace vstřikovacích forem je prováděna pomocí temperačních kanálků, kterými proudí kapalně médium. Při konstrukci kanálků je nutné dodržovat tyto zásady:

- kanálky je vhodné umístit co nejbližší tvarové části formy při zachování dostatečné pevnosti a tuhosti stěn formy,
- průtok kapaliny je ve formě veden od nejteplejšího místa do místa nejstudenějšího,
- průměr kruhových kanálů je vhodné volit v rozmezí 6 až 20 mm,
- kanály by měli nejintenzivněji odvádět teplo z místa, kde je forma ve styku s proudem čerstvé taveniny,
- temperační systém nesmí překážet při otevírání formy. [4], [12]

Temperační kanály lze vyrábět vrtáním a frézováním. Mohou mít kruhový, nebo obdélníkový tvar. Nadměrné zvětšení průměru kanálků je neúčinné, protože intenzita sdílení tepla se výrazně nezmění a navíc klesá tuhost a pevnost vstřikovací formy. Zapojení kanálků bývá především sériové, paralelní zapojení nezaručuje rovnoměrnost průtoku kapalného média. K utěsnění kanálků se nejčastěji používají pryžové O-kroužky. [12]

Při temperování tvárníků je snahou temperační médium přivést do čela tvárníků. Pro větší intenzitu přestupu tepla se zvyšuje víření tekoucího média pomocí vhodných překážek. Někdy se do válcových tvárníků vkládají pomocné stěny a šroubovice, kterými kapalina protéká. [12]



Obr. 24. Příklady provedení temperace tvárnků [14]

3.6.2 Temperační medium

Temperační medium, které proudí nuceným oběhem temperačními kanálky, patří mezi aktivní temperační prostředky. Tyto prostředky se přímo podílejí na převodu tepla. Jako temperační kapalinu lze použít vodu, která umožňuje vysoký přestup tepla. Voda má nízkou pořizovací cenu, je ekologicky nezávadná a velmi dobře teče. Bohužel je použitelná jen do 90°C a při jejím použití hrozí vznik koroze a usazení vodního kamene. Dále lze použít olej, kterým je možné temperovat i nad 90°C, ale je zde horší přestup tepla. Olej je s porovnáním vodou dražší na pořízení a hůře teče. Někdy se k temperaci používají glykoly, které omezují korozi formy a ucpání temperačního systému. Bohužel jejich životnost je v porovnání s vodou a olejem velmi nízká. [16]

3.7 Odvzdušňovací systém

Při vstřikování plastových výrobků nelze během výrobního procesu vyloučit vznikání vad na výrobku. Zdrojem vad mohou být všechny komponenty, které do výrobního procesu vstupují. Vznik vad ovlivňuje konstrukce výrobku a vstřikovací formy, zpracovávaný materiál, technologické parametry výroby atd. [6]

Jedním z problémů spojených s vadami výrobků je odvzdušnění vstřikovacích forem. Uzavřený vzduch v dutině formy může vyvolat následující problémy:

- vznik nedostříknutých míst (zamrznutí čela taveniny),
- spálená místa na výstřicích (Dieselův efekt),
- vznik bublin v tlustších stěnách výstřiku,
- zvýšení nebezpečí vzniku studených spojů,

- vnesení vnitřního pnutí do výstřiku,
- zvýšení anizotropní vlastnosti výstřiků. [6]

Problém s odvodem vzduchu z dutiny je řešen již při konstrukci vstřikovací formy. Odvzdušnění je vhodné umístit do místa uzavírání vzduchu. Vhodné místo je možné stanovit na základě počítačové analýzy plnění formy, případně na základě zkušeností konstruktéra. Stanovení vhodného místa lze i zkoušením hotové formy. Způsoby provedení odvzdušnění formy mohou být:

- netěsností v hlavních a vedlejších dělicích rovinách,
- vůlemi mezi tvarovými pevnými částmi formy,
- vůlemi mezi pohyblivými částmi formy,
- odvzdušňovacími kanálky,
- speciálními prostředky vloženými do formy. [6]

3.8 Materiály vstřikovacích forem

Při výrobě výstřiků musí vstřikovací formy dosahovat požadované životnosti a kvality. Významným činitelem splnění těchto požadavků je materiál forem. Je nutné zvolit materiál, který splňuje požadavky v optimální míře se snahou minimálních pořizovacích nákladů. Mezi typické materiály používané při výrobě forem patří:

- oceli vhodných jakostí,
- dobře tepelně vodivé neželezné slitiny kovů (Cu, Al),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé). [16]

Nejdůležitější skupinou při výrobě forem jsou oceli. Svou pevností a mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Optimální volba druhu oceli pro danou součást formy záleží na funkci součásti. Výslednou vlastnost součásti může významně ovlivnit i tepelné zpracování materiálu. Kvalitnější materiály s tepelným zpracováním bývají z pravidla použity na více namáhané dílce. Tyto dílce mohou být namáhány mechanicky a tepelně. Z kvalitnějších materiálů se vyrábí tvárníky, tvárnice, vyhazovače, vtokové vložky a jiné funkční díly. Na pomocné díly (rám formy) vystačí levnější oceli nižších tříd. [16]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto základní cíle:

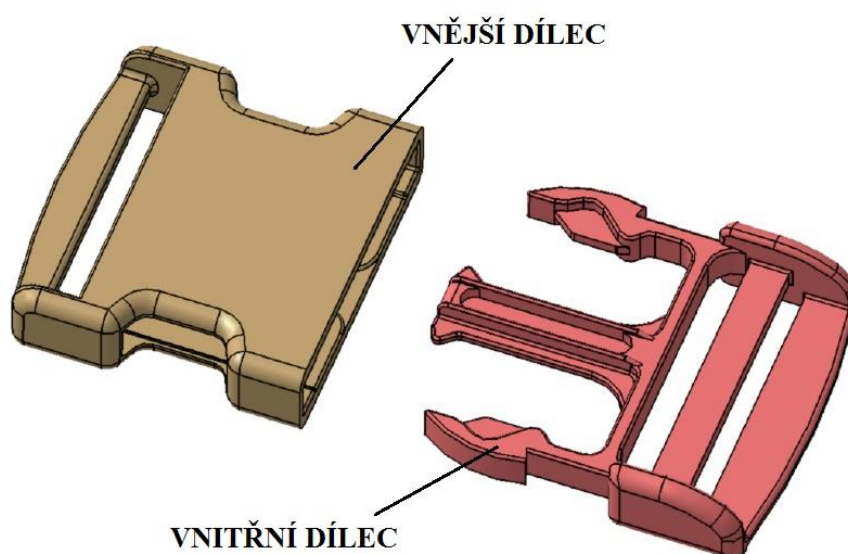
- vypracovat literární studii na dané téma,
- navrhnout model plastového výrobku ve 3D,
- navrhnout konstrukci vstřikovací formy ve 3D,
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy.

Úkolem teoretické části bakalářské práce je vypracovat studii týkající se procesu vstřikování, vstřikovacích strojů a zpracovávaných materiálů. Dále se teoretická část zabývá zásadami konstrukce vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem.

Úkolem praktické části je na základě poznatků části teoretické navrhnout konstrukci galanterní plastové spony a následně provést návrh vstřikovací formy. Součástí praktické části je dále vytvořit výkres vstřikovaného výrobku a 2D sestavy formy s doloženým kusovníkem. Konstrukce modelu výrobku i formy je provedena v programu CATIA V5R18 s využitím normálií firmy HASCO.

5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Zadaný vstříkovaný výrobek je galanterní plastová spona, která se někdy označuje jako „trojzubec“. Tato spona je složena ze dvou rozdílných dílců, které lze vzájemně secvaknout a tím vytvořit rozebiratelný spoj. Použití spony je v galanterním či textilním průmyslu při výrobě brašen, kabelek, batohů, obojků, opasek, sportovních bund a mnoha dalších výrobků. Spona slouží pro vytvoření rozebiratelného spojení dvou samostatných konců popruhů.



Obr. 25. Model vstříkovaného výrobku

Plastové spony jsou děleny do skupin podle rozměrů, v jakých jsou vyrobeny. Jedná se o délku, šířku a výšku spony. Také se udává šířka popruhu, pro který je spona určena.

Tab. 1. Základní rozměry a hmotnost vstříkovaného výrobku

Vlastnost	Jednotka	Hodnoty		
		Vnější dílec	Vnitřní dílec	Výrobek v sestavě
Délka	[mm]	55,5	67	82,5
Šířka	[mm]	60	60	60
Výška	[mm]	15	15	15
Objem	[cm ³]	17,5	9,5	27
Hmotnost	[g]	19	10	29
Šířka popruhu	[mm]	50	50	50

5.1 Materiál vstřikovaného výrobku

Materiál výrobku byl zvolen PA6 s obchodním názvem Ultramid BU50I. Výrobce tohoto materiálu je německá společnost BASF. PA6 je semikrystalický termoplastický polymer s malou hořlavostí, vysokou odolností oděru, vysokou pevností v tahu a značnou houževnatostí. Materiál Ultramid BU50I je nevyztužený materiál vhodný pro vstřikování technických dílců. Zvláštností tohoto konkrétního materiálu je schopnost zachovat si dosavadní vlastnosti při nižších teplotách. Proto jeho využití lze nalézt především na výrobu komponentů lyží, hokejových masek, helem, sportovních obleků a mnoha dalších výrobků. Ultramid BU50I je tedy vhodnou volbou pro vstřikování plastové spony, která bývá součástí výrobků často vystavených nižším teplotám. Vlastnosti plastu spony jsou uvedené v materiálovém listě (viz příloha PI). Doporučené teplotní podmínky při zpracování tohoto plastu jsou součástí následující tabulky (viz Tab.2.). Hodnota smrštění materiálu spony, o niž byla zvětšena dutina formy, je 1,355%. Hustota materiálu v tavenině je $0,87258 \text{ g.cm}^{-3}$ a v pevném skupenství je $1,066 \text{ g.cm}^{-3}$. [18]

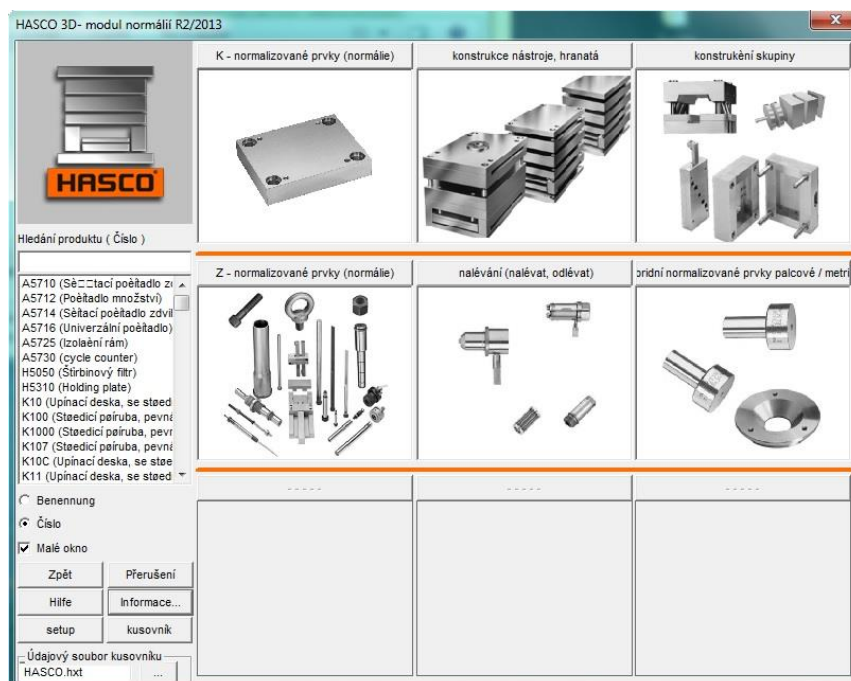
Tab. 2. Doporučené teplotní podmínky zpracování materiálu Ultramid BU50I z programu Autodesk Moldflow

Procesní teplotní podmínka	Jednotka	Hodnota
Teplota povrchu formy	°C	70
Teplota taveniny		290
Doporučená minimální teplota formy		10
Doporučená maximální teplota formy		85
Doporučená minimální teplota taveniny		270
Doporučená maximální teplota taveniny		315
Nejvyšší možná teplota taveniny		350
Vyhazovací teplota		180

6 POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PROGRAMY

Konstrukce výrobku a vstřikovací formy je provedena v softwaru CATIA V5 R18 od francouzské společnosti Dassault Systèmes. První produkt CATIA vznikl již v sedmdesátých letech minulého století a sloužil k navrhování letadel. Systém nabízí široké spektrum modulů, které zajišťují průmyslovou univerzálnost. Program CATIA V5 je vyvíjena ve třech variantách, které umožňují využívání technologií CAD/CAM/CAE v různých úrovních použití. Tento systém umožňuje konstrukční a designový návrh výrobku, různé inženýrské analýzy či simulace, tvorbu dokumentací, NC obrábění, návrh průmyslového závodu a mnoho dalších aplikací. [19]

Návrh vstřikovací formy využívá normálií od firmy HASCO. Jedná se o německou společnost zabývající se konstrukcí, výrobou a prodejem vstřikovacích forem a jejich díly. Jednotlivé dílce vstřikovací formy jsou stažené z firemního digitálního katalogu HASCO-DAKO 3D MODUL. Tento modul obsahuje již předchystané 3D dílce všech možných vyráběných rozměrů. Tyto dílce je možné importovat do velké škály nejpoužívanějších konstrukčních programů.



