

Konstrukce vstřikovací formy

Bc. Petr Barlog

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr BARLOG**
Osobní číslo: **T09679**
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Připravte 3D model vstřikovacího dílu.
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
4. Návrh ověřte pomocí analýz.

Rozsah diplomové práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle zadání vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání diplomové práce: **14. února 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2011**

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

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

Diplomová práce je rozdělena do dvou hlavních částí. Na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části byla uvedena problematika kolem vstřikovacích forem se zaměřením na vyhřívané vtokové soustavy. Dále se práce zabývá všemi dalšími náležitostmi, které nepochybně patří do konstrukce formy.

Praktická část se dělí na další dvě části, v nichž první je zaměřena na konstrukci formy a druhá na tokové analýzy. V sekci konstrukce formy je popsána funkce a princip formy. V druhé sekci jsou vyjádřeny tokové výsledky.

Klíčová slova: Vstřikování, vstřikovací forma, analýza

ABSTRACT

The graduation theses is divided into two main parts. Part of a theoretical and practical. In the theoretical part is specified problems about injection molds, focusing on hot runner system. There is also dealt another appurtenances, which undoubtedly belongs to the mold design.

The practical part is further divided into two parts, the first is focused on the design mold and the second section is focused on flow analyses. In design mold section is described the function and principle of mold. In the second section are presented the results of flow

Keywords: Injection molding, injection mold, analysis

Poděkování:

Nejprve bych chtěl poděkovat celému Ústavu výrobního inženýrství a Fakultě technologické za odbornou přípravu a poskytnutí cenných softwarů, bez kterých bych se při sestavení mé diplomové práce neobešel.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D za odborné vedení při vypracování diplomové práce, za trpělivost a čas, který si pro mě našel.

Také bych chtěl poděkovat Ing. Štěpánu Šandovi za cenné rady v oblasti tokových analýz.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové 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	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ	13
1.2.1 Údaje o vstřikovacím stroji	14
1.2.2 Vstřikovací jednotka	14
1.2.3 Uzavírací jednotka	15
2 KONSTRUKCE FOREM.....	16
3 KLASIFIKACE FORMY PODLE DODÁVÁNÍ TAVENINY.....	17
3.1 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM.....	17
3.1.1 Dvou deskový studený vtokový systém.....	17
3.1.2 Třídeskový studený vtokový systém.....	17
3.2 BEZODPADOVÉ VTOKOVÉ SOUSTAVY FOREM	19
3.2.1 Formy s izolujícími rozváděcími kanály.....	19
Formy s izolujícími rozváděcími kanály běžné konstrukce.....	19
3.2.2 Formy s ohřívanou vtokovou soustavou	23
Vtokové soustavy s vnějším ohříváním rozvodu	23
4 TEMPERAČNÍ SYSTÉM FOREM	38
4.1 USPOŘÁDÁNÍ TEMPEROVACÍCH KANÁLŮ	38
5 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ	46
5.1 VYHAZOVÁNÍ POMOCÍ VYHAZOVACÍCH KOLÍKŮ.....	47
5.2 VYHAZOVÁNÍ POMOCÍ STÍRACÍ DESKY A STÍRACÍCH KROUŽKŮ.....	47
5.3 TRUBKOVÉ VYHAZOVAČE	49
5.4 ODFORMOVÁNÍ POMOCÍ ŠIKMÝCH POSUVNÝCH ČELISTÍ	49
5.5 PNEUMATICKÉ VYHAZOVÁNÍ.....	50
5.6 HYDRAULICKÉ VYHAZOVÁNÍ	51
6 RÁMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	52
II PRAKTICKÁ ČÁST	53
7 STANOVENÍ CÍLŮ	54
8 KONSTRUKCE FORMY	55
8.1 NÁVRH VÝROBKU.....	55
8.2 ZAFORMOVÁNÍ A ZPŮSOB ODFORMOVÁNÍ	56
8.3 VTOKOVÝ SYSTÉM	59
8.4 TEMPERACE FORMY	60
8.5 VYHOZENÍ VÝSTŘIKU	63
9 SIMULAČNÍ ANALÝZY	65

9.1	ZVOLENÝ MATERIÁL	65
9.2	SÍŤ 65	
9.3	ZVOLENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	67
9.4	TRAJEKTORIE VTOKOVÉHO SYSTÉMU A TEMPERACE	67
9.5	PROCESNÍ PODMÍNKY	68
10	VÝSLEDKY ANALÝZ GENEROVANÉ Z 2,5D SÍŤE.....	69
10.1	ANALÝZA VHODNOSTI UMÍSTĚNÍ VTOKU	69
10.1.1	Umístění vtoku pro madlo.....	69
10.1.2	Umístění vtoku pro kbelík.....	69
10.2	ANALÝZA PLNĚNÍ	70
10.2.1	Čas plnění.....	70
10.2.2	Tlak v době přepnutí	71
10.2.3	Teplota na čele taveniny.....	72
10.2.4	Rychlost smykové deformace	73
10.2.5	Průběh uzavírací síly stroje	74
10.2.6	Vzduchové bubliny	75
10.2.7	Studené spoje	75
10.3	ANALÝZA CHLAZENÍ	76
10.3.1	Teplota chladících okruhů.....	76
10.3.2	Reynoldsovo číslo	76
10.3.3	Čas potřebný k vyhození výstřiku.....	77
10.3.4	Efektivita odvodu tepla	77
10.4	ANALÝZA DEFORMACÍ.....	78
10.4.1	Celková deformace.....	79
10.4.2	Deformace vlivem teploty.....	79
10.4.3	Deformace vlivem smrštění materiálu	80
11	VÝSLEDKY ANALÝZ GENEROVANÉ Z 3D SÍŤE.....	81
11.1	ČAS POTŘEBNÝ K VYHOZENÍ VÝSTŘIKU	81
11.2	ZATUHNUTÉ VRSTVY POLYMERU.....	81
11.3	TEPLOTA PO VSTŘIKOVACÍM CYKLU.....	82
12	DISKUZE VÝSLEDKŮ	83
	ZÁVĚR	85
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	86
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	88
	SEZNAM OBRÁZKŮ	89
	SEZNAM TABULEK.....	92
	SEZNAM PŘÍLOH.....	93

ÚVOD

Vstřikování plastů dnes zaujímá podstatné místo ve výrobě plastových dílů. Tato technologie se používá k výrobě většiny plastových dílů. Je to dáno tím, že dnes se dá vyrobit jakýkoli výrobek o různé složitosti a velké palety barev. Polymerní výrobky mají širokou použitelnost díky svým mechanickým, fyzikálním a chemickým vlastnostem v našem každodenním životě.

Nástrojem vstřikovacího stroje je vstřikovací forma. Vstřikovací forma bývá jedinečná pro každý výrobek. Návrh vstřikovací formy často paralelně ovlivňují simulační analýzy. Pro konstruktéra by tokové analýzy měli být výchozí pro výrobu kvalitních výrobků. Tak se ušetří čas a finance spojené s případnými nedostatky formy. Desky a normálie formy bývají sestaveny stavebnicovým systémem. Nejsložitější bývá vyrobit dutinu formy.

Konstrukční řešení formy může mít několik podob. V tomto případě bude navrhováno konstrukční řešení pro kbelík, ve kterém bude umístěno madlo. Výrobek se bude muset odformovat na jeden zdvih. Po vyjmutí z formy bude madlo umístěno v kbelíku tak, aby bylo funkční a nedalo se z kbelíku vyjmout.

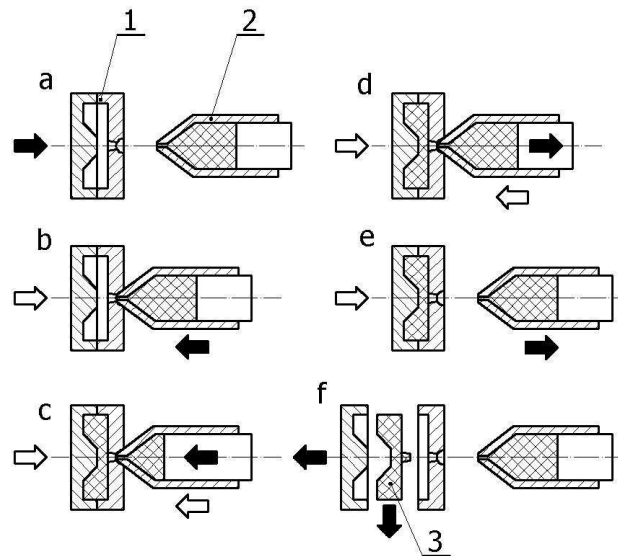
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování plastů je termodynamický cyklický tvářecí proces. Materiál je pro vstřikování dodáván ve formě granulátu. Mohou být přírodní barvy (zpravidla čiré nebo průhledné) nebo probarvené. Barvení je též možno přidáním granulovaného barviva (1 - 3 %) do nebarveného granulátu při nabírání plastu do plastikační jednotky. Granulát je připraven v násypce, kde je plast zpravidla nutno zbavit vlhkosti (vysušit při teplotě do 150 °C). Z násypky je granulát nabírán šnekem stokovacího stroje do plastikační jednotky, kde je nahříván na požadovanou vstřikovací teplotu (150 °C - 400 °C). Po nahřátí v plastikační jednotce je tavenina vstříknuta vysokým tlakem (až 250 MPa) do vstřikovací formy (nástroje). Nástroj je zpravidla nutno chladit (temperovat) na provozní teplotu (cca 20 °C - 150 °C). Při vstřikování je nutné, aby z nástroje včas unikly všechny plyny a dovolily zaplnění nástroje hmotou. Pro odvodušnění by měly postačovat vůle v pohyblivých částech nástroje a dělících rovinách (v opačném případě nutná výroba zvláštních odvodušnění). Čas vstřikování bývá řádově v sekundách. Okamžitě po vstříknutí taveniny do formy následuje dotlak (ten nebývá vždy nutný, zvláště u tenkostěnných a malých výstřiků nebo u dutin plněných expandujícím materiálem. Po vstříknutí je nutný čas ochlazení (tato fáze je zpravidla nejdelší). Po tom se forma otevře a díl je vyjmut z nástroje pomocí vyhazovačů. Výstřik vypadává buď přímo na pás, nebo je odebírán automatem. Souběžně s ochlazováním dílu v nástroji již šnek nabírá otáčením nový materiál pro další cyklus. [7]

1.1 Vstřikovací cyklus

Tavenina se připraví v tavící komoře vstřikovací jednotky a je vstříknuta do formy, kde zatuhne (eventuelně zesítuje). Vstřikovací cyklus je znázorněn na Obr. č. 1. Nejdříve dojde k uzavření vstřikovací formy **1** (a), vstřikovací jednotka je zde ve výchozí poloze. Vstřikovací jednotka **2** se poté přisune a dosedne na uzavřenou formu **1** (b). Po dosednutí nastává vstřikování taveniny (c). Po naplnění dutiny formy taveninou začíná její tuhnutí, po čase pak postupné doplňování formy (d). Ve formě pak pokračuje tuhnutí bez tlaku. Následuje odsun vstřikovací jednotky do výchozí polohy (e). Po ztuhnutí nastává otevření formy (f) a vyhození výstřiků. Ve vstřikovací jednotce zatím probíhá příprava taveniny. Forma i vstřikovací jednotka jsou ve výchozí poloze a celý cyklus se může opakovat. [1]



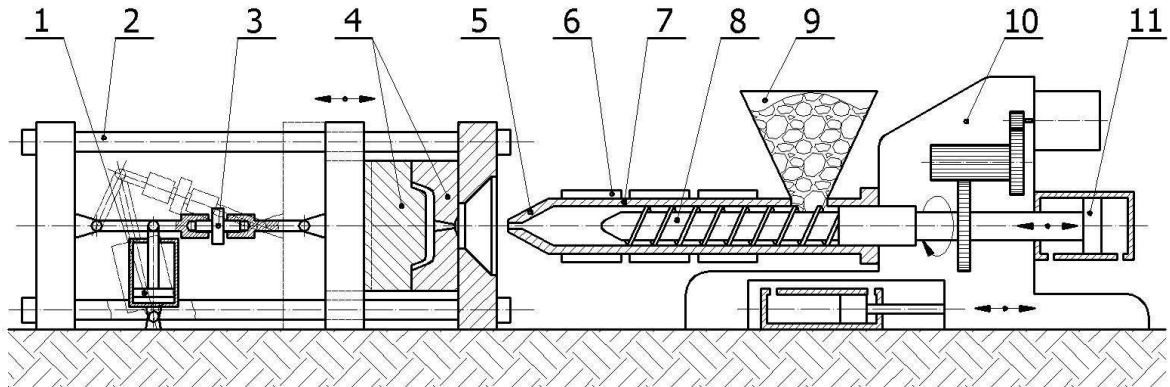
Obr. 1. Vstřikovací cyklus

1.2 vstřikovací stroj

V současné době existuje velký počet různých konstrukčních řešení vstřikovacích strojů, které se liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje. [1]

V dřívějších dobách se stavily především hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje (Obr. 2.), většinou stavebnicového uspořádání s různým stupněm elektronického řízení. Modulární řešení je uplatňováno jak v oblastech řízení hydrauliky, tak i u vstřikovacích a uzavíracích jednotek. Jejich vzájemnou kombinací se dosáhne optimální konfigurace vstřikovacího stroje s ohledem na požadavky zákazníka. [1]



Obr. 2. Vstřikovací stroj[6]

1 – uzavírací hydraulický válec, 2 – vodící sloupy, 3 – uzavírací mechanismus, 4 – vstřikovací forma, 5 – vstřikovací tryska, 6 – topná tělesa, 7 – pracovní válec, 8 – šnek, 9 – násypka, 10 – převodová skříň, 11 – vstřikovací píst.

1.2.1 Údaje o vstřikovacím stroji

Typ stroje se zpravidla určuje na základě znalostí strojního vybavení vstřikovny a kapacitního vytížení strojů. [3]

Pro volbu stroje jsou rozhodující následující parametry:

- uzavírací síla,
- vstřikovací tlak (MPa)
- plastikační výkon (kg/h),
- max. zdvihový výkon šneku, redukováný na 100 MPa (cm^3),
- max. plošný obsah výstřiku (cm^2). [3]

1.2.2 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravené taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby. [1]

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracováváný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásma. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Současně ho odtlačuje do zadní polohy. [1]

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínkou správné funkce. [1]

1.2.3 Uzavírací jednotka

Vstřikovací stroje mají nosnou konstrukci obvykle sloupovou. Menší stroje mívají konstrukci dvou-sloupovou, větší čtyř-sloupovou. [2]

Otevření a bezpečné uzavření formy zajišťuje uzavírací ústrojí. Potřebná uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, respektive na velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstřikovacího tlaku. Uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu má rozhodující vliv na těsnost formy. [2]

Podle druhu pohonu lze dělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulicko-mechanickou a elektromechanickou. [2]

Hydraulická uzavírací ústrojí mají uzavírací rychlost řízenou uspořádáním a ovládním hydraulického obvodu. U hydraulicko-mechanického uzavíracího ústrojí bude rychlost uzavírání dána kinematickým uspořádáním mechanismu, což umožňuje docílení minimálních dosedacích rychlostí. Při konstrukci elektromechanických uzavíracích ústrojí se využívá zkušeností z konstrukce obráběcích strojů. Jejich výhodou je jednoduché ovládní a příznivá spotřeba energie. [2]

2 KONSTRUKCE FOREM

Vstřikovací forma je složitý nástroj, sestávající se ze dvou hlavních částí. První část je dutina formy, do které palstikační jednotka vstřikuje roztavený polymer, který pak po zchlazení ve formě temperačním systémem vytvoří konečný tvar výrobku za zachování jeho mechanických vlastností. Tvarová část formy bývá vyrobitečně nesložitější částí, zhotovená z kvalitnějšího materiálu, a tudíž i nejdražší. Druhá část je konstrukční systém, který bývá zpravidla podobný u všech forem. Ten se dá objednat u typizovaných výrobců a následně sestavit jako stavebnice. [6]

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí. [1]

Vstřikovací formy musí splňovat tyto základní požadavky:

- obsahovat jádro a dutinu formy, které definuje tvar dílce, který se bude vytvářet,
- poskytnout prostředky pro taveninu, která je dodávána z vstřikovacího stroje do tvarové dutiny,
- působit jako tepelný výměník, který bude:
 - ochlazovat díl rychle,
 - ochlazovat díl rovnoměrně,
- zajistit vyhození výstřiku z formy,
- vytvořit strukturu, která bude odolávat vnitřním tlakům taveniny, které mohou potenciálně být vyšší než 200 MPa tlakové síly uzavírací jednotky, která může přesáhnout tisíce tun,
- ve vícenásobných formách poskytnout rovnoměrnost do každé dutiny od rozměrů, dodávání taveniny až po chlazení. [8]

3 KLASIFIKACE FORMY PODLE DODÁVÁNÍ TAVENINY

Formy jsou obvykle popisovány jako kombinace jejich vtokových systémů a vyhazovacím systémem. Nyní toto téma bude zaměřeno na klasifikaci a diskuzi forem ve vztahu jejich vtokových systémů, které mají zásadní vliv význam pro vznik plastového dílce. [8]

Ve velmi širokém smyslu můžou být formy klasifikovány jako formy se studeným vtokovým systémem nebo horkým vtokovým systémem. Studený vtokový systém se dělí pak na dvou nebo tří deskový systém. Popis horkého systému forem je složitější a obecně zahrnuje dvě základní složky a to jsou horký rozváděcí blok a horkou trysku. Tyto součásti jsou buď vytápěné, nebo dobře vedou teplo nebo jsou dostatečně zaizolované. [8]

3.1 Studený vtokový systém

Pro termoplastické materiály studený vtokový systém je umístěn ve formě, v níž je studený vtokový systém následně po vstříknutí ochlazen a vyhozen společně s dílcem (díly) během každého vstříkovacího cyklu. [8]

3.1.1 Dvou deskový studený vtokový systém

Tento typ vtokového systému je nejzákladnější a nejběžnější typ forem. Je to nejjednodušší a nejlevnější na výrobu, také je nejsnadnější pro obsluhu v porovnání s horkým systémem. Forma má jednu dělicí rovinu, která se otevře při každém cyklu vstříkování umožňující vyhození vtokového zbytku a vstříkovaného dílce. Vtoková vložka se připojí na dělicí rovinu a ta buď plní taveninou přímo dutiny formy, nebo podle násobnosti formy se rozbíhá do více dutin. [8]

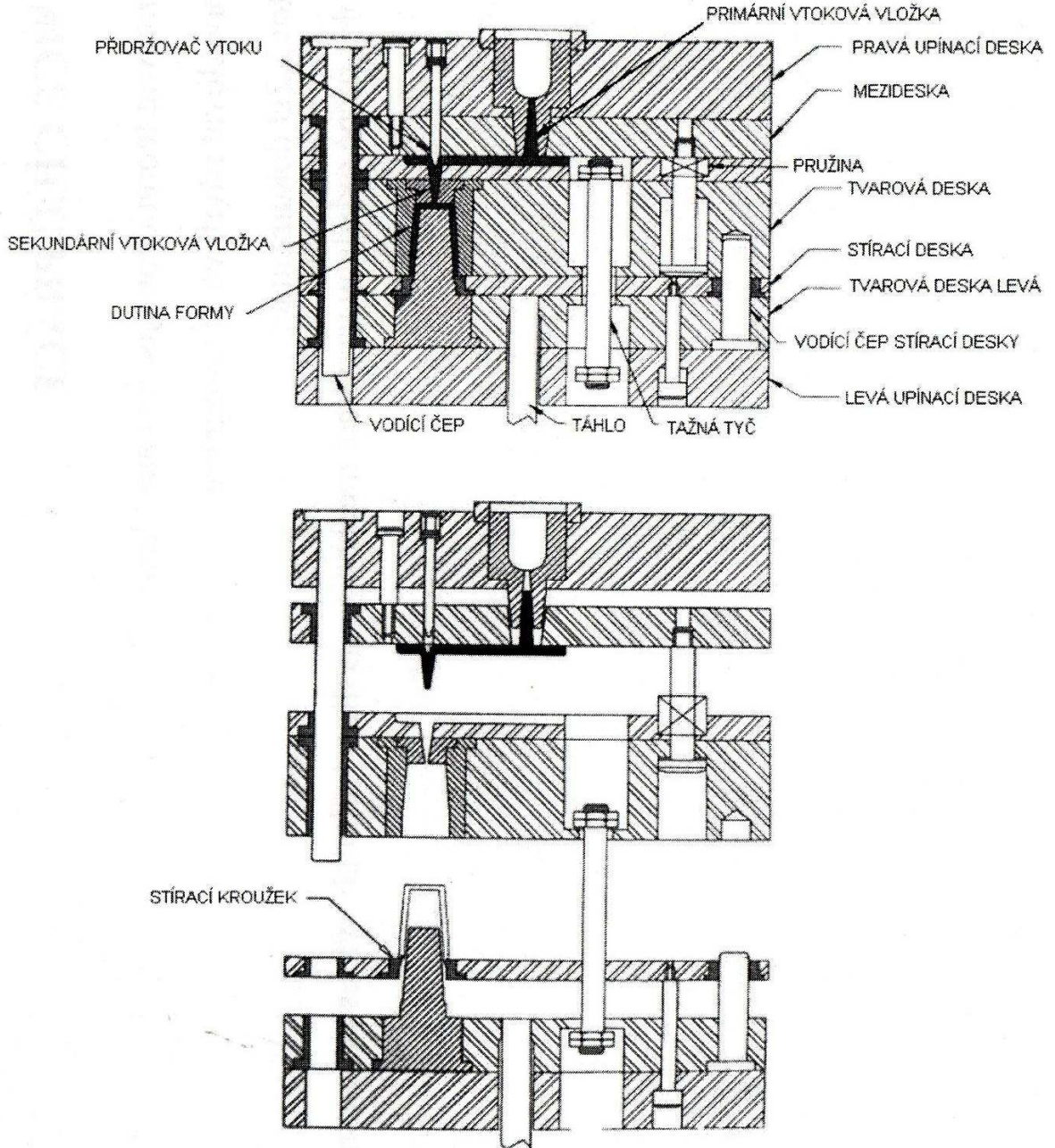
V jednonásobné formě je umístění vtokové vložky zpravidla do středu tvarové dutiny. Toto bývá zpravidla typické pro díly, jako je např. kbelík. [8]

