

Bakalářská práce

Jan Suldovský

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: **Jan Suldovský**
Osobní číslo: **T11540**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu
3. Vytvořte konstrukční návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový díl
4. Nakreslete řez sestavy formy a příslušné pohledy včetně kusovníku.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



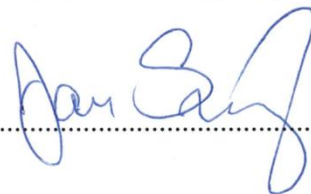

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

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 18.5.2014



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 nevdělečně 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 věnuje konstrukci formy. Teoretická část se zabývá vstřikováním dílců z plastu. Jsou zde popsány vstřikovací stroje a materiály vhodné pro vstřikování. Teoretická část také přibližuje problematiku konstrukce formy obecně, včetně jejích konstrukčních řešení pro různé aplikace. V praktické části je vytvořen v 3D-CAD vstřikovaný dílec dle zadání a návrh formy pro tento díl.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, 3D-CAD, Solidworks, Meusburger

ABSTRACT

This thesis is devoted to the design of injection mold. The theoretical part of this work deals with the injection molding of plastic parts. There are described injection molding machines and materials suitable for injection molding. This part also includes mold design in general, including its design solutions for various applications. In the practical part, molded component was created according to instructions in 3D-CAD and design of injection mold for this part.

Keywords: injection, injectioning mold, 3D-CAD, Solidworks, Meusburger

Touto cestou bych chtěl poděkovat panu Ing. M. Staňkovi Ph.D., za vedení této práce, za jeho rady a především trpělivost. Chtěl bych také poděkovat panu Ing. D. Sumkovi z firmy Synventive za poskytnutí 3D modelu horké trysky pro konkrétní aplikaci v praktické části.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY	12
1.1 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ.....	12
1.2 VYUŽITELNOST POLYMERŮ – VLIV PŘÍŠAD.....	12
2 VSTŘIKOVACÍ STROJE	16
2.1 VSTŘIKOVACÍ STROJE – POHONY – MOŽNOSTI (5).....	16
2.1.1 Hydraulický pohon.....	16
2.1.2 Elektrický pohon.....	16
2.1.3 Hybridní pohon.....	17
2.2 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	17
2.3 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	17
3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	19
4 VADY VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ	20
5 VSTŘIKOVACÍ FORMY	21
5.1 RÁM FORMY.....	21
5.1.1 Upínání formy na stroj.....	22
5.1.2 Vodící prvky rámu.....	24
5.2 VTOKOVÁ SOUSTAVA.....	26
5.2.1 Studená vtoková soustava.....	26
Vtokový kanál, rozvodný kanál.....	27
Vtokové ústí.....	30
Jímka studeného čela taveniny.....	33
Přidržovač.....	34
5.2.2 Vyhřívaná vtoková soustava.....	34
5.3 TEMPEROVÁNÍ FOREM.....	37
5.3.1 Tvary a umístění chladicích kanálů.....	37
5.3.2 Temperační prostředky.....	39
5.3.3 Příklady chlazení.....	39
5.4 ODFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	40
5.4.1 Vyhazování výrobku.....	40
Pomocné vzduchové vyhazování.....	42
5.4.2 Boční jádra.....	43
5.4.3 Vnitřní závity.....	44
5.4.4 Dvoustupňové vyhazování.....	45
5.5 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	46
5.6 OSTATNÍ PRVKY VE FORMÁCH.....	47
5.7 ZNAČENÍ NA VÝROBCÍCH.....	49
II PRAKTICKÁ ČÁST	51
6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	52
7 POPIS VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE	53
8 KONSTRUKCE FORMY	54

8.1	DĚLÍCÍ ROVINA	54
8.2	VYHAZOVÁNÍ DÍLCE Z FORMY	55
8.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	56
8.4	VTKOVÁ SOUSTAVA	58
8.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM FORMY	59
8.6	BOČNÍ JÁDRO A JEHO FUNKCE	62
8.6.1	Vodící prvky bočního jádra.....	62
8.6.2	Ovládání bočního jádra	63
8.6.3	Koncová poloha bočního jádra.....	63
8.7	VYHAZOVÁNÍ VÝSTRÍKU	65
8.8	ODVZDUŠNĚNÍ.....	66
8.9	RÁM FORMY	66
9	VSTŘIKOVACÍ STROJ	69
10	DISKUZE VÝSLEDKŮ	70
	ZÁVĚR	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	72
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	73
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM TABULEK.....	77
	SEZNAM PŘÍLOH.....	78

ÚVOD

Výrobky z plastu používáme při každodenních činnostech, bez nich bychom si nemohli život představit! Dnes se mnoho kovových nebo keramických součástí nahrazuje výrobkem plastovým. Uvažme, kolik plastových komponent se nachází v automobilu, v elektrotechnice nebo dokonce v medicíně. Výroba plastů je jednoduchá, rychlá a levná. Některé druhy plastů jsou recyklovatelné, tedy šetří životní prostředí.

Vstřikování plastů je jedna z metod výroby plastových výrobků, těmi dalšími jsou například vytlačování, vyfukování nebo lisování. Většina konstrukčně složitých výrobků se vyrábí právě technologií vstřikování. Pro každý konkurenčně schopný výrobek musí být nejdříve vyrobena forma – nástroj. Je maximální snahou formy konstruovat tak, aby byly zohledněny všechny požadavky na výrobek při co nejkratším možném výrobním cyklu formy.

Ještě před 25-ti lety se návrhy forem vytvářely na rýsovacích prknech při značně dlouhé době návrhu. Dnes konstruktéři používají nejmodernější softwarové podpory, 3D-CAD s tvorbou výkresové dokumentace, software pro analýzu vstřikování, nebo dokonce i prostředky pro cenové kalkulace forem vycházející z 3D modelu výrobku. Nejenže pokročily prostředky pro konstruování, ale i samotné technologie pro výrobu formy – generování 3D modelů elektrod pro elektroerozivní obrábění, CNC programování tvarových dutin apod. Těmto vzrůstajícím technologickým trendům se úměrně zvyšuje tvarová náročnost výrobku, formy jsou o to více konstrukčně složitější.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Plasty jsou makromolekulární látky. Jsou rozděleny na dva základní materiály

- Termoplasty mají lineární řetězce nebo řetězce s bočními větvemi, označovány jako rozvětvené řetězce. Při ohřevu se přeruší soudružnost řetězců, tavenina se pak stává viskózní (tvárnou). Po ochlazení se řetězce opět přiblíží k sobě, propletou se navzájem, a výrobek po ochlazení získává tuhost. Termoplasty lze opakovaně zpracovávat.
- Reaktoplasty mají řetězce přímé, vytvořené chemickými vazbami. Při tváření, působením tlaku a teploty, dochází k zesíťování – vytvrzení plastu. Reaktoplasty nelze znovu po zesíťování zpracovávat.

U obou skupin je třeba dodržovat základní technologické podmínky, např. při nadlimitních teplotách dochází k degradaci materiálu, kde tento proces je již nevratný. Tento materiál ztrácí svou předepsanou jakost – pevnost i vzhled. (1)

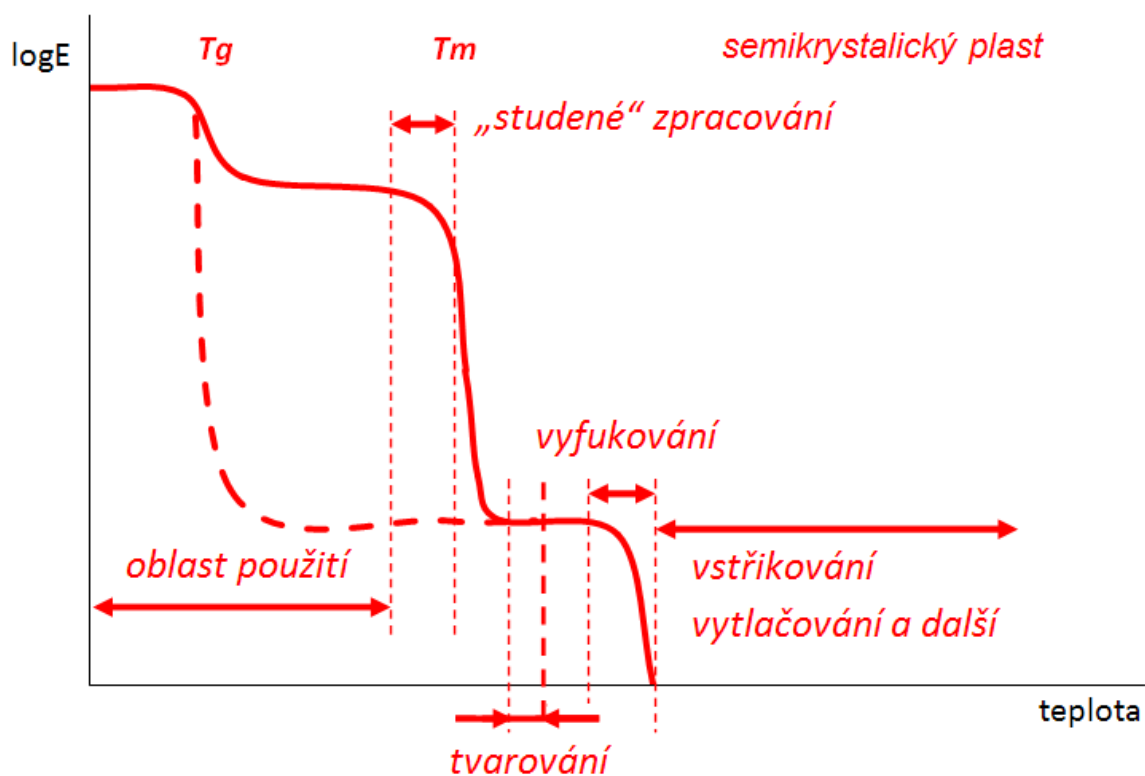
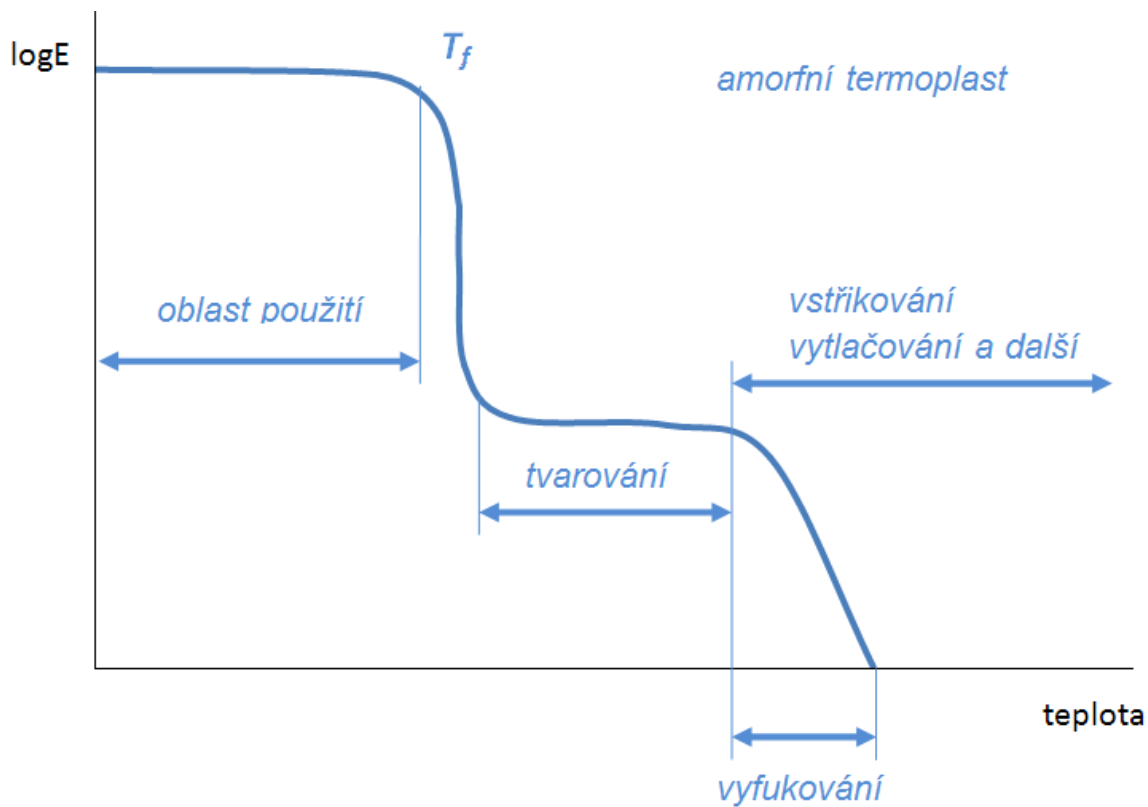
1.1 Rozdělení termoplastů

Obecně mohou být termoplasty rozděleny na lineární nebo rozvětvené polymery – jejich řetězce tvoří jeden druh základní chemické skupiny, které se nazývají homopolymery. Kopolymery jsou složeny z jednoho a více chemických skupin. V plastikářské praxi se tyto polymerní materiály dále dělí na:(1)

- amorfní – řetězce polymerů jsou nepravidelně prostorově spořádány,
- semikrystalické – většina polymerních řetězců je uspořádána pravidelně a velmi blízko sebe, tím tvoří krystalické útvary. Zbytek řetězců má amorfní uspořádání.

1.2 Využitelnost polymerů – vliv přísad

Amorfní nebo semikrystalické polymery mají svou oblast teplot použití. Tyto oblasti lépe popisuje obrázek č. 1 – Oblasti použití polymerních materiálů. (2)



Obr. 1 Oblasti použití polymerních materiálů(2)

Základní vlastnosti polymerů (např. pevnost, teplotní odolnost) se mohou měnit i vlivem nejrůznějších přísad, na základě nich se potom pro výstřiky volí vhodný materiál. Typy přísad:(3)

- stabilizátory – termooxidační – zvyšují odolnost vstřikovaného materiálu k termooxidačnímu stárnutí, tj. zvyšují hranici teploty a doby použití výstřiku na teplotě; UV – stabilizátory – zvyšují odolnost k atmosférickému stárnutí a tím prodloužení životnosti výrobků,
- plastifikátory – snižují tuhost a křehkost, zvyšují ohebnost, tažnost a houževnatost polymeru (používají se u PVC),
- polymerní modifikátory – jsou to polymerní sloučeniny, které vytvářejí se základním polymerem směsi (slitiny – blendy). Mají výrazně modifikovat vlastnosti základního polymeru,
- koncentráty lubrikantů, nukleacích činidel a antistatik
 - lubrikanty (maziva) – snižují viskozitu taveniny, zlepšují odformování, zvyšují lesk,
 - nukleační činidla – ovlivňují rychlost krystalizace, tím mohou pomoci zkrátit výrobní cyklus, ovlivňují transparentnost (např. u PP a jeho kopolymery),
 - antistatika – důležité například při pokovení dílců naprašováním, snižují vznik nežádoucího elektrostatického náboje,
- retardéry hoření – snižují hořlavost termoplastů, mají vliv i na zpracovatelské vlastnosti,
- barviva, pigmenty, barevné koncentráty, optická zjasňovadla
 - pigmenty a barviva dodávají materiálu barevný odstín, mohou působit jako nukleační činidla,
 - barevné koncentráty - dávkuje se přímo na stroji k neobarvenému materiálu,
 - optická zjasňovadla mají za úkol odstranit žlutost, výrobek je pak bělejší,
- plniva – polymerní materiály s plnivy se nazývají kompozitní. Základním uspořádáním kompozitního materiálu podle uvedené definice je matrice – pojivo, tj. polymer s aditivou, a plnivo – výztuž. Plniva patří k nejvíce používaným přísadám u výstřiků, které jsou mechanicky namáhány,
 - částicová plniva – minerální plniva, různé velikosti a tvaru. Zvyšují viskozitu taveniny (zhoršují procesní podmínky), zvyšují však tvrdost, tuhost a tepelnou odolnost,

- vyztužující plniva – zvyšují pevnost, tuhost, tvarovou stálost a odolnost toku za studena, snižují ohebnost, tažnost. Zvyšuje anizotropii smrštění, větší rozdíl mezi podélným a příčným smrštěním. Obvyklý obsah může být od 5-60% hm,
- nanoplňniva – velikost částic je 1nm (vyztužující nebo částicová plniva mají velikost plniv řádově v 0,1 mm). Nanoplňniva se řádově blíží velikosti termoplastické matrice. To umožňuje jejich vzájemné blízké spojení. Neovlivňují zpracovatelské podmínky jako částicová nebo vyztužující plniva,
- kompozitní slitiny, směsi, blendy – kombinací dvou materiálů vznikne nová složka, u níž se předpokládá že požadované „dobré“ vlastnosti z každé přísady bude obsažena ve vzniklé látce. Typickým příkladem je kombinace PC/ABS.

Tab. 1 Vliv plniv na vlastnosti polymeru (3)

	Sklené vlákno	Azbest	Uhlíkové vlákno	Whiskry	Syntetická vlákna	Celulóza	Slída	Talek	Uhlík	Křemenný písek	Kaolin	Sklené kuličky	Kalciumkarbonát	Oxidy kovů	Saze
Pevnost v tahu	++	+	+	+ -			+	0				+			
Pevnost v tlaku	+							+		+		+	+		
E-modul	++	++	++	+			++	+		+		+	+	+	+
Rázová houževnatost	- +	-	-	-	++	+	- +	-		-	-	-	- +	-	+
Snížení teplotní roztažnosti	+	+		+			+	+		+	+			+	
Snížení smrštění	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+
Zlepšení vedení tepla		+	+					+	+	+			+		+
Pevnost za tepla	- +	+	- +				+	+			+		+	+	
Elektrická vodivost				+					+						+
Elektrický odpor							++	+			++			+	
Teplotní odolnost							+	+		+	+			+	+
Chemická odolnost		+					+	0	+		+	+			
Zlepšení otěru			+			+	+	+			+				
Erozní rychlost	- +	+					+						-		
Abraze forem a strojů	-	0		0	0	0		0	0	-		0	0		0
Snížení ceny	+	+				+	+	+	+	++	+	+	++		
	Vláknitá plniva					Destičková plniva			Plniva tvaru koule						
	Vyztužující plniva					Nevyztužující plniva									

++ silný vliv

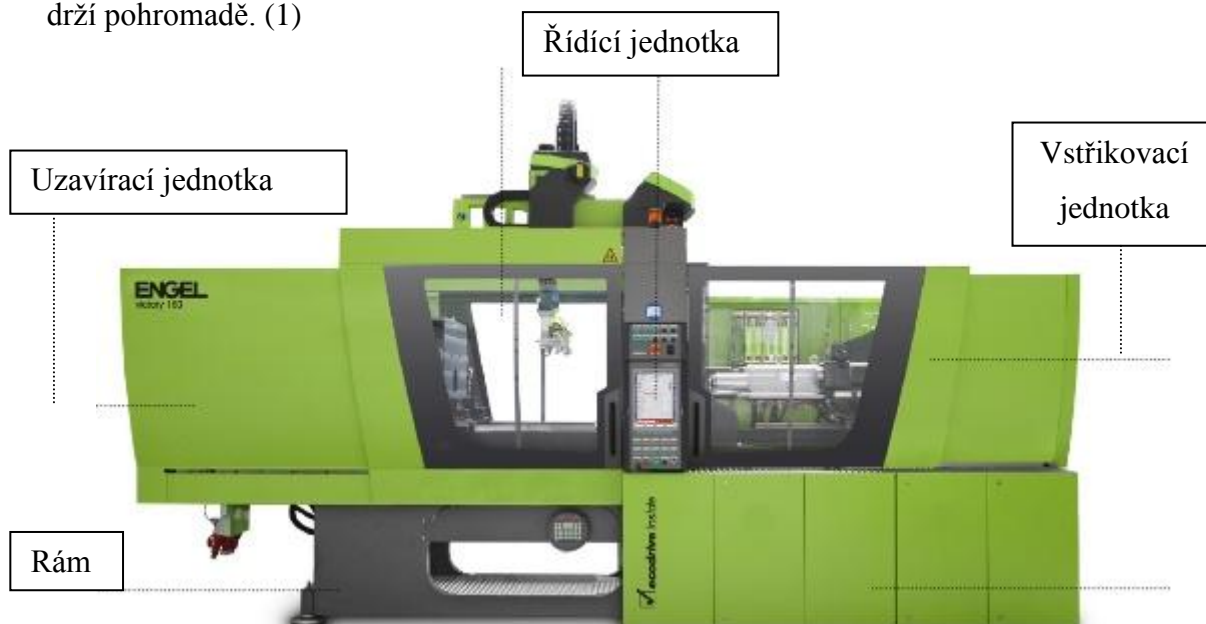
+ slabý vliv

0 bez vlivu

- negativní vliv

2 VSTŘIKOVACÍ STROJE

K dosažení požadované kvality musí být zvolen vhodný vstřikovací stroj. Obecně má stroj 4 součásti – uzavírací jednotku, vstřikovací jednotku, řídicí jednotku a rám, který to vše drží pohromadě. (1)



Obr. 2 Vstřikovací stroj firmy Engel (4)

2.1 Vstřikovací stroje – pohony – možnosti (5)

2.1.1 Hydraulický pohon

Vstřikovací stroje s hydraulickým pohonem, jsou nejvíce rozšířené. Tyto stroje mají menší pořizovací náklady a větší výkon než pohony popsané níže. Výhodou je, že stroj disponuje zpravidla ještě jedním volným hydraulickým okruhem pro vstřikovací formu (jsou-li např. užity ve formě pro pomocné vyformování hydraulické válce). Tyto stroje jsou však větší, energeticky náročnější a hlučnější.

2.1.2 Elektrický pohon

Elektrický pohon (pohon servomotory) u vstřikovacích strojů se stále více objevuje na trhu. Tyto stroje mají větší pořizovací náklady, ale méně tyto stroje vyžadují údržbu. Nevykazují takovou hlučnost jako stroje s hydraulickým pohonem, nejsou tolik energeticky náročné. Mají velké zastoupení při výrobě přesných dílců. Posuvy uzavíracích jednotek se dají řídit v rádech 0,01mm.

2.1.3 Hybridní pohon

Jak z názvu plyne, jedná se o stroje s kombinací výše zmiňovaných pohonů. Vstřikovací jednotka je řízena hydraulicky, a uzavírací jednotka stroje je řízena elektromechanicky.

2.2 Vstřikovací jednotka

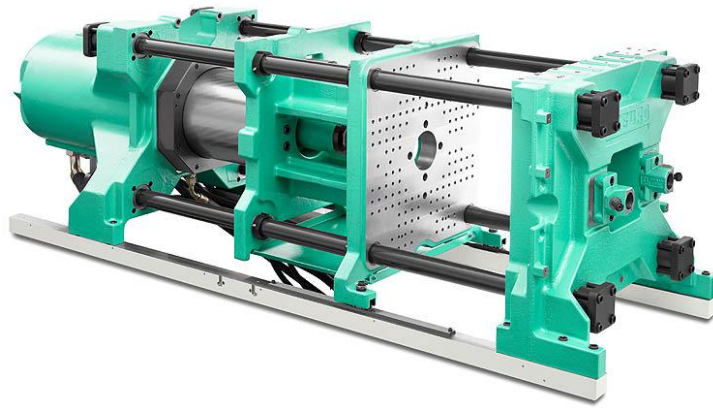
Plní dvě základní funkce – mění granulát na taveninu, kterou pak dopravuje do formy za vysokého tlaku a rychlosti. Vstřikovací jednotka se obecně skládá z válce, šneku, násypky a vtokové trysky.