Obr. 26. Náhled digitálního katalogu HASCO-DAKO MODUL

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

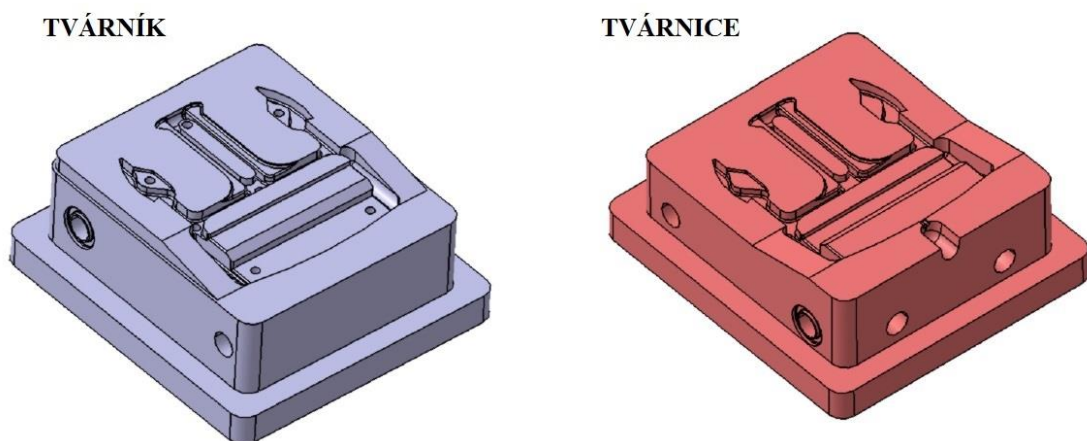
Vstřikovací forma je zkonstruovaná se zadanou násobností pro osm dílů, to jsou čtyři sady galanterních spon. Forma tedy umožňuje při jenom pracovním cyklu vyrobit celkem čtyři galanterní spony. Při navrhování dutin formy je nutné uvažovat smrštění materiálu 1,355% o které jsou dutiny výrobků zvětšeny. Tavenina je do jednotlivých dutin dopravena pomocí studeného vtokového systému.

7.1 Tvarové části formy

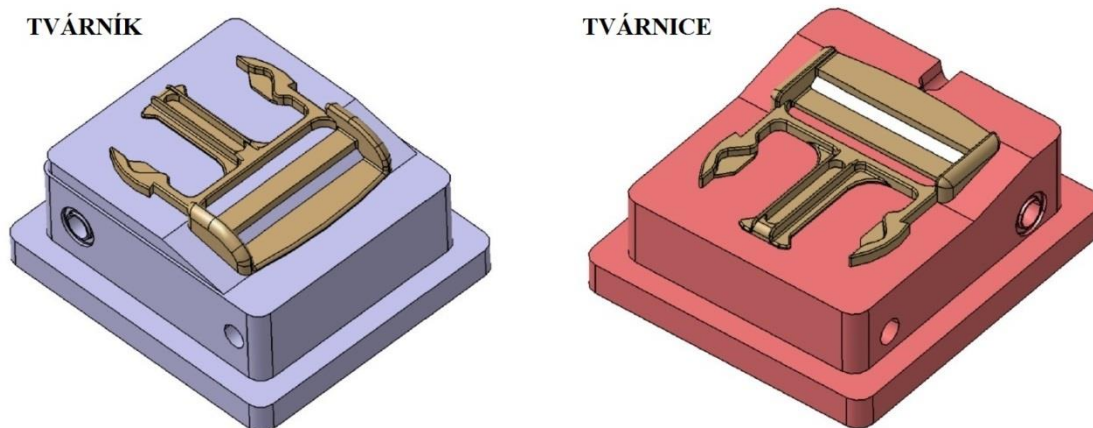
Pro oba vstřikované dílce je nutné stanovit vhodnou polohu dělicí roviny, která má významný vliv na odformování výstřiku a jakost finálního výrobku. Hlavní dělicí rovina se nachází mezi tvárníky a tvárnici, které jsou ukotveny v tvarových deskách formy. Netěsnost mezi tvarovými částmi formy lze využít jako odvzdušnění dutin.

7.1.1 Tvarové části formy pro vnitřní dílec spony

Konstrukční návrh vnitřního dílce spony vyžaduje jednu dělicí rovinu, která je v daném místě lomená. Zalomení dělicí roviny umožňuje odformování dílce tak, aby se nepoškodil. Část tvárníku je tedy při dosednutí na tvárnici zapuštěna v pravé kotevní desce. Konstrukce tvarových vložek je provedena tak, aby jejich výška odpovídala tvarovým deskám o výšce 36 mm. Rozměry tvarových vložek jsou zvoleny na 90 x 80 mm s přesahem 7,5 mm u patek na ukotvení do tvarových desek. Materiál tvarových vložek je zvolen ČSN 19 552.



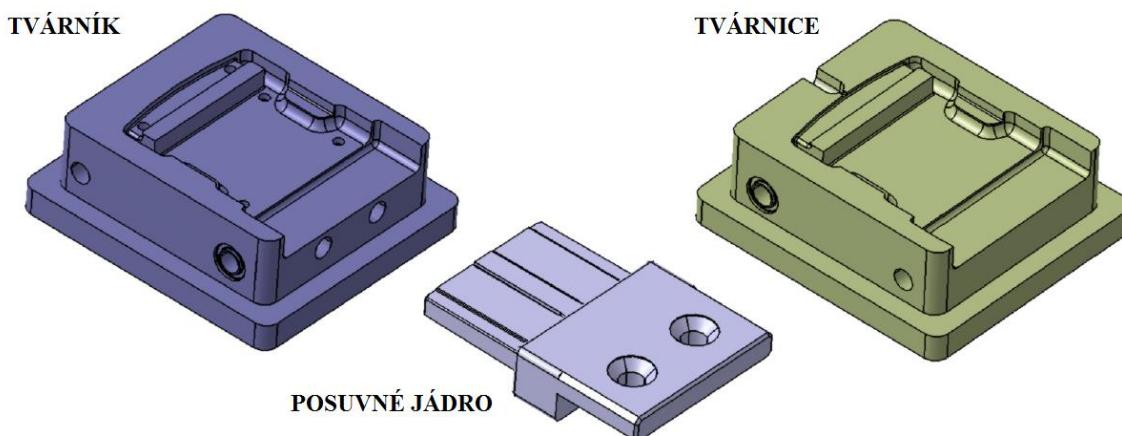
Obr. 27. Pohled do dutin tvarových vložek vnitřního dílce spony



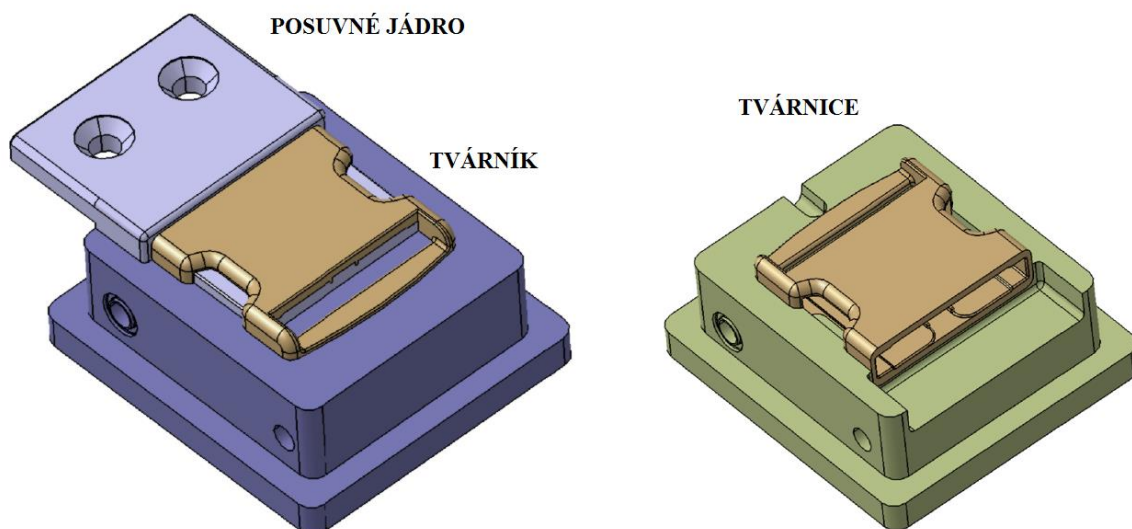
Obr. 28. Zaformování vnitřního dílce spony do tvarových vložek

7.1.2 Tvarové části formy pro vnější dílec spony

Zaformování vnějšího dílce spony je zkomplikováno tím, že dílec obsahuje dutinu, kterou je nutné vhodně odformovat. Dílec je uložen do hlavní dělicí roviny mezi tvarové vložky ukotvené v tvarových kotevních deskách. Vnitřní dutina je zhotovena a odformována pomocí posuvného tvarového jádra upevněného na posuvné kostce. Tvarové jádro je součástí pohyblivé vyhazovací části formy a je z dutiny výrobku vysunováno při otevírání formy pomocí šikmých válcových kolíků. Z důvodů uložení mechanismu pro odformování jsou všechny tvarové vložky vnějšího dílce spony uloženy na jedné straně straně kotevní desky. Materiál jádra a tvarových vložek je zvolen ČSN 19 552. Rozměry tvarových vložek jsou obdobné jako u vložek pro vnitřní dílec spony.