Nevýhodou toho systému je vtokový zbytek, který zůstane na dílci po vyhození z formy. Tento přebytek se musí přinejmenším odstříhnout, lépe pak zabrousit místo vtoku. [8]

3.1.2 Třídeskový studený vtokový systém

Hlavní výhodou tří deskového systému oproti dvou deskovému je to, že vtokové ústí není omezeno na obvod části dutiny. Ve srovnání s horkým systémem tří deskové formy mají nízké výrobní náklady, poměrně snadno ovladatelné, mají rychlý rozjezd a vyžadují méně dovednosti dělníků. [8]

Tří desková forma má druhou dělicí rovinu umístěnou za tvarovou deskou formy. V této dělicí rovině umožňuje tavenině téct v rámci dutiny formy do libovolné polohy tvarové, či tvarových dutin formy. [8]



Obr. 3. Třídeskový systém formy – odformování dílu[8]

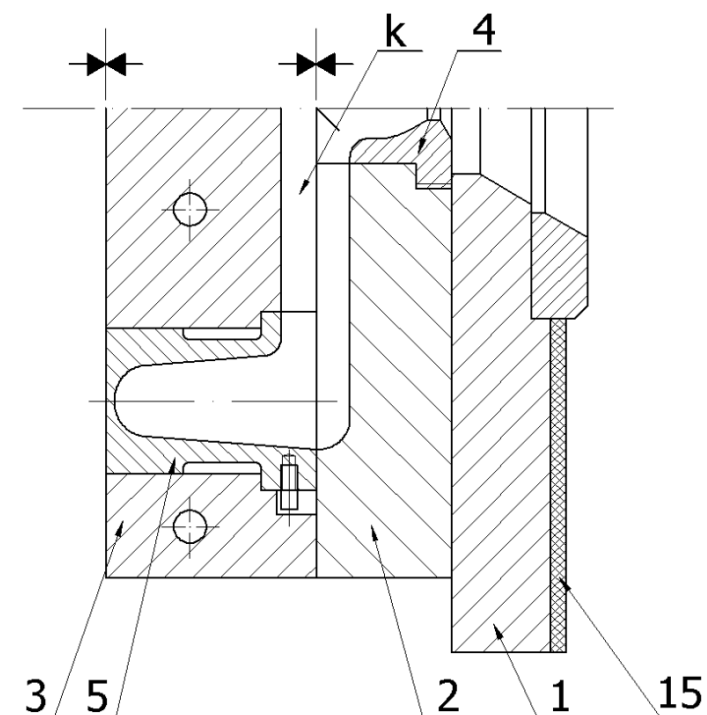
3.2 Bezodpadové vtokové soustavy forem

Neustálá snaha po co nejvyšší automatizaci a mechanizaci vstřikovacích procesů a navíc stále stoupající ceny plastů donutily konstrukční kanceláře vyvíjet vstřikovací systémy s minimálními nároky na dodatečné opracování výstřiků a s minimálním vtokovým zbytkem. V důsledku toho se začaly objevovat formy bez vtokových zbytků, tj. formy s technikou bezodpadového vstřikování. Pod pojmem „bezodpadové vstřikování“ se rozumí takový systém vstřikování, při kterém nevzniká mezi jednotlivými vstřikovacími cykly vtokový zbytek. [3]

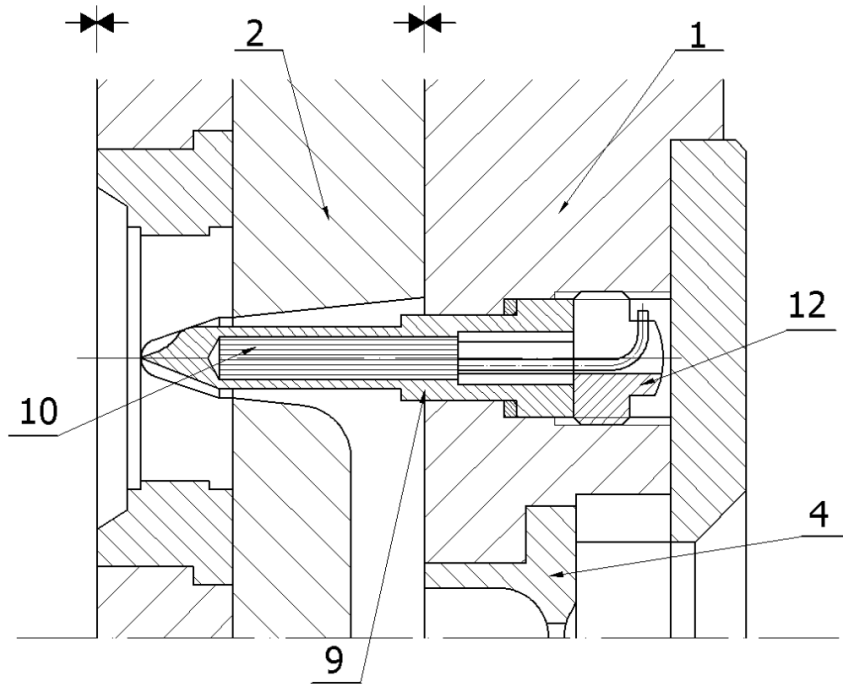
3.2.1 Formy s izolujícími rozváděcími kanály

Formy s izolujícími rozváděcími kanály běžné konstrukce

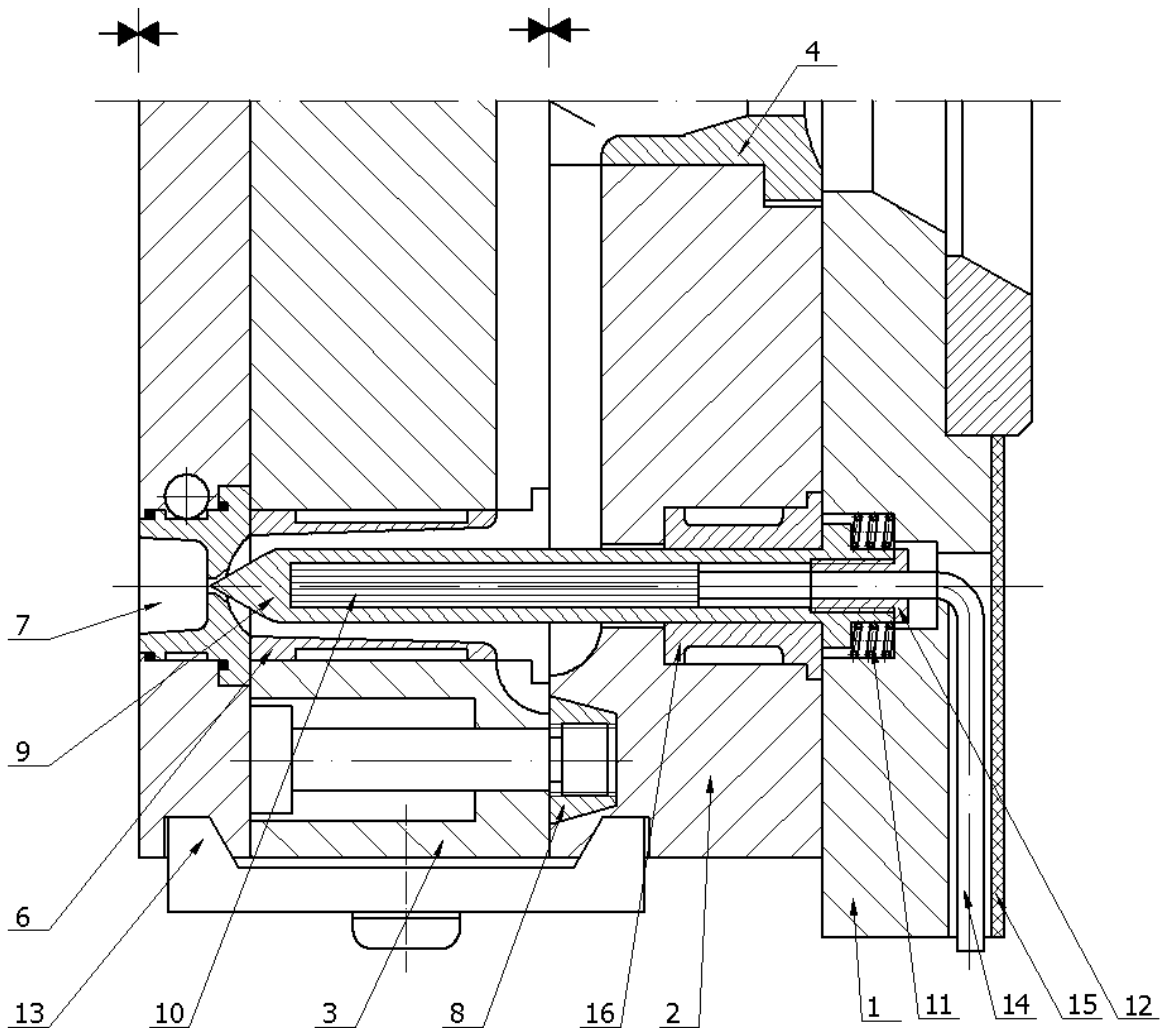
Mají rozváděcí bloky pracující s teplotami nižšími, než je bod tavitelnosti zpracovávaného plastu. Rozváděcí kanály *k* (viz obr. 14a) vedoucí k jednotlivým tvářecím dutinám formy mají velký průřez (až přes 50 mm²). Proudící tavenina se na chladných stěnách kanálu ochlazuje a vytváří tepelně izolující vrstvu ztuhlého plastu ve formě trubky. Uvnitř této trubky proudí horký plast. V místě kuželovitého ústí vtoku plast rychle ztuhne a při vyhození výstřiku se vtok oddělí. Při dalším vstřiku se ústí vtoku horkou taveninou pod vstřikovacím tlakem opět otevře. [3]



Obr. 4. Forma s izolujícím rozváděcím kanálem bez ohřivaného ústí vtoku[3]



Obr. 5. Forma s izolujícím kanálem s ohřivaným ústím vtoku[3]



Obr. 6. Forma s izolujícím rozváděcím kanálem s ohřivaným uzavíratelným ústím vtoku[3]

1 – upínací deska, 2,3 – rozváděcí desky, 4 – vtoková vložka, 5 – trysky, 6 – předkomorová vložka, 7 – tvárnice, 8 – vyhazovací vtokové větve, 9 – torpédo, 10 – válcové topné těleso, 11 – pružina torpéda, 12 – zarážka torpéda, 13 – svorka, 14 – přípojka elektrického vedení, 15 – izolační deska, 16 – vodící pouzdro torpéda, k – rozvodný kanál.

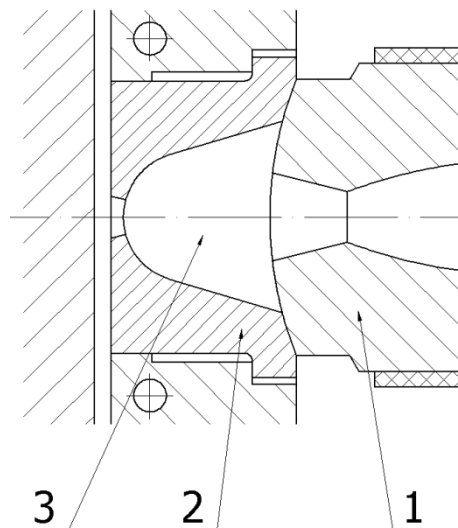
Přednosti této konstrukce formy:

- relativně nízké náklady na výrobu,
- nižší spotřeba energie (nejsou přídavná topení),
- nepodléhá znatelným vlivům roztažnosti (roztážnost neovlivňuje funkci)
- velmi dobrá těsnost proti unikání taveniny,
- nepotřebuje regulační přístroje k řízení teploty formy,
- snadný a jednoduchý přechod na jiný druh nebo barvu plastu.

System má však i řadu nevýhod, například:

- časově omezené vstřikovací cykly; doba mezi dvěma vstřiky nemá být delší než 20 s,
- vyžaduje nepřetržitý provoz; při delším cyklu (nad 20 s) nebo při krátkodobém přerušení může částečně ztuhlá tavenina vniknout do formy a negativně ovlivnit kvalitu výstřiků,
- při delším přerušení (již po několika minutách) ztuhne tavenina v celém průřezu rozváděcího kanálu; proto musí být formy konstruovány tak, aby se daly snadno a rychle přímo ve vstřikovací stroji rozvírat a ztuhlá vtoková větev vyjímat,
- vstřikovaný plast má mít široký rozsah zpracovatelských teplot; u plastů s vyšším bodem tavitelnosti se projevuje nedostatečná izolační funkce,
- při větším kolísání vstřikovacích teplot ve vstřikovací jednotce stroje dochází ke strhávání plastu z izolující vrstvy teplejší taveninou; plast může být delším pobytem v rozváděcím kanálu tepelně degradován. Opět je tu možnost negativního vlivu na kvalitu výstřiku. [3]

Použití principu izolujícího kanálu u jednonásobné formy ukazuje obr. 7. Izolující kanál zde zastupuje tzv. předkomora.



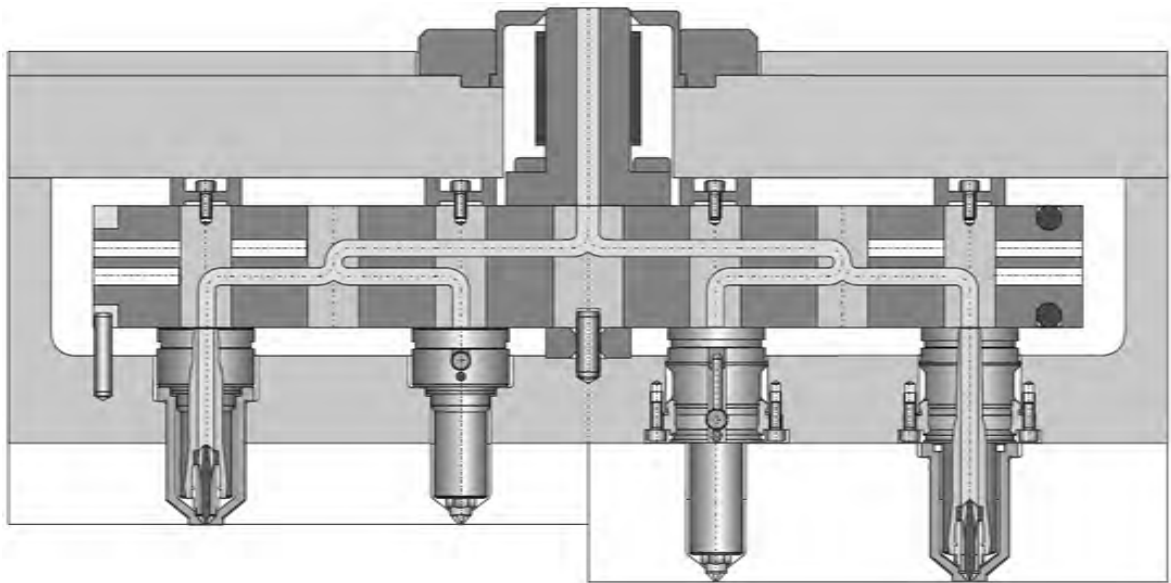
Obr. 7. Jednonásobná forma s izolujícím kanálem[3]

1 – tryska vstřikovacího stroje, 2 - vtoková vložka s předkomorou, 3 – předkomora

3.2.2 Formy s ohřívanou vtokovou soustavou

Vtokové soustavy s vnějším ohříváním rozvodu

Nejobvyklejším řešením je uložení rozváděcích kanálů do ohřívaného rozváděcího bloku nebo desky. Rozváděcí blok (může mít tvar hranolu, desky, kříže, písmena H nebo X) je vložen mezi tvarovou a upínací desku formy. Jsou v něm vyvrtány rozváděcí kanály, kterými proudí tavenina. Teplo, přiváděné do bloku topnými elementy, vstupuje do taveniny stěnami rozváděcího kanálu. [3]



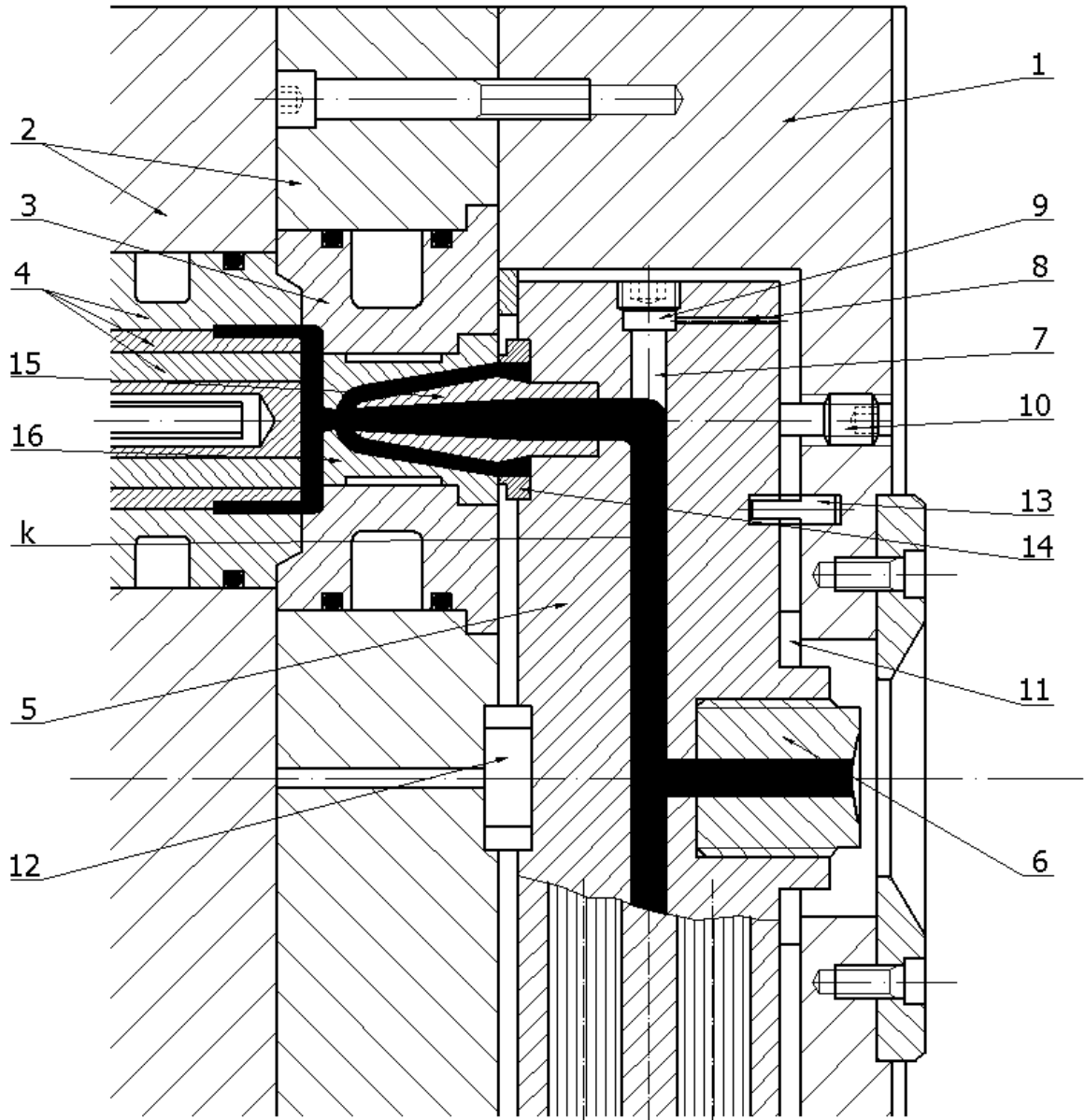
Obr. 8. Horký rozváděcí blok

Zvolená teplota rozváděcího bloku se reguluje různými systémy regulačních přístrojů pomocí snímačů teploty. Pro tyto vtokové soustavy existuje celá řada konstrukčních řešení ústí vtoku. Mohou se rozdělit do tří skupin:

- ohřívané ústí vtoku,
- ohřívané otevřené ústí vtoku,
- uzavíratelné ústí vtoku. [3]

Vtokové soustavy s otevřeným ústím vtoku

Nejčastěji se používá tepelně vodivé trysky s předkomorou. Jednoduchá konstrukce takové formy je na obr. 9. :