Obr. 3 Řez vstřikovací jednotkou(2)

2.3 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka má za úkol zavírat nebo otevírat formu v dělicí rovině. Při vstřikování zajišťuje stalým tlakem uzavřenou formu tak, aby tlak taveniny v dutině formu neotevřel. Při poddimenzované uzavírací síle (špatně zvolený stroj pro určitou aplikaci) dochází k vadám výstřiku.



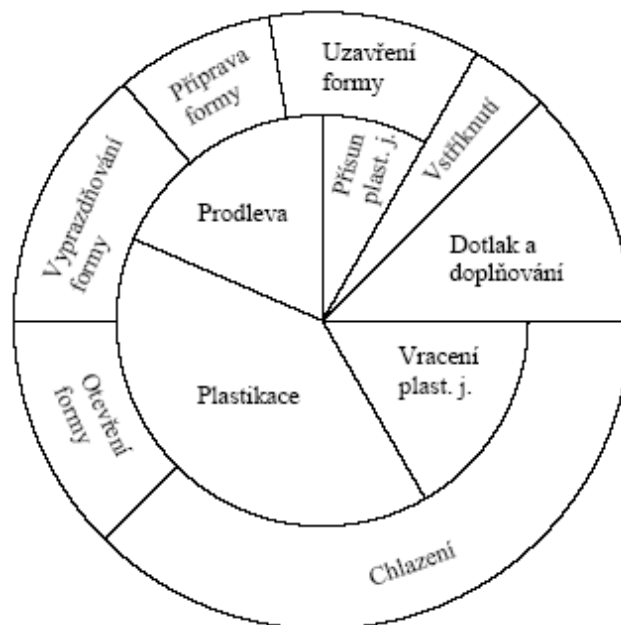
Obr. 4 Uzavírací jednotka stroje (5)

3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS

Vstřikování je výrobní operace, která neprobíhá kontinuálně, ale cyklicky. Vstřikovací cyklus je rozdělen na tyto fáze: (6)

- uzavírání formy, iniciace uzavírací síly
- příjezd vstřikovací jednotky k formě
- vstřikovací fáze
- dotlaková fáze
- chlazení
- odjezd vstřikovací jednotky - plastikace
- fáze chlazení výstřiku ve formě
- otevření formy - vyprazdňování
- příprava formy

Následuje pak opakování celého cyklu, s požadavkem na co největší reprodukovatelnost. Při náročnějších aplikacích do cyklu mohou vstoupit další operace, například při dvoukomponentním vstřikování.



Obr. 5 Vstřikovací cyklus (6)

4 VADY VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Vady, které vznikají při vstřikování, lze rozdělit do dvou skupin - vady viditelné a vady skryté.

- zjevné vady:
 - tvarové vady – nedoplněné díly, propadliny, vrásnění, deformace, přetoky...
 - povrchové vady – nedostatečný lesk, zakalení, stříbření, neotisknutý dezén, tokové čáry, žloutnutí, hnědnutí, spálená místa apod.
- skryté vady – vnitřní pnutí, studené spoje, vakuové bubliny a lunkry v průřezu výstřiku, uzavřený vzduch

Mnohdy jsou vady spjaty se špatně nastavenou technologií, špatně vyrobenou formou a některé vady může způsobit opotřebení vstřikovacího stroje. (3)

5 VSTŘIKOVACÍ FORMY

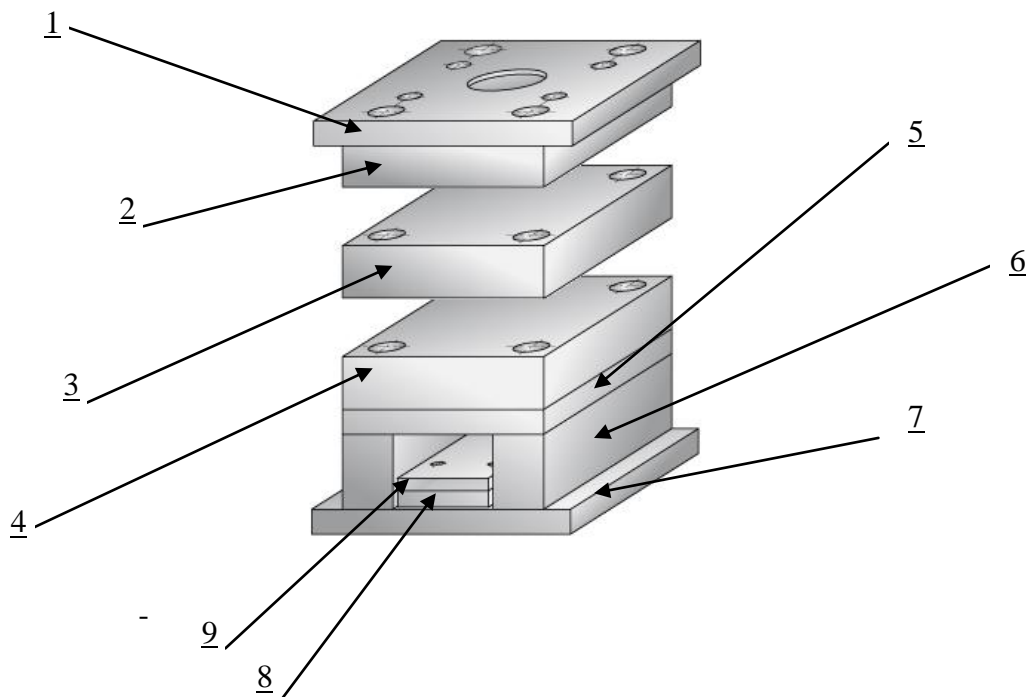
Forma – nástroj určuje tvar výrobku, jeho kvalitu a množství, které je vyrobeno za jeden výrobní cyklus. Formy musí splňovat nejen požadavky na tvar výrobku, ale i bezpečnost při její produkci, splňovat normy vzhledem k životnímu prostředí apod. Z nástrojařského hlediska se přesnost výroby formy pohybuje v rozmezí IT5 až IT7, vstříkovaný výrobek se pak pohybuje v rozmezí IT9 až IT11. Při návrhu forem je třeba dbát na správné použití ocelí a jejich tepelné zpracování, případně kombinace chemického a tepelného zpracování. Po odzkoušení, zkorigování rozměrů a vzhledu výstřiku, se někdy na tvarové dutiny formy aplikuje povlakování metodami PVD, CVD nebo PACVD.(1)

5.1 Rám formy

Rám formy musí především zajistit:(1)

- tuhost formy – zamezit průhybu desek při vstřikování (tlak v dutině formy),
- bezpečné upnutí formy na vstříkovací stroj – upínací plochy rámu ke stroji musí být dostatečně tuhé, ale zároveň forma se musí vejít na stroj (při nasazování mohou vadit vodící sloupky stroje),
- bezpečné pohyby všech vodících částí formy – otevření formy v dělicích rovinách, bezpečné odjetí bočních jader, pohyby vyhazovacích desek,
- k rámu formy patří izolační desky, které eliminují prostup tepla mezi formou a vstříkovacím strojem,
- výška formy musí zohlednit otevření vstříkovacího stroje tak, aby vstříkovaný výrobek mohl být bezpečně vyformován, případně vyjmut manipulátorem

Složení desek v rámu může být různé, závisí to celkově na složitosti formy, zejména jeho konceptu vtokové soustavy (zabudování vyhřívaného vtokového systému nebo koncept třídeskové formy) a zabudování tvárnice a tvárníku ve formě. Čím více desek ve formě, tím roste její cena.



Obr. 6 Náhled desek v katalogu firmy Meusburger(7)

1- upínací deska pravá, 2- opěrná deska pravá, 3- formovací deska pravá, 4- formovací deska levá, 5- opěrná deska levá, 6- rozpěrka, 7- upínací deska levá, 8- opěrná deska vyhazovací, 9- kotevní deska vyhazovací

5.1.1 Upínání formy na stroj

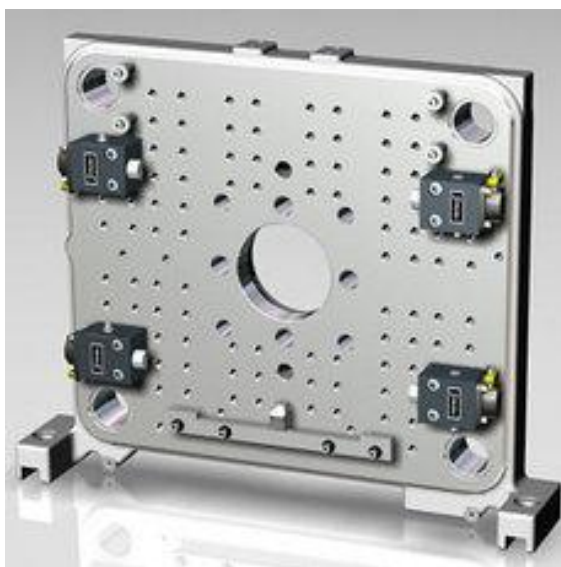
Při konstrukci formy je nutné znát systémy upnutí formy na strojích. Rozhodnutí konstruktéra mnohdy usnadňují firemní konstrukční standardy. Nejvíce používanými prvky pro upnutí formy na stroji je za pomoci stavitelných upínek nebo šroubů, zašroubovaných přes upínací desku přímo do upínací desky stroje.



Obr. 7 Upnutí formy na stroji za pomoci stavitelné upínky(8)

Tyto systémy upínání jsou levné, osvědčené a běžné spíše ve velkosériové výrobě, kde se nepředpokládá častá výměna vstřikovacích forem. Dalšími metodami upínání forem může být elektromagnetické nebo hydraulické. Jejich nespornou výhodou je rychlost upnutí formy. Nevýhodou jsou vyšší náklady při pořizování stroje.

Nevýhodou magnetického upínání je absence izolačních desek na formě. Tato aplikace je spíše vhodná pro pracovní teploty formy do 100°C. (9)

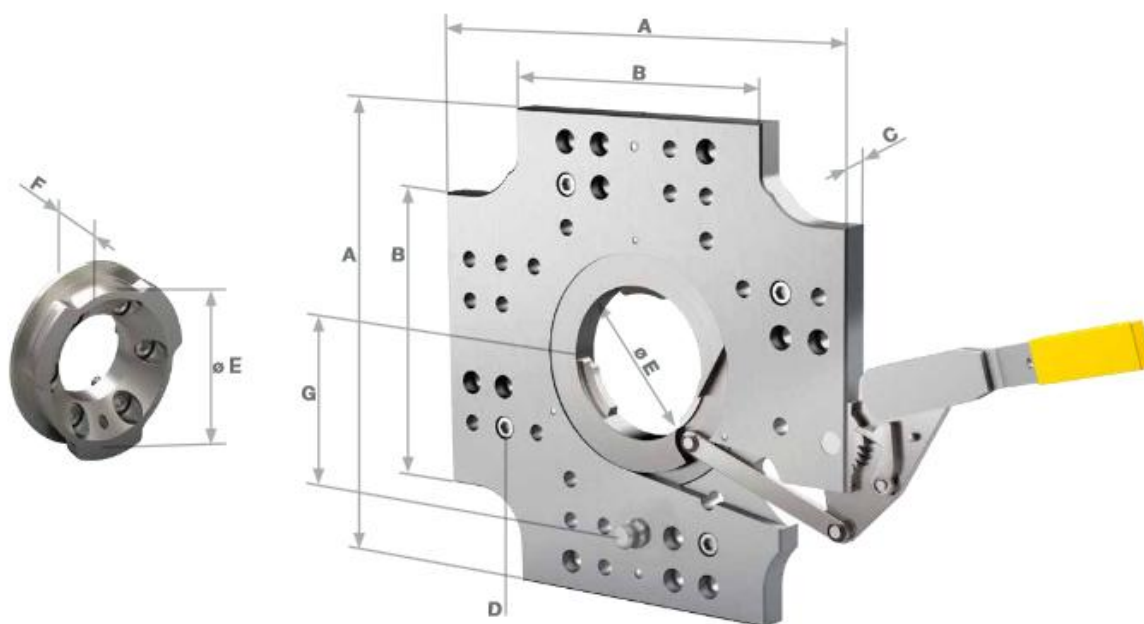


Obr. 8 Hydraulické upínání firmy STÄUBLI(9)

Na obr. č. 8 jsou znázorněny 4 hydraulické válce opatřené upínacími segmenty. Upínací prvky jsou ukotveny na obou upínacích deskách vstřikovacího stroje. Tato aplikace nevyžaduje konkrétní teploty formy.(9)

Dalším systémem může být bajonetové upínání formy. Místo středícího kruhu, který zabezpečuje správné umístění formy vzhledem k ose vstřikovacího stroje, je forma opatřena

bajonetem. Tím se upíná forma pomocí speciálního přípravku, který se přišroubuje k desce vstřikovacího stroje.(9)

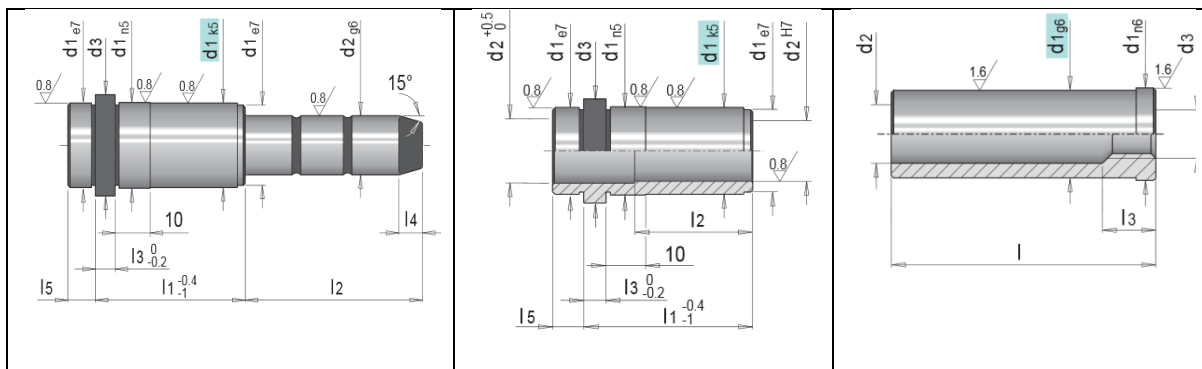


Obr. 9 Bajonetové upínání firmy STÄUBLI(9)

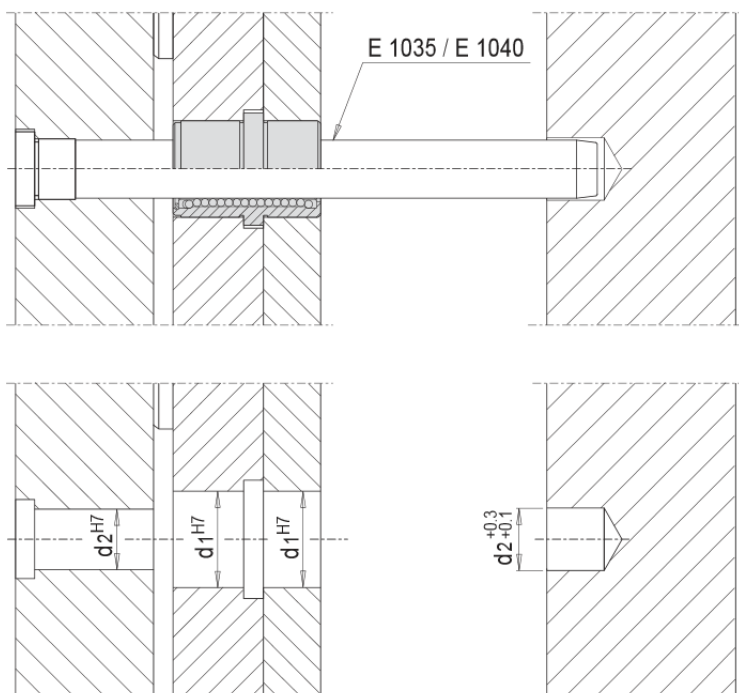
Je nutné zdůraznit, že existuje ještě mnoho dalších upínacích prvků, které však nejsou základní výbavou vstřikovacích strojů. Tyto aplikace jsou zpravidla „šité“ na konkrétní požadavky vstřikoven dílců.

5.1.2 Vodící prvky rámu

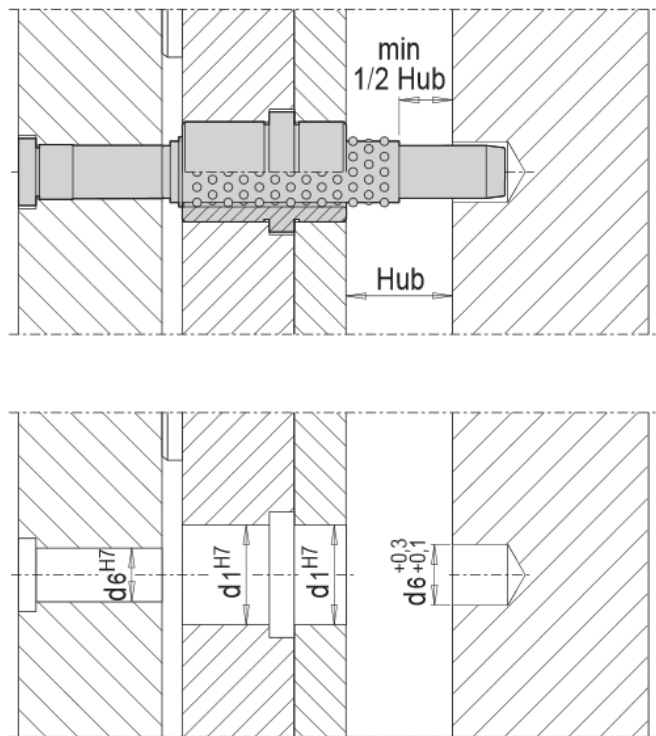
Vodící prvky rámu musí zajistit bezproblémové otevírání formy v dělicí rovině a pohyb vyhazovacích desek. Také zajišťují správné složení desek vůči sobě. K těmto prvkům patří vodící sloupky, vodící pouzdra, středící trubky a jiné další středící elementy, zpravidla umístěné v dělicí rovině, pro eliminaci bočních posuvů při vstřiku. Některá vodící pouzdra jsou opatřena mazacími drážkami nebo grafitovými výstelkami. Vodící prvky určené k pohybu vyhazovacích desek bývají velmi často opatřeny kolíky a kuličkovými pouzdry, určené pro lineární vedení – tyto prvky umožňují snadnější pohyb odformování výstřiku z tvárničky. (7)



Obr. 10 Vodící prvky rámu (7)



Obr. 11 Využití lineárního kuličkového vedení ve vyhazovacím paketu (7)



Obr. 12 Jiný typ kuličkového vedení v kombinaci pouzdra a klece s kuličkami (7)

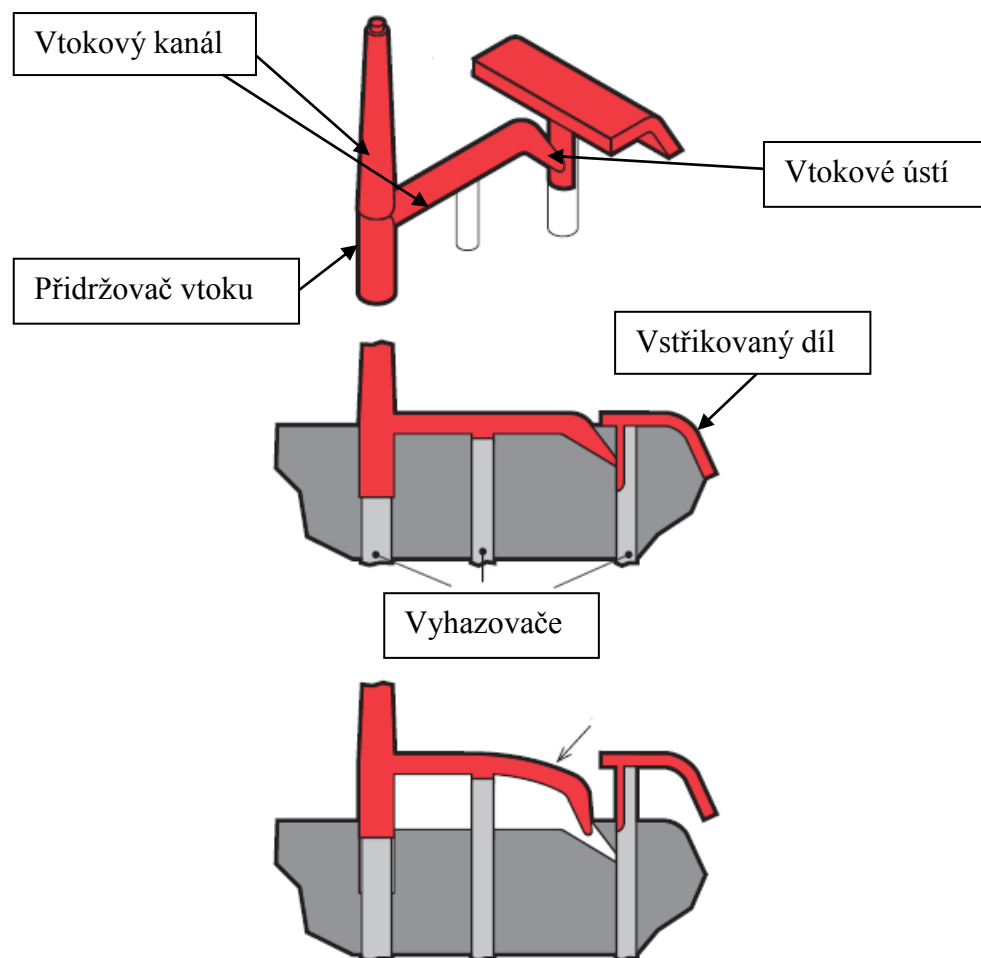
5.2 Vtoková soustava

Vtoková soustava zajišťuje dopravu taveniny do dutiny formy. Při nesprávně navržené konstrukci vtokové soustavy může docházet během vstřikování k mnoha vadám: například propadliny, nedostříknuté dílce nebo ovlivnit i rozměry výrobku. (1)

5.2.1 Studená vtoková soustava

Studená vtoková soustava je nejvíce rozšířená. Její výroba ve formě je jednoduchá a levná. Tato soustava je rozdělena na části: (1)

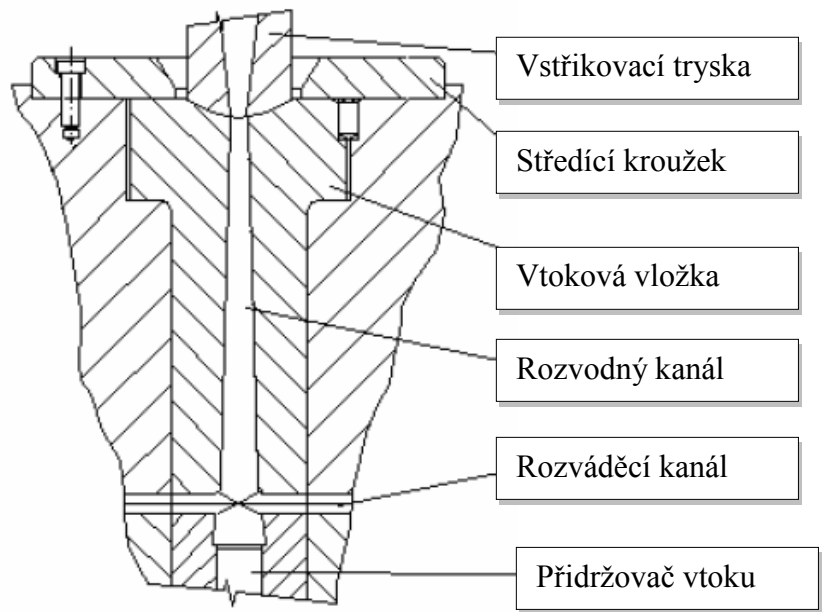
- vtokový kanál,
- vtokové ústí,
- zachytávač studeného čela taveniny + jímka studeného čela taveniny.