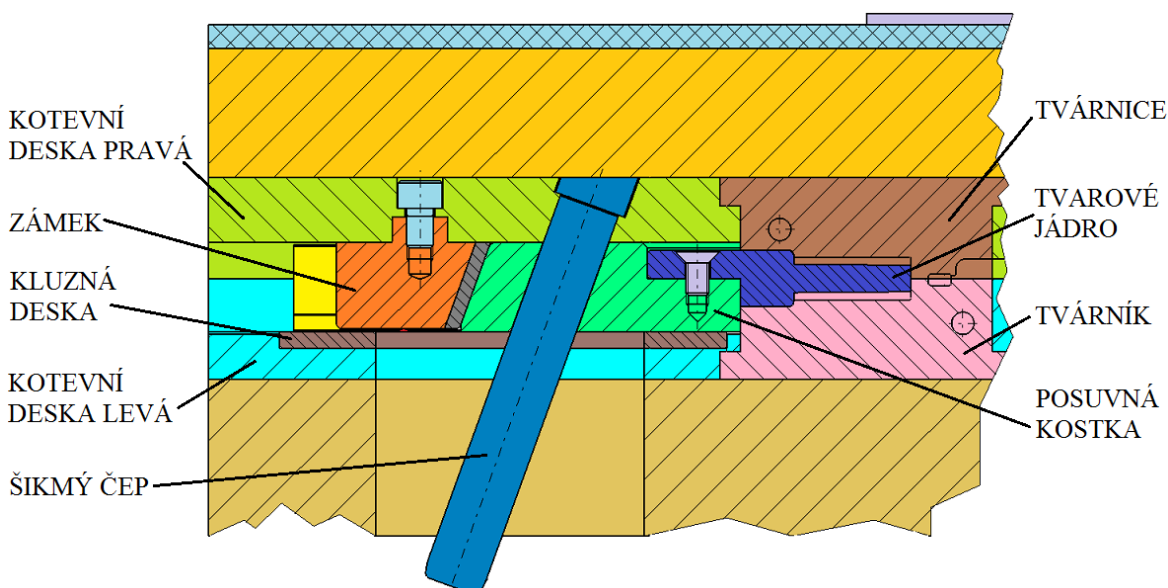
Obr. 29. Pohled na tvarové části vnějšího dílce spony



Obr. 30. Zaformování vnějšího dílce spony do tvarových vložek a posuvného jádra

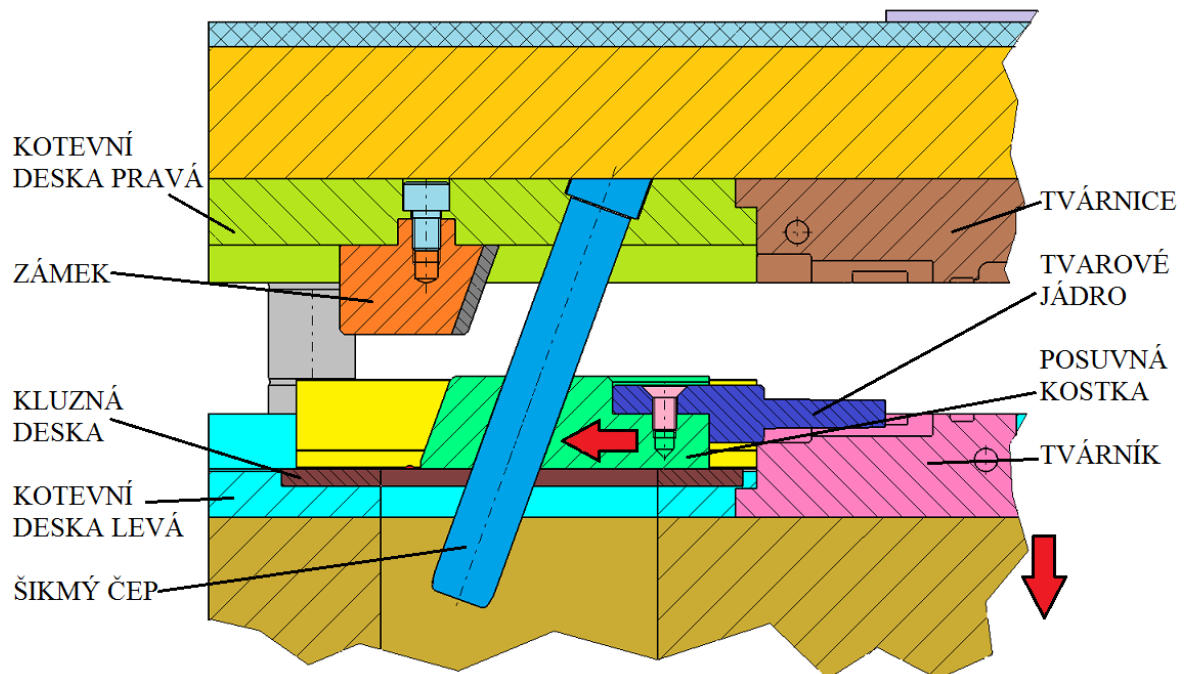
7.2 Systém odformování vnějšího dílce spony

Tvarové jádra jsou pomocí šroubů s kuželovou hlavou přišroubována na široké posuvné kostce, která je součástí pohyblivé vyhazovací části formy. Při otevírání formy je kostka donucena posunu pomocí dvou šikmých válcových čepů Z01/22x160, které jsou součástí pevné části formy. Úhel sklonu šikmých čepů je 20°. Pro snadný pohyb posuvné kostky je kostka upnuta pomocí dvou kluzných vodících lišt Z185W/25x32x160 a uložena na pěti kluzných deskách Z186W/63x6x160. Polohu tvarových jader s posuvnou kostkou během samotného vstřikování zajišťuje pět zámků Z182/32x71, které jsou upnuty na vstřikovací části formy.



Obr. 31. Systém odformování vnějšího dílce spony (uzavřená forma)

Pro možný pohyb posuvné kostky po šikmém čepu je zde uložení s vůlí 0,2 mm. Pokud je vstřikovací forma otevřená, polohu posuvné kostky s jádrem zajišťuje pojistný šroub s pružící kuličkou Z36/M8x16.

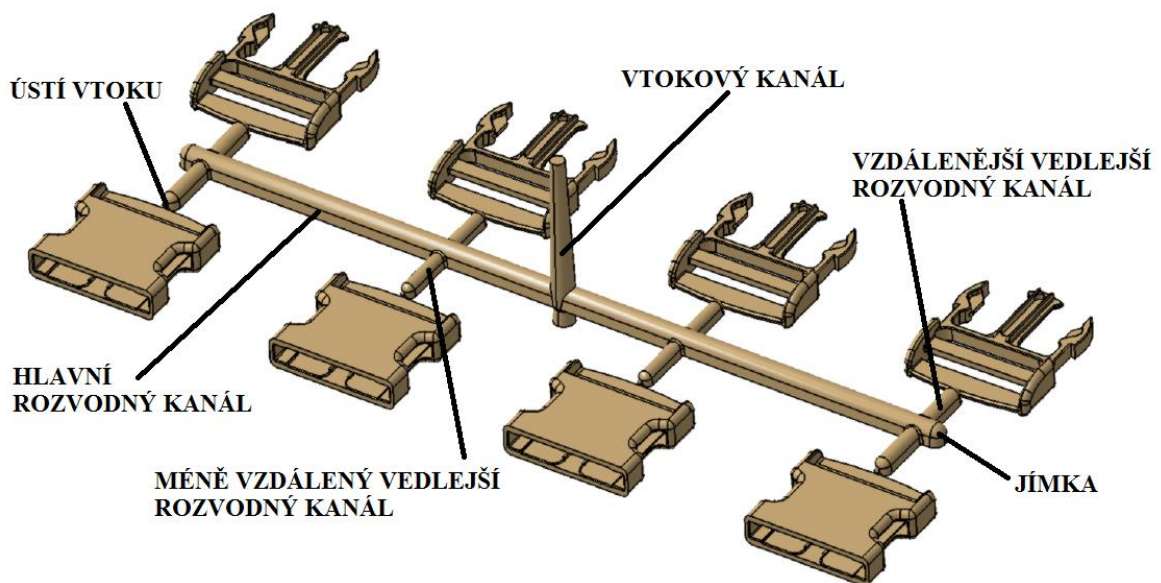


Obr. 32. Systém odformování vnějšího dílce spony (otevřít se forma)

7.3 Vtokový systém

Dokonalé zaplnění jednotlivých dutin formy zajišťuje během vstřikovacího cyklu studený vtokový systém. Tavenina je ze vstřikovací trysky vedena přes vtokový kanál a rozvodné kanály do jednotlivých dutin. Vtokový kanál je součástí vtokové vložky Z51/24x56/6,5 z oceli ČSN 19 552. Průřez rozvodných kanálů je zvolen dle literatury [5] o tvaru lichoběžníku se zaoblenými hranami. Rozvodný kanál je součástí pravé tvarové desky a jde přes vtokovou vložku a všechny tvárnice. Pro zajištění rovnovážného vtokového systému je průřez vzdálenějších rozvětvených kanálů do jednotlivých dutin volen větší, než u kanálů blíž vtokovému kanálu. Průměr vepsané kružnice u hlavního rozvodného kanálu je 9 mm, v případě vedlejších rozvodných kanálů jsou průměry u vzdálenějších dutin 7 mm a u méně vzdálených dutin 6 mm. Součástí rozvodného kanálu je jímka, která slouží pro zachycení studeného čela taveniny. Vystříknuté dílce i s celou vtokovou soustavou jsou přidrženy na pohyblivé vyhazovací části formy pomocí přidržovačů vtoků. Mezi tyto přidržovače patří přidržovač hlavní Z53/24x36 a dva pomocné Z53/12x36.

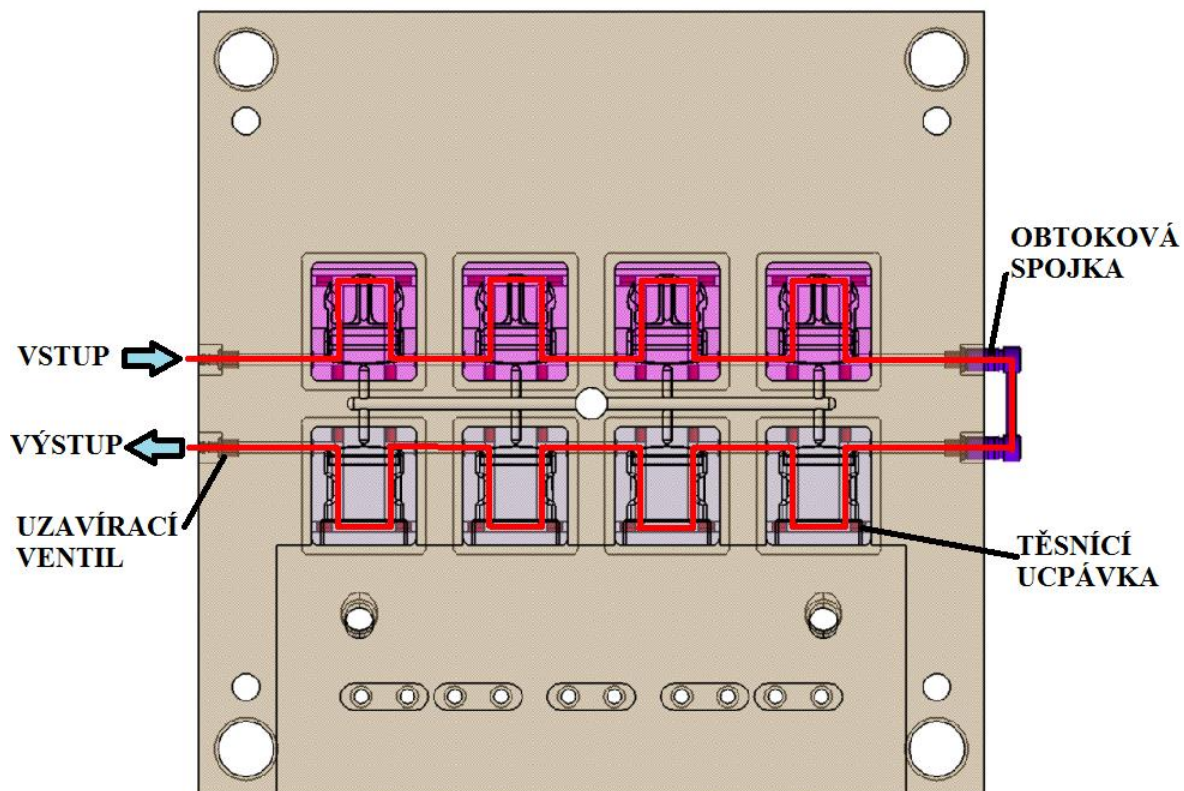
Vyústění rozvodných kanálů do dutin formy je provedeno pomocí bočních vtoků, které leží na dělicí rovině. Tyto vtoky jsou konstrukčně jednoduché a spolehlivé, ale pevně spojují vyrobené dílce s vtokovým systémem. Tudíž je nutná dokončovací operace mimo formu, při níž se výrobky oddělí od vtoků.