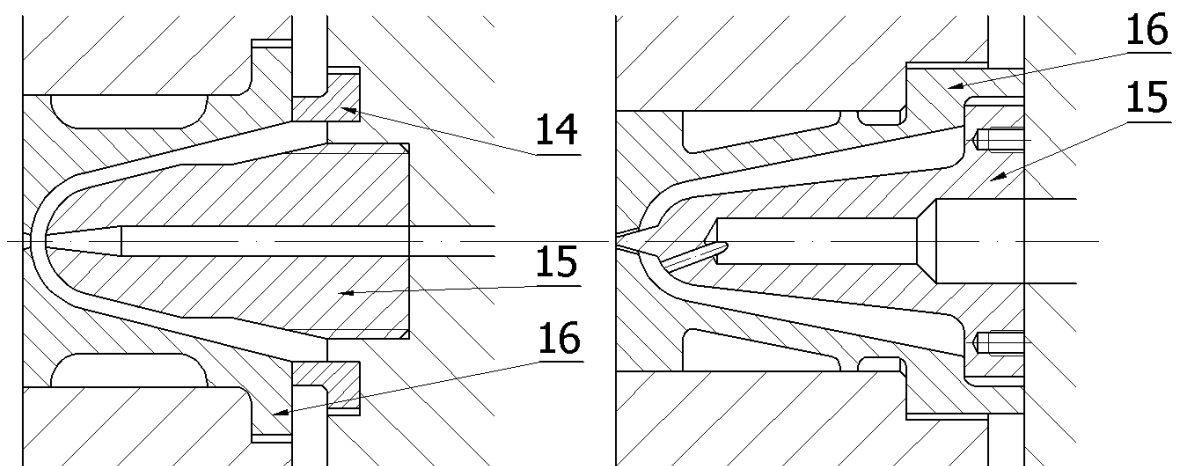
Obr. 9. Forma s bezodpadovou vstříkovací soustavou s otevřeným ústím vtoku[3]

1 – upínací deska, 2 – kotevní deska, 3 – tvárnice, 4 – tvárník, 5 – rozváděcí blok, 6 – vtoková vložka, 7 – zátka, 8 – pojistný kolík, 9 – uzavírací šroub, 10 – přítlačný šroub, 11 – přítlačný kroužek, 12 – středící kroužek bloku, 13 – polohový čep, 14 – těsnící kroužek, 15 – tepelně vodivá tryska, 16 – předkomorová vložka, k – rozváděcí kanál[3]

V rozváděcím bloku jsou vyvrtány rozváděcí kanály, na koncích uzavřeného zátkami a uzavíracími šrouby. Zátka vytváří v rozváděcím kanálu oblouk pro příznivější tok plastu a zabraňuje vytváření tzv. mrtvých koutů, kde by plast bez pohybu tepelně degradoval. Proti

pootočení je jištěna kolíkem. Rozváděcí blok je k ústím vtoků přesně orientován středícím kroužkem a dvěma polohovými čepy. Pevný a těsný dosed rozváděcího bloku na předkomorové vložky a tepelně vodivé trysky zajišťují těsnicí kroužky a přítlačné šrouby umístěné proti ústí vtoku.[3]

Jednoduché provedení trysky se závitem je patrné z obr. 10. Je vyrobena ze slitiny mědi s vysokou mechanickou pevností při vyšších teplotách (obvykle z berylliové mědi — CuBe nebo CuBeCo). Zasahuje do tvarem odpovídající dutiny předkomorové vložky. Horká tryska je od podstatně chladnější předkomorové vložky izolována vrstvou plastu, který do dutiny vnikne při prvním vstříku.[3]



Obr. 10. *Tepelně vodivá tryska upevněná v rozváděcím bloku a tepelně vodivá tryska s plochým dosedem*[3]

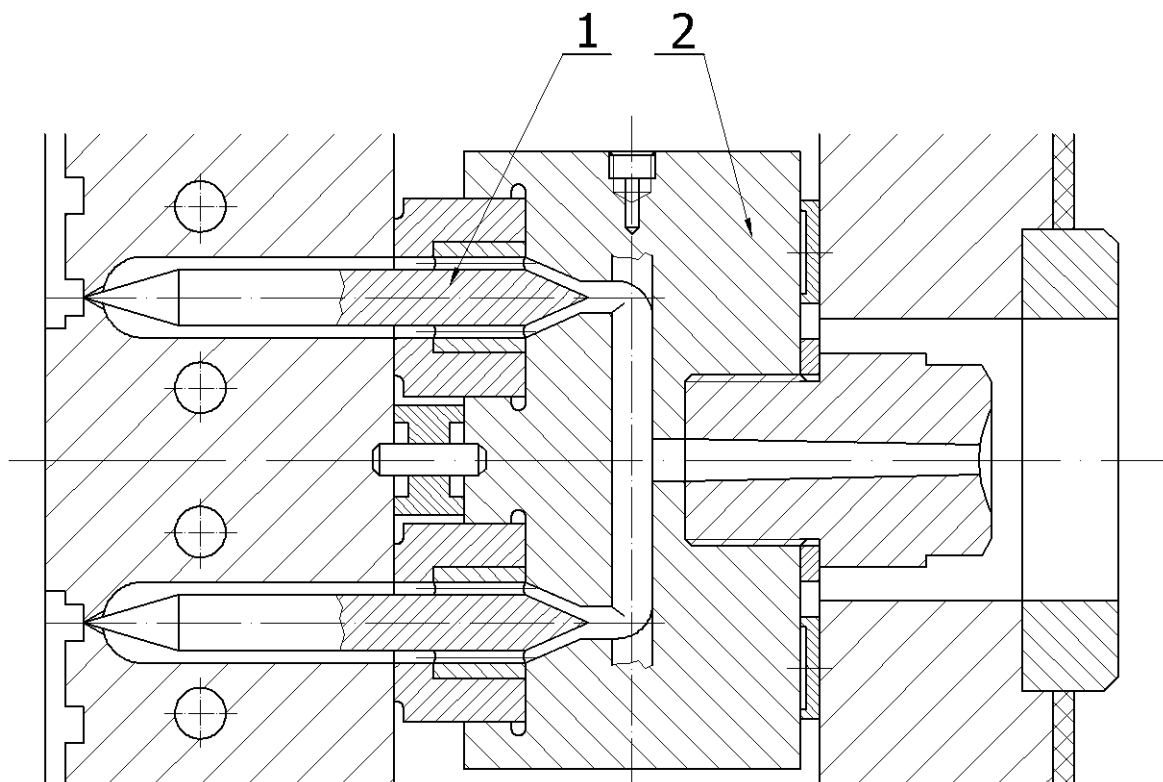
Aby se omezily ztráty vedením tepla, jsou styčné plochy předkomorové vložky s tvarovou vložkou tvárnice omezeny na nejmenší možnou míru, zbývající plochy jsou odděleny vzduchovými spárami. Ze stejného důvodu jsou zmenšeny styčné plochy trysky s předkomorou. Plast je středem trysky veden k velmi malému ústí vtoku v předkomorové vložce, kterým se plní dutina formy. Po ochlazení výstříku se při vyhození z formy v místě vtoku snadno oddělí. [3]

Nevýhodou tohoto vtokového systému je nutnost výpočtu délkové roztažnosti rozváděcího bloku, aby po zahřátí na provozní teplotu byly trysky přesně proti vtokovým ústím. U trysek s hrotem je nutné provádět výpočet velmi pečlivě, zvláště jsou-li ústí vtoku daleko od středu rozváděcího bloku. Hrozí nebezpečí, že při vychladnutí formy se hrot trysky poškodí o hrany ústí vtoku, nebo naopak dojde ke kontaktu při zahřátí formy. V tom případě únik tepla z trysky do předkomorové vložky má za následek poruchy funkce systému. [3]

Aby se vyloučila tato nevýhoda, používá se v poslední době tepelně vodivě trysky s plochým dosedem na rozváděcí blok. Tryska se středí v předkomorové vložce odlehčovacími výstupky. Stejným způsobem se středí i předkomorová vložka v tvárnici. Rozváděcí blok se přitlačuje k styčné ploše trysky a k mezikruží předkomorové vložky tím je zaručeno utěsnění. [3]

Při zahřátí a roztažení klouže rozváděcí blok po styčných plochách trysek. Odstranění nebo omezení vlivu dilatace u velkých forem je možné docílit také rozdělením rozváděcího bloku na několik dílů. Jednotlivé díly rozváděcího bloku se spojují dilatačními trubkovými spojkami. Dilatační nástavec může být zhotoven přímo na jednom z dílů rozváděcího bloku. Posuvná část dilatační spojky (nástavce) je lícována do protidílce kříže s velmi malou vůlí. Kuželovité rozšíření a zabraňuje vytváření tzv. mrtvých prostorů (v nichž by tavenina zůstávala bez pohybu a degradovala) a usnadňuje proudění taveniny. [3]

Bezpochyby je nutné ohřívat každou oddělenou část rozváděcího bloku. Trubkové díly bloku jsou do sebe zasunuty dilatačními nástavci a propojeny spojovacími díly. Ohřívají se topnými pásy. Hmotnost trubkových bloků je malá, tím je malá i tepelná setrvačnost (kapacita). Tepelné ztráty je nutné vyrovnávat vyšším výkonem topení. Doporučuje se, aby vnější průměr trubek byl 60 až 70 mm. Výhodou je jednoduchá stavební konstrukce, která je však vhodná jen pro velké formy. [3]



Obr. 11. Forma s tepelně vodivými torpédy[3]

1 – tepelně vodivé torpédo, 2 – rozváděcí blok

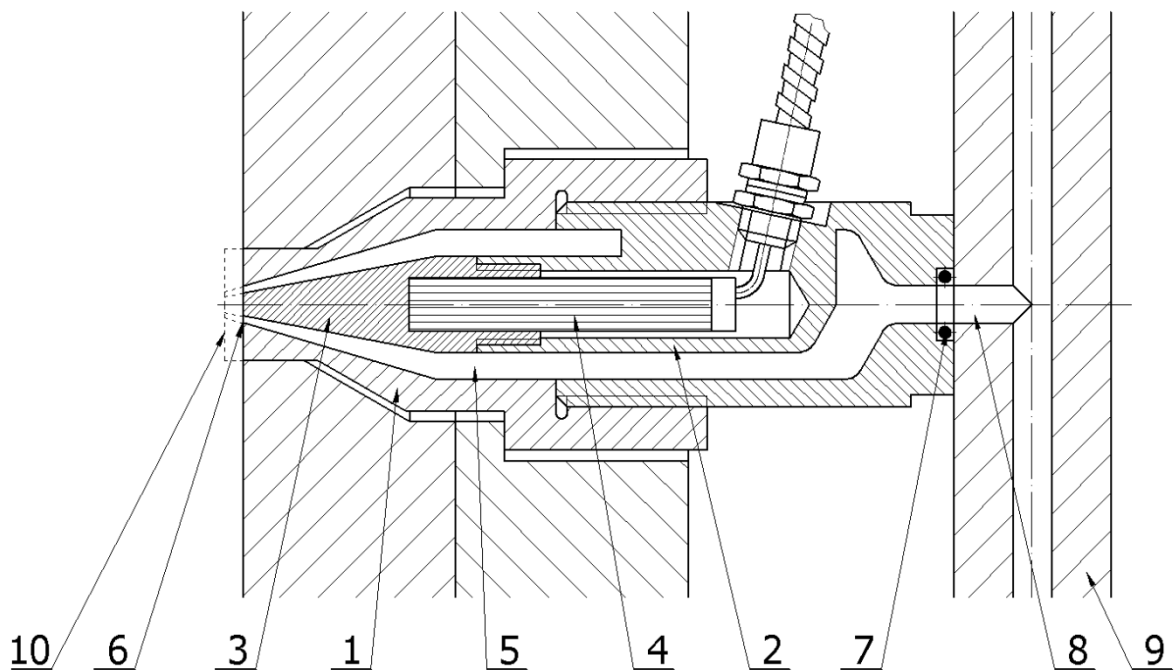
Pro vstřikování plastů POM a PP se může použít místo tepelně vodivé trysky tepelně vodivé torpédo — viz obr. 11. Tavenina při vstřikování protéká otvory torpéda **1** z vysoce vodivé slitiny mědi a obtéká jeho hrot, zasahující až do ústí vtoku. Přitom vyplňuje dutinu kolem torpéda. Při styku s jejími chladnějšími stěnami tuhne a vytváří izolující vrstvu. Torpédo přejímá teplo z vyhřívaného rozváděcího bloku **2** běžné konstrukce a vede ho až do ústí vtoku. Kromě již uvedené nevýhody výpočtu délkové roztažnosti vzniká zde nebezpečí strhávání již částečně ztuhlé taveniny z izolující vrstvy, a tím možné zhoršení kvality výstřiků. Tepelná vodivé trysky a torpéda vyžadují při větších vzdálenostech od středu rozváděcího bloku a při větší hloubce ponoru do formy vyšší výkony topení. U plastů citlivých na teplotu může pak docházet k přehřívání nebo k poruchám funkce (zamrzání ústí vtoku). Teplotní režim v rozváděcím bloku se musí dobře vyřešit a také regulovat. Je třeba počítat s dilatacemi ohříváných částí rozvodu, takže formu lze použít jen pro plasty se stejnou zpracovatelskou teplotou. Při vyšším rozdílu těchto teplot může docházet k poruchám funkce. Tepelně vodivé trysky i torpéda se vyrábějí z drahých slitin mědi, trysky se konstruují i vyrábějí převážně individuálně. [3]

Vtokové soustavy s ohříváním ústím vtoku

Snaha o zlepšení tepelného režimu v oblasti ústí vtoku a tím i o zlepšení funkční spolehlivosti dovedla výrobce normalizovaných součástí forem ke konstrukci samostatných vtokových trysek vybavených samostatně regulovatelnými topnými elementy. Vznikla řada různých konstrukčních řešení. Jejich společnou předností je, že se dodávají jako hotové komplety, vmontovatelné jednoduchým způsobem do běžných normalizovaných rámců forem. Dodávají se včetně regulačních zařízení a náhradních dílů. Krátce popíšeme nejznámější systémy trysek a upozorníme na některé zvláštnosti. [3]

Trysky s vnitřním ohřevem

Nejznámějším výrobcem je firma INCOE Corp. (USA). Tato firma dodává široký sortiment normalizovaných součástí forem, mimo jiné také rozsáhlou řadu kompletních trysek pro bezodpadové vtokové soustavy včetně regulačních přístrojů. [3]



Obr. 12. Tryska s vnitřním ohřevem – INCOE[3]

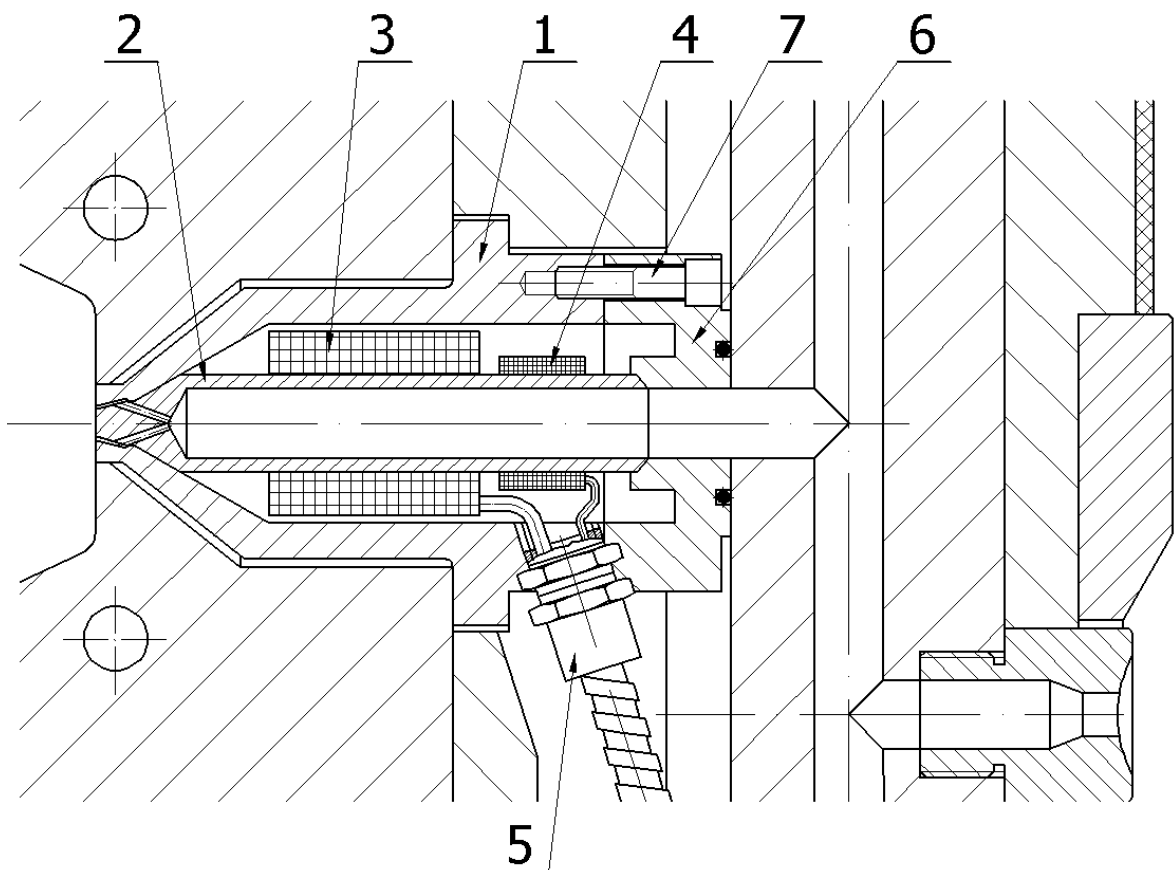
1 – těleso trysky, 2 – torpédo, 3 – hrot torpéda, 4 – válcové topné těleso se snímačem teploty, 5 – obtokové kanály, 6 – ústí vtoku, 7 – těsnící kroužek, 8 – vstup taveniny do trysky, 9 – rozváděcí blok, 10 – čelo trysky

Konstrukce trysky a její uložení ve formě jsou patrné z obr. 12. Tavenina, vstupující z rozváděcího bloku do trysky, obtéká ohřívání torpédo a otevřeným ústím vtoku je vstříkována

do tvářecí dutiny formy. Válcové topné těleso má vestavěný snímač teploty, takže teplotu ústí vtoku je možné dobře regulovat. Čelo trysky má přídavek umožňující napojení na tvarovou dutinu formy. Vlivem izolujícího účinku plastu v tělese trysky vtokové ústí tak snadno „nezamrzá“. Trysku je možné použít pro jednonásobné formy bez rozváděcího bloku nebo s rozváděcím blokem běžné konstrukce pro vícenásobné formy. Rozváděcí blok se ohřívá válcovými topnými tělesy. Těsnění proti unikání taveniny mezi rozváděcím blokem a tryskami je vyřešeno vložení těsnicího kroužku z nerezavějící oceli. Je uložen v drážce mezi tělesem trysky a rozváděcím blokem s určitým přesahem. Při prvním vstřiku vnikne malými otvory na vnitřní straně dutého kroužku tavenina dovnitř, vyplní a roztáhne ho. Tím se plochy mezi tryskou a rozváděcím blokem velmi dobře utěsní. [3]

Trysky s vnějším ohřevem

Firma HASCO dodává tzv. „vysokovýkonné trysky“ konstrukce podle obr. 13. U tohoto typu trysky proudí tavenina jejím středem. V tělese je uložena vlastní tryska ze

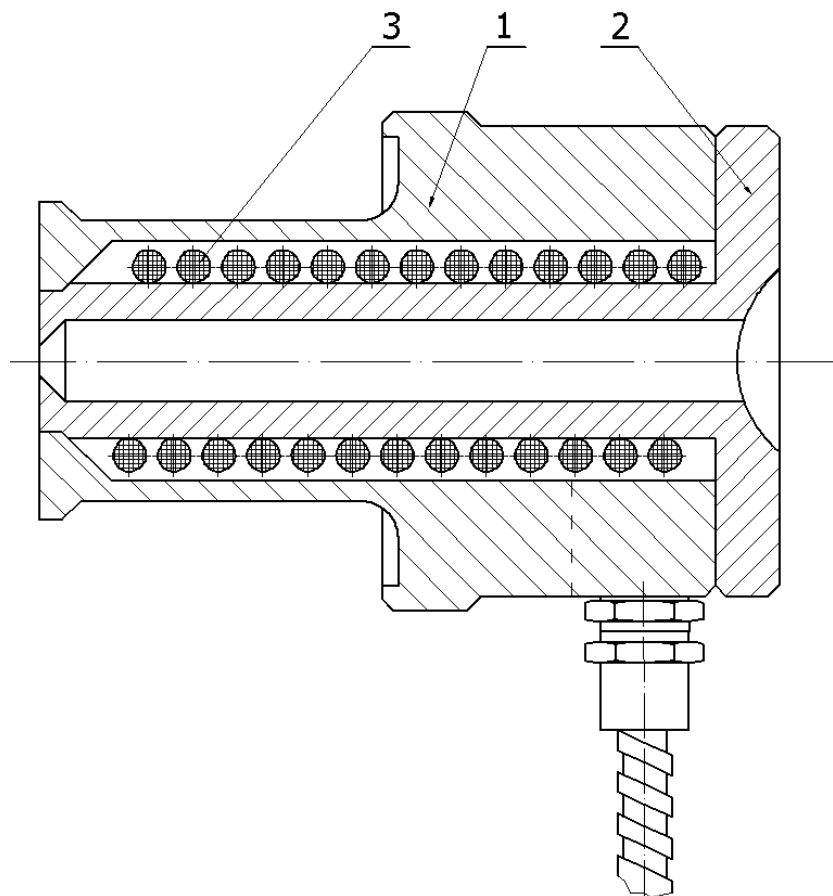


Obr. 13. Tryska s vnějším ohřevem – HASCO

1 – těleso trysky, 2 – tryska, 3 – prstencový topný článek, 4 – snímač teploty, 5 – přívod proudu, 6 – víko tělesa, 7 – spojovací šroub

slitiny CuBeCo. Na trysce je nasazen prstencový topný článek a prstencový snímač teploty napojený na regulátor. Čelo trysky je s přídavkem pro napojení na tvar dutiny formy. Používá se pro jednonásobné i vícenásobné formy. Uložení i těsnění je stejné jako u trysek INCOE - viz obr. 12. Proti předchozím typům má tryska HASCO příznivější podmínky pro proudění taveniny. Rovněž oprava (výměna) topného prstence je jednodušší. [3]