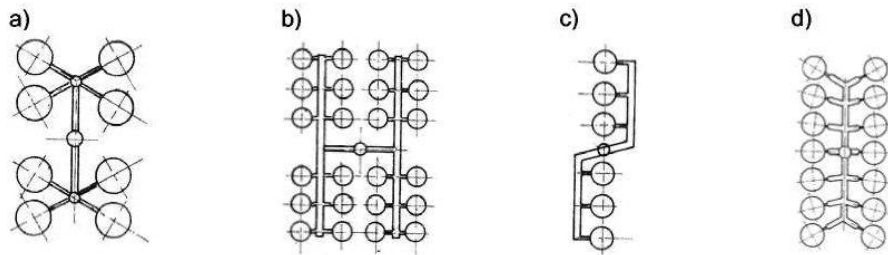
Obr. 13 Schéma studené vtokové soustavy – 3D pohled, pohled při vstříku, pohled při vyformování (10)

Vtokový kanál, rozvodný kanál

Velikost vtokového (rozvodného kanálku) je třeba volit vzhledem k tloušťce stěny vstříkovaného dílce, vzhledem k jeho hmotnosti a násobnosti formy. Vtokový kanál začíná na začátku vtokové vložky, pak tavenina směřuje do hlavního vtokového kanálu, který se může dle násobnosti větvit. Při konstrukci je třeba dbát na správné vyvážení vtokového kanálu, tj. doplnění všech dutin ve formě ve stejný čas, při výrobě vtokových kanálků ve formě je třeba se vyvarovat všech ostrých přechodových hran. Pokud je to možné kanálky by se měly leštit. Leštěné plochy snižují tření taveniny při vstupu do dutiny a po vychladnutí pomáhají ke snadnějšímu vyformování vtokového zbytku. (10)



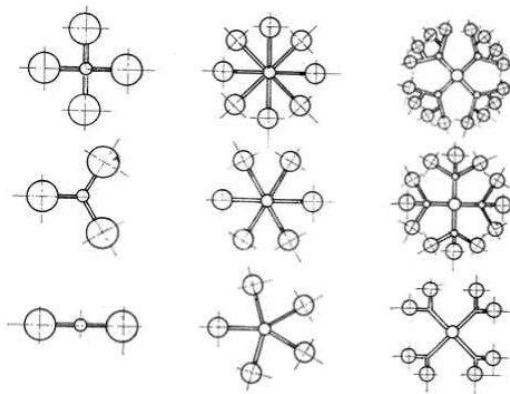
Obr. 14 Vtoková vložka (2)



ŘADOVÉ USPOŘÁDÁNÍ VTKOVÉ SOUSTAVY VÍCENÁSOBNÝCH FOREM

a) se stejnou délkou toku taveniny

b), c), d) s nesterjnou délkou toku taveniny (nevhodné bez korekce ústí vtoku)



SYMETRICKÉ USPOŘÁDÁNÍ VTKOVÉ SOUSTAVY VÍCENÁSOBNÝCH FOREM

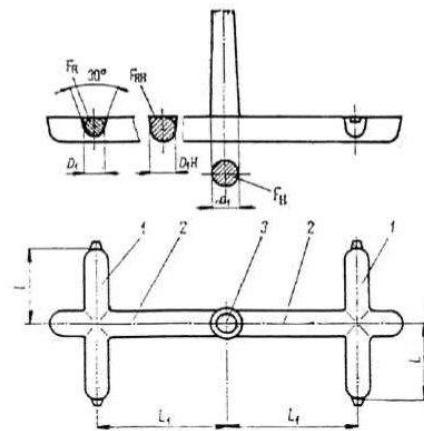
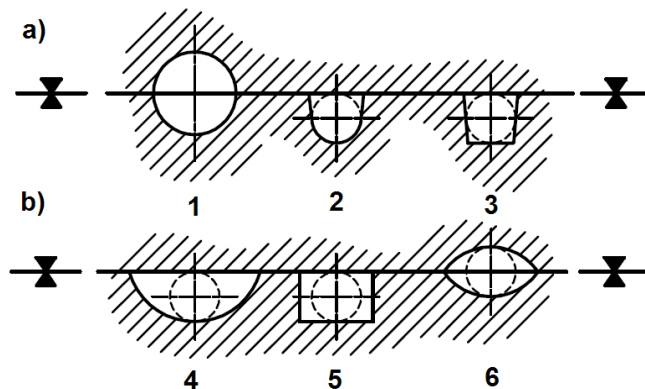


SCHÉMA SOUSTAVY ROZVÁDĚCÍCH KANÁLŮ
1- vedlejší, 2- hlavní, 3- vtokový kužel

Obr. 15 Odstupňování vtokového kanálu (11)

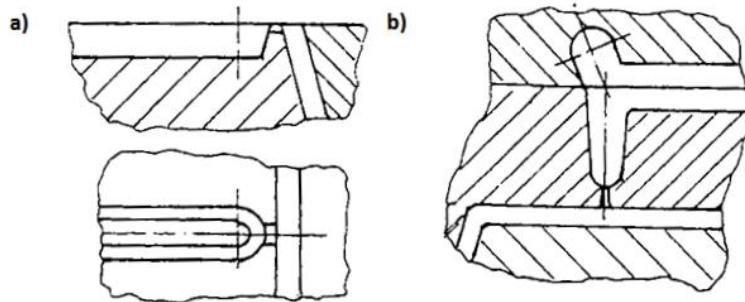


Obr. 16 Geometrie průřezů rozvodného kanálku (11)

a) vhodné průřezy b) nevhodné průřezy; varianta 1 a 6 jsou výrobně nákladnější než varianty 2,3,4 a 5.

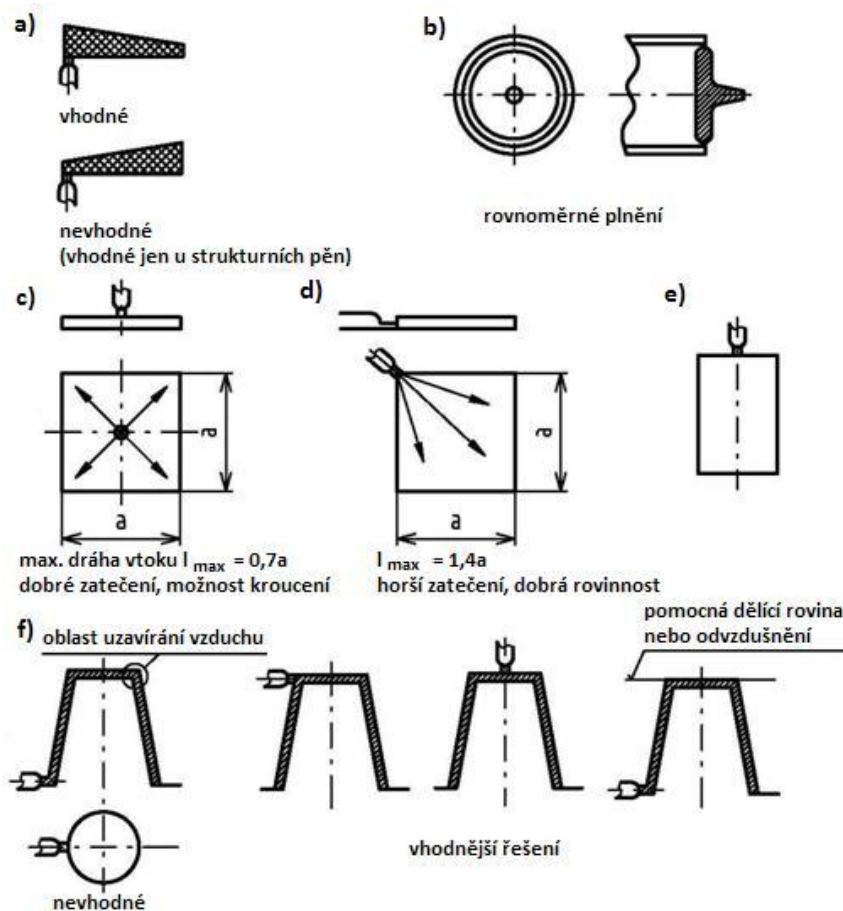
Vtokové ústí

Zajišťuje přestup taveniny z vtokového kanálku do dutiny formy. Jeho geometrie musí zajistit správné naplnění dutiny nejenom během vstřikování, ale dostatečně dlouho musí působit dotlak, aby bylo dosaženo požadované kvality výstřiku. Při konstrukci formy je nutné zvážit, zda vtok bude při odformování společně s výstřikem oddělen, nebo vtok bude součástí všech dutin, který se musí dále mechanicky oddělit. (11)



Obr. 17 Vtokové ústí (11)

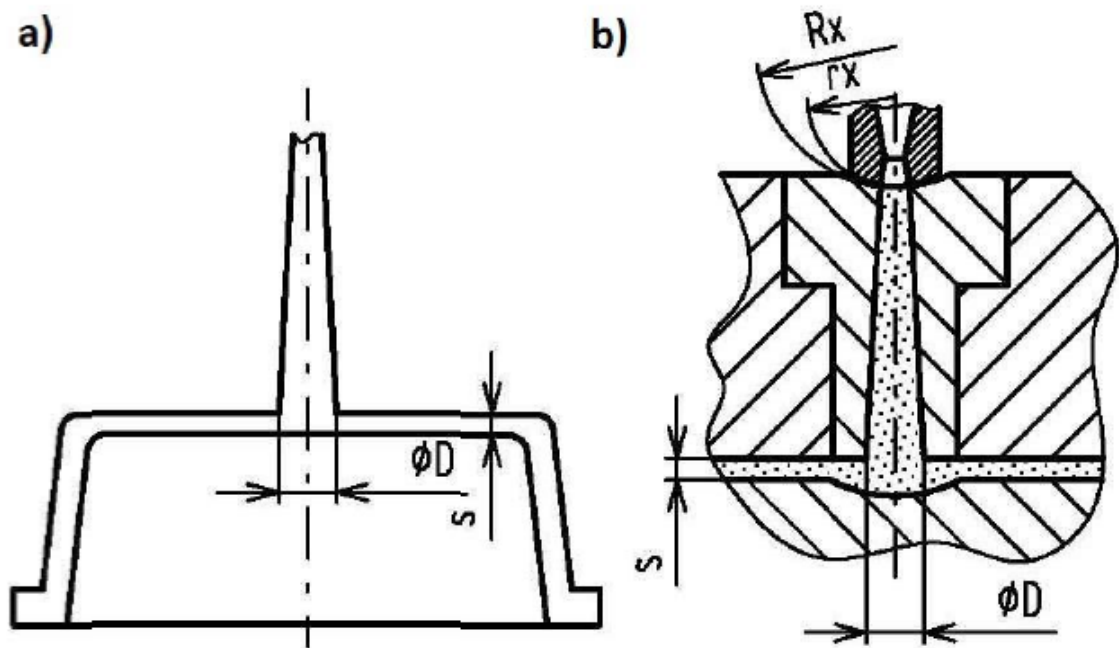
a) štěrbinový vtok b) bodový vtok



Obr. 18 Vhodnost umístění vtokového ústí (11)

Umístění vtokového ústí má velký vliv na jakost výstřiku. Rozhoduje zejména geometrie vstřikovaného dílce a vstřikovaný materiál. Zpravidla se vtokové ústí umísťuje do nejsilnější stěny. Pokud je to možné, vtok by se měl nasměrovat tak, aby plnění v dílci bylo rovnoměrné. (11)

Plný kuželový vtok se využívá převážně u jednonásobných forem, kde se předpokládá menší sériovost výroby. Po odformování se vtok mechanicky odděluje.

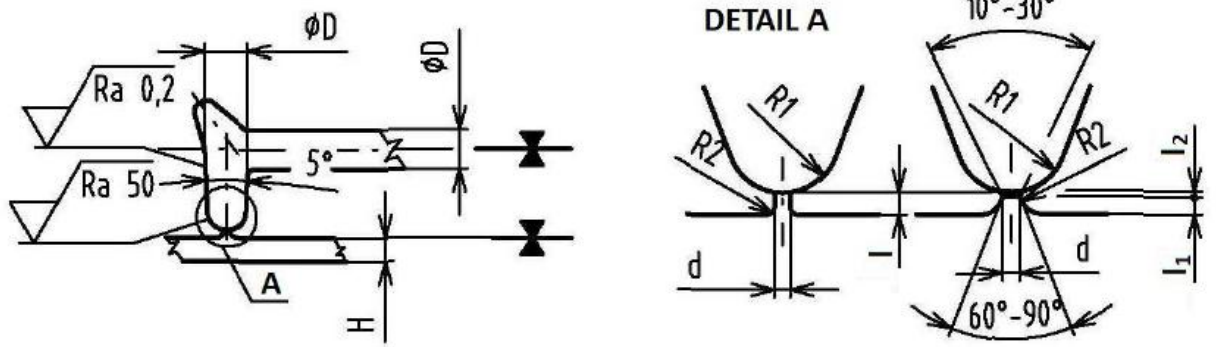


Obr. 19 Plný kuželový vtok (11)

a) plný kuželový vtok, b) čočkovitý tvar pod vtokem

D- průměr vtokového kanálu, s-tloušťka stěny, R_x – poloměr vtokové trysky formy, r_x – poloměr vtokové trysky stroje

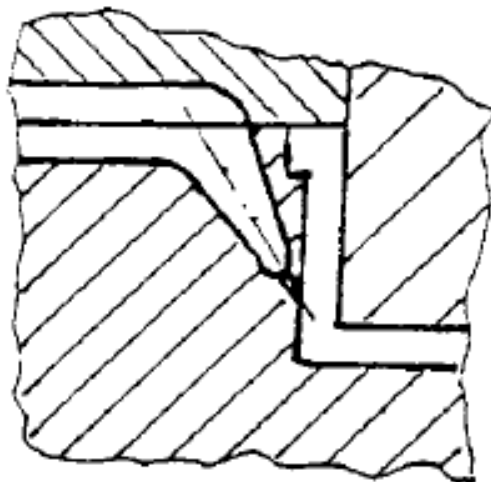
Bodový vtok se nachází zpravidla u třídeskových forem. V principu plní podobnou funkci jako plný kuželový vtok, díl je plněn shora. Vtok je pak oddělen při rozjetí desek.



Obr. 20 Bodové vtokové ústí (11)

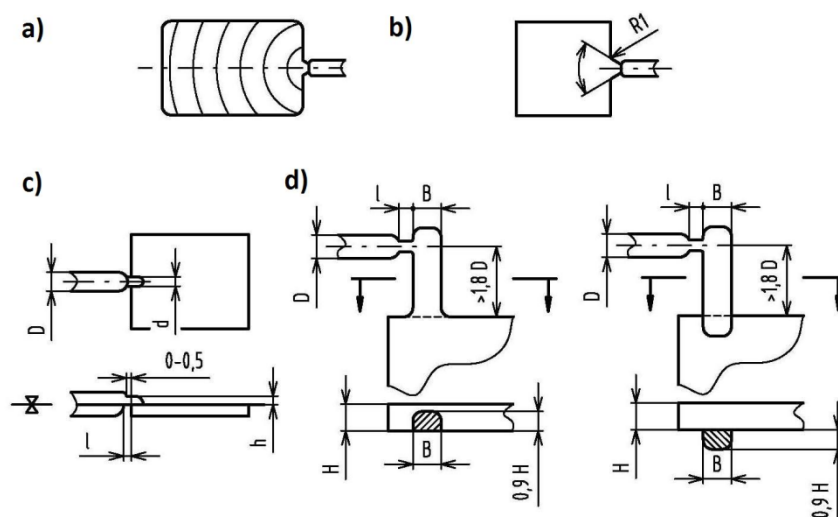
D- průměr vtokového kužele, R_1 -poloměr kužele, R_2 -poloměr na výstupku, který zbyde po odformování.

Tunelový vtok je obdobou bodového ústí, ale je umístěn z boku dílce. Po vychladnutí je výstřik se vtokem vyformován společně.



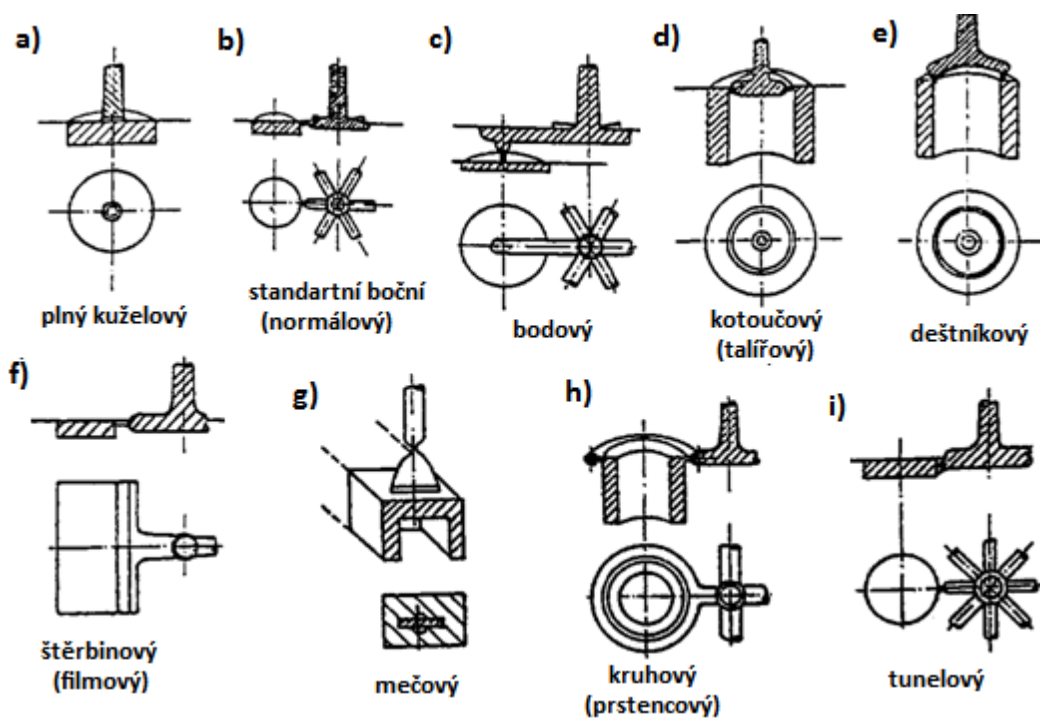
Obr. 21 Tunelový vtok (11)

Boční vtoky jsou převážně používány tam, kde není možné použít klasický tunelový vtok. Nebo je použit příliš křehký materiál pro vstřikování.



Obr. 22 Boční vtok (11)

a) přímý boční vtok, b) vějířový boční vtok, c) vtok s přesazením, d) vtok do pomocného žebírka



Obr. 23 Použití jednotlivých vtoků (11)

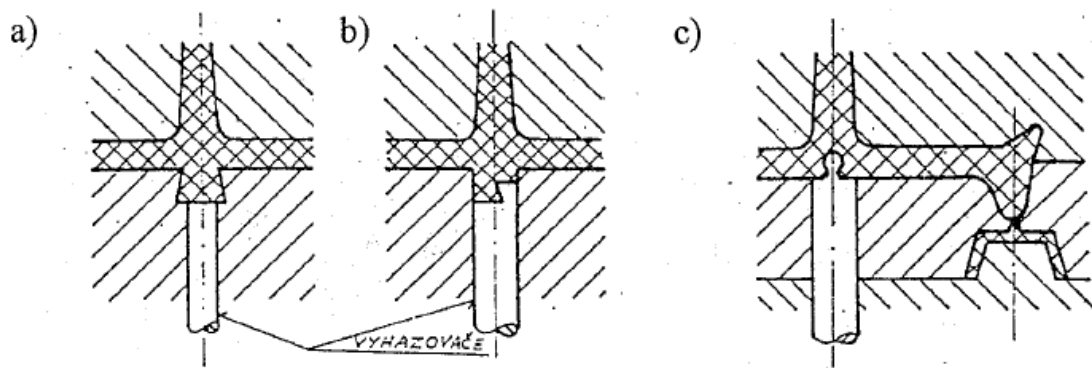
Jímka studeného čela taveniny

Při návrhu studené vtokové soustavy je nutné do formy zakomponovat jímku studeného čela taveniny, neboť má zásadní vliv na kvalitu výstřiku a neměnný průběh plnění při vstřikovávání. Jímka se konstruuje zejména u vícenásobných forem, kde jsou použity rozvět-

vené vtoky, tím se pak zaručí stejné podmínky plnění pro všechny dutiny ve formě. Délka jímky se zpravidla volí $L=1(\text{až } 1,5) \cdot \text{průměr kanálu}$. Jímku čela taveniny je vhodné použít hned v přídržovači vtokového zbytku, pod vstřikovací vložkou – ta může zachytit někdy i části přepáleného materiálu z vstřikovací trysky stroje.