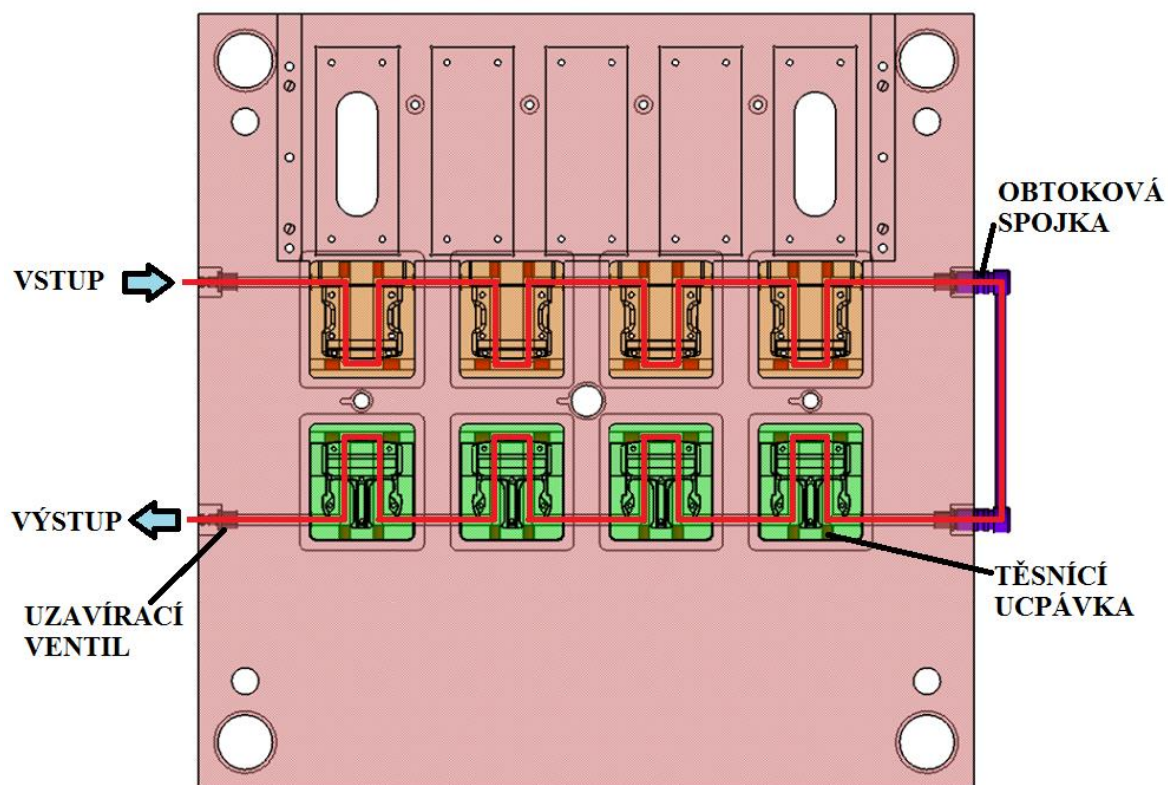
Obr. 33. Pohled na výstřik (výrobky a zbytkový vtok)

7.4 Temperační systém

Snahou temperačního systému formy je zajistit pro všechny vstříkované dílce co nejpodobnější podmínky chlazení. Jako temperační medium je zde zvolena voda, neboť maximální doporučená teplota formy pro vstříkovaný materiál je 85°C. Voda proudí temperačními kanály o průměru 8 mm. Kanály jsou vyvrtané do tvarových upínacích desek a všech tvarových vložek. Každá tvarová deska má svoji temperační větev, která je uzavřená. Slepě vyvrtané kanály je nutné zatěsnit pomocí těsnících ucpávek Z942/8. Vstup a výstup chladícího media do tvarových desek je zajištěn pomocí uzavíracích ventilů Z811/9/14x1,5 uchycených na závit. Rozvodný kanál je vrtán skrz tvarové desky, tudíž je pro uzavření celého okruhu nutné použít obtokové spojky Z805/9, které jsou nasazeny na uzavírací ventily. Těsnost temperačního okruhu mezi přechody z tvarových desek do tvarových vložek zajišťují pryžové těsnící kroužky Z98/9,5/1,5.



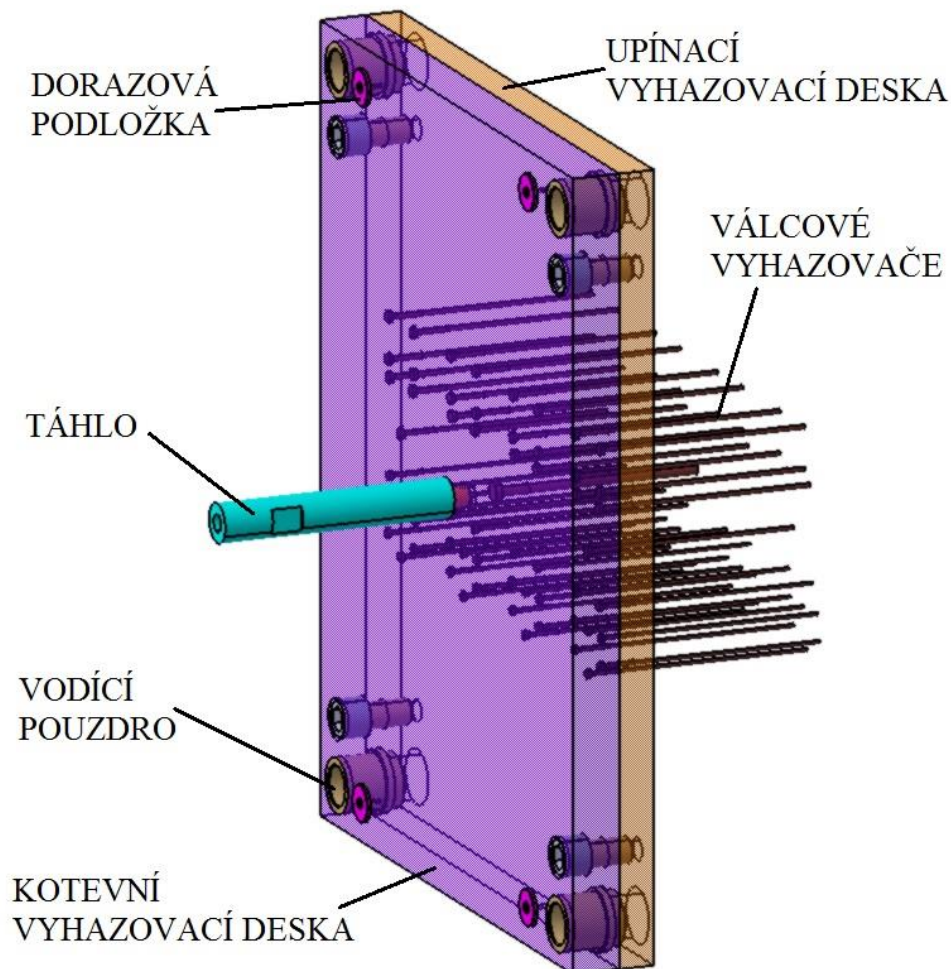
Obr. 34. Temperace pravé tvarové desky a tvárnic formy



Obr. 35. Temperace levé tvarové desky a tvárnků formy

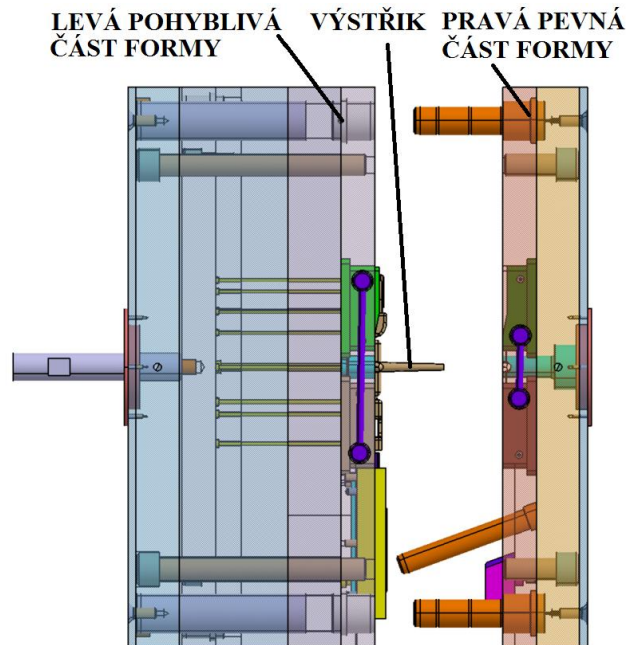
7.5 Vyhazovací systém

Vyhození výstřiku z dutiny formy je provedeno prostřednictvím vyhazovacího systému. Vyhazovací systém je složen z válcových vyhazovačů ukotvených ve vyhazovacích deskách. Pohyb upínací a opěrné vyhazovací desky je umožněn pomocí hydraulicky ovládaného táhla Z02/30x180, kdy přesné vedení desek zajišťují čtyři vodící čepy Z00/30x120 a vodící pouzdra Z10/36x30. Samotné vyhazování ochlazeného výstřiku na vyhazovací teplotu probíhá již u otevřené vstřikovací formy. Pro správnou funkci vyhazování je nutné zajistit, aby po otevření formy zůstal celý výstřik na pohyblivé vyhazovací části formy, k tomu napomáhá přídržovač vtoku Z53/24x36 a dva přídržovače typu Z53/12x36. Setření podkosu výstřiku u těchto přídržovačů je během vyhazování zajištěno pomocí válcového vyhazovače Z40/8x200 a dvou vyhazovačů typu Z40/4x200. Vyhození jednoho vnějšího dílce spony z tvárnice je zajištěno šesti válcovými vyhazovači Z40/4x200 a vyhození jednoho vnitřního dílce spony zajišťuje osm válcových vyhazovačů Z40/3x200.



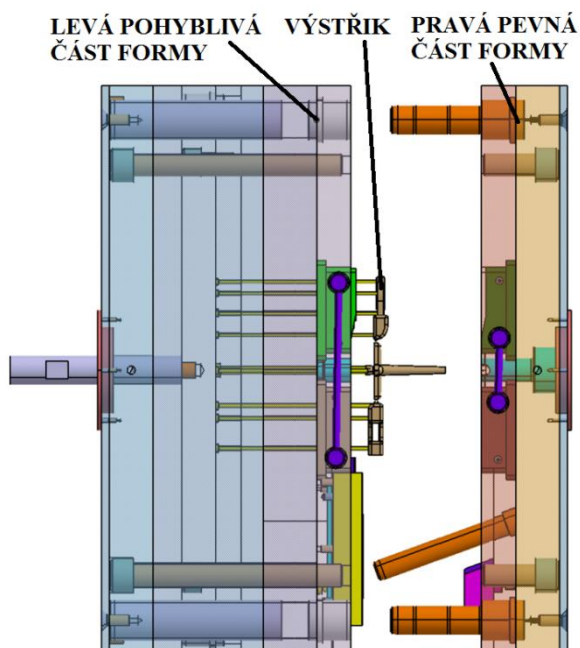
Obr. 36. Vyhazovací systém vstřikovací formy

Při vyhazování výstříku dojde v první fázi k otevření formy, kdy se pohyblivá část formy odsune a současně dojde k odformování dutiny vnějšího dílce spony. Celý výstřík je pomocí přidržovačů vtoku přidržen na pohyblivé části formy.