Trysky systému Electric Sprue Bushing vyráběné firmami INCOE a D-M-E (USA) jsou velmi jednoduché konstrukce, jak je patrné z obr. 14. Tryska je použitelná pro jednonásobné i vícenásobné formy. Je vhodná pro zpracování tepelně choulostivých plastů. Nevýhodou trysky je velmi náročná výroba speciálního topného tělesa. [3]



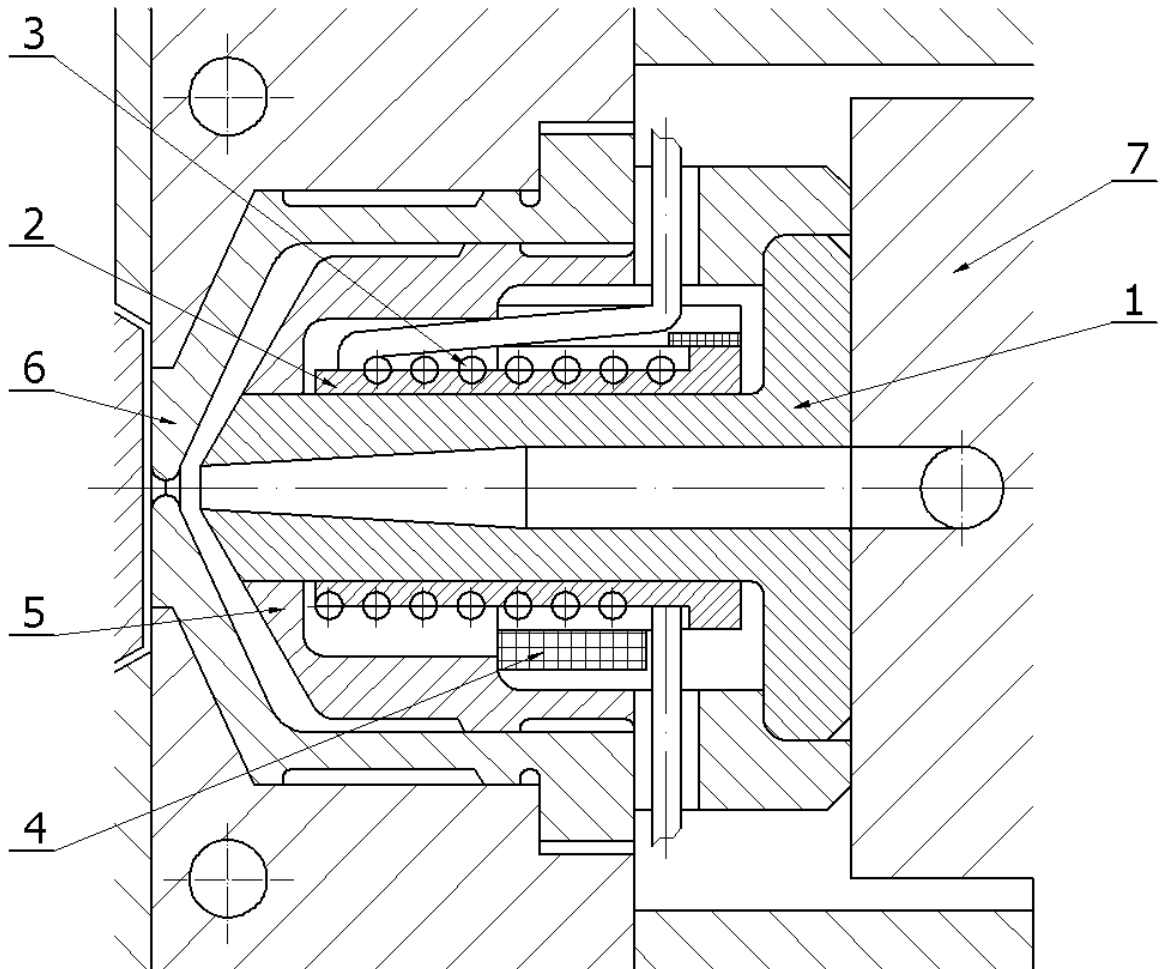
Obr. 14. Tryska systému *ELECTRIC – SPRUE BUSHING*[3]

1 – těleso vtokové vložky, 2 – tryska, 3 - spirálové trubkové topné těleso se zabudovaným snímačem teploty

Trysky s odporovým topením (viz. obr. 15.)

Tryska ze slitiny CuBe dosedá masivní přírubou na rozváděcí blok. Topná trubka trysky se ohřívá spirálou odporového topení chráněnou izolátorem a ocelovým tělesem trysky. Těle-

so je minimálními ploškami středěno v předkomorové vložce, přestup tepla je omezen vzduchovými mezerami a izolační vrstvou plastu. Tryska se napájí elektrickým proudem o napětí 5 až 15V. Vyznačuje se neobvykle malými rozměry. S dobrými výsledky byla vyzkoušena pro různé typy plastů: PA, POM, PBTP, ABS, ASA, SAN a plněný SB. Dodává se v provedení s otevřeným i uzavíratelným ústím vtoku. Nevýhodou je nutnost dalšího nízkonapěťového rozvodu u vícenásobných forem. [3]



Obr. 15. Tryska s odporovým topením TERMOPLAY[3]

1 – tryska, 2 – topná trubka, 3 – odporové topení, 4 – izolátor, 5 – těleso trysky, 6 - předkomorová vložka, 7 – rozváděcí blok

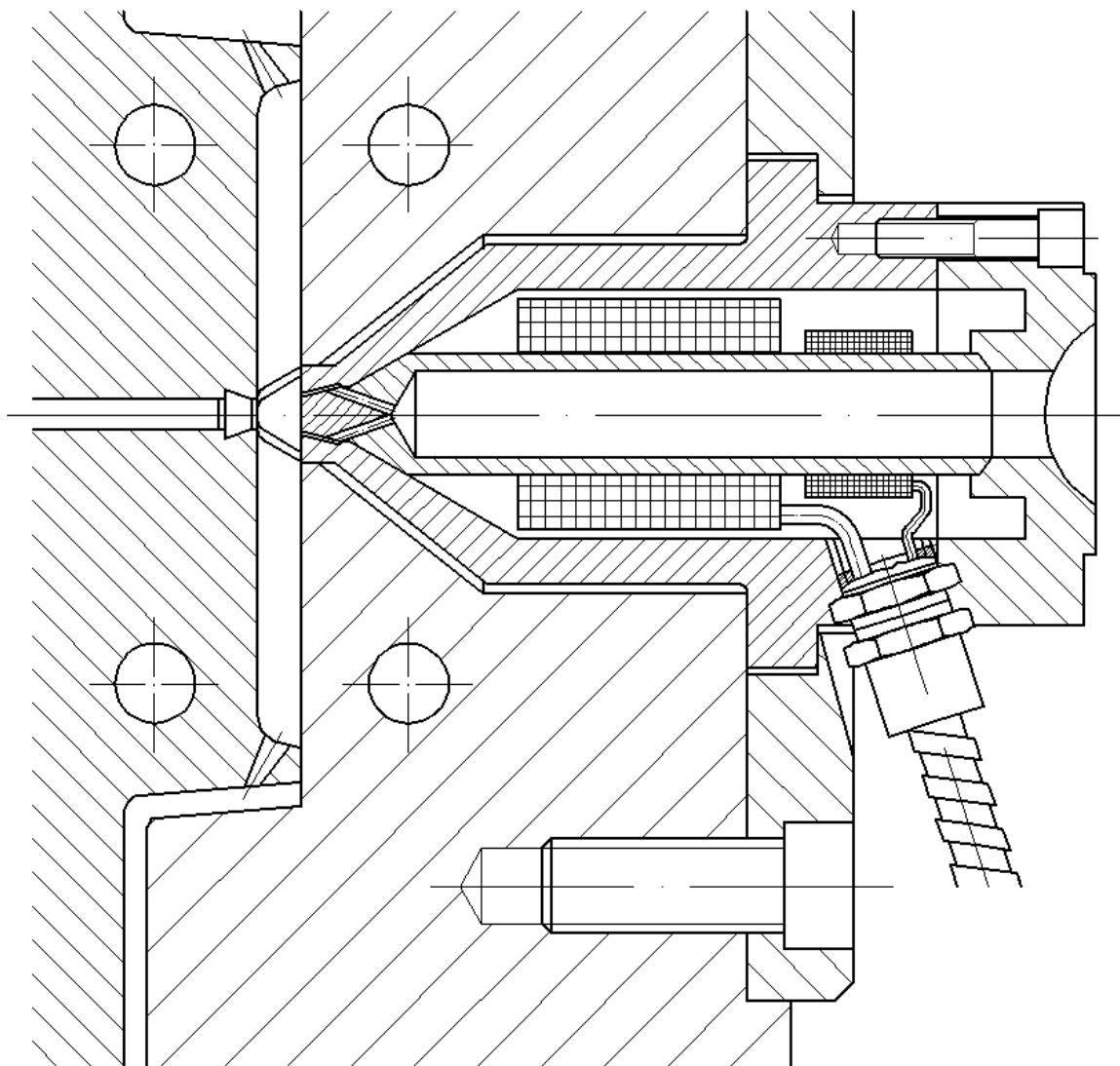
Společnou nevýhodou všech uvedených typů trysek je malá životnost topných elementů (válcových i prstencových) a jejich zdlouhavá výměna. Opravu je možné provádět až po vychladnutí formy a většinou je nutné demontovat formu mimo stroj. Forma musí být vybavena dvěma okruhy vyhřívání (rozváděcí blok, trysky), každý musí mít samostatnou regulaci. S ohledem na robustní konstrukci trysek (vyjma trysky Thermoplay) se snižuje

násobnost u menších forem. Aby se lépe využilo vstřikovací kapacity stroje a činných ploch formy u malých rozměrů výstřiků, užívá se velmi často kombinace vtokových soustav: Tryska s ohřevem vstřikuje taveninu do rozváděcích kanálků, kterými se rozvádí do několika symetricky rozložených dutin (Obr. 16.). Vznikají tak malé větvičkovité odpady, které se automaticky nebo ručně vyjímají z formy. Tímto opatřením se však z části ztrácejí ekonomické přínosy bezodpadového vstřikování. [3]

Torpéda s vnitřním ohříváním (viz. obr. 17.)

Rozváděcí blok se ohřívá běžnými válcovými topnými tělesy se samostatným regulačním okruhem. Je osazen speciálními torpédy SPEAR. Na formu dosedá pouzdro, která vytvářejí kolem torpéd prostor pro taveninu. Vlastní torpédo je vybavené topnou spirálou pro předehřev a odporově ohříváním hrotem. Funkce systému je následující: Tavenina proudí rozváděcím kanálem kolem torpéda do předkomory k ústí vtoku. Pouzdro vytváří kolem torpéda izolující kanál, uvnitř kterého je tavenina neustále ohřívána na vstřikovací teplotu. V oblasti ústí vtoku tavenina chladne a ústí uzavírá. Před každým vstřikem se s předstihem zapojí topení hrotu a během max. 3 sekund se hrot ohřeje na nastavenou teplotu tavení plastu. Ústí vtoku se tak teplem hrotu otvírá a tavenina volně vnikne do dutiny formy. Během chladnutí výstřiku poklesne i teplota hrotu (topení je vypnuté) a ústí vtoku zamrzne. [3]

Předností tohoto systému je regulace teploty v oblasti ústí vtoku a tělesa torpéda umožňující snadné korektury v tekutosti taveniny. To je u konvenčních systémů spojeno s nákladnými metodami. Systém není tak citlivý na kolísání teploty, malé výkyvy se snadno vyrovnají, nevznikají problémy s tažením vlákna. Nevýhodou systému jsou tři topné okruhy s rozdílným napětím: rozváděcí blok 220 V, torpédo s dvěma nezávislými nízkonapěťovými okruhy 12 a 6 V. [3]



Obr. 16. Schéma nástřiku tryskou HASCO do studeného rozváděcího kanálu[3]

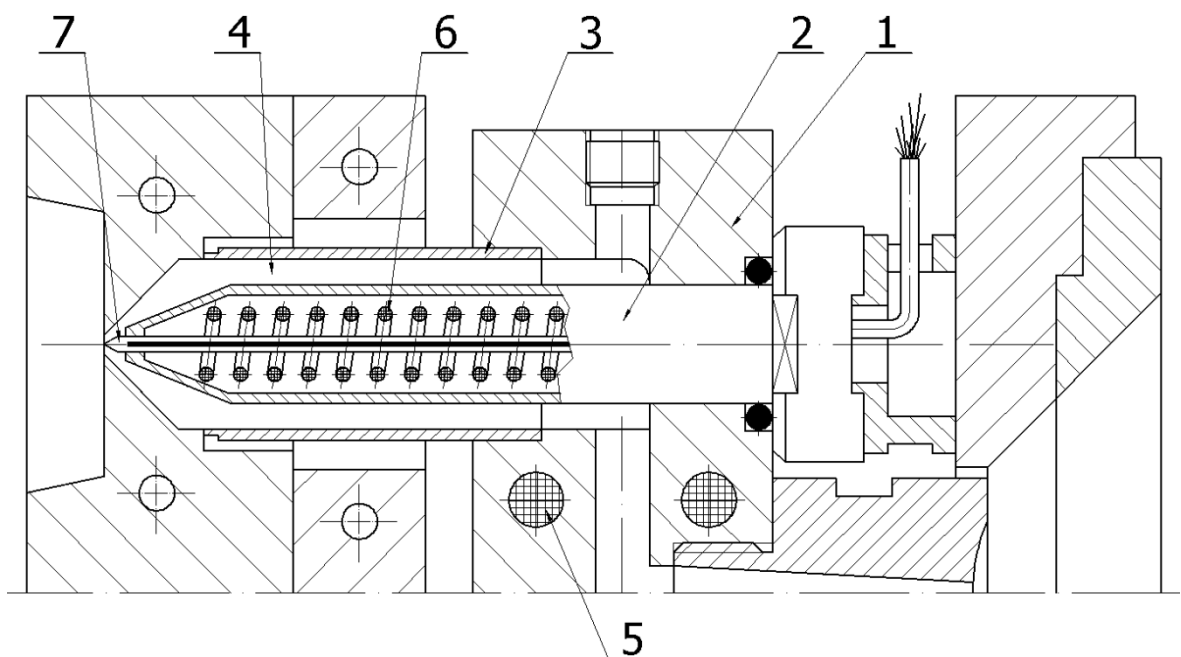
Vtokové soustavy s uzavíratelným ústím vtoku

Vtokové soustavy s vnějším ohříváním rozvodu s konstrukcí uzavíratelného ústí vtoku umožňují dosahovat takového povrchu výstřiku v místě vtoku, jakého lze jinými systémy trysek dosáhnout jen velmi obtížně. Tato technika znamená zlepšení jakosti stopy po vtoku do té míry, že nijak nenarušuje vzhled výrobku. Užívá se k tomu různých konstrukcí jehlových ventilů nebo trysek s uzávěrem. [3]

Ohříváný jehlový ventil

Je určen výhradně pro jednonásobné formy s centrálním vstřikem. Nejznámějším výrobcem těchto ventilů je dánská firma FLYGENRING. Dodává na trh čtyři velikosti ventilu, konstrukce podle obr. 18. [3]

Těleso ventilu je šrouby připevněno k formě. Uvnitř tělesa je uložena rozváděcí vložka z CuBeCo, spojená s tryskou z téže slitiny. Z druhé strany je přitlačován vtokovou vložkou s kuželovým vybráním rozváděcí kužel. V rozváděcí vložce je uloženo vodící pouzdro, ve kterém se pohybuje s velmi malou vůlí píst s jehlou. Poloha jehly je nastavitelná. Píst je spojen šroubem s držákem jehly, o který se opírá pružina. Poloha rozváděcího pouzdra je jištěna šroubem, kterým prochází otvor k šroubu. Je rovněž opatřen otvorem k odvodu materiálu pronikajícího kluznými pouzdra pístu. Na tělese ventilu je nasazené prstencové topení regulované snímačem teploty uloženým v tělese ventilu a připojeným regulátorem. [3]

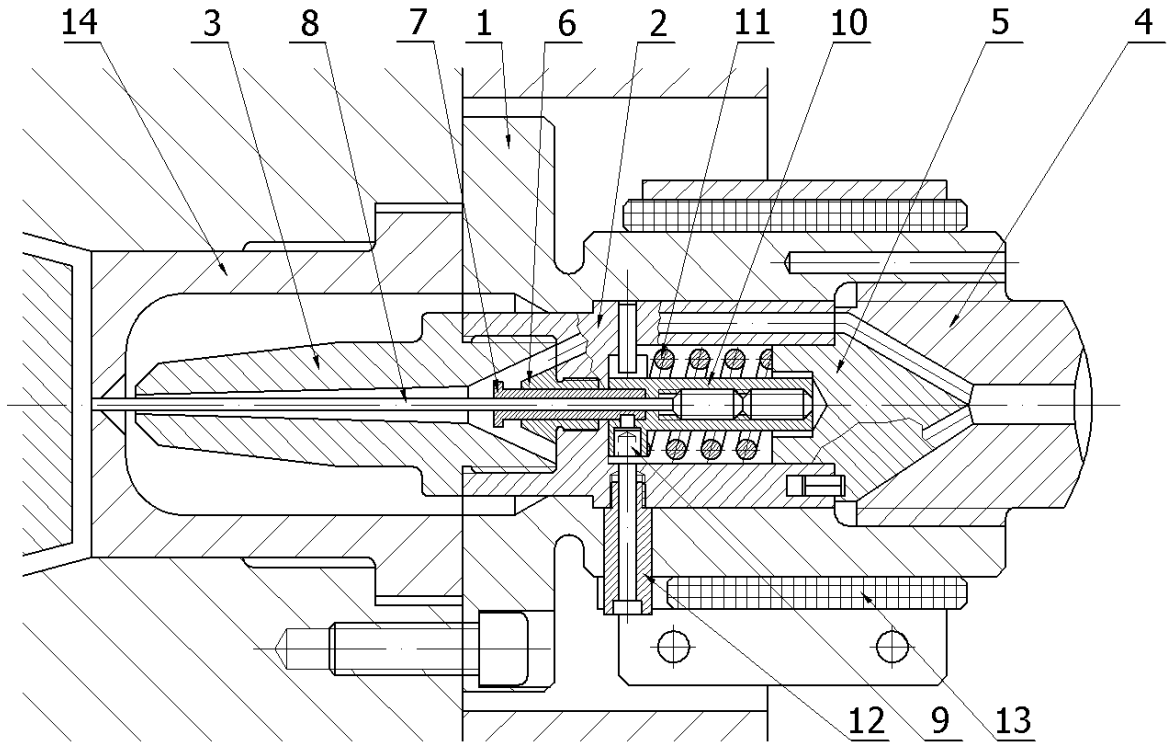


Obr. 17. Forma s ohříványi torpédy systému SPEAR[3]

1 – rozváděcí blok, 2 – torpédo SPEAR, 3 – pouzdro torpéda, 4 – předkomora, 5 – válcové topné těleso, 6 – topná spirála torpéda, 7 – ohříváný hrot

Funkce ventilu je jednoduchá: Tavenina proudí vtokovou vložkou a kanály rozváděcího kuželu a vložky do prostoru před píst. Tlakem taveniny píst ustoupí vzad a držákem jehly stlačuje pružinu. Jehla otevře ústí vtoku v předkomorové vložce a tavenina plní dutinu formy. Po ukončení vstřiku a po poklesu vstřikovacího tlaku zatlačí pružina jehlu zpět a ta uzavře ústí vtoku. Potřebnou tepelnou energii do prostoru ústí vtoku přivádí tryska a rozváděcí vložka z tělesa ventilu. Choulostivým místem těchto ventilů je právě pružina, jejíž tepelná odolnost (do 350 °C) je zvláště u materiálů s vyššími zpracovatelskými teplotami vystavována krajním hodnotám namáhání. Rovněž zpracování plastů tepelně choulostivých