Přídržovač

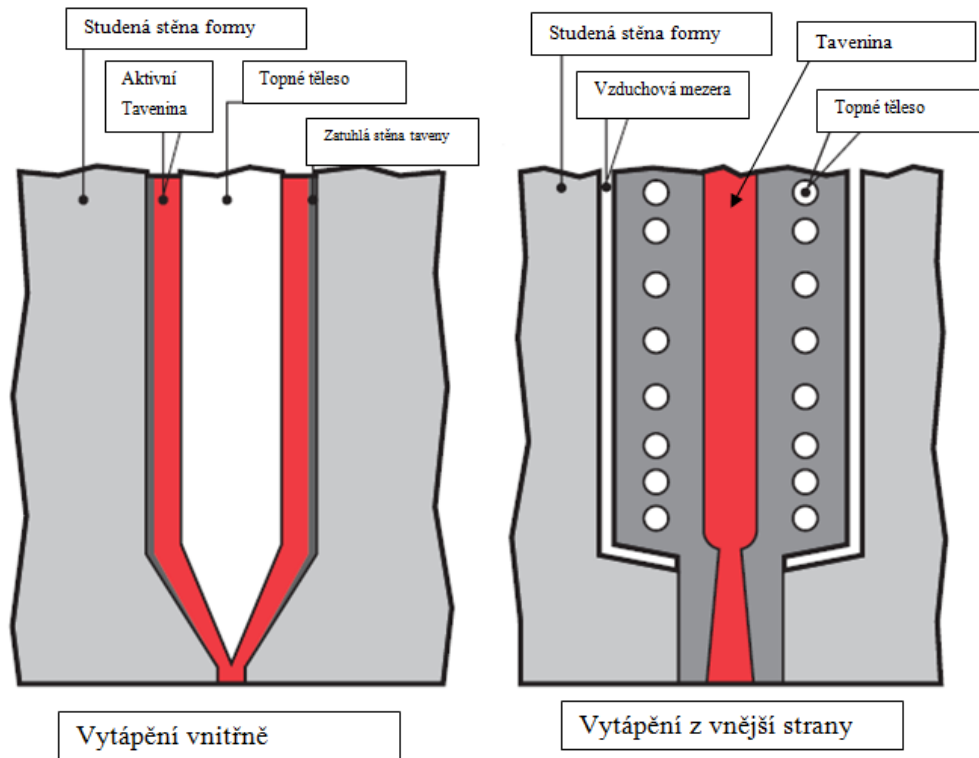
Přídržovač musí bezpečně zajistit, aby vtokový zbytek zůstal bezpečně na vyhazovací (levé) straně formy. Toto se zpravidla zajistí výrobou podkosu (negativní úhel) buď na středovém vyhazovači vtoku nebo se podkos vyrobí v levé části formy přímo na vtokovém kanálku.



Obr. 24 Přídržovač vtoku (11)

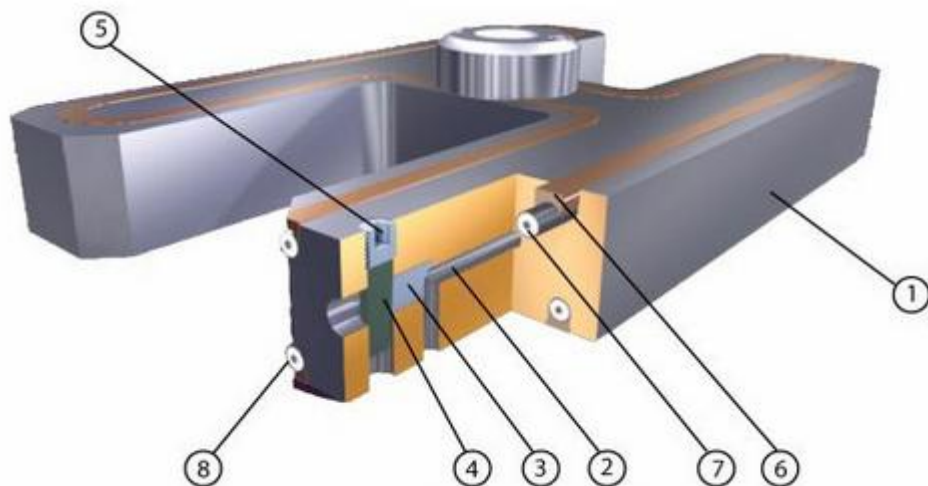
5.2.2 Vyhřívání vtokové soustavy

Vyhřívání vtokové soustavy je vhodnější použít při velkosériové výrobě. Při samotné výrobě formy rostou její náklady. Mnohdy se vyhřívání vtokové soustavy používá se vstřikováním přímo na díl, odpadá tak konstrukce vtokových kanálů a vtokových ústí, je ale možné použít i jejich kombinace. Vyhřívání vtokové soustavy umožňuje automatizaci výroby, zkracuje se výrobní cyklus, odpadá potřebné výrobně dokončovací operace (odřezávání vtoků) a zmenšuje se podíl regenerátu při výrobě. Při vstřikování je ale třeba dodržovat teploty uvedené výrobcem materiálu. Na vstřikovacím stroji musí být ještě zajištěna termoregulace pro vyhřívání vtokové soustavy, který kontroluje na základě umístěných čidel teplotu na jednotlivých částech vyhřívání vtokové soustavy. (10)



Obr. 25 Vnější a vnitřní vytápění (10)

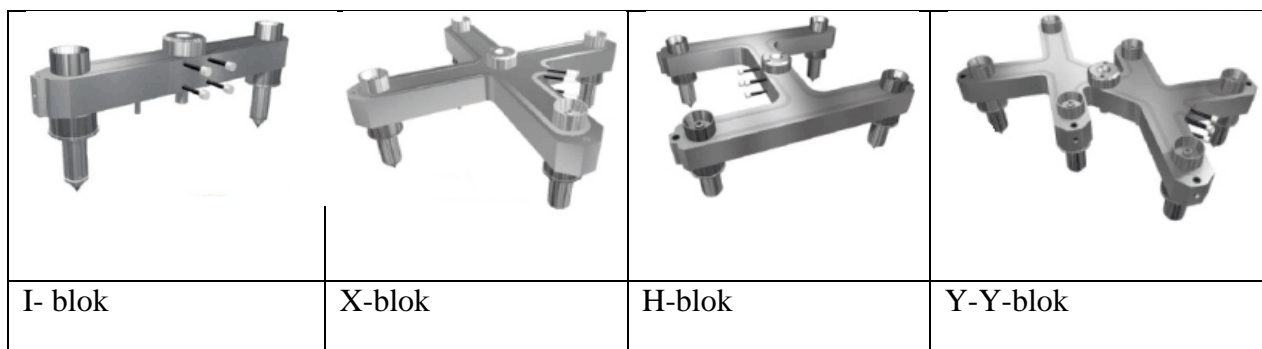
U vícenásobných forem je nutné použít horký blok pro trysky.



Obr. 26 Horký rozvod trysek firmy Orycon (12)

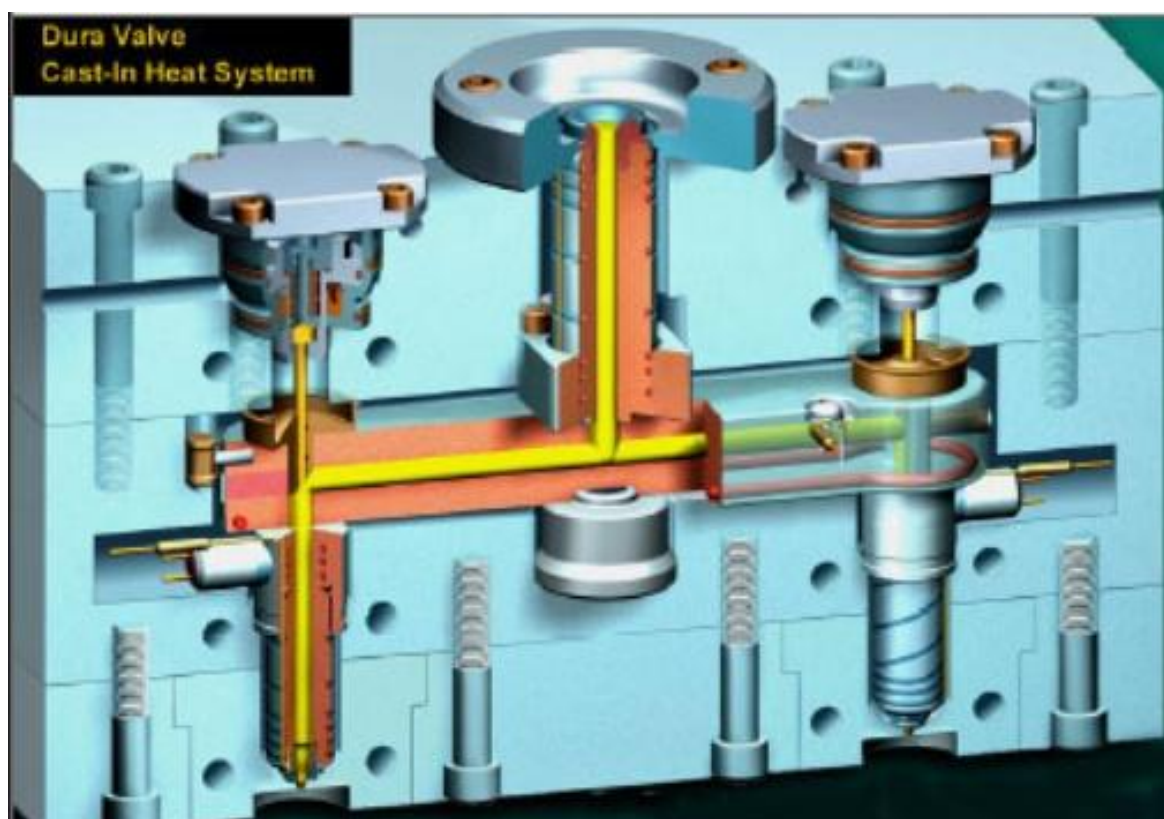
1 - tělo rozvaděče, 2 – kanál, 3 – koncovka, 4 – šikmý kolík, 5 - seřizovací šroub, 6 - kryt topení, 7 - tubulární topení, 8 - druhá sada topení

Horké bloky mohou mít několik tvarových modifikací, jedná se z pravidla o tvary písmen: I, X, H, Y nebo případně i jejich kombinace.



Obr. 27 Uspořádání rozvodných bloků firmy Orycon (12)

Uzavíratelné systémy se používají tam, kde by při otevření formy po ochlazení výstřiku mohl tahat vlas. Ten by se mohl buď usazovat na výstřiku, nebo v dělicí rovině – oba tyto případy vedou ke špatnému vzhledu výstřiku. Skrz vyhřívaný vtokový systém vede jehla, která uzavírá vtok. Na díle pak zanechá specifickou stopu. Tyto trysky se mohou uzavírat pneumaticky, nebo hydraulicky. Proces uzavírání je řízen přímo na vstřikovacím stroji.



Obr. 28 Jehlově uzavíratelný vyhřívaný vtokový systém firmy MoldMasters(13)

5.3 Temperování forem

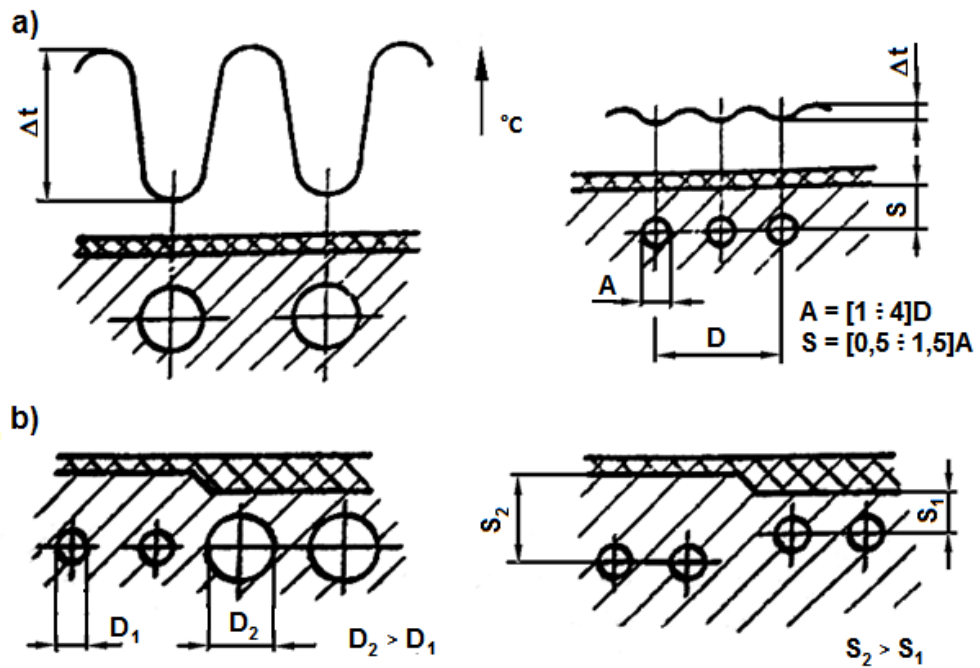
K dosažení požadované kvality výrobku při krátkém výrobním cyklu, musí být forma vybavena temperačními kanály. Jejich úkolem je nejdříve formu vyhřát na požadovanou teplotu, tento proces je řízen před začátkem výrobní dávky. Po vyhřátí na požadovanou teplotu temperace formu při vstřikování chladí, protože teploty taveniny se pohybují v rozmezí 230-320 °C. Formy se obvykle temperují od teplot 30-160°C. Snahou je za velmi krátkou dobu odvést co nejvíce tepla z dutiny formy, tak aby vstřikovaný výrobek vychladl za co nekratší dobu a přitom udržet konstantní tepelný režim ve formě. (11)

Tab. 2 Teplota taveniny a teplota formy(11)

Termoplast	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy [°C]
ABS	190-250	50-85
PA 6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
HDPE	180-270	20-60
LDPE	180-270	20-60
PMMA	200-250	50-80
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC TVRDÉ	190-220	30-60
SAN	200-260	50-85
PSU	340-400	120-160
PAEK	380-430	160-220
LCP	310-360	65-95

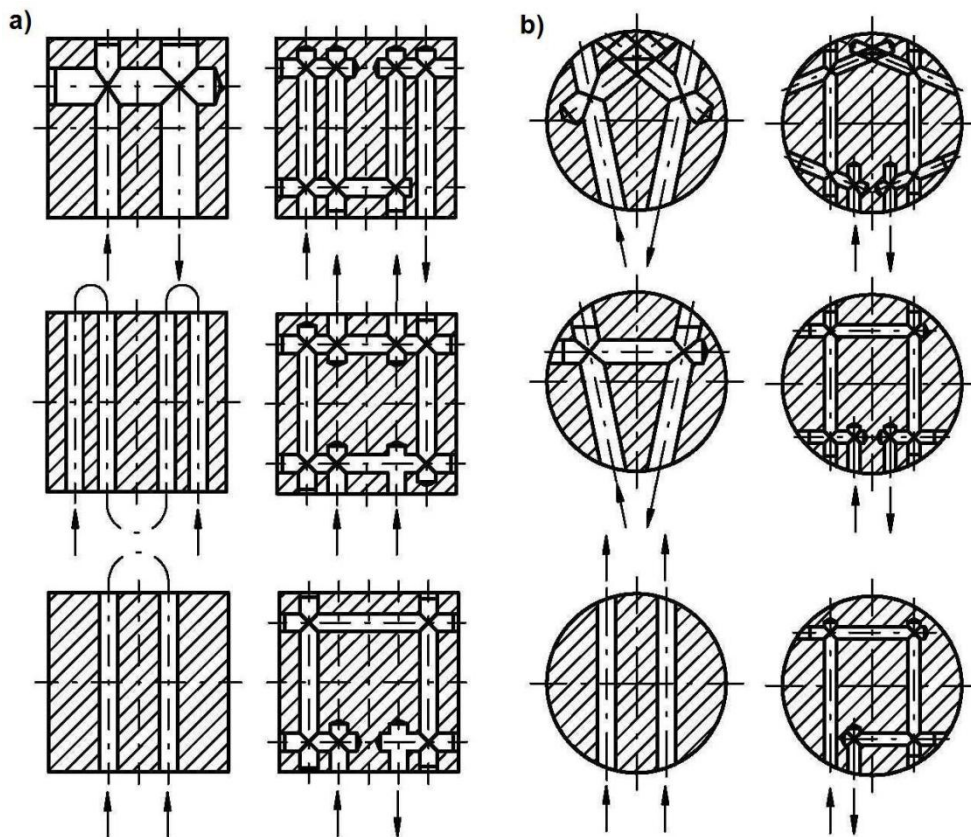
5.3.1 Tvary a umístění chladicích kanálů

Nejčastěji se používají vrtané nebo frézované díry, které vedou poblíž tvarové dutiny. Jeden okruh mívá zpravidla vždy jeden vstup a výstup, ale mohou být i výjimky. Při návrhu nesmí dojít ke ztrátám tuhosti tvarových dílců – stěny nesmí být příliš slabé. Obecně platí zásada volit raději větší počet vrtaných děr o menším průměru, než menší počet vrtaných děr o větším průměru. Kanály musí být dokonale zatěsněné, nesmí vznikat slepá místa, kde temperační medium nebude v pohybu, v těchto místech se tvoří usazeniny, které mohou ovlivnit celý temperační okruh. Tato místa se zaslepují.



Obr. 29 Vliv rozmístění temperačních kanálů na tloušťku stěny výstřiku(11)

a) stejná tloušťka výstřiku, b) rozdílná tloušťka výstřiku



Obr. 30 Možnosti provedení temperačních kanálů (11)

a) tvarové vložky čtvercového průřezu, b) tvarové vložky kruhového průřezu

Z rozměrových důvodů, pokud kanál nejde vyrobít standartním konvenčním způsobem, lze tvárníky vyrobít metodou výrobní technologií DMLS - Direct Metal Laser Sintering, nanášením vrstev. Tato výroba je však drahá, ale účinná, lze totiž vyrobít různě tvarované kanály.



Obr. 31 Příklad konformního chlazení firmy Innomia (14)

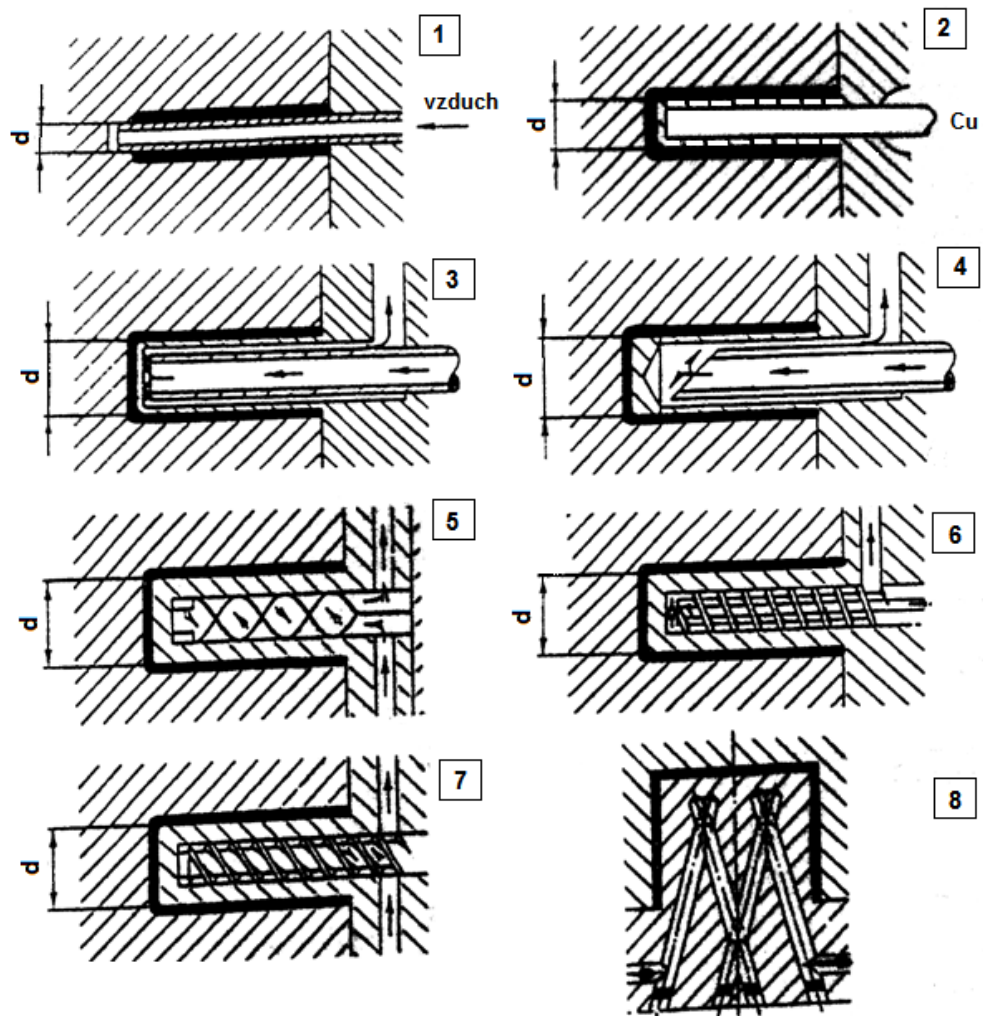
5.3.2 Temperační prostředky

Volba temperačního prostředku závisí především na tvaru dutiny a technologii vstřikování, firemních standardech apod. Temperační prostředky bychom mohli rozdělit do dvou skupin:

- aktivní- jsou činným přenašečem tepla ve formě - kapaliny, topné patrony
- pasivní – fyzikálními vlastnostmi ovlivňují odvod tepla z formy -tepelné trubice, různé teplovodivé materiály

5.3.3 Příklady chlazení

Návrh temperačního kanálu mnohdy usnadňují již normalizované díly firem, které se specializují na komponenty dodávané právě do forem.



Obr. 32 Různé způsoby temperování úzkých tvárnků (11)

1- pomocí vzduchu, průměr díry 3-5mm, 2- chlazené tepelně vodivou tyčí z Cu, trn do 3-5mm, 3- otevřený chladicí trn od 3mm, 4- otevřený trn od 8mm, 5- chladicí spirálový trn od 8mm, 6- jednocestné chlazení, trn 20 až 60mm, 7- dvoucestné chlazení, trn 20 až 60mm, 8- šikmo vrtané díry.

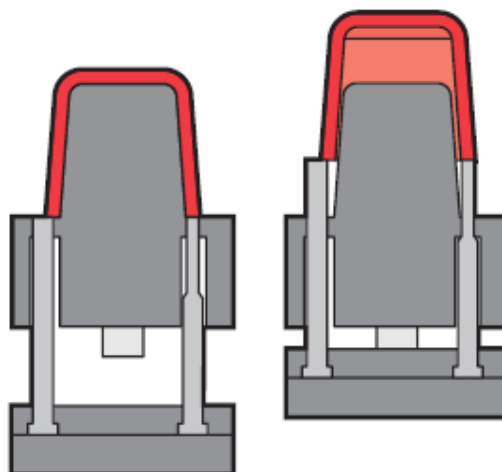
5.4 Odformování výrobku

Odformování výrobku je operace, při níž dochází k pohybům těch částí formy, které jsou závislé na uvolnění výrobku z formy. Při těchto pohybech musí být zajištěna bezpečnost všech pohybů nejen pro samotnou formu a vystřikovaný výrobek, ale i pro obsluhu formy (operátora vstřikovacího stroje).