Obr. 37. Otevření vstřikovací formy a přidržení výstříku na pohyblivé části formy

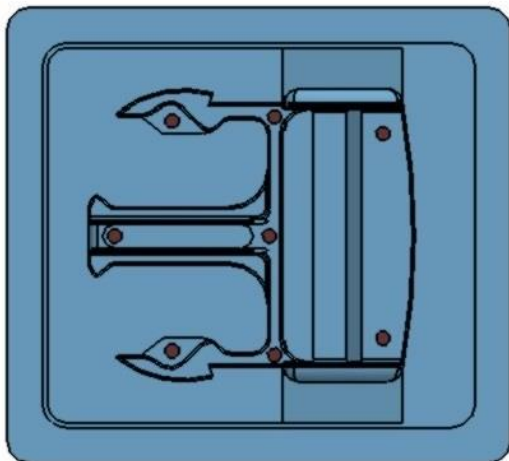
V dalším kroku dojde k vysunutí vyhazovačů a vyhození celého výstříku z dutiny formy.



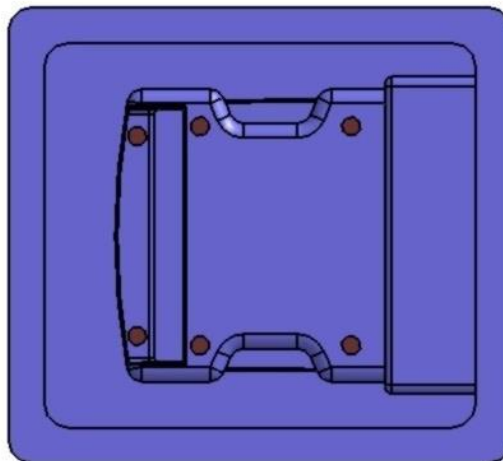
Obr. 38. Vyhození výstříku z otevřené formy

Pro získání rovnoměrné vyhazovací síly jsou vyhazovače v dutině co nejvhodněji rozmístěné. U všech vyhazovačů je nutné upravit jejich délku tak, aby jejich čela lícovala s povrchem dutiny formy, či povrchem daným přídržovací vtoku. Čela se opírají o nepohledovou stranu výroku.

**TVÁRNÍK - VNITŘNÍ DÍLEC SPONY
(VYHAZOVAČ Z40/3x200)**



**TVÁRNÍK - VNĚJŠÍ DÍLEC SPONY
(VYHAZOVAČ Z40/4x200)**

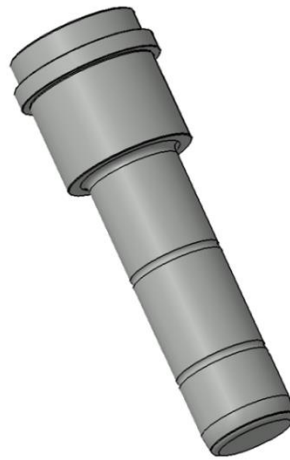


Obr. 39. Rozmístění válcových vyhazovačů u tvárníků vstříkovací formy

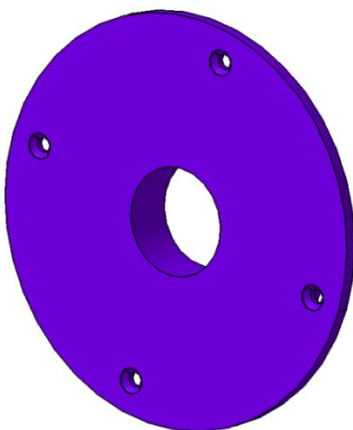
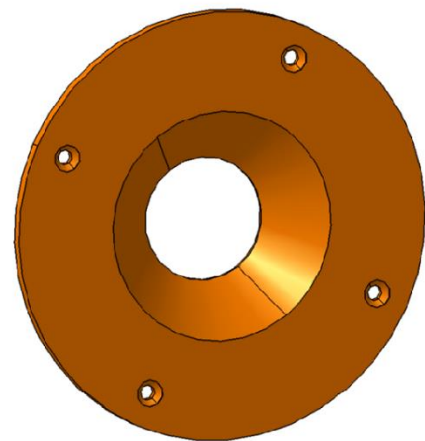
7.6 Upínací, středící a vodící prvky rámu vstříkovací formy

Z důvodů větší násobnosti formy bylo nutné zakomponování mechanismu pro odformování vnějších dílců spony, proto byly zvoleny rozměry tvarových desek na 596x596 mm. Rozměry upínacích desek jsou tedy 596x696 mm. Stejně rozměry mají i izolační desky, které zabraňují přestupu tepla z formy do rámu vstříkovacího stroje. Desky vyhazovací části formy jsou vzájemně vystředěné pomocí středících trubek Z20/42x180. Spojení jednotlivých desek do pracovních celků je provedeno pomocí šroubů s válcovou hlavou. Celkové pohledy na vstříkovací formu, včetně pohledů do dělicí roviny, jsou možné v příloze P III, P IV a P V.

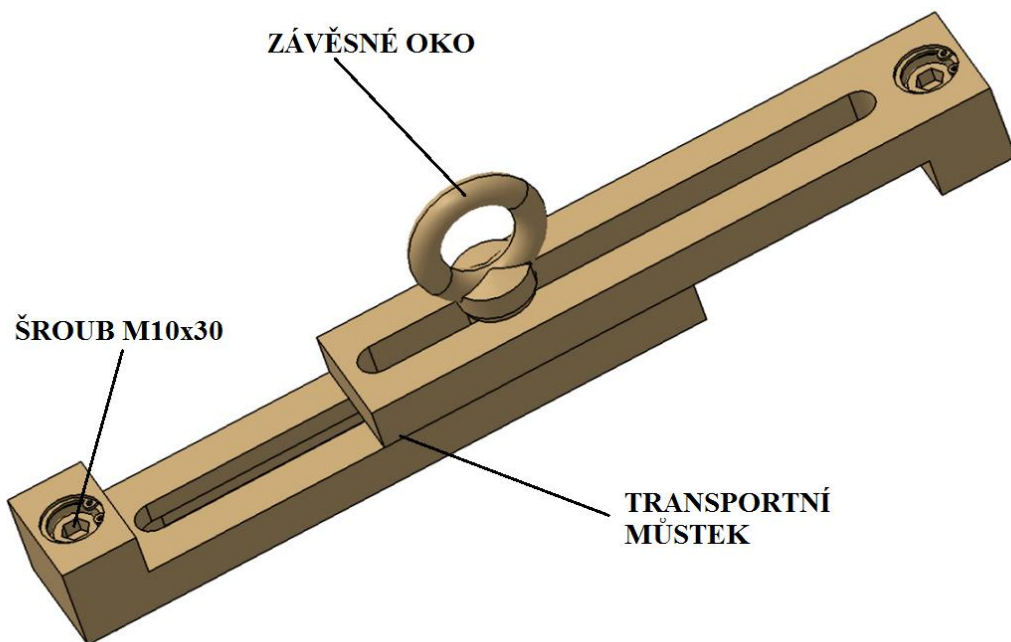
Přesné polohování vyhazovací části formy vůči části vstříkovací je zajištěno prostřednictvím čtyř vodících čepů Z00/36/30x95, ke kterým přísluší vodící pouzdra Z10/36x30.

STŘEDÍCÍ TRUBKA
Z20/42x180**VODÍCÍ ČEP**
Z00/36/30x95**VODÍCÍ POUZDRO**
Z10/36x30*Obr. 40. Středící a vodící prvky rámu formy*

Forma je na vstřikovacím stroji vystředěna pomocí středících kroužků. Pro levou stranu vstřikovací formy je použit středící kroužek K500/125x16 a pro pravou stranu kroužek K100/125x16. Pravý středící kroužek současně jistí polohu vtokové vložky a umožňuje přístup vstřikovací trysky stroje. Levý středící kroužek svým otvorem umožňuje pohyb táhla ovládající vyhazovací systém formy.

LEVÝ STŘEDÍCÍ KROUŽEK
K500/125x16**PRAVÝ STŘEDÍCÍ KROUŽEK**
K100/125x16*Obr. 41. Středící kroužky vstřikovací formy*

Manipulace formy pomocí jeřábu je umožněna transportním můstkem se závěsným okem. Tento můstek je k formě přišroubován na upínacích deskách, kdy během transportu je forma můstkem jištěna proti pootevření. Během provozu formy je transportní můstek odšroubován.



Obr. 42. Transportní můstek formy

Uložení jednotlivých dílců v sestavě vstřikovací formy je s příslušným kusovníkem v příloze P VII.

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací forma byla konstruována pro vstřikovací stroj ARBURG typu ALLROUNDER 630 S. Jedná se o hydraulický stroj od německé společnosti ARBURG, který je vybaven vstřikovací jednotkou typu EUROMAP 800 se šnekem průměru 45 mm.



Obr. 43. Vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S [20]

Při konstrukci formy bylo nutné volit technické parametry tak, aby vyhovovaly danému vstřikovacímu stroji. Jednotlivé technické parametry stroje a základní parametry vstřikovací formy zachycují následující tabulky. Kompletní parametry vstřikovacího stroje jsou v příloze P II.

Tab. 3. Základní technické parametry uzavírací jednotky typu 630 S

Technický parametr	Jednotka	Hodnota
Maximální uzavírací síla (během vstřikování)	kN	2500
Maximální otevírací zdvih	mm	600
Výška formy	mm	300-700
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	mm	630x630
Maximální hmotnost pohyblivé části formy	kg	2500
Maximální vyhadzovací síla	kN	90
Maximální vyhadzovací zdvih	mm	225

Tab. 4. Základní technické parametry vstřikovací jednotky typu EUROMAP 800

Technický parametr	Jednotka	Hodnota
Průměr šneku	mm	45
Poměr L/D šneku	-	22
Maximální zdvih šneku	mm	200
Maximální objem vstřikované taveniny	cm ³	318
Maximální vstřikovaná hmotnost PS	g	291
Maximální plastikační výkon u PS	kg/h	46
Maximální vstřikovací tlak	bar	2470
Maximální rychlost taveniny	cm ³ /s	242
Maximální kroutící moment šneku	Nm	880

Tab. 5. Základní technické parametry vstřikovací formy

Technický parametr	Jednotka	Hodnota
Výška formy	mm	353
Rozměry upínacích desek	mm	596x696
Hmotnost pohyblivé části formy	kg	850
Objem vstřikované taveniny do formy	cm ³	149
Hmotnost vstřikované taveniny PS do formy	g	156,5

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem praktické části bylo navrhnout konstrukci galanterní plastové spony a následně provést návrh vstřikovací formy. Galanterní plastová spona je navržena jako sestava vnějšího a vnitřního dílce. Materiál spony byl zvolen neztužený PA6 s obchodním názvem Ultramid BU50I, který splňuje požadavky na lepší mechanické vlastnosti.

Při konstrukci vstřikovací formy, která má v jednom pracovním cyklu vyrobit čtyři sady galanterních spon, bylo nutné zohledňovat požadavky na vstřikovací stroj. Mezi tyto požadavky patří především dodržení maximálních rozměrů formy.

Z důvodů snížení nákladů na materiál a snadnější opravy tvarových dutin byly jednotlivé dílce zaformovány do samostatných tvarových vložek, které jsou ukotveny ve společných tvarových deskách. Zaformování vnějšího dílce spony bylo problematičtější, protože obsahuje dutinu, kterou je potřeba odformovat. K odformování byly navrženy posuvné jádra upevněná na posuvné kostce. Posun této kostky je zprostředkován pomocí šikmých čepů, které jsou součástí nepohyblivé části formy. Tyto čepy jsou pod úhlem 20° a při otevírání formy provádí posun kostky s tvarovými jádry. Těsnost mezi tvarovými částmi formy lze využít jako odzdušnění tvarových dutin.