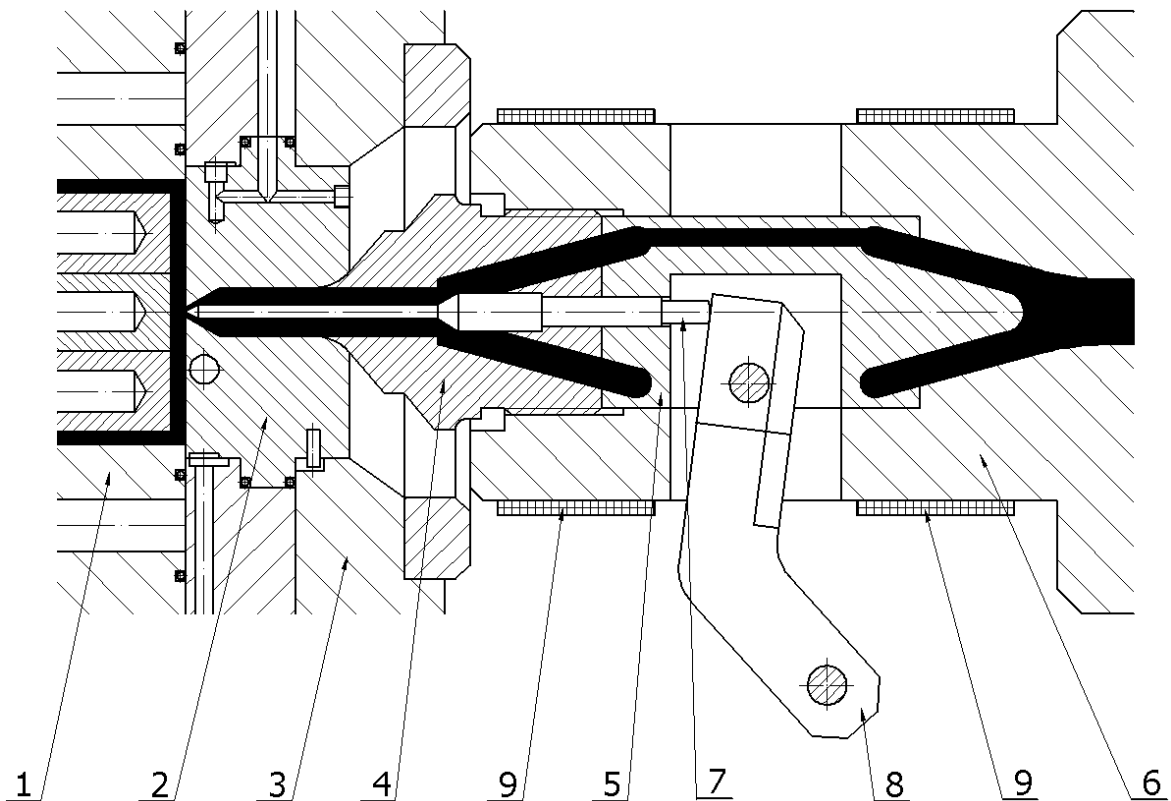
přináší problémy: tepelný spád mezi ústím vtoku a tělesem v místě topného pásu je značný, proto teploty topného pásu musí být zvýšeny a může docházet k degradaci nebo přepalování materiálu v kanálech rozváděcí vložky. [3]



Obr. 18. Ohříváný jehlový ventil FLYNGENRING[3]

1 – těleso, 2 – rozváděcí vložka, 3 – tryska, 4 – vtoková vložka, 5 – rozváděcí kužel, 6 – vodící pouzdro, 7 – píst, 8 – jehla, 9 – spojovací šroub, 10 – držák jehly, 11 – pružina, 12 – pojišťovací šroub, 13 – prstencové topení, 14 – předkomorou vložka

Hledaly se jiné způsoby ovládní jehly ventilu (např. pákovými mechanismy s rozličnými mechanickými nebo i pneumatickými pohony), konstrukční řešení však nevedlo k výrobě určitých normalizovaných systémů. Příklad ventilu s jehlou ovládanou pákovým mechanismem je na obr. 19. [3]

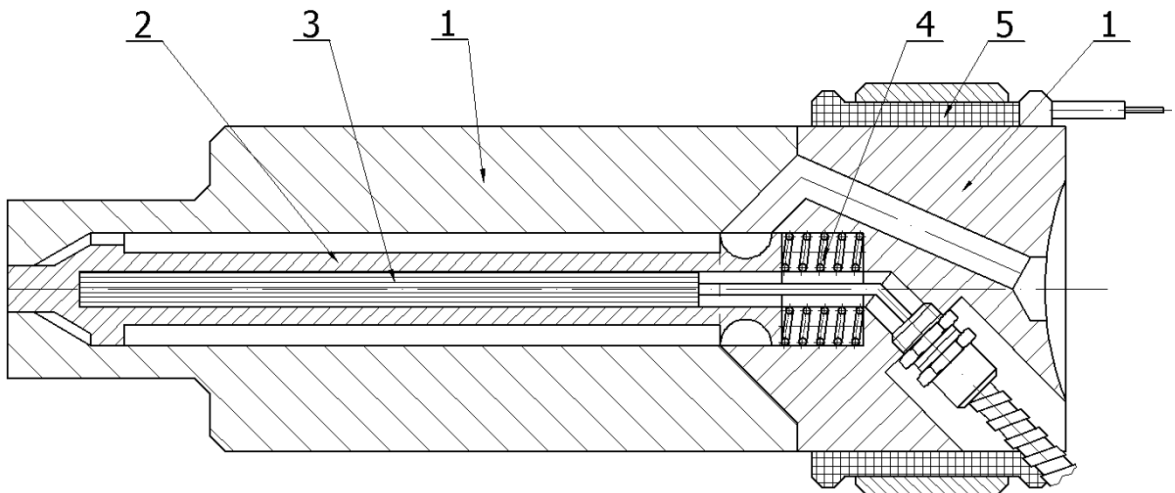


Obr. 19. Ohříváný jehlový ventil s pákovým ovládáním jehly[3]

1 – tvárnice, 2 – předkomorová vložka, 3 – upínací deska, 4 – hlavice trysky, 5 – rozváděcí vložka, 6 – vstřikovací válec, 7 – jehla ventilu, 8 – ovládací páka, 9 – topný pás

Neohříváný jehlový ventil

Je určen výhradně pro vícenásobné formy s ohříváním rozváděcím blokem. Funkce ventilu je stejná jako u předcházejícího typu. K již popsané problematice životnosti pružin přistupují další problémy: ventily mají ústí vtoku otvírat současně, aby se zajistilo rovnoměrné plnění dutin formy, a tak se docílilo stejnoměrné jakosti výstřiků. Seřízení tlaku pružin zvláště u mnohonásobných forem je velmi obtížné a zdlouhavé. S ohledem na nestejnou únavu pružin se musí seřízení tlaku často kontrolovat. Doporučuje se proto, aby násobnost formy byla maximálně 6 až 8. Tavenina nesmí pronikat do prostoru uložení pružiny. Při přerušení provozu by ztuhlá tavenina bránila funkci ventilu a mohlo by dojít k jeho poškození. Z toho důvodu má být rozváděcí blok opatřen kanály pro odvedení taveniny prosakující okolo pístu. Obnovení činnosti při „zamrznutí“ ventilu vyžaduje pracné čištění a opětné seřízení. [3]



Obr. 20. Tryska s uzávěrem D-M-E

1 – těleso trysky, 2 – torpédo, 3 – válcové topné těleso, 4 – talířové pružiny, 5 – přídavné prstencové topení

Tryska s uzávěrem

Je určena pro jedno i vícenásobné formy. Je odlišné konstrukce než jehlové ventily, jak je vidět z obr. 20.

V dvoudílném tělese trysky je uloženo válcové torpédo s válcovým topným tělesem. Talířové pružiny vtlačují torpédo do ústí vtoku. Na hlavici tělesa trysky je upevněno přídavné prstencové topení. Funkce trysky je stejná jako u předcházejících jehlových ventilů, má však proti nim výhodu vyhříváního ústí vtoku. Proto nevzniká nebezpečí jeho zamrznutí. Zůstává však problematika nízké životnosti talířových pružin a válcových topných těles.[3]

4 TEMPERAČNÍ SYSTÉM FOREM

Temperováním se rozumí ochlazování nebo ohřívání forem na požadovanou provozní teplotu a udržování této teploty na stejné hodnotě. Z formy se pak již odvádí co nejrychleji a stejnoměrně nadbytečné teplo, přestupující do stěn tvářecích součástí z taveniny. K tomuto účelu se ve formě zhotovují nejrůznější soustavy kanálů a dutin pro vedení temperovací kapaliny – temperovací okruhy. Jejich konstrukci je nutné věnovat náležitou pozornost. Optimální řešení rozhodujícím způsobem ovlivní jakost výstřiků, výkon a hospodárnost budoucí formy. Považujeme za nutné připomenout, že temperace formy není jen záležitostí konstruktéra formy, ale týká se v první řadě celého systému rozvodu temperovací kapaliny. Největší množství forem se temperuje vodou z potoků a řek takzvanými otevřenými okruhy. Voda se přivádí do zásobníků, odkud se přes filtry rozvádí až k jednotlivým vstřikovacím strojům. Voda protéká temperovacím okruhem formy a odpadním potrubím se vrací zpět do zásobníku. Tyto otevřené okruhy mají celou řadu nedostatků:

- velmi rozdílné teploty vody v různých ročních obdobích. Teplotu nelze regulovat,
- voda přesto, že se filtruje, obsahuje ještě jemné kaly, které se ve formě usazují. Proto se nedoporučuje užívat temperovacích kanálů malých průměrů (pod 5 mm)
- vodu nelze upravovat inhibitory pro zmenšení koroze,
- kromě usazenin kalů a rzi se vytváří vodní kámen. Usazeniny zhoršují přestup tepla, zanášejí kanály a zmenšují tak průtok vody. Kanály se musejí nákladně čistit,
- v mnoha oblastech ČR značně kolísá průtok vody vodních zdrojů a mění se tak i stav v zásobnících chladicí vody u vstřikoven,
- dochází k znečišťování vodních zdrojů, protože převážná většina vstřikoven nemá čistírny odpadních vod. [3]

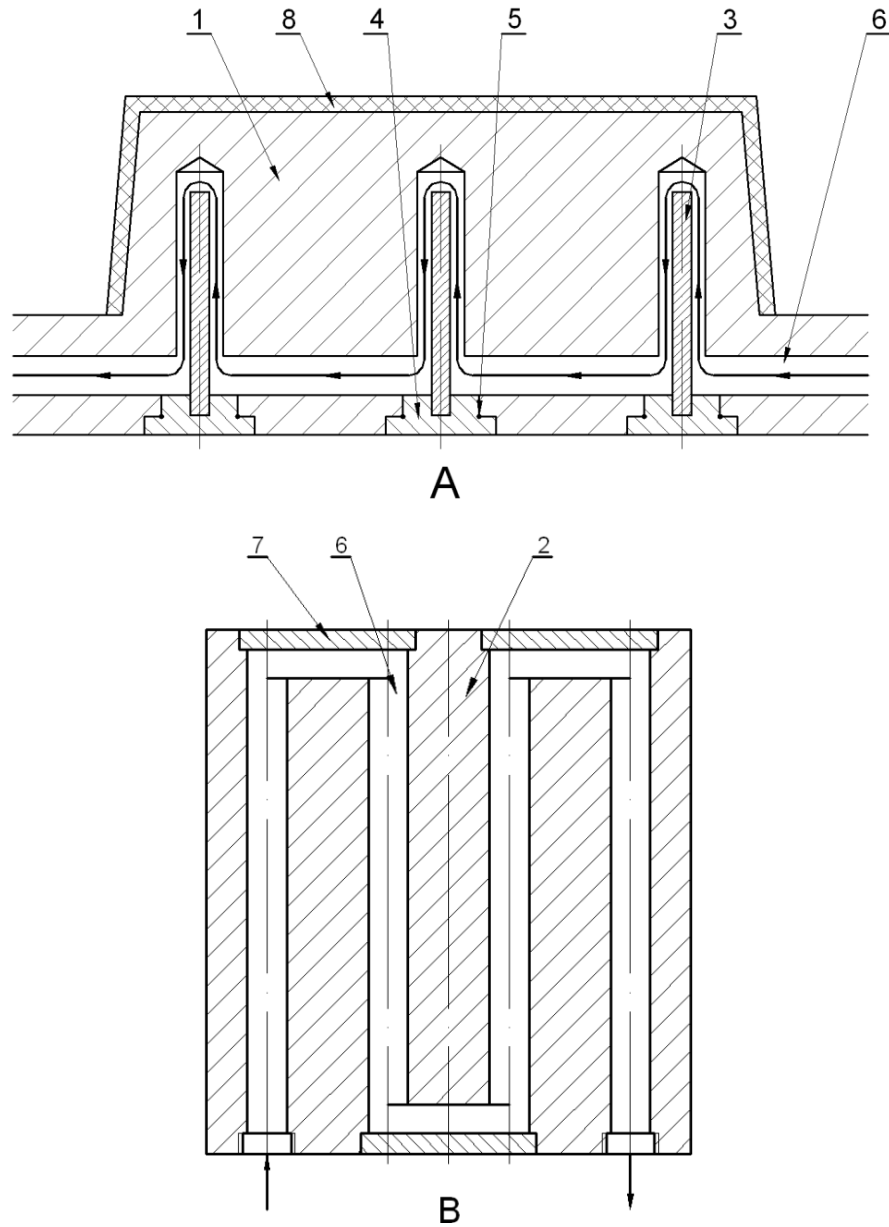
Z uvedeného je patrné, že temperování forem otevřenými okruhy je nevhodné a neekonomické, zvláště u forem s bezodpadovými vstřikovacími soustavami.

Nejúčinnější jsou uzavřené okruhy se stálou teplotou, s vodou upravenou inhibitory koroze. Z toho plyne, že ani nejlépe vyřešený temperovací okruh formy nemusí být účinný, není-li napojen na správně provedený a udržovaný rozvod. [3]

4.1 Uspořádání temperovacích kanálů

Dnešní moderní stroje umožňují velmi krátké pracovní cykly, kterým se musí přizpůsobit provedení temperovacích kanálů uvnitř formy. Hlavním cílem konstruktéra bude dosáhnout

nout co největšího a současně stejnoměrného přestupu tepla mezi stěnami tvářecích dutin a temperovací kapalinou. Rozdíly teplot v různých místech stěn tvářecích dutin mají být co nejmenší. [3]



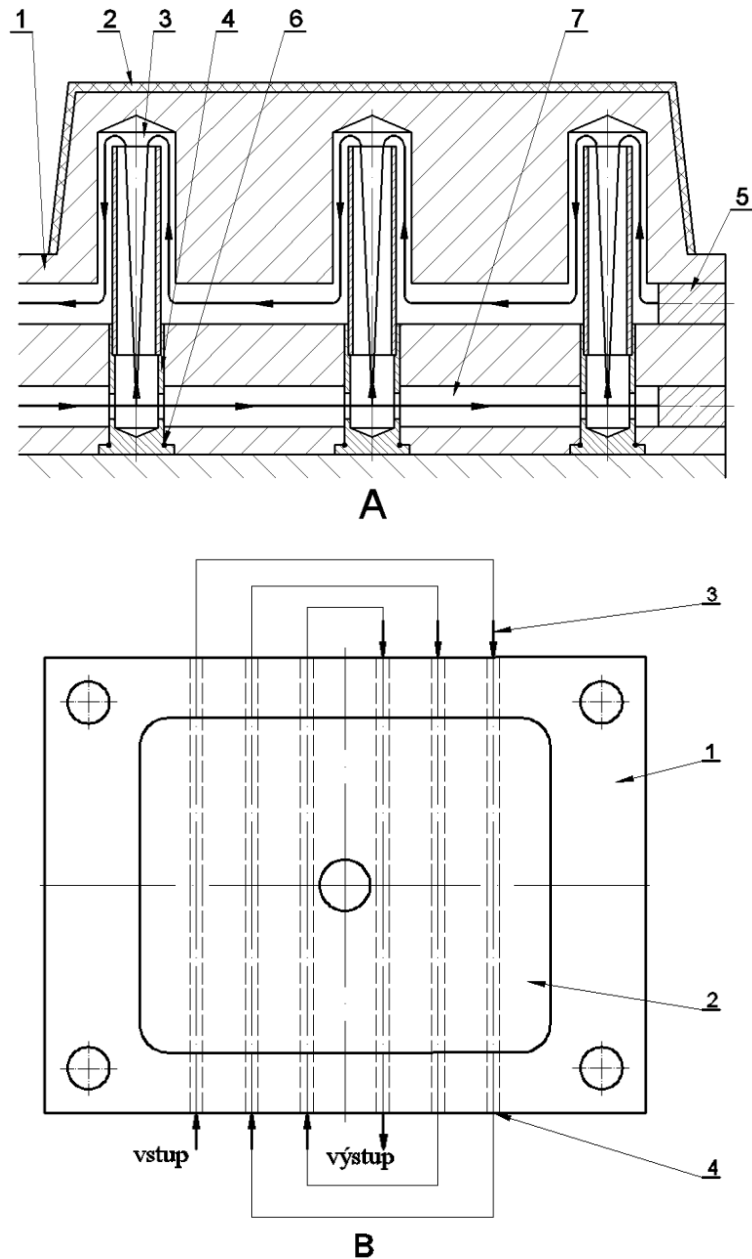
Obr. 21. Řadové propojení temperovacích okruhů[3]

A – u tvárníků, B – u deskových tvárnice,

1 – tvárník, 2 – tvárnice, 3 – přepážka, 4 – zátka, 5 – těsnicí kroužek, 6 – temperovací kanál, 7 – plochá záslepka, 8 – výstřík. [3]

Intenzivního odvodu tepla se docílí nuceným prouděním temperovací kapaliny I orientovaným směrem. Stále můžeme pozorovat snahy zkracovat dobu výrobního cyklu snižováním teploty temperovací kapaliny. Většinou to však vede k zhoršení kvality výstříků. Vy-

skytují se častěji vzhledové vady, trhliny vlivem koroze za napětí a důsledky dodatečného smršťování (propadliny, tvarové deformace, rozměrové změny). To ukazuje na určité hranice intenzity chlazení. Proto v zájmu kvality výstřiků a hospodárnosti jejich výroby je zapotřebí skoro vždycky volit kompromis. [3]



Obr. 22. Funkčně výhodnější propojení temperačních okruhů[3]

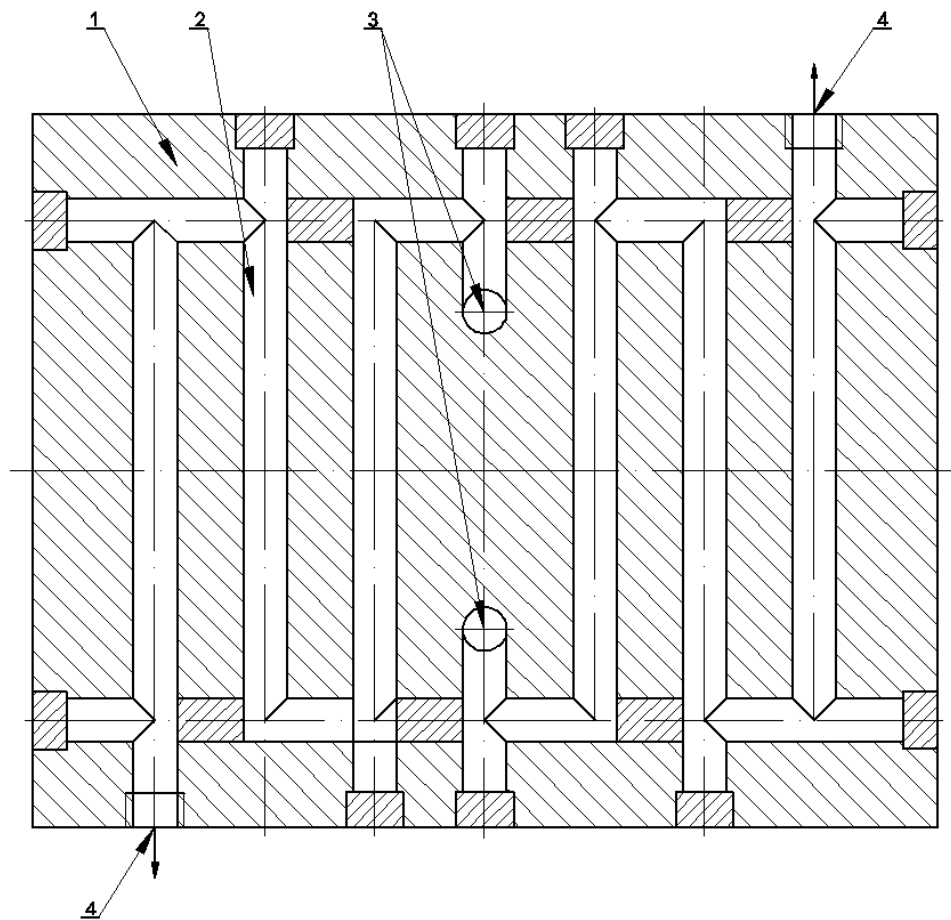
A – paralelní propojení temperačních okruhů u tvárnků,

1 – tvárník, 2 – výšřík, 3 – trubka, 4,5 – zátky, 6 – těsnicí kroužek, 7 – temperovací kanál,

B – spirálové propojení vrtaných temperačních kanálů v deskové tvárnici,

1 – tvárnice, 2 – kanál, 3 – propojovací hadice, 4 - náustek[3]

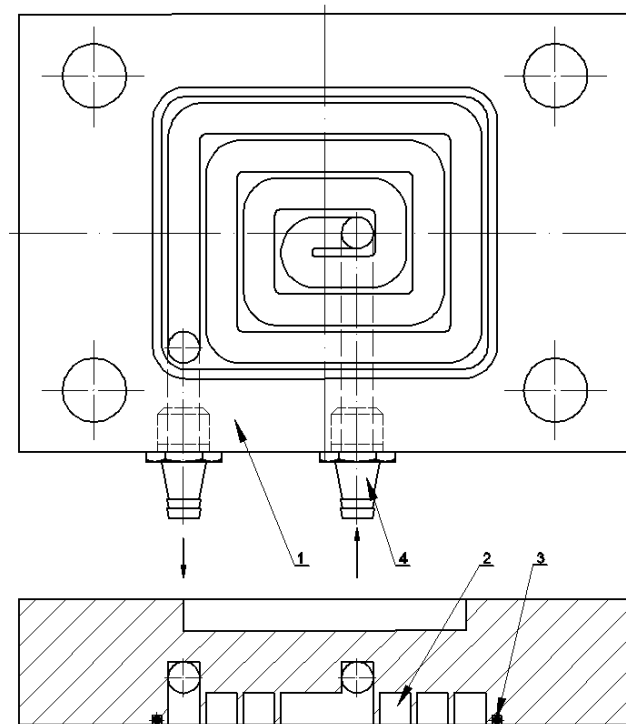
U vstřikovacích forem se nezávisle na sobě temperuje levá (pohyblivá) a pravá (pevná) část formy. Chceme-li dosáhnout co nejúčinnějšího odvodu tepla, musíme temperační kanály umístit co nejbližší k tvářecí dutině formy. Průtočný průřez volíme tak velký, abychom nenarušili pevnost součásti. Z těchto požadavků je jasné, že rozměry a uspořádání temperovacích kanálů musíme navrhovat již v prvních fázích konstrukce formy. Nesmíme ani zapomenout na ekonomickou výrobu kanálů, nejčastěji třískovým obráběním (vrtáním, frézováním, soustružením). [3]