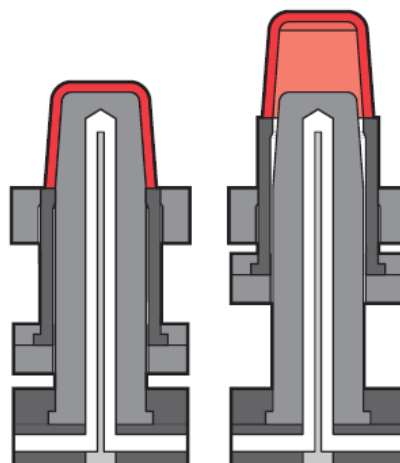
5.4.1 Vyhazování výrobku

Pro bezpečné vyjmutí výrobku z formy společně se studeným vtokem musí být ve formě zabudovány vyhazovače, které jsou ukotveny ve vyhazovacích deskách. Vyhazovače mo-

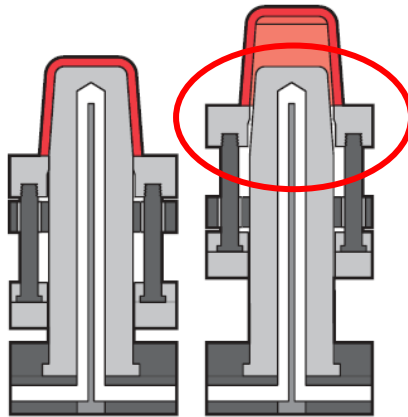
hou být různých tvarů a různých použití. Z hlediska působení na výstřik se vyhazovače dělí na: a) bodové, b) stírací mechanismy, c) pomocné vzduchové vyhazování. Vyhazovače se musí být umístěné v nepohledové straně v dutiny formy tak, aby na díl působily rovnoměrně, nedocházelo k deformacím výstřiku a deformacím na vyhazovačích. Jejich zdvih zpravidla určuje výška výrobku od dělicí roviny. Díry pro vyhazovače v dutině musí být vyrobeny v toleranci H7.



Obr. 33 Kruhový vyhazovač a kruhový osazený vyhazovač (10)

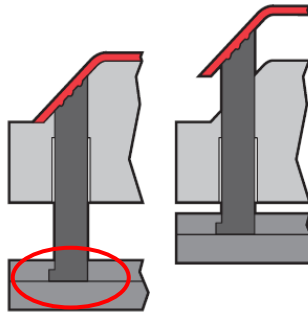


Obr. 34 Trubkový vyhazovač je zvláštním případem stírací desky (10)



Obr. 35 Stírací deska (10)

Tvarové vyhazovače, které nemají rovnou čelní stěnu, je nutné je aretovat, proti pootočení. Aretování lze provést mnoha způsoby, nejčastěji však sražením kotvící části vyhazovače.

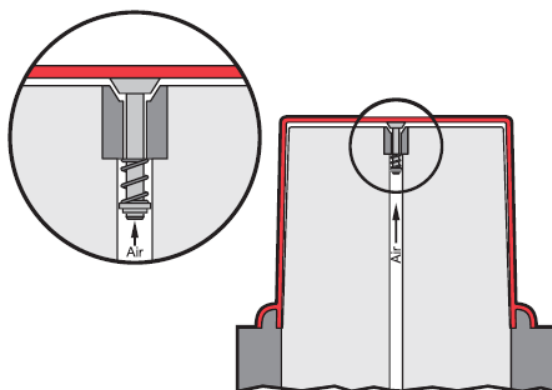


Obr. 36 Aretování vyhazovače (10)

Některé případy vyžadují použití prizmatického vyhazovače. Jedná se o vyhazovač obdélníkového průřezu, který se aplikuje např. na dno žebra výstřiku.

Pomocné vzduchové vyhazování

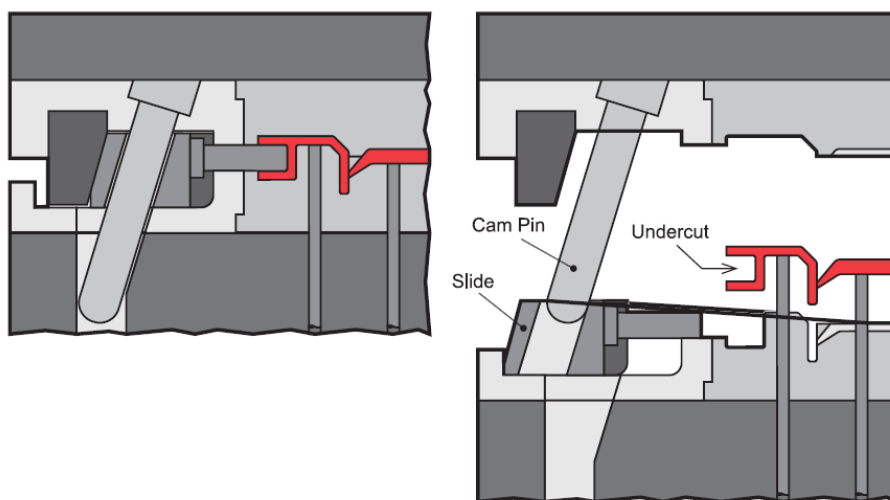
Pokud je tvar výstřiku příliš velký na vyhazování vyhazovači, volí se pomocné vzduchové vyhazování v kombinaci se stírací deskou.



Obr. 37 Pomocné vzduchové vyhazování (10)

5.4.2 Boční jádra

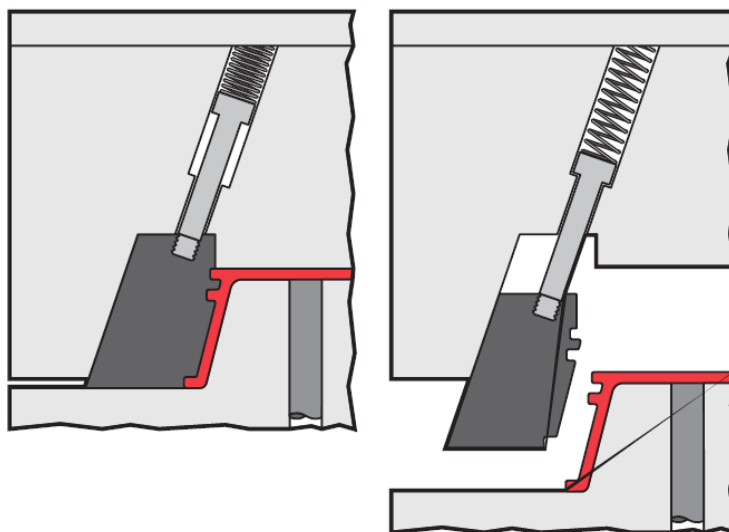
Boční jádra slouží k vyformování těch partií výstřiku, které nelze vyformovat hlavním směrem (rozjetím formy v dělicí rovině). Boční jádra se mohou používat k formování vnějších závitů, různých podkosů nebo příliš dlouhých a tenkých žeber, kde je kladen důraz na dezénovaný povrch.



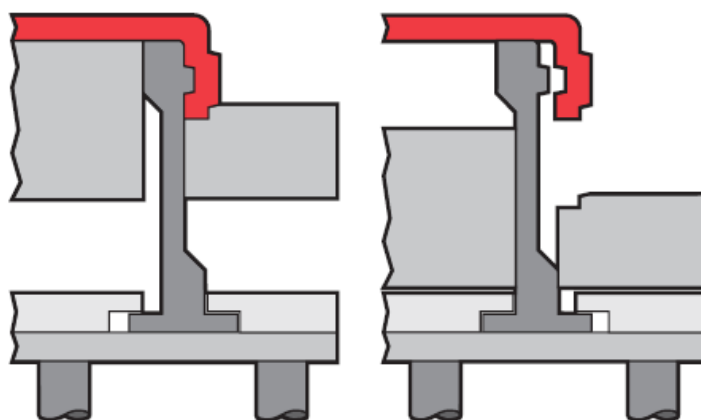
Obr. 38 Boční jádro (10)

Pohyb bočního jádra je řízen šikmým kolíkem s náběžnou hranou. Čím delší je kolík, tím delší je zdvih bočního jádra. Pozici jádra v zaseté poloze řídí zámky, které musí být dostatečně tuhé, aby při vstřikování nedocházelo k ohybu zámku a tím povyjetí bočního jádra. Na vstřikovaném dílci pak mohou vznikat otěpy.

Zvláštním případem bočních jader, kdy konstrukce výstřiku neumožňuje klasické zabudování bočního jádra (na obr. 38) je na obr. 39 a 40



Obr. 39 Boční jádro umístěné do pravé poloviny formy, řízené pružinou (10)

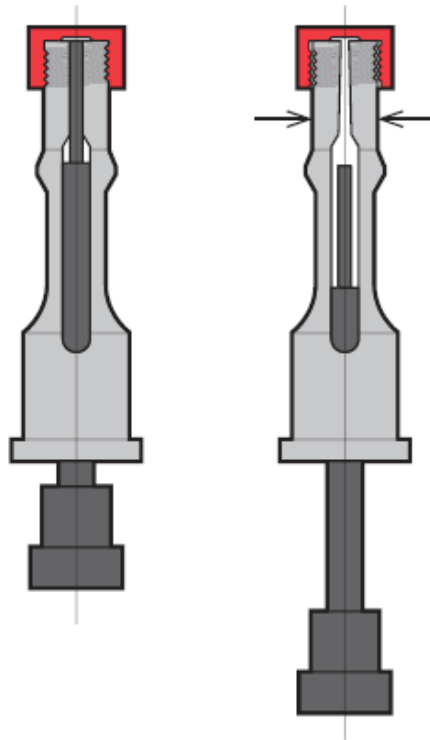


Obr. 40 Jádro v kombinaci s vyhazovačem, pohyb dopředu a do boku (10)

5.4.3 Vnitřní závity

Vnitřní závity na výstřiku se dají vytvořit několika způsoby:

- Vkládáním výměnných trnů do formy – po obstříknutí je díl vyformován a trny se musí mechanicky z výstřiku vyšroubovat. Tato metoda je vhodná pro vstřikování menších sérií nebo pro prototypové formy.
- Rozpínacími trny (kleštinový mechanismus) – metoda vhodná pro mělké závity. Kde rozepnutím závitového trnu lze díl vyformovat.

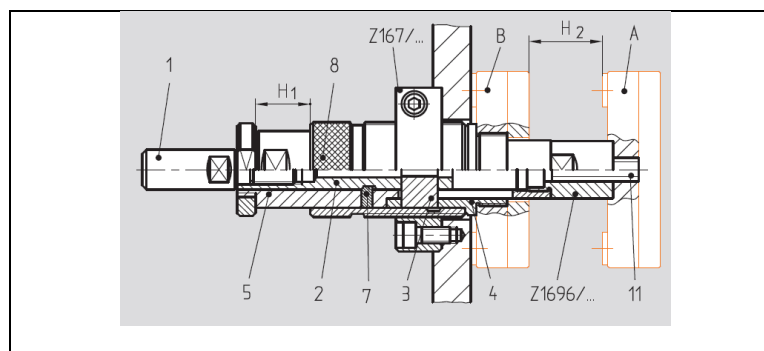


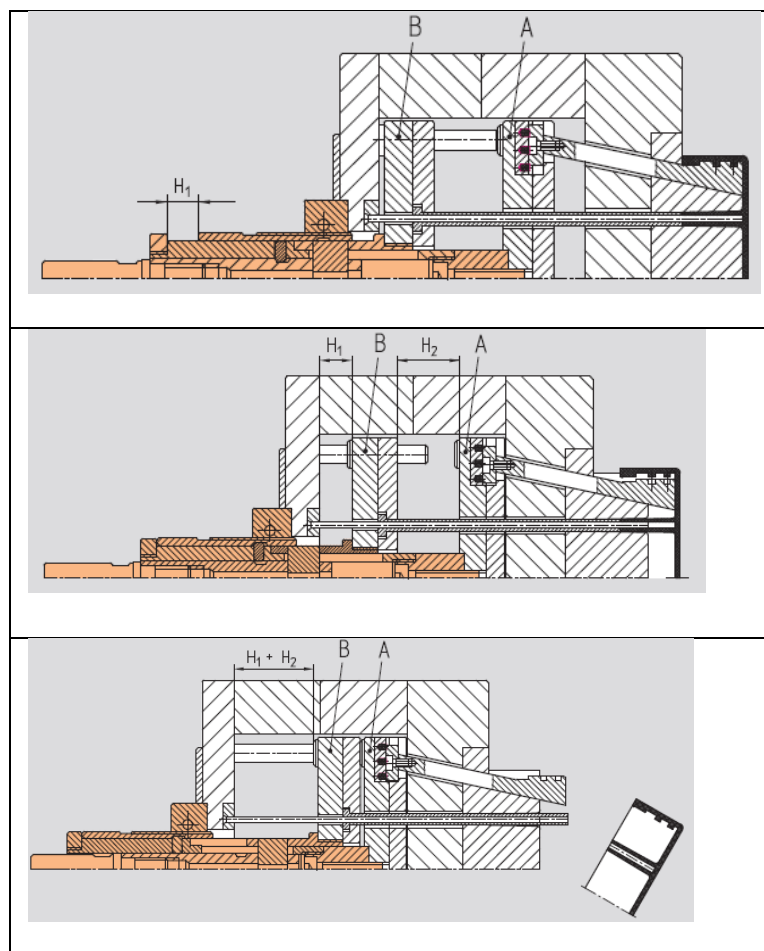
Obr. 41 Rozpínací trn (10)

- Vyšroubování trnů přímo na formě – nejdražší metoda, kde do formy musí být navrženo převodové ústrojí, zpravidla poháněné rozjetím formy nebo hydraulickým válcem. Lze vyrábět závity s hlubším profilem o větších délkách.

5.4.4 Dvoustupňové vyhazování

Dvoustupňové vyhazování se používá zejména tam, kde je nutné vyhazování z konstrukčních důvodů rozfázovat. K tomuto účelu se používají dvoustupňové vyhazovače. Do formy je nutné zabudovat ještě jednu vyhazovací a kotevní desku.

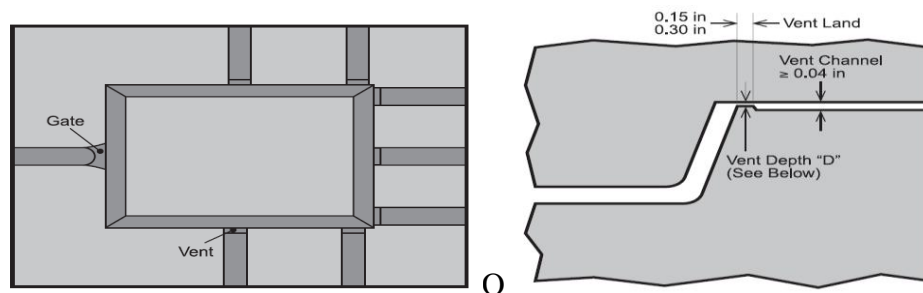




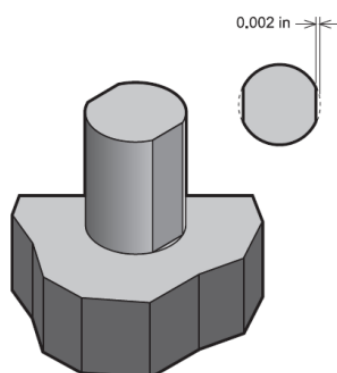
Obr. 42 Dvoustupňové vyhadzování a jeho příklad použití (Hasco) (15)

5.5 Odvzdušnění formy

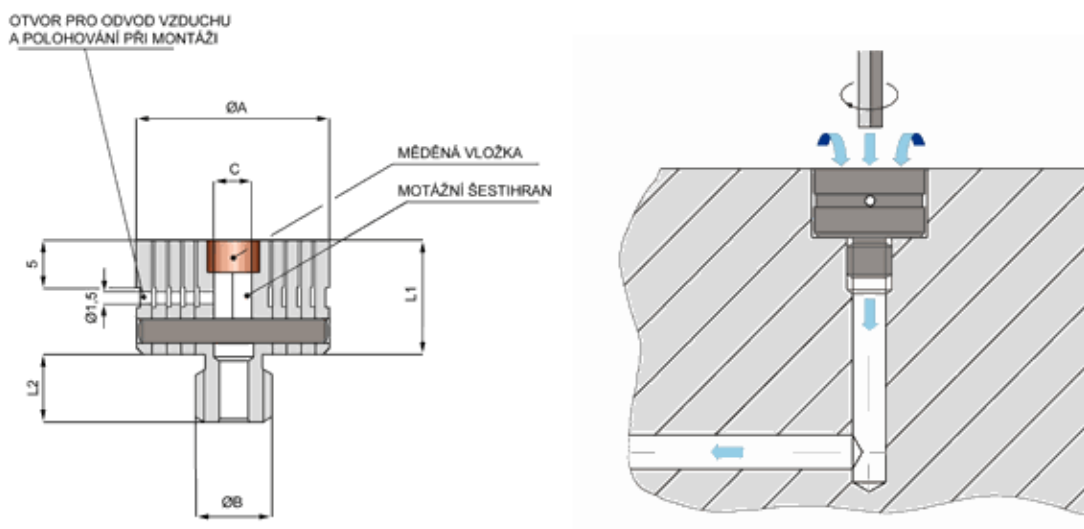
Odvzdušnění v dutině je velmi důležitou kapitolou při návrhu formy. Při plnění dutiny polymerem dochází ke kompresi vzduchu a tím jeho následné zahřátí, forma je dokonale zatešněná a stlačený horký vzduch nemůže uniknout z dutiny formy. Přitom však na koncích výlisku, z hlediska směru toku, dochází ke spáleninám na výstřiku, studené spoje jsou příliš viditelné, nebo může dojít k nedoplnění dílců. Odvzdušnění se provádí broušením nebo frézováním drážek přímo do dělicí roviny, částečné odvzdušnění pracuje i přes vyhadzovače (vlivem výrobních vůlí), nebo vsazené tvarové nebo porézní vložky. V důsledku usazování nečistot v odvzdušňovacích drážkách je nutné tyto části v pravidelných intervalech čistit. Některá těžko odhadnutelná místa pro odvzdušnění dokážou určit mnohdy až vstříkovací analýzy.



Obr. 43 Odvzdušnění v dělicí rovině (10)



Obr. 44 Přibroušení ploch na kulatém vyhazovači (10)



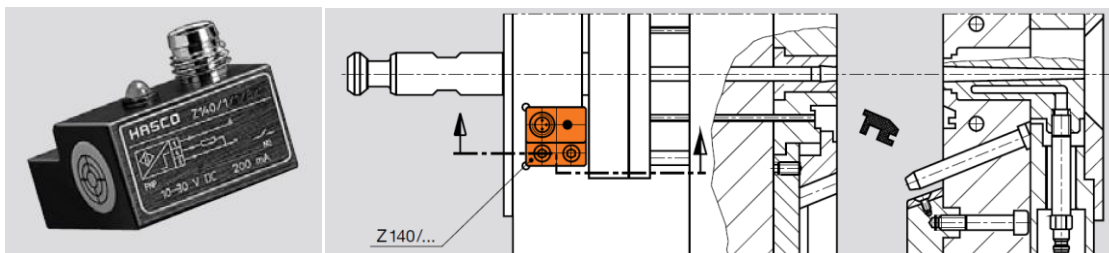
Obr. 45 Odvzdušňovací skládané vložky firmy Svoboda (16)

5.6 Ostatní prvky ve formách

Pro bezpečnou reprodukovatelnost vstřikování nebo zajištění vyšší trvanlivosti některých částí forem, se formy osazují různými teplotními a tlakovými čidly, spínači koncových poloh apod. Tyto prvky jsou propojeny s řídicím systémem vstřikovacího stroje. Na základě těchto propojení, stroj dokáže buď zastavit výrobu, nebo pomocí klapky vyformované

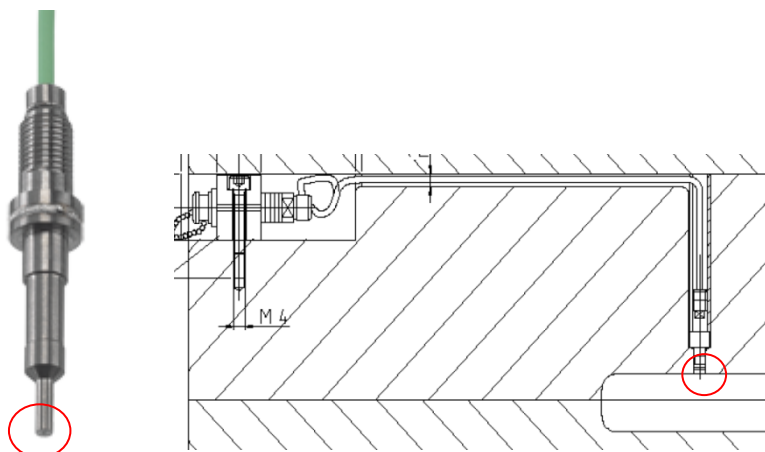
výstřiky separovat bokem od ostatních, v případě poklesu tlaku nebo teploty v dutině formy.

Zpravidla se koncové spínače umísťují, ke hlídání koncových poloh vyhadzovacích desek, zajetí nebo odjetí bočních jader ovládaných buď mechanicky, nebo hydraulicky. Preventivní osazení formy tímto prvkem, může ušetřit náklady a čas při možných kolizích vzájemných částí formy.



Obr. 46 Indukční spínač koncové polohy (Hasco) (15)

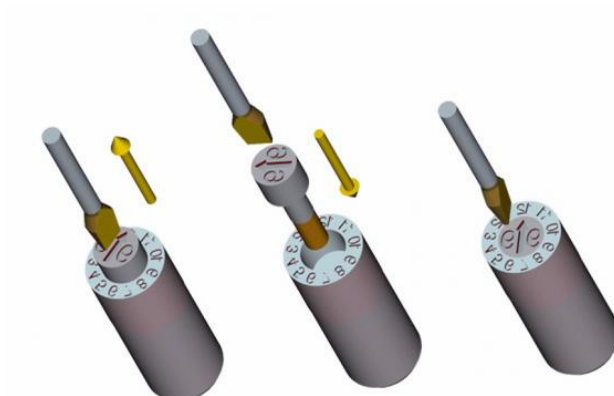
Tlaková čidla mají za úkol snímat tlak v dutině. V dutině je vidět pouze horní část tlakového čidla. Stopa po tlakovém čidle vypadá podobně jako stopa po kulatém vyhadzovači.



Obr. 47 Tlakový snímač firmy Kistler a jeho příklad montáže (17)

Teplotní čidla kontrolují teplotu stěny dutiny, neumísťují se tedy přímo do dutiny formy.

kud není součástí designu, nebo na funkčních, např. kluzných, plochách. Popis musí být dostatečně čitelný a odformovatelný z dutiny formy.