Vtokový systém zde byl zvolen studený, kde hlavní vtokový kanál je součástí vtokové vložky a rozvodné kanály jsou umístěné v pravé upínací tvarové desce. Průřez rozvodných kanálů byl s ohledem na odformování zvolen lichoběžníkový se zaoblenými hranami. Rozměry kanálu byly voleny dle literatury [5]. Součástí kanálů je také jímka sloužící k zachycení studeného čela taveniny během vstřikování. Ústí vtoku do jednotlivých dutin bylo zvoleno jako boční. Toto ústí vtoku leží v dělicí rovině a je konstrukčně nejjednodušší. Při použití tohoto vtoku jsou ovšem nutné dodatečné úpravy mimo formu, kdy se oddělují jednotlivé výrobky od vtokového systému.

Pro zajištění co nejrovnoměrnějšího teplotního pole v jednotlivých dutinách byl zvolen temperační systém v podobě vrtaných kanálů. Tyto vrtané kanály vytváří pro každou stranu formy samostatný temperační okruh. K uzavření těchto okruhů bylo nutné použití obtokových spojek. Z důvodů relativně nízkých doporučených hodnot teploty formy pro vstřikovaný materiál, byla jako temperační medium zvolena voda. Těsnost temperačního okruhu zajišťují pryžové těsnicí kroužky. K zamezení přestupu tepla ze vstřikovací formy do rámu stroje jsou použity izolační desky.

Vyhazovací systém zde byl zvolen v podobě válcových vyhazovačů, které jsou ukotvené ve vyhazovacích deskách. Množství a rozložení těchto vyhazovačů bylo zvoleno s ohledem na rovnoměrnou vyhazovací sílu působící na výstřik během vyhazování. Také se zde přihlíželo k zachování tuhosti tvarových vložek, kde bylo nutné dodržet bezpečné vzdálenosti od vrtaných kanálů temperační větve. Čela vyhazovačů se opírají od nepohledové strany vystříknutých dílců. Pro správnou funkci vyhazovacího systému byly do pohyblivé části formy zakomponovány přídržovače vtoku.

Materiály namáhaných dílců, které jsou vystaveny vysokým teplotám a otěru taveninou, byly zvoleny nástrojové oceli třídy 19. Na ostatní dílce byly použity levnější oceli nižších tříd.

Konstrukce výrobku i vstřikovací formy proběhla v konstrukčním programu CATIA V5 R18 s využitím normálií formy HASCO.

ZÁVĚR

Vypracování jednotlivých částí této práce vycházelo z oficiálního zadání BP, které stanovilo jednotlivé cíle teoretické i praktické části.

Teoretická část je tvořena literární studií zabývající se technologií vstřikování termoplastů, zpracovávanými materiály a používanými vstřikovacími stroji. Stěžejní část literárního zpracování tvoří problematika konstrukce vstřikovaných výrobků a především konstrukce vstřikovacích forem.

Praktická část se zabývá konkrétním konstrukčním řešením výrobku a následně konstrukcí vstřikovací formy s využitím normálií od firmy HASCO.

Zadaným výrobkem byla galanterní plastová spona složená ze dvou samostatných dílců. Materiál spony PA6 s obchodním názvem Ultramid BU50I byl zvolen na základě vyhovujících mechanických vlastností, které plastová spona vyžaduje.

Hlavní náplní praktické části je návrh konstrukce vstřikovací formy, jenž má v jednom pracovním cyklu vyrobit čtyři výrobky, tedy osm dílců. Na základě požadavků na násobnost formy a použitého vstřikovacího stroje byly zvoleny základní rozměry formy. Jednotlivé dílce spony bylo nutné vhodně zaformovat do dělicí roviny, kdy pro vnější dílce s vnitřní dutinou byly navrženy posuvné jádra s příslušným mechanismem odformování. Vtokový systém byl zvolen studený s bočním vtokem umístěným v dělicí rovině. Teplota formy byla navržena jako vrtané kanály tvořící dva temperační okruhy. Jako temperační medium byla zvolena voda. Vyhození výstřiku probíhá prostřednictvím vyhazovacího systému s válcovými vyhazovacími kolíky. Vstřikovací forma je konstruována na vstřikovací stroj ARBURG typu ALLROUNDER 630 S.

Na základě vytvoření 3D modelu výrobku a formy následovala tvorba výkresů. Dle zadání BP bylo nutné nakreslit sestavu vstřikovací formy s příslušným kusovníkem. Dále byl vytvořen výkres s pohledy do dělicí roviny vstřikovací formy a výkresy charakterizující vyráběnou galanterní sponu.

Návrh modelů výrobku i formy s příslušnými výkresy proběhl v konstrukčním programu CATIAV5 R18.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] TOMIS, František. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. Brno : VUT v Brně, 1980. str. 178.
- [2] LENFELD, Petr. *Technologie II – Vstřikování plastů*, TU Liberec – Fakulta strojní. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm
- [3] ŠTĚPĚK, Jiří a ZELINGER, Jiří. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1989. str. 637.
- [4] NEUHÄUSL, Emil. *Vstřikování plastických hmot*. Praha : SNTL, 1973. str. 206.
- [5] BOBČÍK, Ladislav a kol. *Formy pro zpracování plastů I.díl- Vstřikování termoplastů*. 2.vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. str. 134.
- [6] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2009. str. 248. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [7] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. str. 280. ISBN 80-7080-617-6. Dostupný z WWW:
http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6/pages-img/obalka-1.html
- [8] DVOŘÁK, Zdeněk a LAMBOROVÁ, Romana. *Základy výrobních procesů I – konstrukční materiály polymerní a kompozity*. Zlín : UTB ve Zlíně, 2008. str. 64. Dostupný z WWW:
<http://www.utb.cz/file/40834/>
- [9] DVOŘÁK, Zdeněk a LÉDLOVÁ, Hana. *Základy výrobních procesů - Výrobní technologie zpracování polymerů vstřikováním*. Zlín : UTB ve Zlíně, 2007. str. 84. Dostupný z WWW:
<http://www.utb.cz/file/40836/>
- [10] MAŇAS, Miroslav a HELŠTÝN, Josef. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 1990. str. 199.
- [11] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce vylisku z plastů a forem pro zpracování plastů*. SEKURKON, organizační a vzdělávací servis. str. 225. ISBN 80-86604-18-7.
- [12] TOMIS, František a HELŠTÝN, Josef. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha : SNTL, 1985. str. 274.

- [13] BEAUMONT, John P., NAGEL, Robert a SHERMAN, Robert. *Successful injection molding: process, design and simulation*. Munich : Hanser Publishers, 2002. str. 362. ISBN 3-446-19433-9
- [14] REES, Herbert. *Mold engineering*. 2nd ed. Munich : Hanser Publishers, 2002. str. 688. ISBN 3-446-21659-6.
- [15] HENDRYCH, Josef, WEBER, Antonín a DOLEŽEL, Jaroslav. *Standardizace rámu a součástí forem pro vstřikování termoplastů*. Praha : SNTL, 1986. str. 360.
- [16] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů II.díl -Vstřikování termoplastů*. Brno : UNIPLAST, 1999. str. 214.

Internetové zdroje:

- [17] *HASCO* [online]. [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: <http://www.hasco.de/gb/Products>
- [18] *BASF* [online]. [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://iwww.plasticsportal.com/products/results.html?prodname=ultramid>
- [19] *TECHNODAT* [online]. [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/catia>
- [20] *PLASTICSINFOMART* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.plasticsinfomart.com/arburg-at-the-taipei-plas-2012/>
- [21] *ARBURG* [online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z:http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_630S_ECO_TD_523026_en_GB.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T_g	Teplota skelného přechodu polymerů [°C]
T_f	Teplota tečení amorfního polymeru [°C]
T_m	Teplota tání krystalického podílu v semikrystalickém polymeru [°C]
PS	Polystyren
MPa	Megapaskal
cm	Centimetr
HDR	Hlavní dělicí rovina
VDR	Vedlejší dělicí rovina
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhříváný vtokový systém
mm	Milimetr
°C	Stupeň Celsia
R	Poloměr [m]
D	Průměr [m]
Cu	Měď
Al	Hliník
2D	Dvourozměrný prostor
3D	Třírozměrný prostor
cm ³	Centimetr krychlový
g	Gram
PA6	Polyamid 6
CAD	Počítačem podporované navrhování
CAM	Počítačem podporovaná výroba
CAE	Počítačem podporované konstruování
kN	Kilonewton

h	Hodina
kg	Kilogram
s	Sekunda
Nm	Newtonmetr

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma vstřikovacího stroje [2]</i>	12
<i>Obr. 2. Vstřikovací cyklus [2]</i>	13
<i>Obr. 3. Časový průběh vstřikovacího cyklu</i>	14
<i>Obr. 4. Průběh vstřikovacího tlaku v dutině formy [6]</i>	15
<i>Obr. 5. Dělení polymerů dle aplikace a nadmolekulární struktury [8]</i>	16
<i>Obr. 6. Nadmolekulární struktura polymerů [8]</i>	17
<i>Obr. 7. Termomechanická křivka amorfního (1) a krystalického (2) polymeru</i>	17
<i>Obr. 8. Přímá hydraulická uzavírací jednotka [9]</i>	20
<i>Obr. 9. Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem v ose stroje [9]</i>	21
<i>Obr. 10. Vstřikovací šneková jednotka [2]</i>	22
<i>Obr. 11. Přečtyy tloušťek stěn vstřikovaného výrobku [11]</i>	25
<i>Obr. 12. Příklad úpravy tloušťky stěny výrobku [11]</i>	25
<i>Obr. 13. Příkladý provedení žeber [5]</i>	26
<i>Obr. 14. Schématické zobrazení základních desek vstřikovací formy</i>	28
<i>Obr. 15. Studený vtokový systém vstřikovací formy [5]</i>	29
<i>Obr. 16. Fontánový tok [13]</i>	29
<i>Obr. 17. Vtoková vložka [2]</i>	30
<i>Obr. 18. Průřezý rozvodných kanálů [13]</i>	30
<i>Obr. 19. Příkladý provedení rozváděcích kanálku [12]</i>	31
<i>Obr. 20. Schéma třídeskové vícenásobné formy [3]</i>	32
<i>Obr. 21. Schéma použití tunelového vtoku [14]</i>	32
<i>Obr. 22. Schéma tunelového banánového vtoku [3]</i>	33
<i>Obr. 23. Příkladý provedení vyhazovacích kolíků [17]</i>	35
<i>Obr. 24. Příkladý provedení temperace tvárníků [14]</i>	38
<i>Obr. 25. Model vstřikovaného výrobku</i>	42
<i>Obr. 26. Náhled digitálního katalogu HASCO-DAKO MODUL</i>	44
<i>Obr. 27. Pohled do dutin tvarových vložek vnitřního dílce spony</i>	45
<i>Obr. 28. Zaformování vnitřního dílce spony do tvarových vložek</i>	46
<i>Obr. 29. Pohled na tvarové části vnějšího dílce spony</i>	46
<i>Obr. 30. Zaformování vnějšího dílce spony do tvarových vložek a posuvného jádra</i>	47
<i>Obr. 31. Systém odformování vnějšího dílce spony (uzavřená forma)</i>	47
<i>Obr. 32. Systém odformování vnějšího dílce spony (otevřájící se forma)</i>	48

<i>Obr. 33. Pohled na výstřik (výrobky a zbytkový vtok)</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 34. Temperace pravé tvarové desky a tvárnic formy.....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 35. Temperace levé tvarové desky a tvárnků formy</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 36. Vyhazovací systém vstřikovací formy</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 37. Otevření vstřikovací formy</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 38. Vyhození výstřiku.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 39. Rozmístění válcových vyhazovačů u tvárnků vstřikovací formy.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 40. Středící a vodící prvky rámu formy</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 41. Středící kroužky vstřikovací formy</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 42. Transportní můstek formy</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 43. Vstřikovací stroj ALLROUNDER 630 S [20].....</i>	<i>56</i>


SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Základní rozměry a hmotnost vstříkovaného výrobku</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 2. Doporučené teplotní podmínky zpracování materiálu Ultramid BU50I</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 3. Základní technické parametry uzavírací jednotky typu 630 S</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 4. Základní technické parametry vstříkovací jednotky typu EUROMAP 800</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 5. Základní technické parametry vstříkovací formy</i>	<i>57</i>

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I	Materiálový list polymeru Ultramid BU50I
PŘÍLOHA P II	Technické data vstřikovacího stroje Arburg ALLROUNDER 630 S
PŘÍLOHA P III	Pohledy celé vstřikovací formy ve 3D
PŘÍLOHA P IV	Pohledy pravé pevné části vstřikovací formy ve 3D
PŘÍLOHA P V	Pohledy levé pohyblivé části vstřikovací formy ve 3D
PŘÍLOHA P VI	Renderované pohledy vyráběné galanterní spony ve 3D
PŘÍLOHA P VII	Výkresy příslušící ke vstřikovací formě <ul style="list-style-type: none">- Sestava s kusovníkem- Výkres s pohledy do dělicí roviny
PŘÍLOHA P VIII	Výkresy příslušící k vstřikovanému výrobku <ul style="list-style-type: none">- Výkres vnějšího dílce spony- Výkres vnitřního dílce spony- Sestava výrobku
PŘÍLOHA P IX	CD disk obsahující: <ul style="list-style-type: none">- Textovou část BP (doc/pdf)- Model vstřikovací formy a výrobku ve 3D s příslušnými výkresy

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST POLYMERU ULTRAMID BU50I [18]

Product Information	Ultramid® BU50I Polyamide 6	 BASF The Chemical Company
Feb 2014		

Product Description

Ultramid Ultratough Nylon BU50I is an unreinforced PA6, impact modified injection molding product that maintains its impact strength and ductility to -40 deg F (-40 deg C). The extreme low temperature tolerance of Ultratough Nylon BU50I makes it ideal for applications in which the weldline impact strength at low temperatures is critical.

Applications

Ultramid BU50I is generally recommended for automotive components, small engines, power tool parts and casings, cold weather and high impact supports gear, such as snowboards, ski components, helmets and hockey masks. For applications requiring painting please refer to the

PHYSICAL	ISO Test Method	Property Value	
Density, g/cm	1183	1.06	
Moisture, %	62		
(50% RH)		2.1	
(Saturation)		7.3	
MECHANICAL	ISO Test Method	Dry	Conditioned
Tensile Modulus, MPa	527		
23C		1,600	510
Tensile stress at yield, MPa	527		
23C		45	27
Tensile strain at yield, %	527		
23C		4	42
Nominal strain at break, %	527		
23C		40	>50
Flexural Strength, MPa	178		
23C		50	15
Flexural Modulus, MPa	178		
23C		1,550	460
IMPACT	ISO Test Method	Dry	Conditioned
Charpy Notched, kJ/m ²	179		
23C		95	-
Charpy Unnotched, kJ/m ²	179		
23C		N	-
THERMAL	ISO Test Method	Dry	Conditioned
Melting Point, C	3146	220	-
HDT A, C	75	50	-
UL RATINGS	UL Test Method	Property Value	
Flammability Rating, 1.5mm	UL94	HB	
Relative Temperature Index, 1.5mm	UL746B		
Mechanical w/o Impact, C		65	
Mechanical w/ Impact, C		65	
Electrical, C		65	

BASF Corporation
Engineering Plastics
1609 Biddle Avenue
Wyandotte, MI 48192

General Information: 800-BC-RESIN
Technical Assistance: 800-527-TECH (734-324-5150)
Web address: <http://www.plasticsportal.com/usa>

Processing Guidelines

Material Handling

Max. Water content: 0.15%

Product is supplied in sealed containers and drying prior to molding is not required. If drying becomes necessary, a dehumidifying or desiccant dryer operating at 80 degC (176 degF) is recommended. Drying time is dependent on moisture level, but 2-4 hours is generally sufficient. Further information concerning safe handling procedures can be obtained from the Material Safety Data Sheet. Alternatively, please contact your BASF representative.

Typical Profile

Melt Temperature 270-300 degC (518-572 degF)

Mold Temperature 60-85 degC (140-185 degF)

Injection and Packing Pressure 35-125 bar (500-1500 psi)

Mold Temperatures

A mold temperature of 60-85 degC (140-185 degF) is recommended, but temperatures of 10-85 degC (50-185 degF) can be used where applicable.

Pressures

Injection pressure controls the filling of the part and should be applied for 90% of ram travel. Packing pressure affects the final part and can be used effectively in controlling sink marks and shrinkage. It should be applied and maintained until the gate area is completely frozen off.

Fill Rate

Fast fill rates are recommended to ensure uniform melt delivery to the cavity and prevent premature freezing. Injection speeds of one inch of ram travel per second are typical.

Note

Although all statements and information in this publication are believed to be accurate and reliable, they are presented gratis and for guidance only, and risks and liability for results obtained by use of the products or application of the suggestions described are assumed by the user. NO WARRANTIES OF ANY KIND, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE MADE REGARDING PRODUCTS DESCRIBED OR DESIGNS, DATA OR INFORMATION SET FORTH. Statements or suggestions concerning possible use of the products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that toxicity data and safety measures are indicated or that other measures may not be required.

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÉ DATA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

ARBURG ALLROUNDER 630 S [21]

Technical data

| 630 S

Clamping unit		630 S	
Clamping force	max. kN	2500	
Closing force	max. kN	110	
Opening force / Opening stroke	max. kN / mm	725 / 600	
Mould installation height, fixed/variable	min. mm	550 / 300-700	
Platen distance, fixed/variable	max. mm	1150 / 1300	
Distance between tie bars (hor. x vert.)	mm	630 x 630	
Platen size (hor. x ver.)	mm	900 x 900	
Weight of movable mould half	max. kg	2500	
Ejector force / Ejector stroke	max. kN / mm	90 / 225	

Injection unit		800			1300			2100		
Screw diameter	mm	45	50	55	55	60	70	60	70	80
Effective screw length	L/D	22	20	18	22	20	17	23	20	17,5
Screw stroke	max. mm	200			235			280		
Calculated injection volume	max. cm ³	318	392	474	558	664	904	792	1078	1407
Shot weight	max. g PS	291	359	434	510	607	826	723	984	1286
Material throughput	max. kg/h PS	46	53	59	86	96	115	125	145	175
	max. kg/h PA 6.6	23	27	30	43	48	58	62	74	88
Injection pressure	max. bar	2470	2000	1650	2380	2000	1470	2500	2000	1530
Injection flow	1 pump max. cm ³ /s	242	300	364	238	284	388	---		
	2 pumps max. cm ³ /s	242	300	364	238	284	388	224	306	400
	Accumulator max. cm ³ /s	530	656	792	714	848	1156	1132	1540	2012
Circumferential screw speed	1 pump max. m/min	54	60	66	40	43	51	---		
	2 pumps max. m/min	54	60	66	40	43	51	43	51	58
	Accumulator max. m/min	35 ²⁾	39 ²⁾	43 ²⁾	19 ²⁾	21 ²⁾	25 ²⁾	21 ²⁾	25 ²⁾	28 ²⁾
Screw torque	max. Nm	880	880	880	1510	1640	1920	2140	2500	2550
Nozzle contact force / Nozzle retraction stroke	max. kN / mm	70 / 400			90 / 550			110 / 600		
Cylinder heating power / heating zones	max. kW	19,3 / 7			21,9 / 7			30,3 / 7		
Nozzle heating power	max. kW	0,6			1,0			1,1		
Material hopper capacity	l	---			---			---		
Net weight, machine	kg	12200			12500			13200		

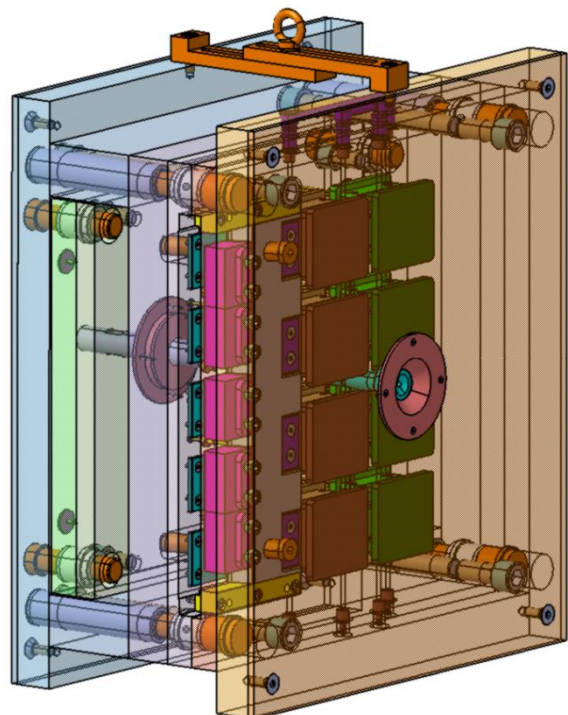
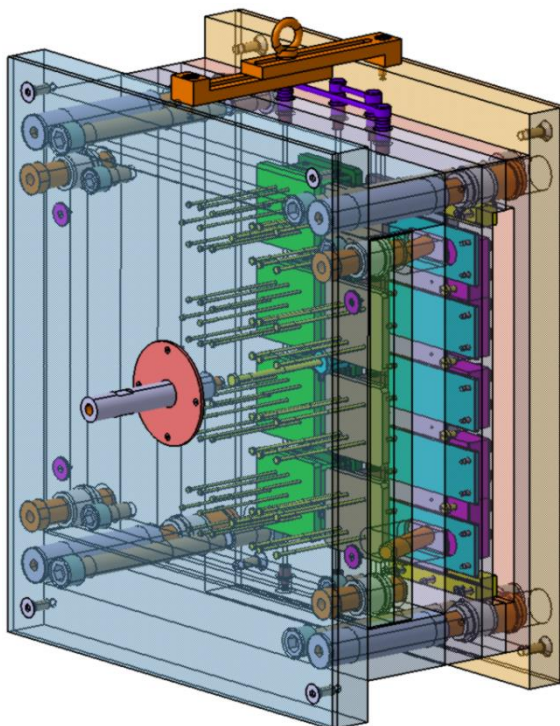
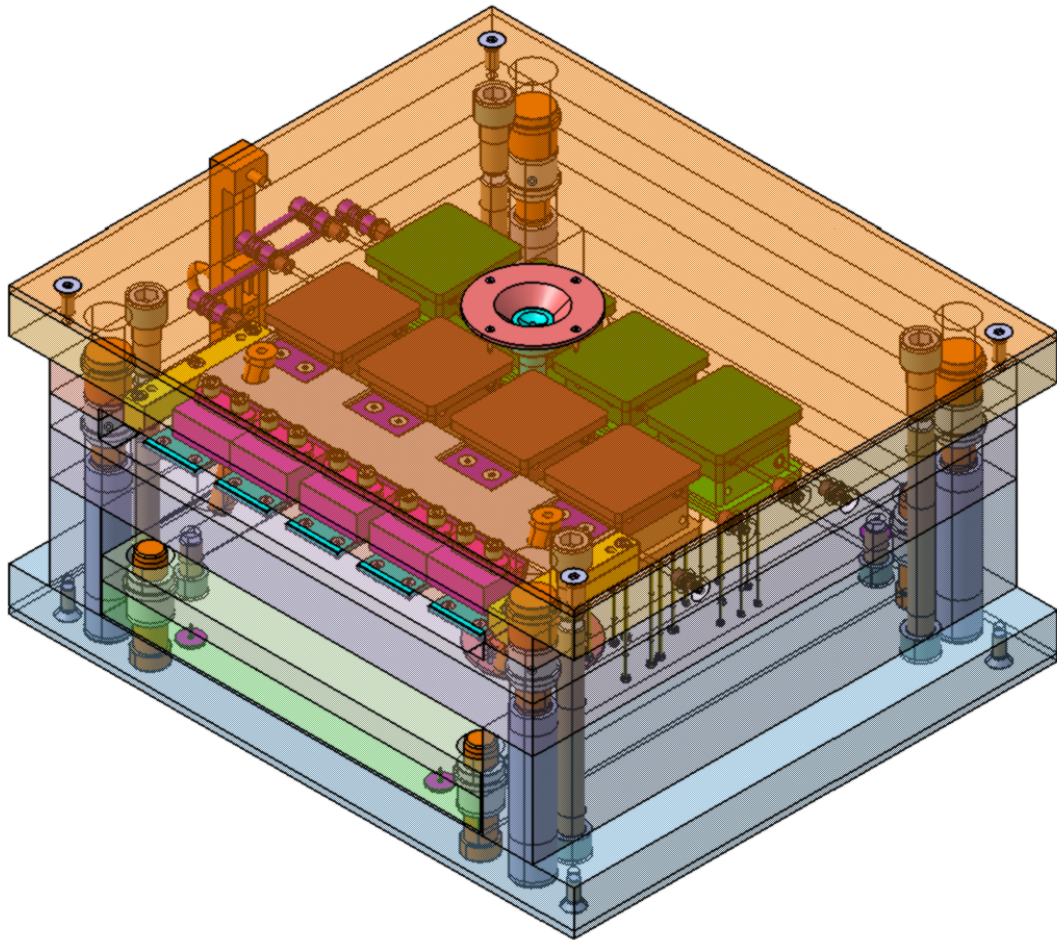
Drive ¹⁾		1 pump (servo)		2 pumps		Accumulator	
Dry cycle time - stroke (according to EUROMAP)	s-mm	3,8-441		2,3-441		1,7-441	
Noise emission according to DIN EN 201:1997	dB(A)	< 65		73 + 3		< 70	
Oil capacity	l	360 / 360 / ---		320 / 390 / 490		490 / 490 / 590	
Drive power of hydraulic pump	kW	45 / 45 / ---		45 / 45 / 55		30 / 37 / 45 ²⁾	
Total connected load	kW	68 / 71 / ---		68 / 71 / 89		53 / 63 / 70 ²⁾	
Electrical connection	motor A	125 / 125 / ---		100 / 100 / 125		80 / 100 / 125 ³⁾	
(pre-fused) heating A		50 / 50 / ---		35 / 35 / 50		35 / 35 / 50 ²⁾	
Cooling water connections	max. C°	30		30		30	
	min. Δ bar / NW	1,5 / 1"		1,5 / 1"		1,5 / 2"	