Obr. 23. Temperování desky dvěma samostatnými okruhy[3]

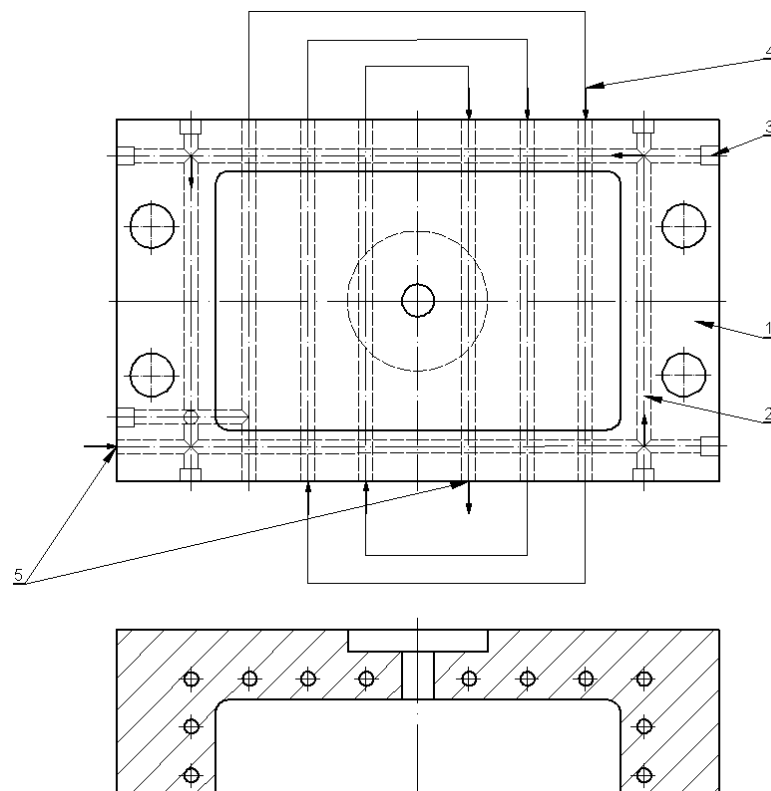
1 – tvárnice, 2 – kanál, 3 – přívod, 4 – odpad[3]

Na obrázku 21A je znázorněno tzv. řadové zapojení temperovacích kanálů např. u tvárníků. Temperovací kapalina protéká postupně jednotlivými tvárníky, stále více se zahřívá a způsobuje tím nestejně rozložení teplot tvářecích částí formy. Stejný jev vzniká u deskové tvárnice s vrtanými kanály podle obr. 21B. Zabráni se tomu paralelním nebo spirálovým zapojením kanálů podle obr. 22A, B, které zaručuje stejnoměrnější odvod tepla. V některých případech volíme raději i několik samostatných temperovacích okruhů v jedné polovině formy (obr. č. 23). [3]



Obr. 24. Temperování deskové tvárnice spirálovým kanálem[3]

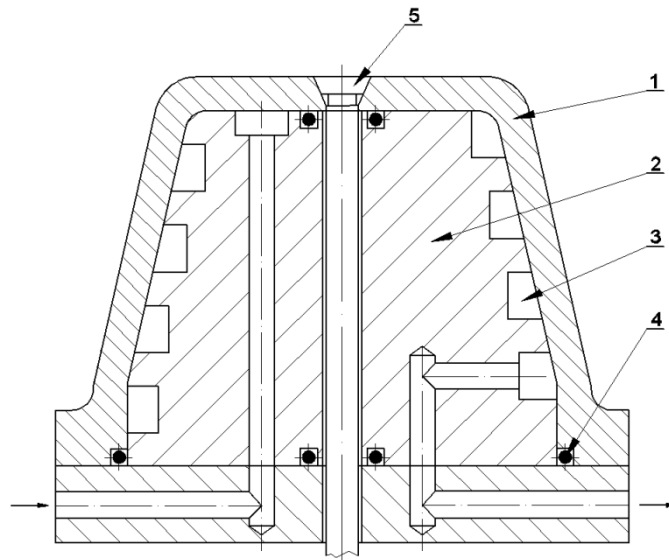
1 – tvárnice, 2 – spirálový kanál, 3 – těsnící šňůra, 4 – náustek[3]



Obr. 25. Provedení temperovacích kanálů u blokové tvárnice[3]

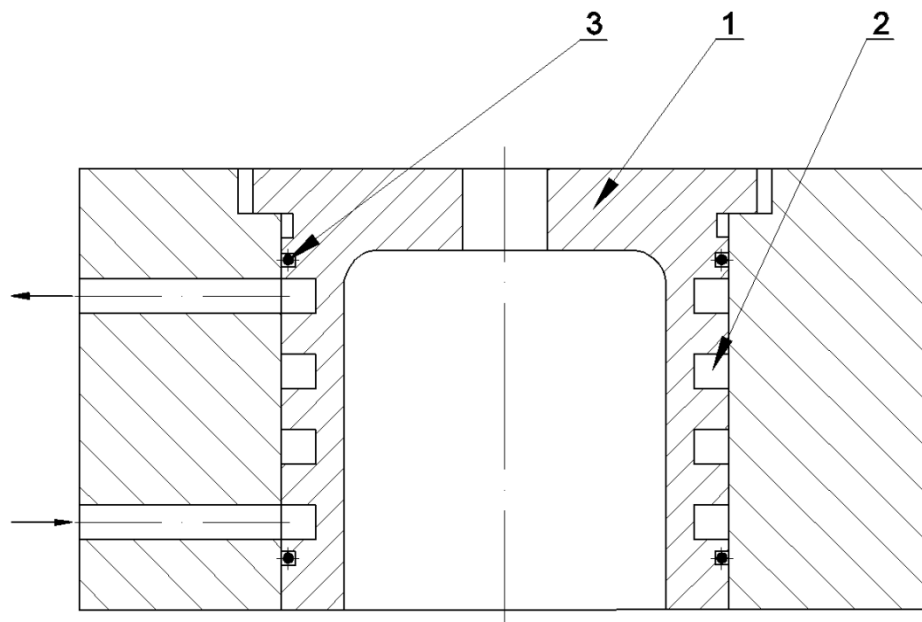
1 – tvárnice, 2 – temperační kanál, 3 – zátka, 4 – hadice, 5 – náustek[3]

Temperování deskové tvárnice frézovaným spirálovým kanálem je na obr. č. 24. Provedení vrtaných temperovacích kanálů u hluboké blokové tvárnice je vidět na obr. č. 25. Často se u takových tvárníc temperuje dno samostatným okruhem. V tvárníku na obr. č. 26 je zasunuta temperovací vložka se spirálovým temperovacím kanálem. Podobným způsobem je vyřešen temperovací okruh u tvárnice na obr. č. 27. [3]



Obr. 26. Tvárník s temperovací vložkou[3]

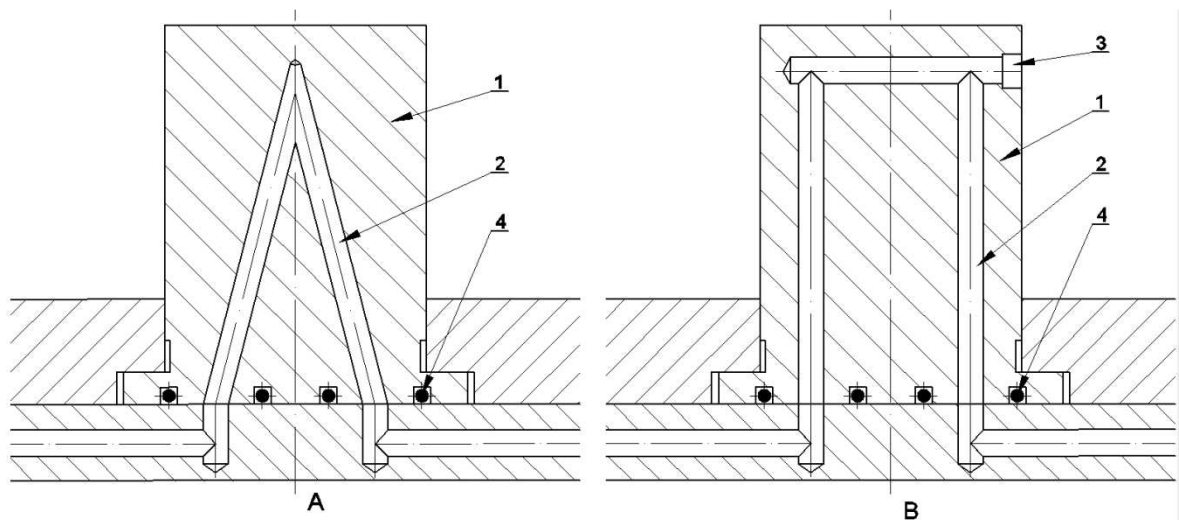
1 – tvárník, 2 – chladicí vložka, 3 – temperovací kanál, 4 – těsnící kroužek, 5 – vzduchový ventil[3]



Obr. 27. Použití obvodové temperovací drážky u vložkové tvárnice[3]

1 – tvárnice, 2 – temperovací kanál, 3 – těsnící kroužek[3]

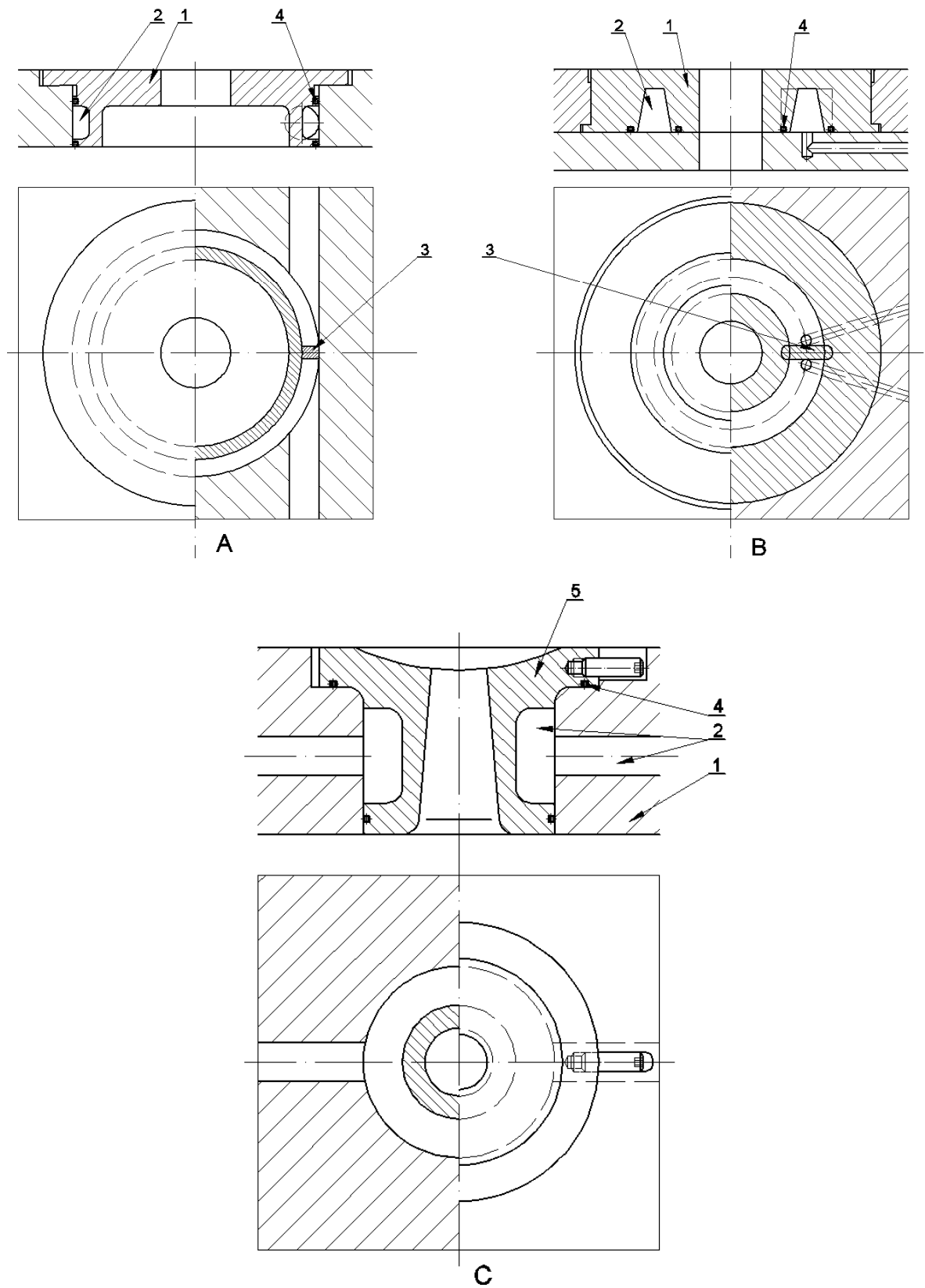
Povrch tvárnice je opatřen soustavou prstencových kanálů, propojených svislými drážkami tak, že vznikne souvislý temperační kanál. Tvar temperační vložky i kanálu a způsob napojení na rozvod může mít několik provedení. Provedení temperačních okruhů u úzkých a vysokých tvárníků ukazuje obr. 28A. Zátka u tvárníku na obr. č. 28B se musí pevně narazit nebo vlepít a zaleštit s plochou tvaru. Na obrázku 29A je temperační kanál vysoustružen na obvodu vložkové tvárnice, na obr. 29B ve dně. Kanál je přerušen vlepenu přepážkou, aby temperační kapalina proudila jen určeným směrem. Systému podle obr. č. 29A se používá i pro temperování vtokových vložek, viz obr. č. 29C. [3]



Obr. 28. Temperovací kanály v úzkých a vysokých tvárníků [3]

A – tvárníky s šikmými vrtanými kanály, B – s pravoúhlými vrtanými kanály

1 – tvárník, 2 – temperovací kanál, 3 – zátka, 4 – těsnicí kroužek [3]



Obr. 29. A – Temperace tvárnice obvodovou drážkou, B – Temperace tvárnice drážkou ve dně, C – Temperace vtokové vložky[3]

1 – tvárnice, 2 – temperovací kanál, 3 – přepážka, 4 – těsnící kroužek, 5 – vtoková vložka.

5 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘÍKŮ

Vyhazování výstřiků z forem je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [4]

Má dvě fáze:

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

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než $0,5^\circ$. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvaruje třeba počítat s jejich zavzdušněním. [4]

Po vyhazovačích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou-li na závadu, výstřík se podle možností opraví, nebo se vyhazovače umístí na stranu, kde vzhledu nevádí. Může se změnit i způsob vyhazování. Tím se ale často změní i zaformování výstřiku a také celá koncepce formy. Mimo výstřiků se vyhazuje i vtokový zbytek. Při vhodném uspořádání se může vtokový zbytek od výstřiku záměrně oddělit.

Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání formy. Narážecí kolík je axiálně seřiditelný
- hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením, které bývá obvykle příslušenstvím vstřikovacího stroje. Umožňuje měkké vyhazování,
- ručním vyhazováním nejrůznějšími mechanismy. Je vhodné pro jednoduché a zkušební formy. Obvykle bývá umístěno na formě. [4]

Zpětný pohyb je zajišťován:

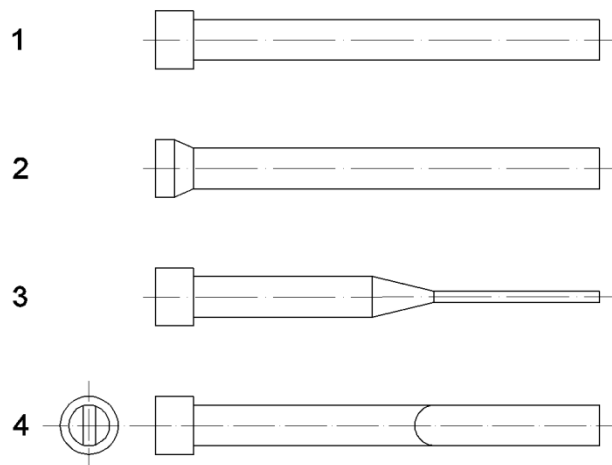
- vratnými kolíky,
- pružinami vždy v kombinaci s jiným systémem,
- speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým zařízením.[4]

5.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače. Proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je to systém výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. Správná volba vyhazovacího kolíku i jeho umístění, umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození.

Kolík se má opírat o žebro nebo stěnu výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné jej umístit na vzhledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperační kanály. [4]

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové. Mohou mít však jakýkoliv jiný tvar. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/J6 podle požadované funkce tekutosti plastu. Vůle v uložení působí i jako odvzdušnění. Tvar i způsob ukotvení má nejrůznější podobu. [4]



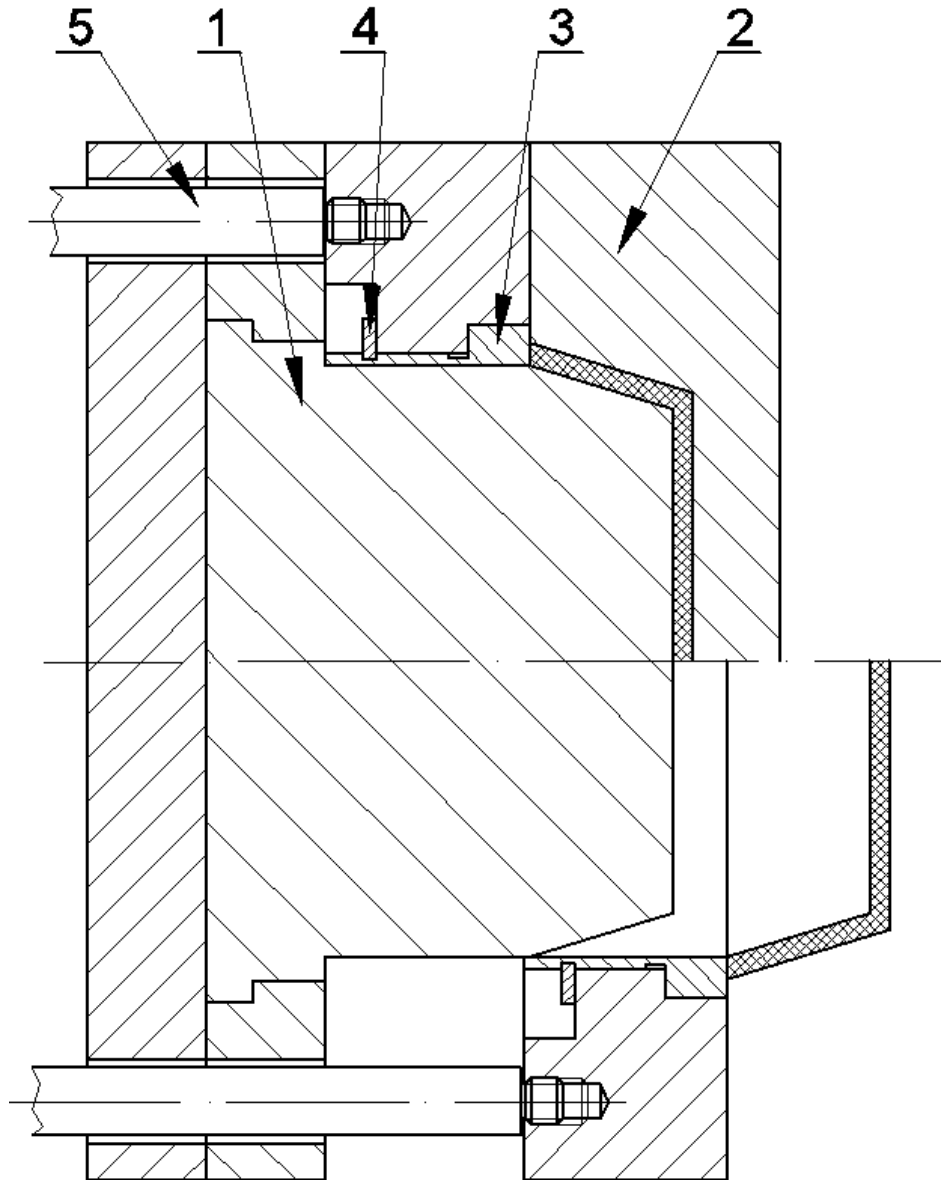
Obr. 30. Běžné typy vyhazovacích kolíků[4]

1 – vyhazovač s válcovou hlavou, 2 – kruhový děrovač, 3 – prizmatický vyhazovač, 4 – plochý vyhazovač.