Obr. 50 Datumové vložky (16)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V zadání této práce jsou stanoveny následující kapitoly:

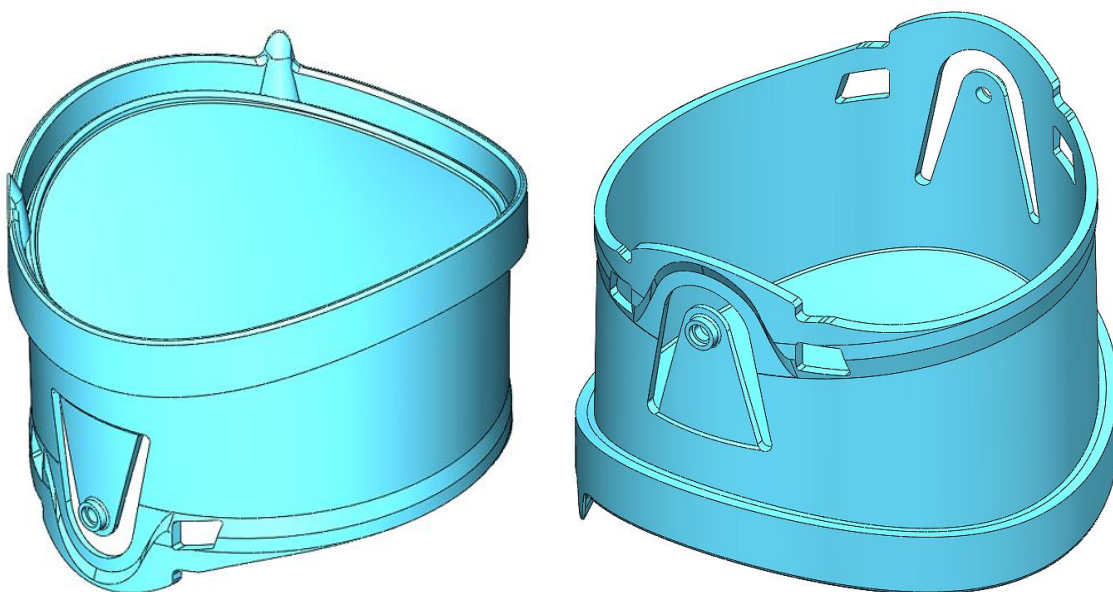
- vypracovat literární studii na dané téma
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu
- vytvořit konstrukční návrh vstřikovací formy pro zadaný díl
- nakreslit řez sestavy formy a příslušné pohledy formy včetně kusovníku

V teoretické části je snahou přiblížit konstrukci formy, které se věnují jednotlivé kapitoly.

Dle zadání je nakreslen 3D model dílce v konstrukčním softwaru SolidWorks 2011. Následně dle modelu je vymodelována sestava formy. Z 3D dat je pak vytvořen výkres sestavy a vygenerován kusovník. Normalizované části byly převzaty z katalogu Meusbürger.

7 POPIS VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE

Vstřikovaným výrobkem je průhledná krytka, pro optické účely. Materiálem pro tuto aplikaci byl zvolen polykarbonát, obchodní název Lexan LS 1, který se hojně používá např. v automobilovém průmyslu při výrobě optických částí světlometů. Polykarbonát je amorfní materiál, hodnota smrštění není příliš velká (0,5-0,7%), lze tedy očekávat, že vstřikovaný díl bude přesný. Rozměry výrobku jsou 73,8x68x52 mm. Objem dílce je 17,3 cm³.



Obr. 51 Pohled z horní a ze spodní strany výrobku

Z materiálového listu jsou vyňaty některé charakteristiky materiálu. Nejdůležitější hodnotou na začátku konstrukce formy je smrštění.

Tab. 3 vybrané vlastnosti materiálu Lexan LS 1

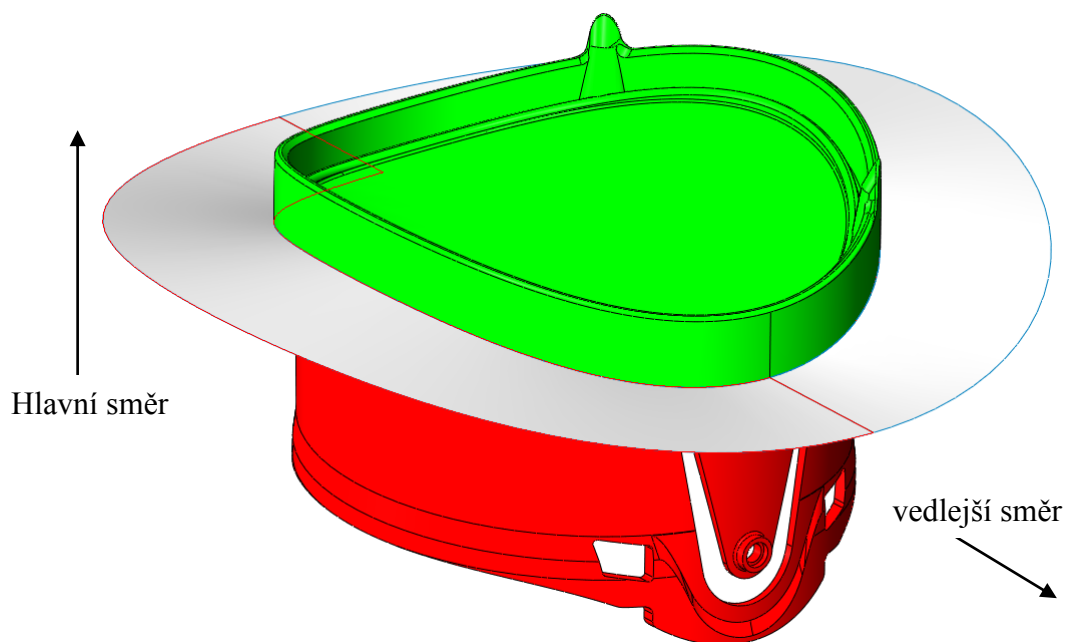
Fyzikální vlastnosti	Hodnota	Jednotka	Norma
Hustota	1.20	g/cm ³	ISO 1183
Index toku taveniny (300°C/1.2 kg)	21.0	cm ³ /10min	ISO 1133
Smrštění	0.50 - 0.70	%	Zkuš. těleso
Absorbce vody (23°C)	0.35	%	ISO 62

8 KONSTRUKCE FORMY

Velikost formy, resp. její násobnost zpravidla ovlivňuje strojový park vstřikovny, dalším faktorem může být ekonomické hledisko s ohledem na množství produkce. Nelze tedy předpokládat, že při malých výrobních dávkách bude forma např. 8 – násobná. Bylo stanoveno vzhledem ke konstrukci výstřiku, formu navrhnout dvounásobnou s centrální vyhřívanou tryskou.

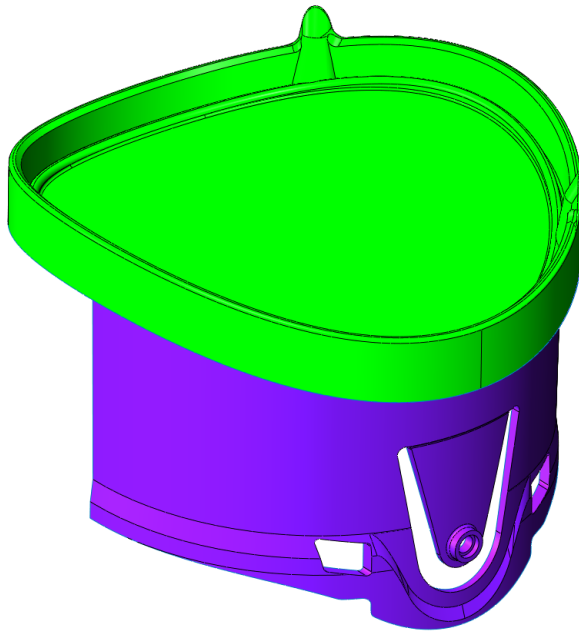
8.1 Dělicí rovina

Díl bude formován hlavní dělicí rovinou se dvěma pomocnými vedlejšími dělicími rovinami. Na obr. 53 červeně vyznačené plochy jsou v levé polovině formy, zeleně vyznačené plochy jsou na pravé polovině formy. Šedivá plocha naznačuje tvar dělicí roviny, která je rovnoběžná ve směru otevírání formy.



Obr. 52 Tvar dělicí roviny

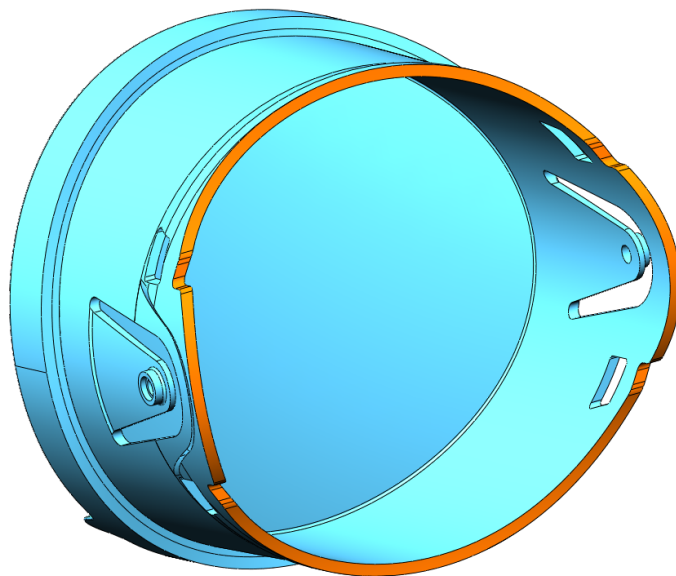
Otvory společně s podkosem okolo výstřiku znemožňují bezpečné odformování výrobku, proto je nutné zavést vedlejší dělicí roviny – odformování bočními jádry.



Obr. 53 Fialové plochy – boční jádro

8.2 Vyhazování dílce z formy

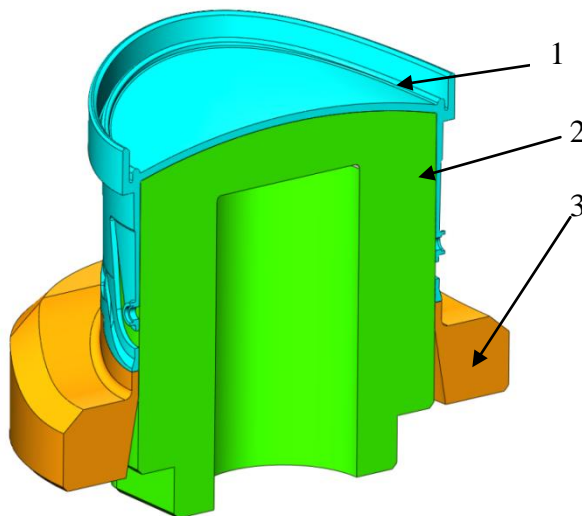
Díl je na horní i na spodní ploše leštěn – do této plochy nesmí být z optických důvodů umístěny vyhazovače, proto je využita spodní plocha ke stáhnutí výrobku z tvárníku pomocí stíracího kroužku. Vzhledem k požadavkům na výrobek se doporučuje díl odebírat manipulátorem (doplňkové příslušenství vstřikovacího stroje).



Obr. 54 Žluté plochy – vyhazovací oblast

8.3 Tvarové části formy

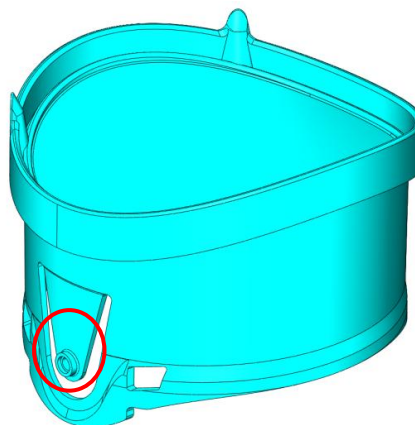
Na začátku konstrukce formy, je nutné stanovit potřebné smrštění. Vzhledem k tloušťkám stěny dílce a výkresovým tolerancím, je stanoveno smrštění na 0,5%. Tato hodnota musí vycházet z materiálového listu pro zadaný materiál. O tuto hodnotu je model výstřiku zvětšen. Z takto upraveného modelu jsou pak navázána 3D data všech tvarových ploch. Vstřikovaný díl musí bezpečně zůstat na levé straně formy, tento problém lze zčásti vyřešit prodlevou na bočních jádrech – jejich pohyb ovládá hlavní formovací směr – rozjetí formy.



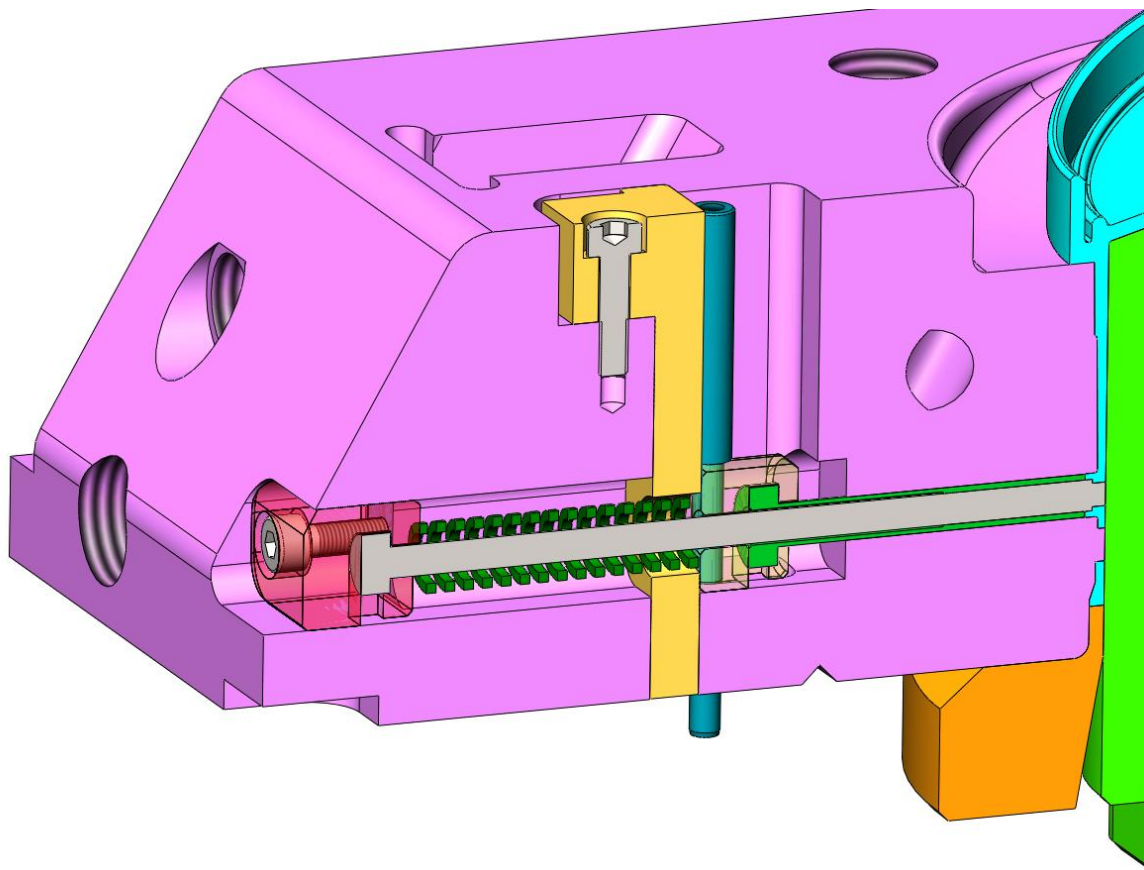
Obr. 55 Tvárník a stírací vložka (v řezu)

1 – výstřik, 2 – tvárník, 3 – stírací vložka

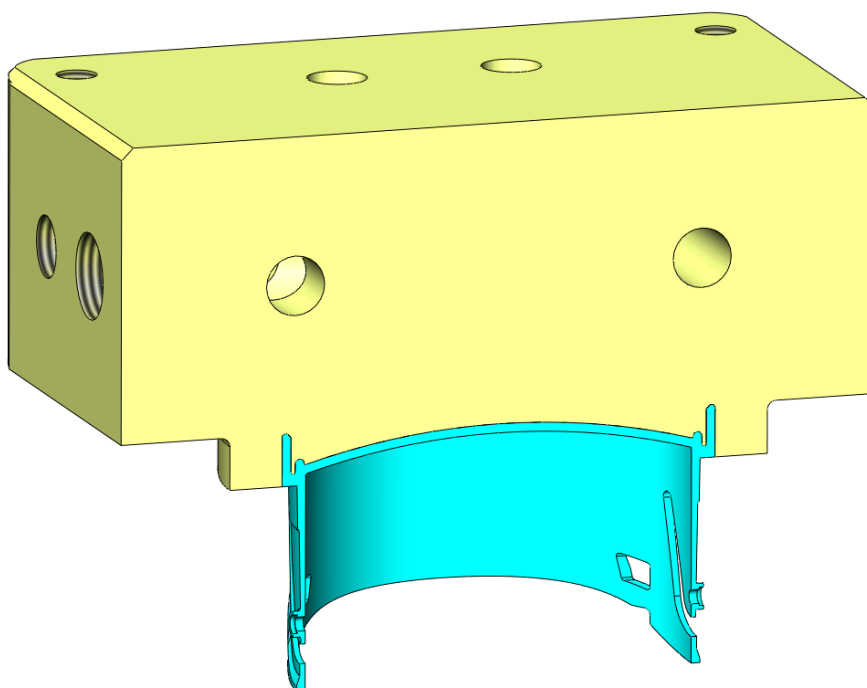
Vzhledem ke složitosti výstřiku, vedoucí k možným deformacím při odformování bočního jádra, je využito v oblasti „háčku“ mechanického přetažení z jádra (trnu). Díky pohyblivým částem v bočním jádru bude tvarová část od vzdušněna.



Obr. 56 Kritická oblast v bočním jádru



Obr. 57 Schéma mechanického přetažení jádra v bočním jádru (v řezu)



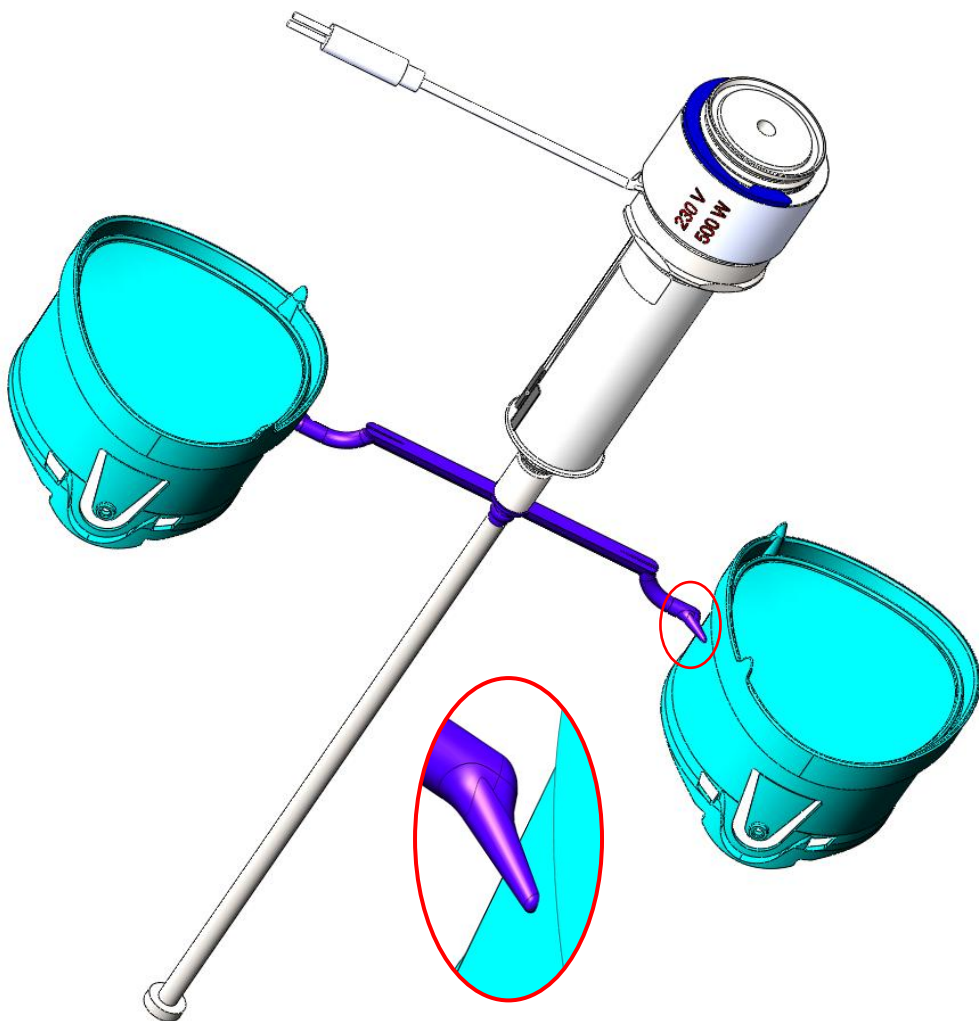
Obr. 58 Tvarová vložka (vtoková strana- v řezu)

8.4 Vtoková soustava

Díl má na výkrese definovanou pohledovou plochu:

- lesklý optický povrch,
- beze stop vyhazovačů,
- bez studených spojů,
- na čelní ploše nesmí být vtok.

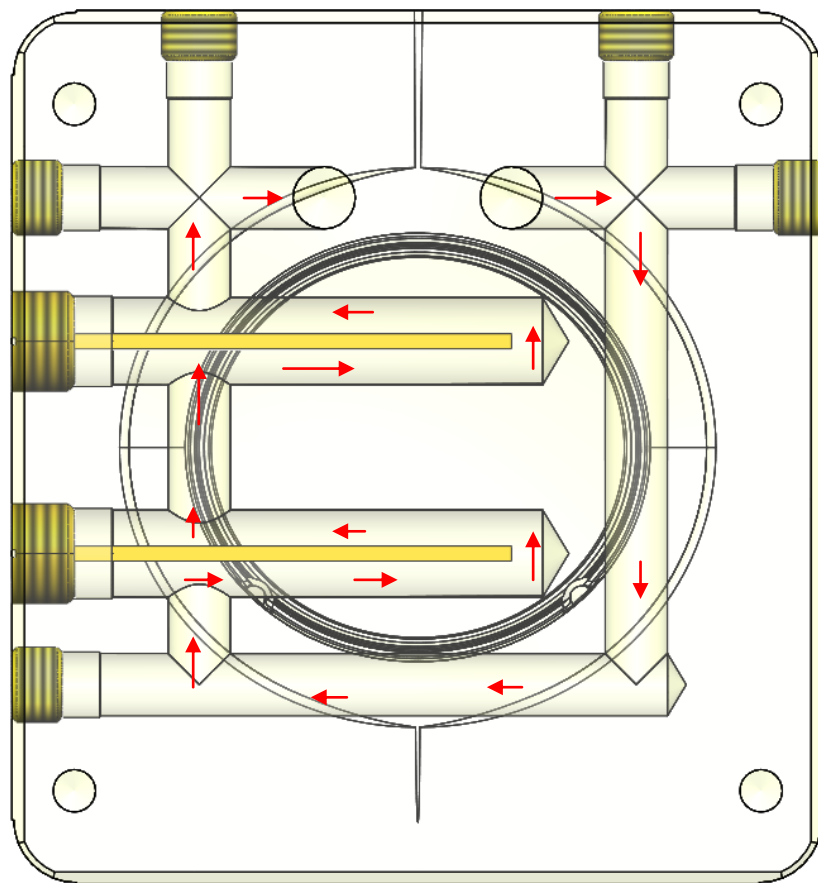
Na základě těchto požadavků je umístěno vtokové ústí do bočního jádra, jeho oddělení od výstřiku bude řízeno odjetím bočního jádra. Vtokový zbytek bude následně vyhozen z formy pomocí vyhazovače. Do formy je zavedena vyhřívaná centrální tryska firmy Synventive. Snahou je co nejvíce ušetřit na vtokovém zbytku, mnohdy není povoleno dále vtokové zbytky zpracovávat, je to použitý materiál, který se musí vyhazovat.