Machine types ³⁾	Drive
630 S 2500-800	1 pump 2 pumps Accumulator
630 S 2500-1300	1 pump 2 pumps Accumulator
630 S 2500-2100	--- 2 pumps Accumulator

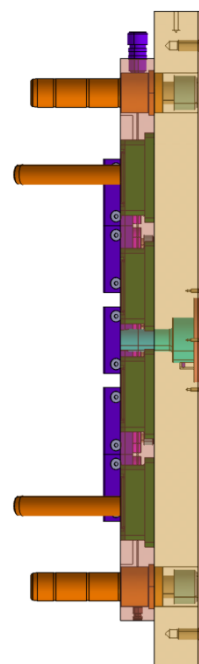
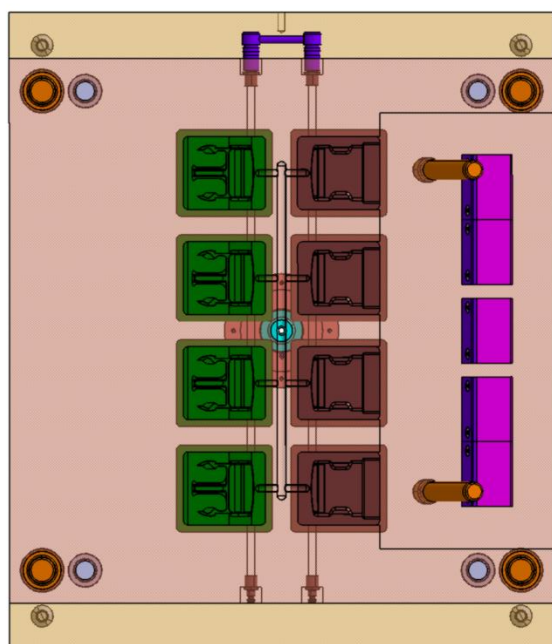
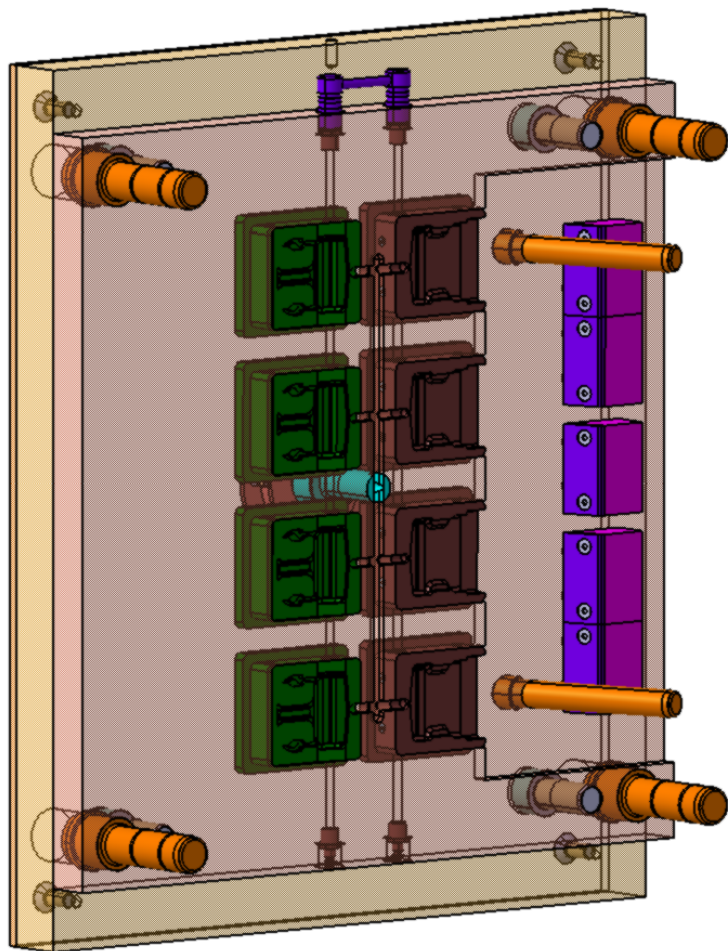
Upon request: further machine types and other mould installation heights, screws, drive powers etc.
All specifications relate to the basic machine equipment. Deviations are possible depending on options, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive. Values in brackets apply to alternative drive power.

- 1) Specifications relate to 400 V / 50 Hz for the various injection unit sizes.
- 2) Specifications depend on accumulator design. The drive power calculated in the offer is binding.
- 3) According to EUROMAP: 1st number: clamping force (kN); 2nd number: large injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)

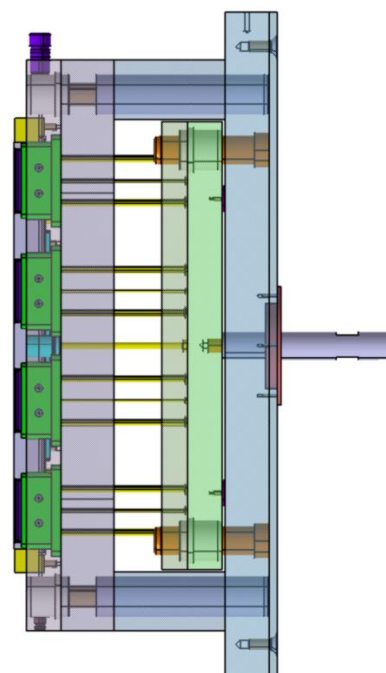
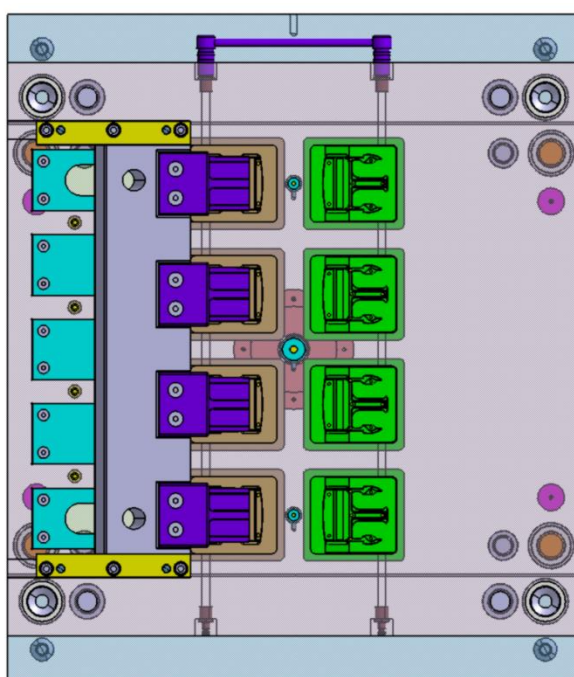
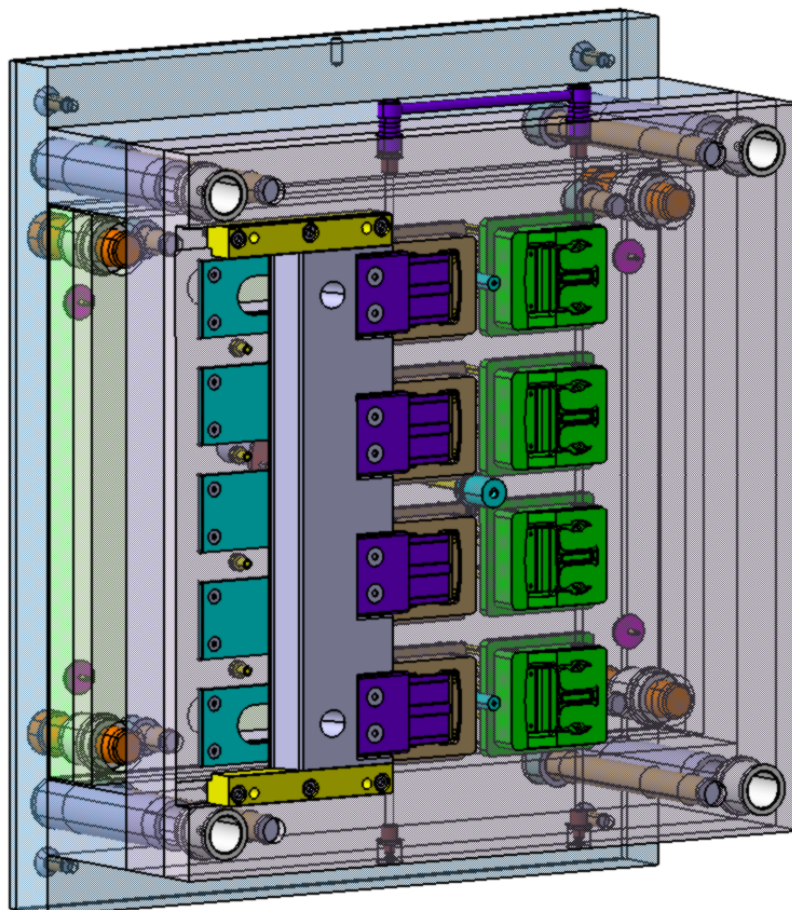
PŘÍLOHA P III: POHLEDY CELÉ VSTŘIKOVACÍ FORMY VE 3D



**PŘÍLOHA P IV: POHLEDY PRAVÉ PEVNÉ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ
FORMY VE 3D**



**PŘÍLOHA P V: POHLEDY LEVÉ POHYBLIVÉ ČÁSTI
VSTŘIKOVACÍ FORMY VE 3D**



**PŘÍLOHA P VI: RENDEROVANÉ POHLEDY VYRÁBĚNÉ
GALANTERNÍ SPONY VE 3D**