5.2 Vyhazování pomocí stírací desky a stíracích kroužků

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace jsou pak minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výrobků. Kde je nebezpečná jejich

deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivená. [4]



Obr. 31. Princip vyhazování stírací deskou[5]

1 – tvárník, 2 – tvárnice, 3 – stírací kroužek, 4 – pojistný kroužek, 5 – táhlo stírací desky[5]

Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstřiku od stírací desky (např. odpruženým vyhazovačem). To proto, že zde často dochází k „lepení“ výstřiku svým povrchovým napětím a elektrostatickou silou k povrchu stírací desky. Lze použít i ofukování stlačeným vzduchem. [4]

Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen:

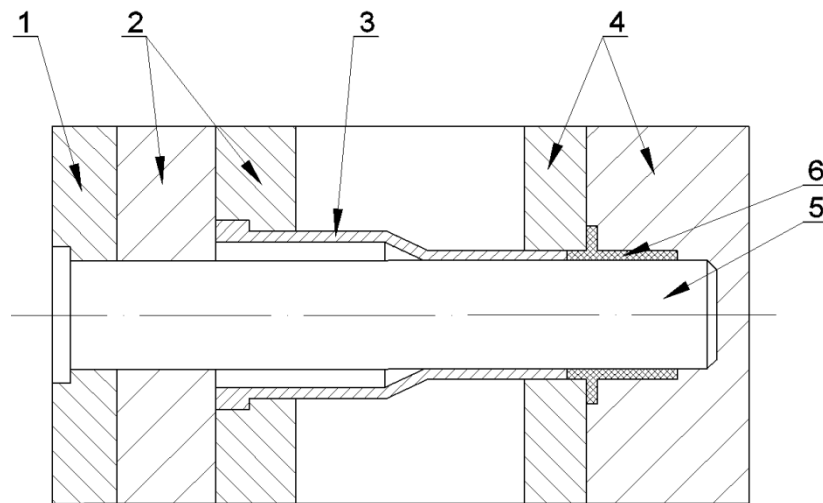
- tlakem vyhazovacího systému,
- tahem ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy jako pevnou deskou).

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spoje-nou táhly se stírací deskou. Síla může být vyvozena pružinami, hydraulickým nebo pneu-matickým zařízením. [4]

Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [4]

5.3 Trubkové vyhazovače

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvo-rem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatím co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro.



Obr. 32. Vyhazování trubkovým vyhazovačem[5]

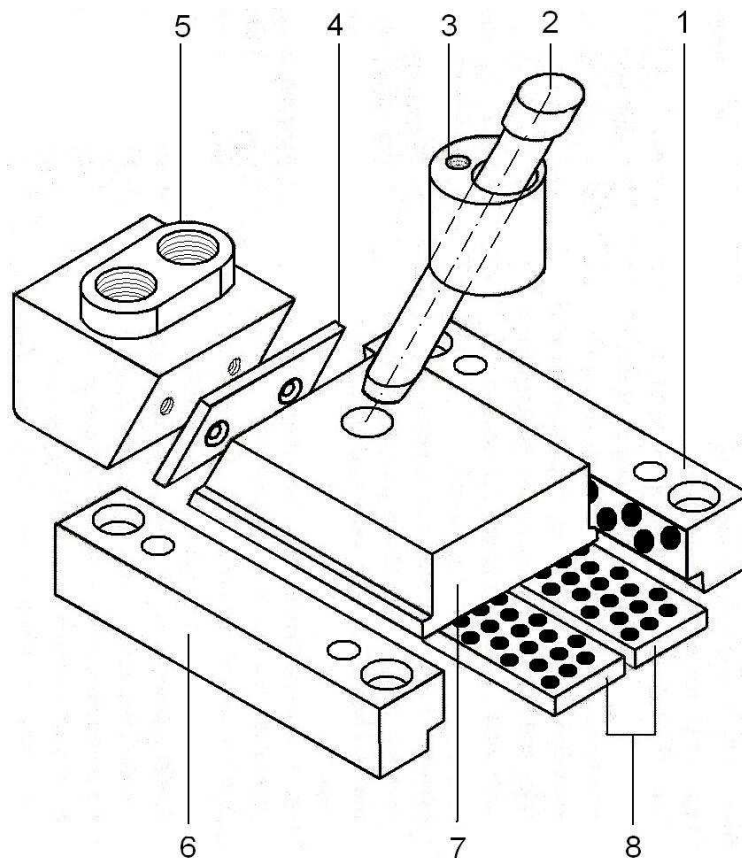
1 – opěrná deska, 2 – vyhazovací desky, 3 – trubkový vyhazovač, 4 – tvarové desky, 5 – jádro, 6 – výstřík

5.4 Odformování pomocí šikmých posuvných čelistí

Je speciální formou mechanického ovládání. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí ro-vině, ale jsou uloženy k ní pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstříků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem. [4]

Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen přímo na vyhazovači, nebo se šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci. [4]

Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné ho kombinovat i s přímým vyhazováním. Je snahou, aby způsob byl funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [4]



Obr. 33. Šikmá posuvná čelist

1 – vodící lišta, 2 – šikmý kolík, 3 – držák šikmého kolíku, 4 – vodící deska, 5 – jištění posuvných čelistí, 6 – vodící lišta, 7 – posuvná čelist, 8 – kluzné desky

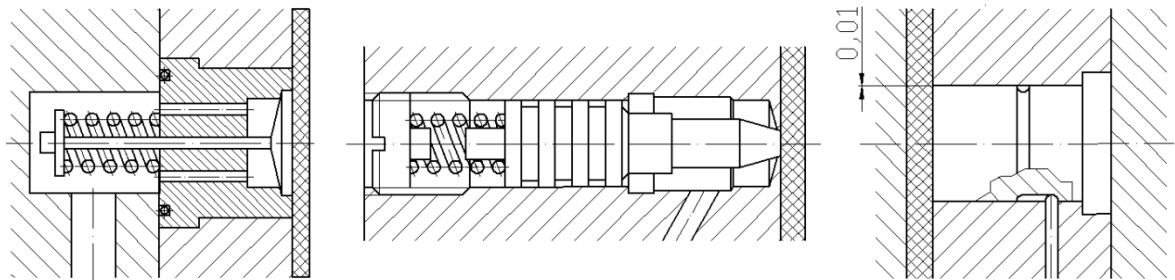
5.5 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro výstřiky uvedeného tvaru (např. kbelík) velmi výhodný. Běžné mechanické vyhazování výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače), bez záruky dobré funkce. [4]

Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiků. [4]

Vzduch se do dutiny formy přivádí přes ventil talířový, jehlový nebo různé kolíky. Ventil se otvírá tlakem vzduchu a zavírá pružinou. Jehlové ventily se používají, když plocha výstřiku ze strany od ventilu je profilovaná. Řízené ventily jsou umístěny vně formy. Pro automatické formy je třeba volit vyhazovací systémy tak, aby dva nezávislé systémy zabezpečovaly vyhození výstřiku z dutiny formy. Přitom lze kombinovat různé systémy mechanické, nebo mechanické s pneumatickými. [4]

Vlastní pneumatické vyhazování je ovládané mechanismem formy, nebo vstřikovacího stroje. Tlak vzduchu má být jen tak velký, aby vyhodil výstřik a neznečišťoval svým působením prostředí vstřikovny. Použitý způsob vyžaduje přesnou výrobu formy v oblasti vedení vzduchu. [4]



Obr. 34. Pneumatické ventily: zleva - talířový, jehlový, zavzdušňovací kolík[4]

5.6 Hydraulické vyhazování

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

Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky stírací desky apod. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [4]

6 RÁMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí. [4]

Mimo uvedené činnosti musí rám umožnit:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji,
- dokonalé a bezpečné upnutí na stroji,
- přesné vedení pohyblivých dílů formy,
- snadné upevnění tvarových vložek a dalších funkčních dílů,
- vhodné umístění temperačního a vyhazovacího systému.

Velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se dnes využívá nejrůznější typizace a nabídky normálií jednotlivých dílů. [4]

PRAKTICKÁ ČÁST

7 STANOVENÍ CÍLŮ

Prvním zadaným cílem bylo vypracovat teoretickou část na dané téma, podle literatury týkající se konstrukce vstřikovacích forem.

Druhým cílem bylo navrhnout formu pro výrobu daného dílu, vyřešit problém se zaformováním, chlazením a vyjmutím výrobku z formy.

Třetím cílem byla kontrola návrhu pomocí simulačních analýz a vyřešení případných chyb konstrukce formy.

Posledním cílem bylo vypracovat výkresovou dokumentaci sestavy vstřikovací formy.

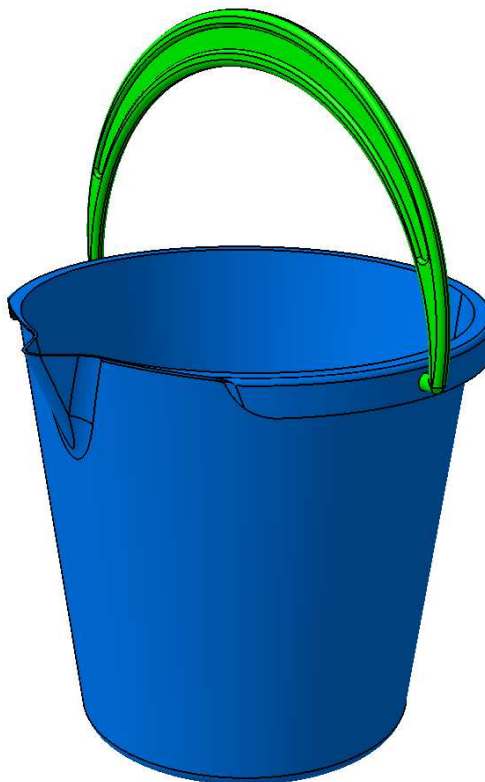
8 KONSTRUKCE FORMY

Prioritou návrhu bylo navrhnout formu, aby se dalo uskutečnit vystříknutí a odformování kbelíku společně s madlem na jeden vstřikovací cyklus. Po vyhození výrobku z formy bude madlo už přímo vloženo v kbelíku a bude pohyblivé. Madlo s kbelíkem bude vyrobeno ze stejného druhu polymeru a tak bude muset být navržena forma tak, aby nedošlo ke spojení obou materiálů. Forma bude jednonásobná vzhledem na velké rozměry výrobku.

8.1 Návrh výrobku

Pro konstrukci vstřikovací formy byl zvolen kbelík. Kbelík byl namodelován v 3D programu CATIA V5 R18. Rozměry kbelíku jsou podle velikosti reálného výrobku s minimálním objemem 10l, viz obr. 35. Kbelík byl opatřen obvodovou výztuhou kvůli lepší stabilitě. Také tento výztužný prvek má funkci nosnou. Umístění madla muselo být v tomto místě s ohledem na složitost zaformování.

Rozměry kbelíku		
Výška kbelíku	255	mm
Průměr kbelíku	258	mm



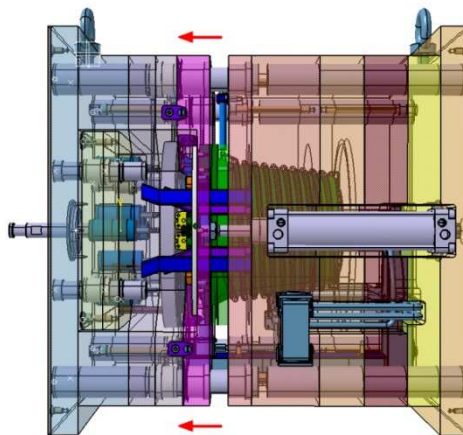
Obr. 35. Výrobek

8.2 Zaformování a způsob odformování

Zaformování samostatného kbelíku do formy a jeho následné odformování je triviální záležitost. První myšlenkou bylo, vyrobit jednu formu, která by dokázala vyrobit kbelík zároveň s jejím madlem. Madlo musí být v kbelíku uloženo tak, aby se nedalo po vystříknutí vytáhnout ven z kbelíku. Také musí být volně otočné v osách děr kbelíku.

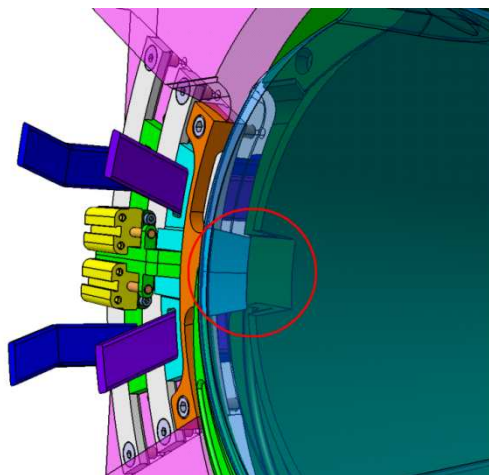
Dutina formy je zaplněna polymerem a výstřik je ochlazen na vyhazovací teplotu. Nyní začíná samotné odformování výstřiku.

Prvním krokem je, že začne odjíždět levá, pohyblivá strana. Společně s ní odjíždí pohyblivá deska, v níž jsou uložena všechna náležitosti pro odformování. Deska je pojištěna kuličkami na pružině které přidržují desku k pohyblivé části formy.



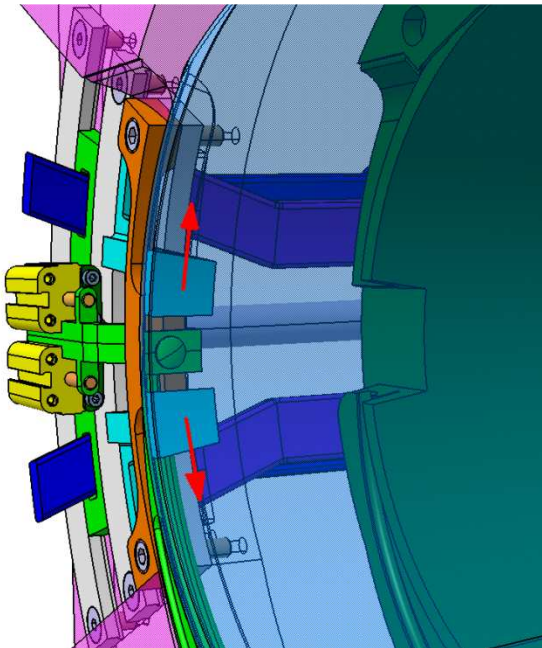
Obr. 36. Otvírání formy

V této poloze je tvárnice už v dostatečné vzdálenosti aby se mohly rozpohybovat čelisti, viz obr. 37.



Obr. 37. Detail posunutí tvárnice

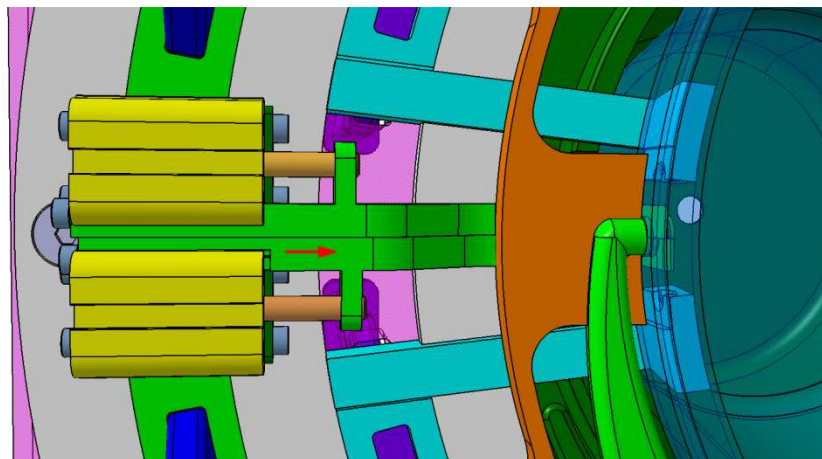
Druhým krokem je pohyb prvních posuvných čelistí viz obr. 38. Tento pohyb posuvných čelistí odformuje část madla, které je vloženo za okraj kbelíku.



Obr. 38. Pohyb prvních posuvných čelistí

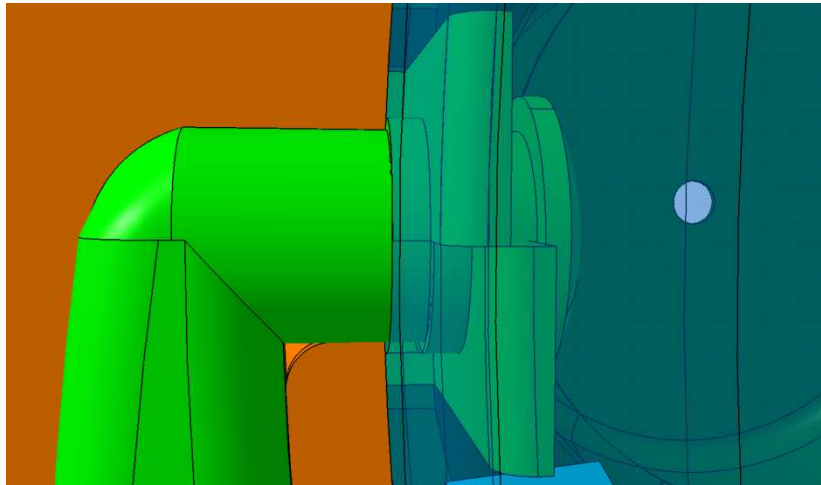
Třetím krokem je posuv druhými (zelenou barvou) posuvnými čelistmi, ale tentokrát ve směru X. Posunutí je z důvodu odformování díry mezikružím mezi kbelíkem a madlem. Posuv je vykonán pomocí pneumatického válce, který vykovává pohyb o 1,6 mm. Tato vzdálenost je dodržena dorazy. Válec byl volen proto, že dva různé pohyby stejnou posuvnou čelistí nelze vykonat.

Pohyb je tak nepatrný, že bude zobrazen jen na jedné symetrické čelisti, aby byl pohyb zřetelný.



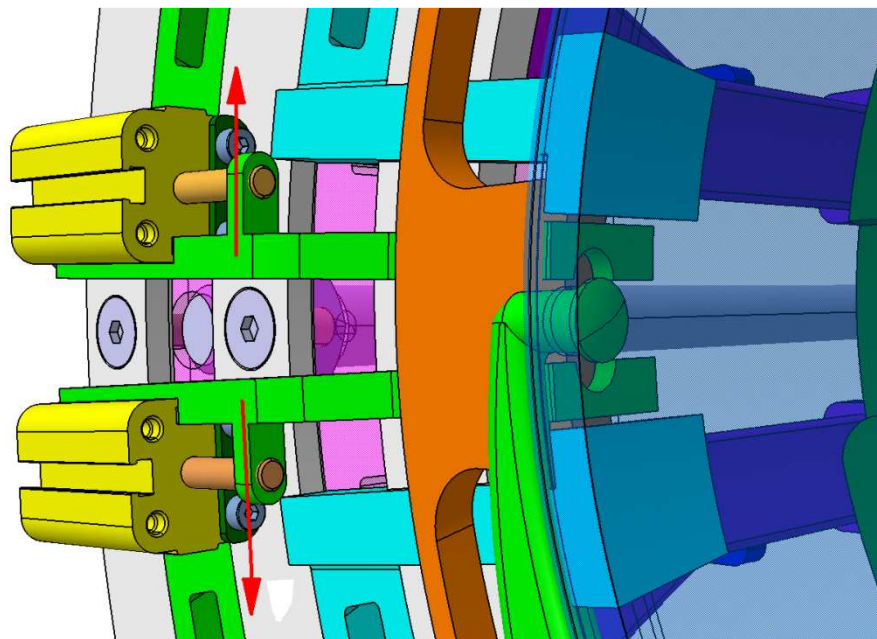
Obr. 39. Pohyb čelisti válcem ve směru X

Detailní pohled na odformování pneumatickým válcem je na obr. 39.



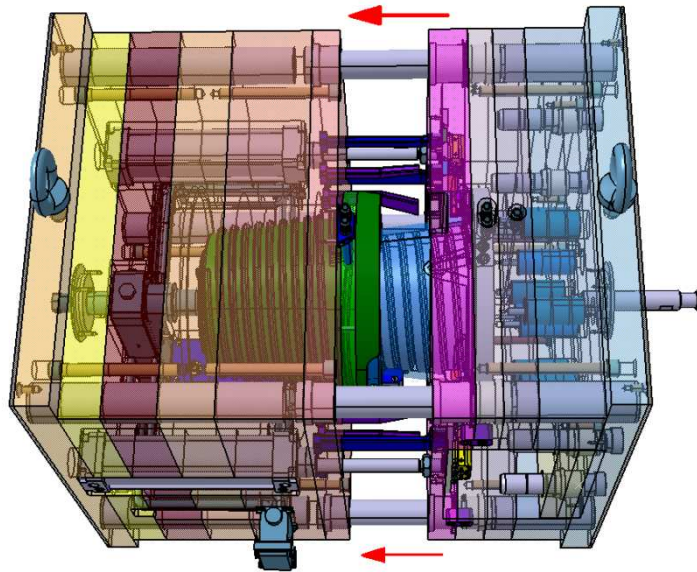
Obr. 40. Detail posunutí druhé čelisti ve směru X

Čtvrtým krokem je pohyb tou samou čelistí, jen se bude zase otáčet podle osy Z. Tak jako první čelist. Tímto pohybem se odformuje poslední část madla. Pohyb je zřetelný na obr. 41.