Obr. 59 Vtoková soustava

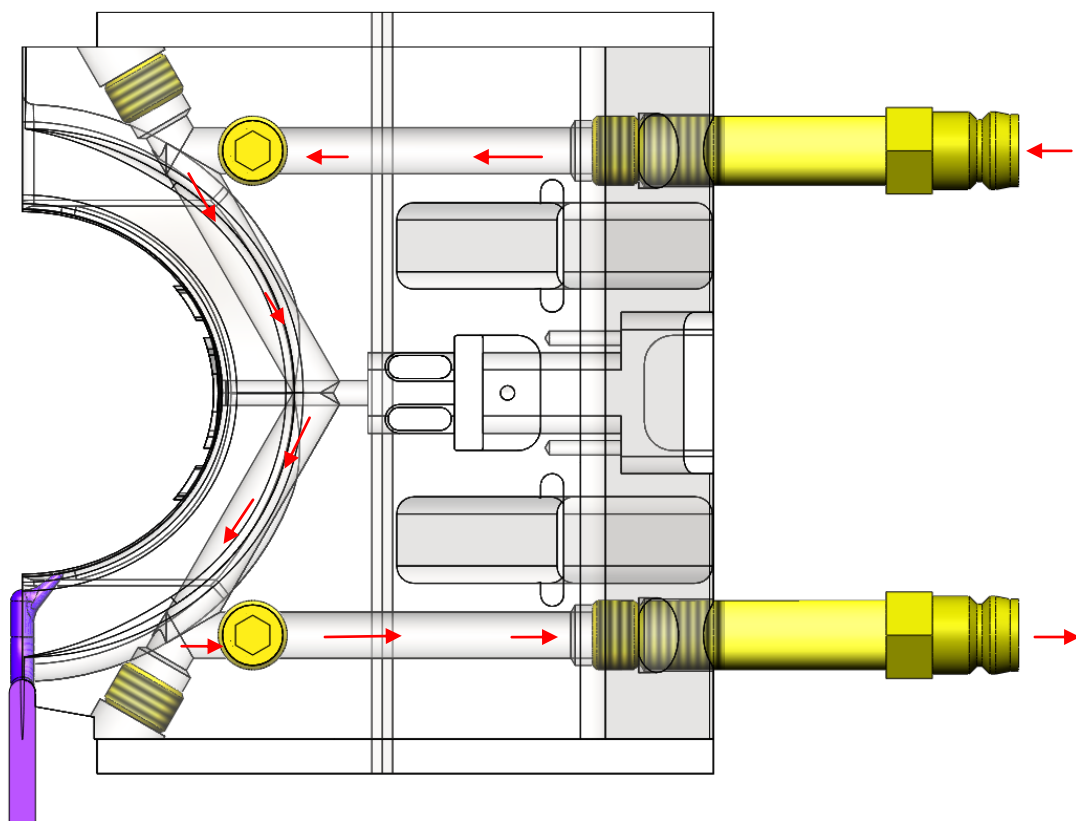
8.5 Temperační systém formy

Ve formě dochází při vstřikování přehřívání tvarových částí formy. Je maximální snahou z formy odvést co nejvíce tepla a přitom udržet konstantní tepelný režim formy. Pracovním médiem pro tuto formu postačí vyhřátá voda na 90°C. Jednotlivý kanál má svůj vstup a výstup, pro toto připojení je využito náústků (pro převlečné rychlospojky) se závitem M14x1,5, které jsou přišroubovány do formovacích desek. Přestup pracovního media do tvarových částí z desek je přetěsněn o-kroužkem. Koncová ramena temperačních kanálů jsou zaslepena ucpávkou se závitem M12x1,5. Při návrhu se možné použít i jiné normalizované díly, které pomohou zlepšit temperaci formy. Během zkoušení formy by měl mít technolog k dispozici schéma chlazení s očíslovanými kanály. Při zapojování formy se zpravidla postupuje od vyhazovací strany ke straně vtokové.

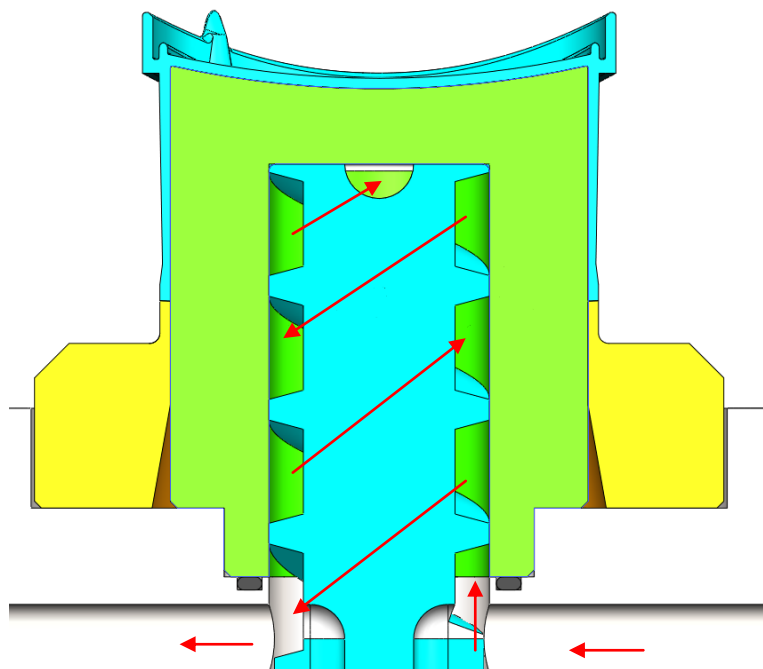


Obr. 60 Temperace vložky

Nutné je temperovat i boční jádra, protože je v nich umístěna část vtoku. Mohly by se přehřívat a vlivem tepelné roztažnosti by se mohl při otevírání na kluzných částech zadírat.

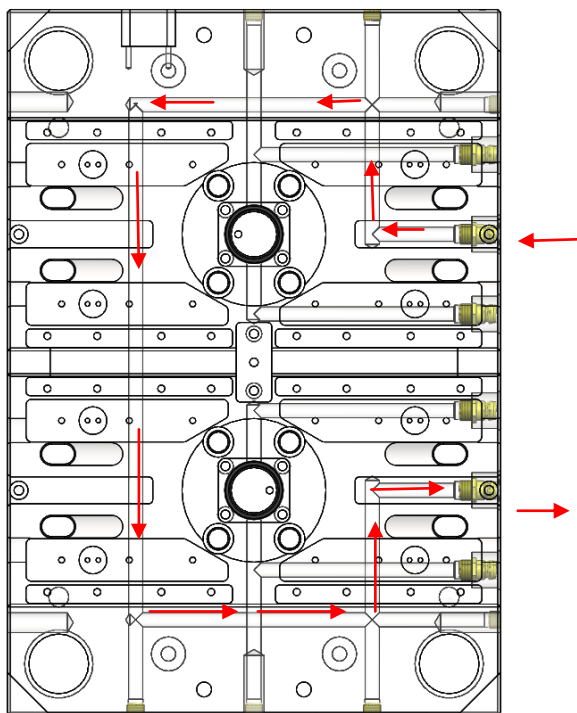


Obr. 61 Temperace bočního jádra

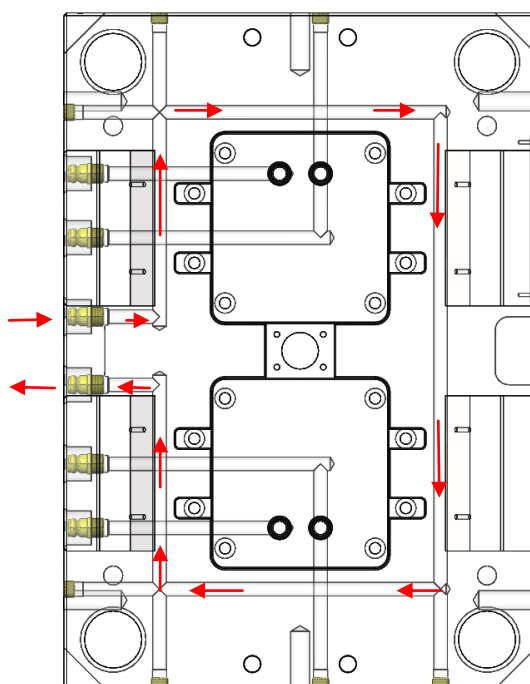


Obr. 62 Temperace tvárníku pomocí dvouchodé spirálové věže (v řezu)

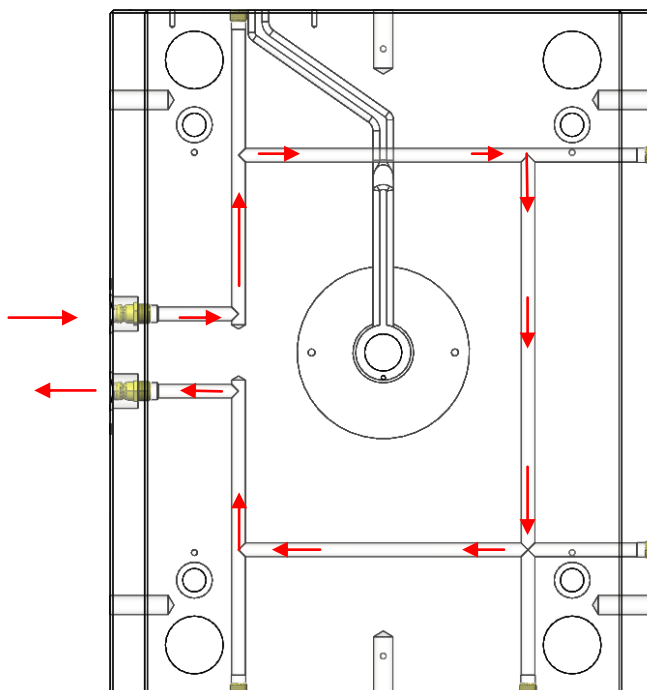
K dosažení co největšího přestupu tepla mezi tvarovými částmi a deskami, jsou temperační kanály umístěny i do nich. Je to vhodné zejména tam, kde je použito více kluzných částí, eliminuje se tímto zadírání.



Obr. 63 Temperace formovací desky levé poloviny formy



Obr. 64 Temperace formovací desky pravé poloviny formy

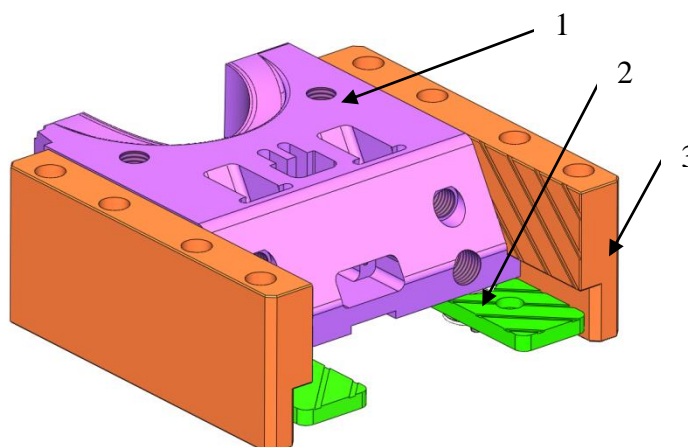


Obr. 65 Temperace upínací desky pravé poloviny formy

8.6 Boční jádro a jeho funkce

8.6.1 Vodící prvky bočního jádra

Ke správnému ovládnání a funkci bočního jádra jsou použity vodící prvky z kalené nástrojové oceli 19 312. Vodící prvky jsou opatřeny mazacími drážkami, ze kterých se vlivem pohybu jádra mazivo postupně uvolňuje. Vodící lišty a podložky jsou ukotveny ve formovací desce LP.

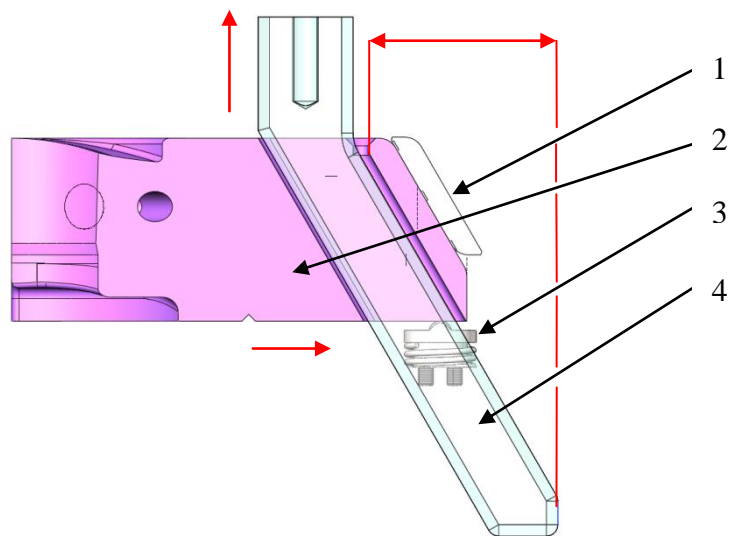


Obr. 66 Boční jádro s vodícími lištami a podložkami

1-boční jádro, 2- podložka, 3- vodící lišta

8.6.2 Ovládání bočního jádra

Jádro je ovládáno tahačem se šikmo zalomenou plochou, jejím působením na boční jádro se iniciuje jeho pohyb ve směru otevření. Otvor v jádru pro tahač musí být vyroben s vůlí. Zavření bočního jádra směrem do formy ovládá z počátku tahač a v konečné fázi pak jen opěrná podložka. Oba díly jsou ukotveny ve formovací desce PP. Nutný zdvih jádra by stačil pouze v rámci nejsilnější stěny tloušťky stěny, ale v bočním jádru je umístěn vtok, který se musí bezpečně oddělit. Dále pak musí vzniknout prostor pro stírací kroužek. Proto je zdvih navržen na 50mm. Na obr. 67 je za tahačem znázorněna pojistka bočního jádra.

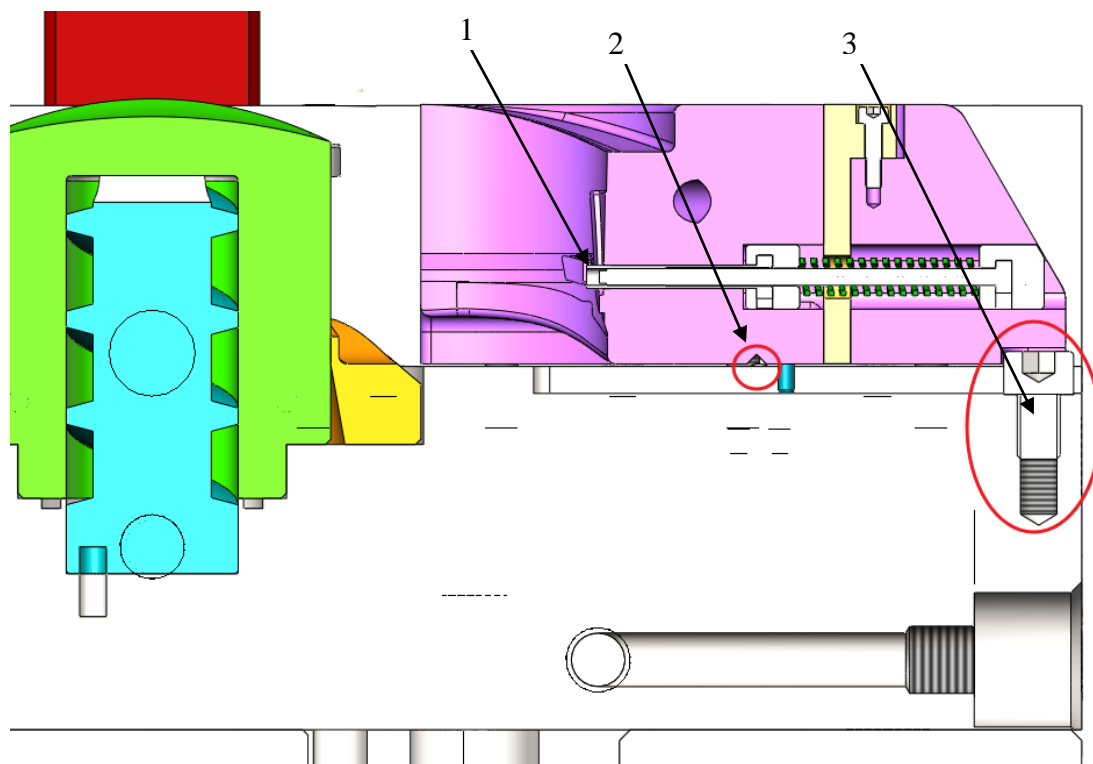


Obr. 67 Ovládání bočního jádra tahačem a podložkou (v řezu)

1- opěrná podložka, 2-boční jádro, 3-pojistka, 4- tahač

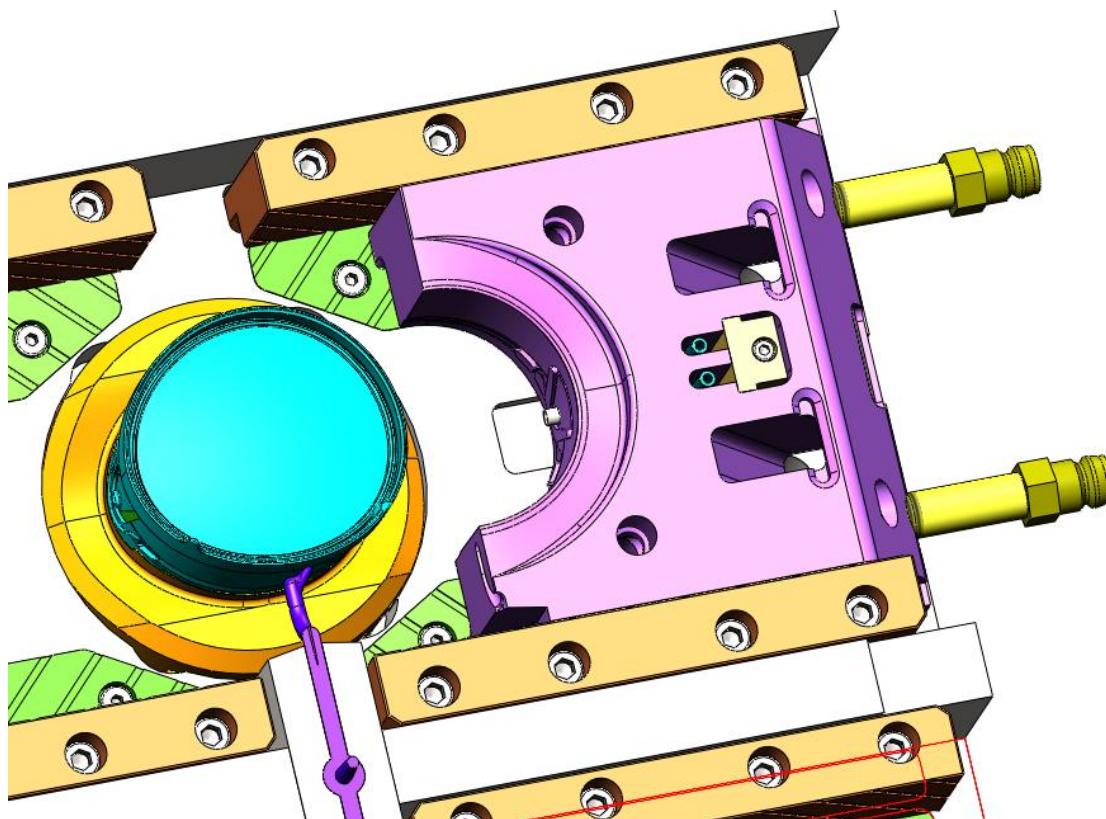
8.6.3 Koncová poloha bočního jádra

Koncová poloha musí být zajištěna pojistkou. Jedná se o pružinový mechanismus se západkou. V koncové poloze je na bočním jádru vyrobena drážka, do které zajede západka pojistky. Velikost pojistky, resp. velikost přídržné síly na pojistce je uvedena v katalogu. Ve formě jsou použity dvě západky na boční jádro. Dodatečně lze ještě boční jádro zajistit v koncové poloze šroubem – toto jednoduché řešení by bylo možné uplatnit při manipulaci (otáčení) samotné levé poloviny formy, tímto se dá zabránit vypadnutí jádra z formy. Na obr. 68 je rovněž znázorněna koncová poloha trubkového vyhazovače.



Obr. 68 Koncová poloha bočního jádra (v řezu)

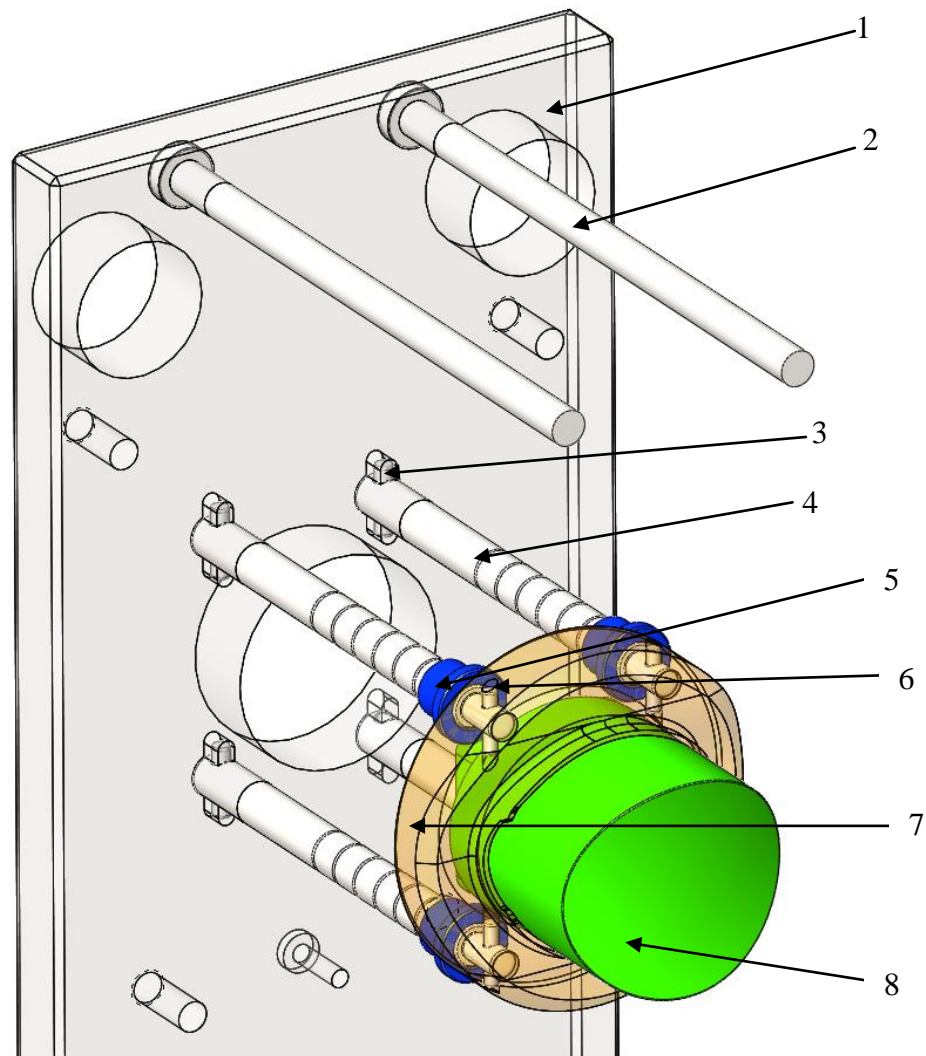
1-trubkový vyhazovač, 2-koncová plocha pojistky, 3-šroub



Obr. 69 Koncová poloha 3D pohled

8.7 Vyhazování výstřiku

Výstřiky jsou vyhazovány pomocí tvarového stíracího kroužku, k němuž jsou uchycena táhla (pomocí kolíčků s tolerancí H7/m6), která jsou pak upevněna s kotevní deskou (pomocí kolíčků H7/h6). Pro zlepšení kluzných vlastností a vymezení vůlí mezi tvárníkem a stíracím kroužkem jsou přidány kluzná pouzdra, která jsou zalisována do formovací desky (H7/k6). Lem pouzder může být po nalisování na výšku přefrézován, a může tak sloužit jako pevná dosedací plocha stíracího kroužku. Na táhlech jsou vyhotoveny drážky pro mazivo. Jako mechanická ochrana vyhazovacího paketu je použit vratný kolík, je to vlastně vyhazovač umístěný do dělicí roviny. Ten pak zajistí koncovou polohu vyhazovacích desek, při zavírání formy.



Obr. 70 Vyhazovací části formy

1-kotevní deska vyhazovací, 2-vratný kolík, 3-kolík, 4-táhlo, 5-pouzdro táhla, 6-kolík, 7-stírací kroužek, 8- tvárník

8.8 Odvzdušnění

Odvzdušnění je částečně realizováno přes dělicí rovinu a na trnu v bočním jádru. Dodatečně se může dělicí rovina přibrousit po odzkoušení formy.

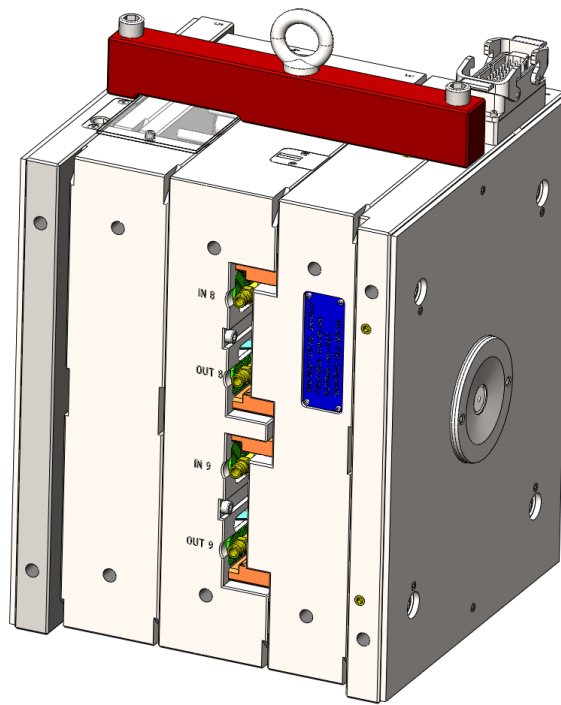
8.9 Rám formy

Rám byl zvolen dle normálií Meusburger, jednotlivé desky odpovídají katalogovým číslům uvedeným v kusovníku. Z velikosti rámu se pak určují ostatní prvky – nejen velikost vodících sloupků, pouzder a středících trubek, ale i šroubů nutných ke vzájemnému spojení desek. Ve formě jsou tahače bočních jader – u těchto forem platí zásada zabudovat do formy delší vodící kolíky, než jsou tahače jader. Důvodem je důležitá posloupnost najetí nejprve obou polovin formy vůči sobě a poté je řízen pohyb bočního jádra, pomocí tahačů.

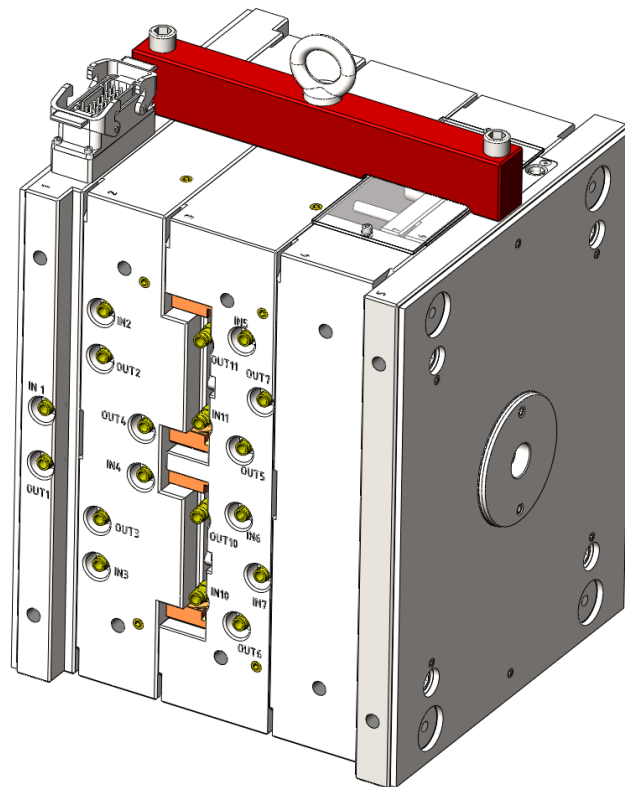
Rozměr formy je navržen: šířka 396, hloubka 496, výška 402,5. Na horní stranu formy je nad vyhazovacími deskami umístěn krycí díl z PMMA, který při skladování forem zabraňuje usazování prachu na kluzných částech vyhazovacího paketu. Na formě je ještě doplněno počítadlo cyklů a koncový spínač pro kontrolu koncové polohy vyhazovacích desek. Vyhřívaná tryska je spojena s konektorem, který je umístěn na horní straně formy.

K transportu formy jsou obě poloviny spojeny transportním můstkem opatřeným přenosovým okem. Umístění přenosového oka je spočítáno tak, aby forma byla v těžišti formy. Jednotlivé desky jsou poznačeny číslicemi, rovněž i jednotlivé temperanční okruhy. Každá deska nad 15 kg hmotnosti včetně rozpěrek musí být opatřena přenášecími závity, je to z důvodu manipulace formy na nástrojařském stole, při montáži formy. Z demontážních důvodů jsou v rozích a uprostřed desek frézované plochy jako prostor pro montážní páky.

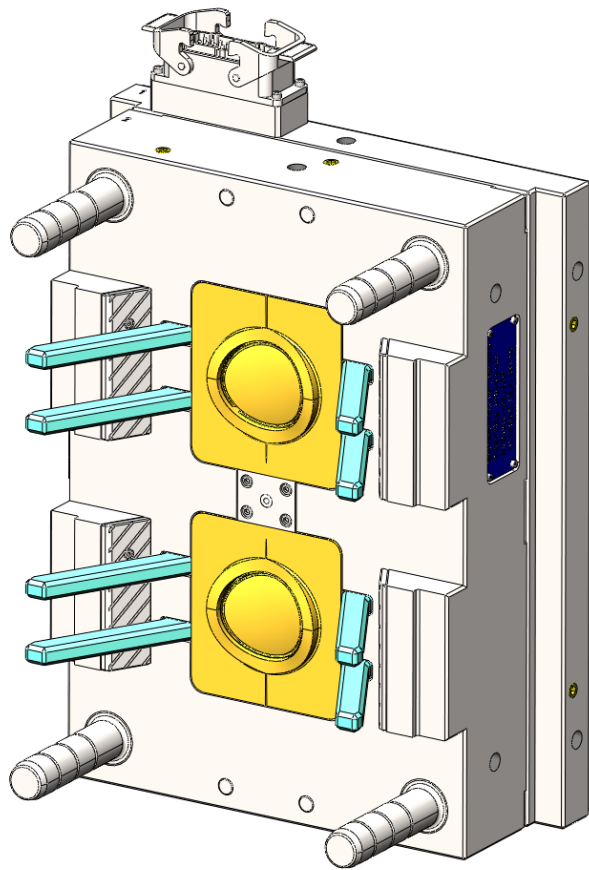
Forma je rovněž opatřena identifikačním štítkem, kde je uvedena váha formy, číslo dílu, skupina vstřikovaného materiálu a uzavírací síla vstřikovacího stroje.



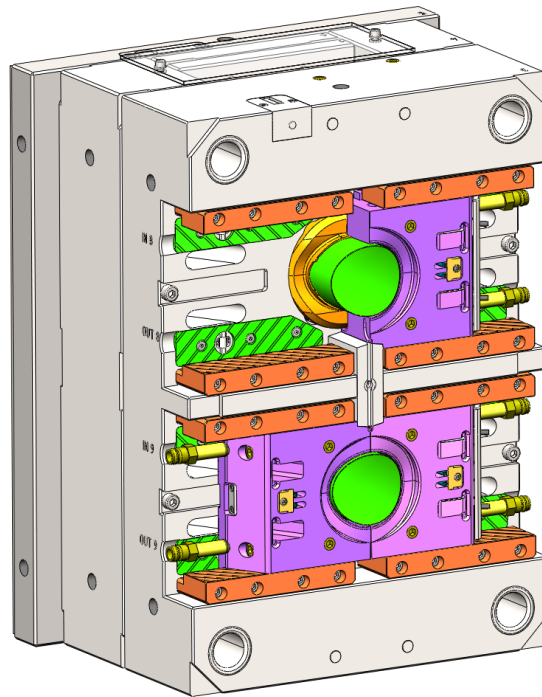
Obr. 71 Pohled na formu ze strany obsluhy



Obr. 72 Pohled na formu naproti straně obsluhy



Obr. 73 – 3D pohled na PP formy



Obr. 74 – 3D pohled na LP formy

9 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Na základě velikosti výrobku byl stanoven vstřikovací stroj Arburg 420C. Níže jsou popsány některé jeho technické parametry. V posledním sloupci jsou uvedeny hodnoty, které se týkají formy.

Tab. 4 Vybrané vlastnosti vstřikovacího stroje (5)

Uzavírací jednotka	jednotka	hodnota	forma
Uzavírací síla	max. kN	1000	.
Zavírací síla	max. kN	50	.
Otevírací síla	max. kN	35/250	.
Otevírací zdvih	max. mm	500	.
Min. výška forma	min. mm	250	402.5
Světlost	max. mm	750	.
Vzdálenost mezi sloupky	mm	420 x 420	396
Velikost upínacích desek (hor. x vert.)	mm	570 x 570	.
Hmotnost pohyblivé poloviny formy	max. kg	600	300
Vyhazovací síla	max. kN	40	
Vyhazovací zdvih	max. mm	175	
Vstřikovací jednotka	jednotka	hodnota	forma
Průměr šneku	mm	30 / 35 / 40	.
Poměr šneku	L/D	23,3 / 20 / 17,5	.
Zdvih šneku	max. mm	150	.
Vstřikovací objem	max. cm ³	106 / 144 / 188	35
Hmotnost výhozu	max. g PS	97 / 132 / 172	42
Vstřikovací tlak	max. bar	2500 / 2000 / 1530	.
Vstřikovací průtok	max. cm ³ /s	102 / 140 / 182	.
Protitlak	max. bar	350 / 200	.
Obvodová rychlost šneku	max. m/min	46 / 54 / 62	.
Krouticí moment šneku	max. Nm	320 / 380 / 430	.
Přítlačná síla trysky	max. kN	60	.

10 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Při návrhu bylo využito maximální podpory 3D katalogu Meusburger. Je snahou objednávat i polotovary desek, včetně všech normalizovaných dílců ve formě. Zvyšuje se tak rychlost samotné výroby formy.

Tvarové dutiny formy jsou otiskem 3D výstřiku. Smrštění bylo zvoleno 0,5%. Na jednu dutinu jsou dvě boční jádra, v jednom z nich se nachází vtokové ústí, které je odděleno od výstřiku během vyformování tvaru v bočním jádru.

Vtokový systém je v kombinaci studeného rozvodu s vyhřívanou centrální tryskou. Snahou je minimalizovat hmotnost vtokového zbytku. Průřez vtokového kanálu je lichoběžníkový zaoblený, v bočních jádrech je pak průřez kruhový. Hmotnost výstřiku je 20 gramů hmotnost vtokového zbytku je 2 gramy, při dvou násobné formě je procentuelní zastoupení odpadu 5%.

Temperace formy je zohledněna do všech tvarových částí formy. Forma má celkem 11 temperačních okruhů. Proti zabránění přestupu tepla mezi vstřikovacím strojem a formou jsou použity izolační desky.

Vyhazování je realizováno přes tvarový stírací kroužek ovládanými táhly. Vtokový zbytek je odformován pomocí centrálního vyhazovače.

Při porovnání velikosti rámu a vzdálenosti vodících sloupků vstřikovacího stroje je forma vhodná pro stroj Arburg 420C.

ZÁVĚR

V teoretické části byly popsány principy vstřikovacího stroje, princip vstřikování a jednotlivé části forem.

Úkolem bylo v praktické části vytvořit 3D model výrobku, následně dle tvarů výstřiku byly postupně vytvořeny modely tvarových částí, pak rám formy a ostatní prvky. Všechny normalizované dílce byly zabudovány do formy pomocí nadstavby 3D katalogu Meusburger, které jsou popsány v kusovníku. Současně bylo úkolem vytvořit opozicované řezy v sestavení formy. Tato dokumentace je součástí příloh této práce. 3D data a ostatní přílohy jsou uložena v PDF na Cd-disk. Kompletní návrh formy byl vytvořen v programu SolidWorks 2011. Z porovnání vlastností stroje Arburg 420C je forma pro tento typ stroje vhodná k provozu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **BOBČÍK, L. a kol.** *Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů*. Brno : Uniplast, 2. vyd. 1999.
2. **LENFELD, P.** Technologie II: Část II -Zpracování plastů. [Online] Technická univerzita Liberec - Fakulta strojní, katedra strojírenské technologie. http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm.
3. **ZEMAN, L.** *Vstříkání plastů*. Praha : BEN - technická literatura, 2009. 978-80-7300-250-3.
4. Engel. www.engel.com. [Online] http://www.engelglobal.com/engel_web/global/en/media/victory_en_2010.pdf.
5. Arburg. www.arburg.com. [Online]
6. **TOMIS, F.** *Základy gumárenské a plastikařské technologie* . Praha : SNTL, 1 . vyd. 1975. 414-33543.
7. Meusburger. www.meusburger.com. [Online]
8. KCDPV. <http://www.kcdpv.cz/category/plasty/page/2/>. [Online]
9. STÄUBLI. www.staubli.com. [Online]
10. LANXESS Inc. *Engineering Plastics: Part and Mold Design*. [Online] http://techcenter.lanxess.com/scp/americas/en/docguard/Part_and_Mold_Design_Guide.pdf?docId=77015.
11. **KREBS, J a SOVA, M.** *Termoplasty v praxi: praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů*. Praha : Verlag Dashöfer, 5. aktualizované vydání, 1999-2000. 80-8622915-7.
12. **ORYCON.** www.orycone.cz. [Online] <http://www.orycone.cz/rozvadece-orycon.html>.
13. MoldMasters. www.moldmasters.com. [Online]
14. Innomia. www.innomia.cz. [Online] <http://www.innomia.cz/sluzby/konformni-chlazení>.
15. HASCO. www.hasco.com. [Online]
16. Jan Svoboda. www.jansvoboda.cz. [Online]

17. KISTLER. *www.kistler.com*. [Online]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Tf	Teplota tečení.
Tm	Teplota taveniny
Tg	Teplota skelného přechodu.
3D-CAD	Computer Aided Design – projektování v prostor
CNC	Computer Numerical Control – technologický proces obrábění řízen počítačem
PVC	Polyvinylchlorid
PC/ABS	Slitina polykárbonátu/akrylonitrylbutadienstyren
PVD	Physical Vapour Deposition – fyzikální nanášení povlaku
CVD	Chemical vapor deposition – chemické nanášení povlaku
PACVD	Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition – chemické nanášení povlaku pomocí plazmy
IT	Třída přesnosti
PMMA	Polymethylmetakrylát

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Oblasti použití polymerních materiálů(2).....	13
Obr. 2 Vstřikovací stroj firmy Engel (4).....	16
Obr. 3 Řez vstřikovací jednotkou(2).....	17
Obr. 4 Uzavírací jednotka stroje (5)	18
Obr. 5 Vstřikovací cyklus (6)	19
Obr. 6 Náhled desek v katalogu firmy Meusburger(7).....	22
Obr. 7 Upnutí formy na stroji za pomoci stavitelné upínky(8).....	23
Obr. 8 Hydraulické upínání firmy STÄUBLI(9).....	23
Obr. 9 Bajonetové upínání firmy STÄUBLI(9).....	24
Obr. 10 Vodící prvky rámu (7)	25
Obr. 11 Využití lineárního kuličkového vedení ve vyhazovacím paketu (7).....	25
Obr. 12 Jiný typ kuličkového vedení v kombinaci pouzdra a klece s kuličkami (7).....	26
Obr. 13 Schéma studené vtokové soustavy – 3D pohled, pohled při vstřiku, pohled při vyformování (10)	27
Obr. 14 Vtoková vložka (2)	28
Obr. 15 Odstupňování vtokového kanálu (11).....	29
Obr. 16 Geometrie průřezů rozvodného kanálku (11).....	29
Obr. 17 Vtokové ústí (11).....	30
Obr. 18 Vhodnost umístění vtokového ústí (11).....	30
Obr. 19 Plný kuželový vtok (11)	31
Obr. 20 Bodové vtokové ústí (11)	32
Obr. 21 Tunelový vtok (11)	32
Obr. 22 Boční vtok (11).....	33
Obr. 23 Použití jednotlivých vtoků (11)	33
Obr. 24 Přidržovač vtoku (11)	34
Obr. 25 Vnější a vnitřní vytápění (10).....	35
Obr. 26 Horký rozvod trysek firmy Orycon (12).....	35
Obr. 27 Uspořádání rozvodných bloků firmy Orycon (12)	36
Obr. 28 Jehlově uzavíratelný vyhřívaný vtokový systém firmy MoldMasters(13).....	36
Obr. 29 Vliv rozmístění temperačních kanálů na tloušťku stěny výstřiku(11).....	38
Obr. 30 Možnosti provedení temperačních kanálů (11)	38
Obr. 31 Příklad konformního chlazení firmy Innomia (14).....	39

Obr. 32 Různé způsoby temperování úzkých tvárníků (11)	40
Obr. 33 Kruhový vyhazovač a kruhový osazený vyhazovač (10)	41
Obr. 34 Trubkový vyhazovač je zvláštním případem stírací desky (10)	41
Obr. 35 Stírací deska (10)	42
Obr. 36 Aretování vyhazovače (10)	42
Obr. 37 Pomocné vzduchové vyhazování (10)	43
Obr. 38 Boční jádro (10)	43
Obr. 39 Boční jádro umístěné do pravé poloviny formy, řízené pružinou (10)	44
Obr. 40 Jádro v kombinaci s vyhazovačem, pohyb dopředu a do boku (10)	44
Obr. 41 Rozpínací trn (10)	45
Obr. 42 Dvoustupňové vyhazování a jeho příklad použití (Hasco) (15)	46
Obr. 43 Odvzdušnění v dělicí rovině (10)	47
Obr. 44 Přibroušení ploch na kulatém vyhazovači (10)	47
Obr. 45 Odvzdušňovací skládané vložky firmy Svoboda (16)	47
Obr. 46 Indukční spínač koncové polohy (Hasco) (15)	48
Obr. 47 Tlakový snímač firmy Kistler a jeho příklad montáže (17)	48
Obr. 48 Teplotní snímač firmy Hasco a jeho příklad montáže (15)	49
Obr. 49 Počítadlo zdvihů (7)	49
Obr. 50 Datumové vložky (16)	50
Obr. 51 Pohled z horní a ze spodní strany výrobku	53
Obr. 52 Tvar dělicí roviny	54
Obr. 53 Fialové plochy – boční jádro	55
Obr. 54 Žluté plochy – vyhazovací oblast	55
Obr. 55 Tvárník a stírací vložka (v řezu)	56
Obr. 56 Kritická oblast v bočním jádru	56
Obr. 57 Schéma mechanického přetažení jádra v bočním jádru (v řezu)	57
Obr. 58 Tvarová vložka (vtoková strana- v řezu)	57
Obr. 59 Vtoková soustava	58
Obr. 60 Temperace vložky	59
Obr. 61 Temperace bočního jádra	60
Obr. 62 Temperace tvárníku pomocí dvouchodé spirálové věže (v řezu)	60
Obr. 63 Temperace formovací desky levé poloviny formy	61
Obr. 64 Temperace formovací desky pravé poloviny formy	61
Obr. 65 Temperace upínací desky pravé poloviny formy	62

Obr. 66 Boční jádro s vodícími lištami a podložkami	62
Obr. 67 Ovládání bočního jádra tahačem a podložkou (v řezu)	63
Obr. 68 Koncová poloha bočního jádra (v řezu)	64
Obr. 69 Koncová poloha 3D pohled	64
Obr. 70 Vyhazovací části formy	65
Obr. 71 Pohled na formu ze strany obsluhy.....	67
Obr. 72 Pohled na formu naproti straně obsluhy	67
Obr. 73 – 3D pohled na PP formy	68
Obr. 74 – 3D pohled na LP formy	68

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vliv plniv na vlastnosti polymeru (3).....	15
Tab. 2 Teplota taveniny a teplota formy(11)	37
Tab. 3 vybrané vlastnosti materiálu Lexan LS 1	53
Tab. 4 Vybrané vlastnosti vstřikovacího stroje (5).....	69

SEZNAM PŘÍLOH

P1 – materiálový list (Lexan LS1)

P2 – technická specifikace vstřikovacího stroje Arburg 420C

P3 – výkresová dokumentace (řez A-A, B-B, C-C, detail D)

P4 – výkresová dokumentace (Levá strana formy, pravá strana formy)

P5 – kusovník

P6- CD uložena 3D data (včetně všech příloh v elektronické podobě ve formátu pdf)