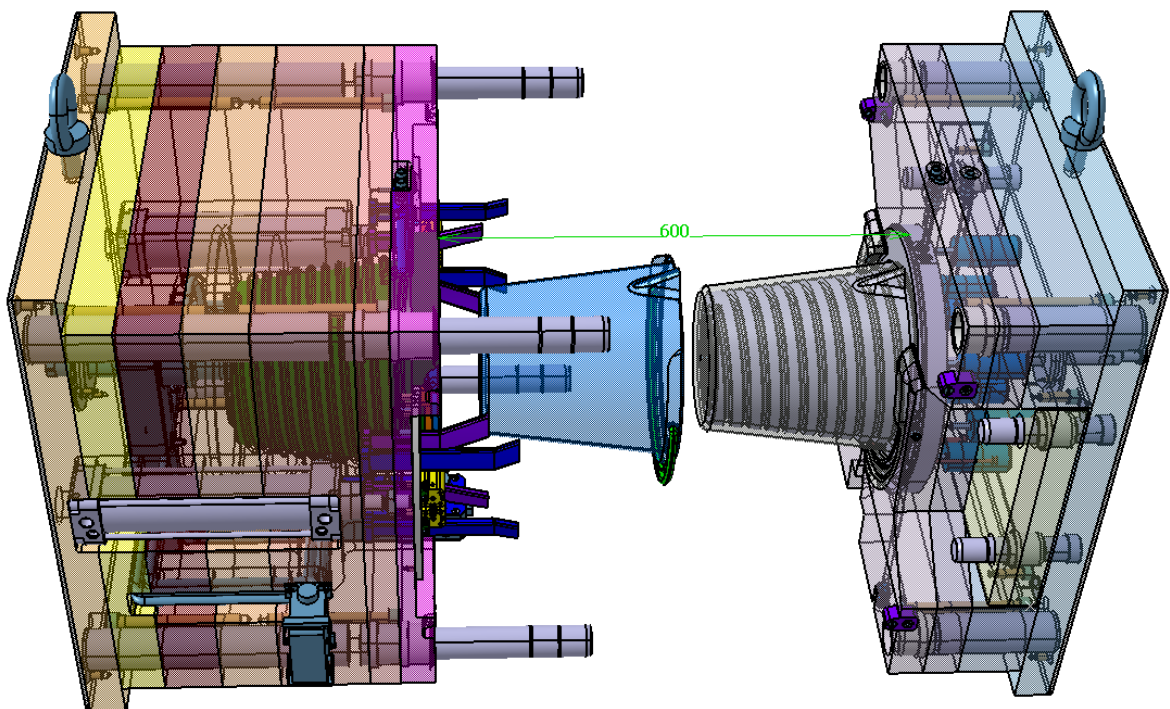
Obr. 41. Pohyb druhých čelistí po ose Z

Ve fázi, kdy je již tento mechanismus otevřený, se může posuvná deska odsunout zpět do výchozí polohy. Tím pádem se všechny čelisti vrátí do výchozí polohy, protože pojedou zpět po lomených kolíčkách. Tento pohyb bude vykonán pneumatickými válci, kvůli jejich velké rychlosti. Tím pádem i úspory velikosti maximálního otevření stroje o 200 mm.



Obr. 42. Zpětný pohyb desky pomocí pneumatických válců

Nyní se forma vysune do požadované vzdálenosti tak, aby šel výstřik vytáhnout. To je podle zvoleného stroje maximální hodnota 600 mm.

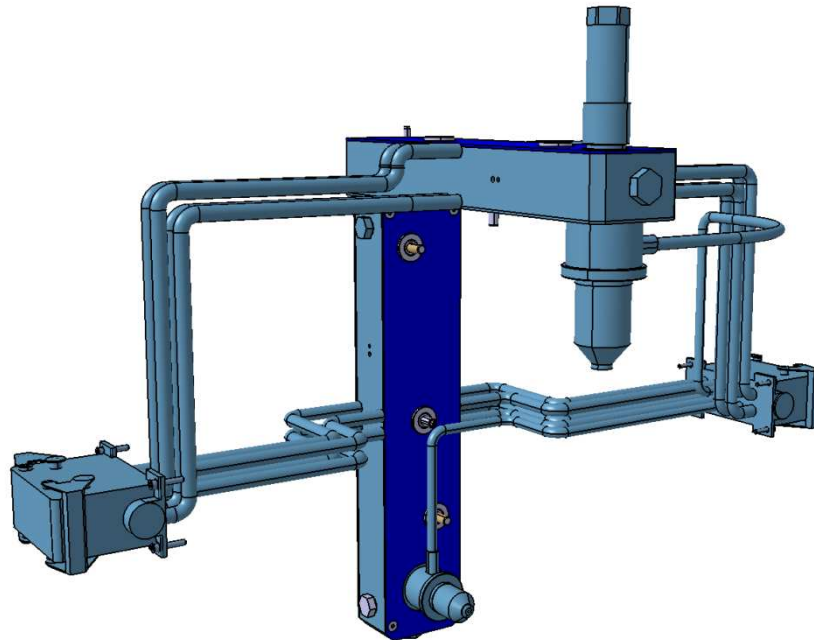


Obr. 43. Otevřená forma

8.3 Vtokový systém

Vtokový systém byl zvolen horký. Tento způsob vstřikování má tu největší výhodu, že nezůstává žádný vtokový zbytek, tedy je to bezodpadové vstřikování. Horký vtokový sys-

tém byl ale zvolen hlavně kvůli tomu, aby mohl zásobovat zvlášť dutinu kbelíku a zvlášť dutinu madla. Studeným vtokovým systémem by tavenina nemohla plnit dutiny obě zároveň, jelikož vstup do dutiny madla je od hlavního rozvodného bloku přes 5 desek. Systém horkých rozváděcích bloků je na obrázku 44.

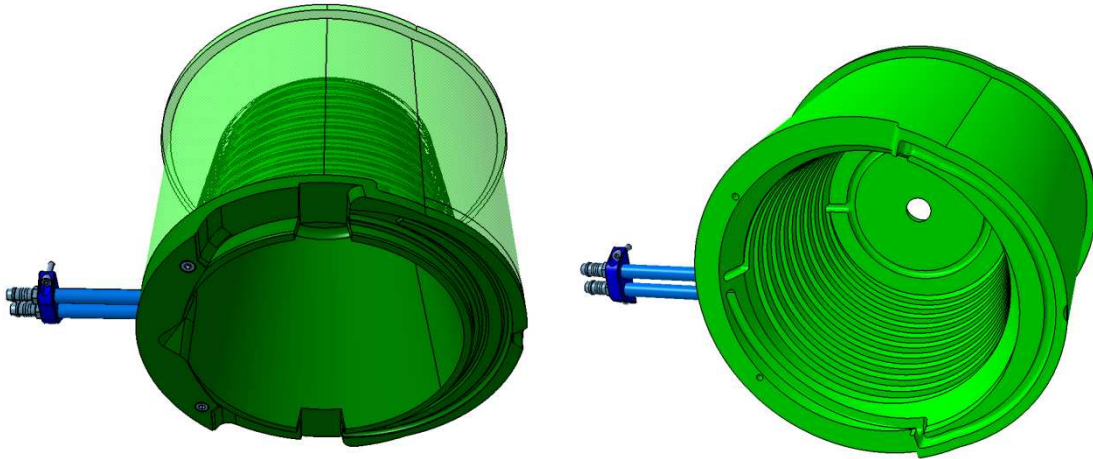


Obr. 44. Horký vtokový systém

Tavenina vstupuje z vstřikovacího stroje do centrální vtokové vložky. Odtud je rozvedena do horké trysky Z103, která má výstupní průměr 3,5 mm. Druhý proud vede v prvním rozváděčím bloku H106 o délce 355 mm. Na konci bloku tavenina přestupuje do druhého rozváděcího bloku H106 o délce 400 mm. Dále tavenina teče do druhé horké trysky Z103, která má výstupní průměr 2 mm. Průměr rozváděcího kanálu je 10 mm. Rovnoměrný tok byl zkontrolován v programu Autodesk Moldflow Insight tak, aby plnění dutin formy bylo za stejný čas.

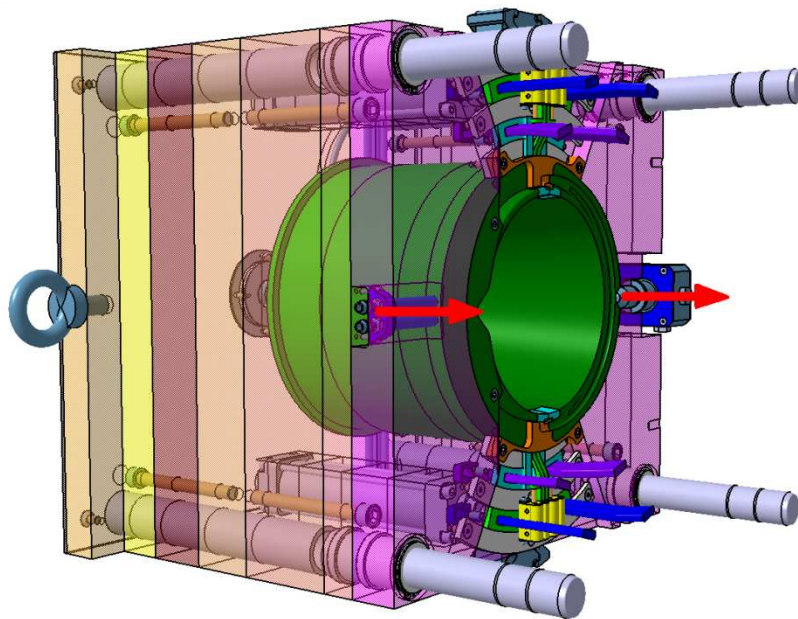
8.4 Temperace formy

Temperace formy dostatečně zajišťují 3 temperační okruhy. První temperační okruh je pro chlazení tvárnice. Systém chlazení byl zvolen takový, aby temperační médium obtékalo tvárnici po šroubovici. Temperační systém je složen ze dvou hlavních částí a to tvárnice a chladiče tvárnice viz obr. 45. Tvárnice je vložena do chladiče tvárnice a ukotvena dvěma šrouby M8x50.



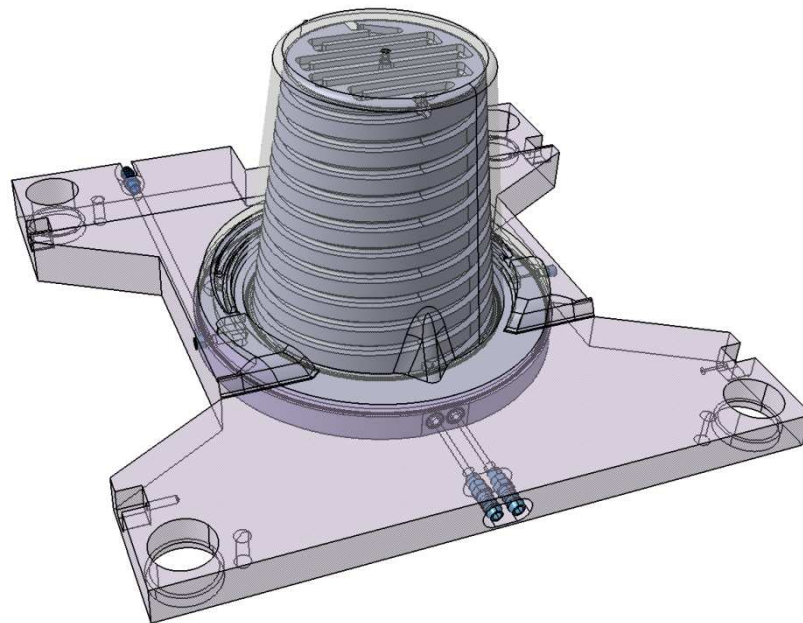
Obr. 45. Zleva: Uložení tvárnice v chladiči a chladič tvárnice

Temperační médium vtéká koncovkou do chladiče tvárnice přes spojovací trubku. Není zde vrtaný kanál, jelikož propojení chladiče a koncovky je mimo desku, v které je chladič uložen viz obr. 46. Tato deska je totiž pohyblivá. Dále temperační médium vtéká do šroubovice a tím obtéká celý povrch tvárnice po kuželové ploše. Do druhé, zpětné šroubovice vtéká temperační médium přes spojovací kanál a obtéká tím místo pro uložení horké trysky ve dvou obloucích. Dále se vrací druhou šroubovicí a vtéká do oblasti, kde je dutina pro madlo. Odtud vtéká zpět do druhé propojovací trubky a tím i ven z formy.



Obr. 46. Směr odsunutí pohyblivé desky

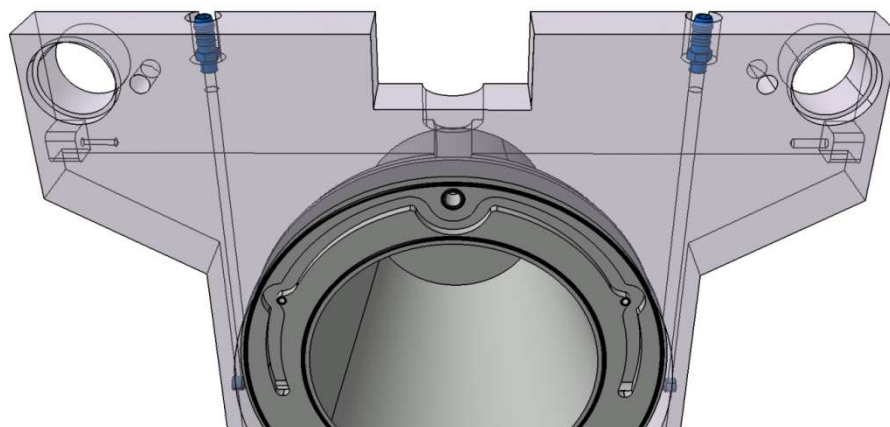
Druhý temperační okruh je pro chlazení tvárníku. Systém je podobný jako u temperace tvárnice. Jen není chladič tvárníku umístěn vně ale uvnitř. Tento systém je patrný z obr. 47.



Obr. 47. Chlazení tvárníku

Temperační médium obtéká tvárník tak jako u tvárnice, jen na vrcholu pro zvětšení chladičího účinku je vytvořena drážka ve tvaru „hada“. Všechna místa kde za působení velkého tlaku a možné nepřesnosti výroby, či jakosti povrchu, byla utěsněna těsníci kroužky. Místa, která byla slepá, nebo by temperační médium vyteklo, byla zaslepena ucpávkami.

Třetí temperační okruh je jen pro podpoření chlazení madla. Tento okruh byl vytvořen proto, že madlo má ke kbelíku poměrně větší průřez. Tento okruh je patrný na obr. 48.

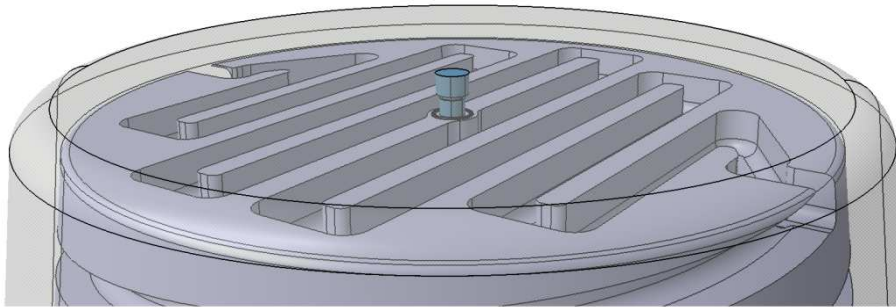


Obr. 48. Chlazení madla

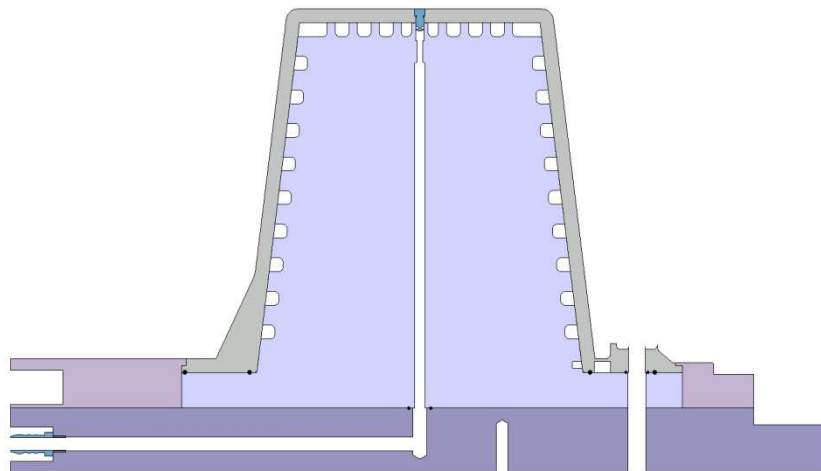
Vyfrézovaná drážka je přesně nad osou madla, jen v místech, kde musí být umístěny vyhazovače a horká tryska, kanál tyto místa obtéká. Z obrázku je taky dobře patrné utěsnění všech okruhů.

8.5 Vyhazení výstřiku

Vyhazení výstřiku je řešeno dvěma způsoby. Největší podíl na vyhození výstřiku má talířový pneumatický ventil, který je na obr. 49. Ten je umístěn do tvárníku přímo na střed. Princip je takový, že tlak vzduchu odlepí výstřik od povrchu tvárníku, dále tak vyhozený výstřik bude robotem přemístěn ven z formy. Přívod vzduchu je řešen z boku formy a následně vede kolmo na hlavní dělicí rovinu přímo k pneumatickému ventilu, který je zřetelný z obr. 50. Pneumatický ventil je na pružině a tak po působení tlaku vzduchu se vrátí zpět do výchozí polohy. Přechody mezi deskami, tam kde by mohl uniknout tlak vzduchu, jsou utěsněny těsnícími kroužky. Podrobnější popis funkce a principu je popsáno v teoretické části – Pneumatické vyhazování.

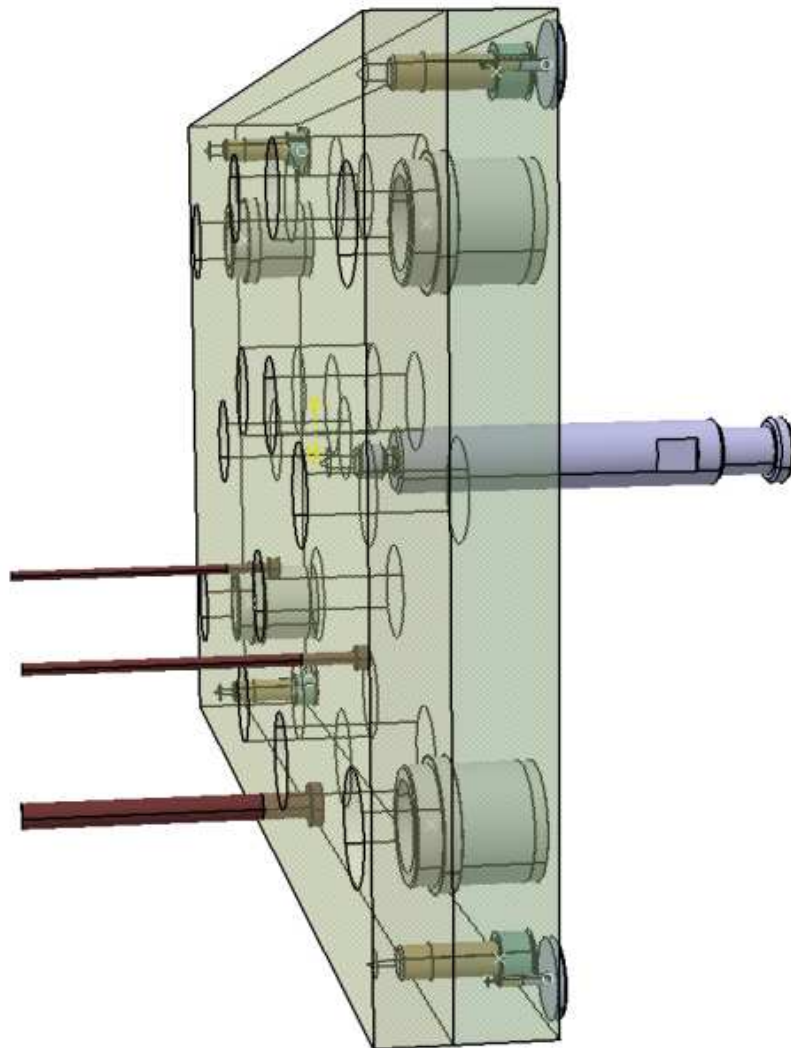


Obr. 49. Talířový pneumatický ventil



Obr. 50. Přívod tlakového vzduchu k pneumatickému ventilu

Pro vyhození madla z formy jsou zde použity válcové vyhazovače. Tyto vyhazovače mají jen funkci odlepit výstřik madla od povrchu formy. Celkové vyjmutí bude obsluhovat robot, jak už bylo výše zmíněno. Toto bylo řešeno také z důvodu ušetření délky zdvihu stroje. Dráha vyhazovačů je jen taková, aby madlo bylo vyhozeno. Vyhazovací systém je na obr. 51.



Obr. 51. Vyhazovací systém desek

9 SIMULAČNÍ ANALÝZY

9.1 Zvolený materiál

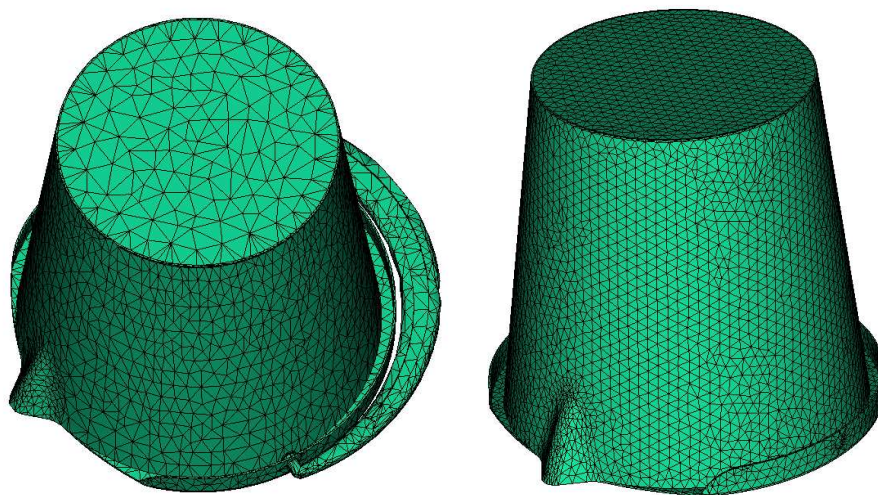
Polymer:	Polypropylen
Obchodní název:	RJ470MO
Výrobce:	Borealis

Doporučené procesní podmínky

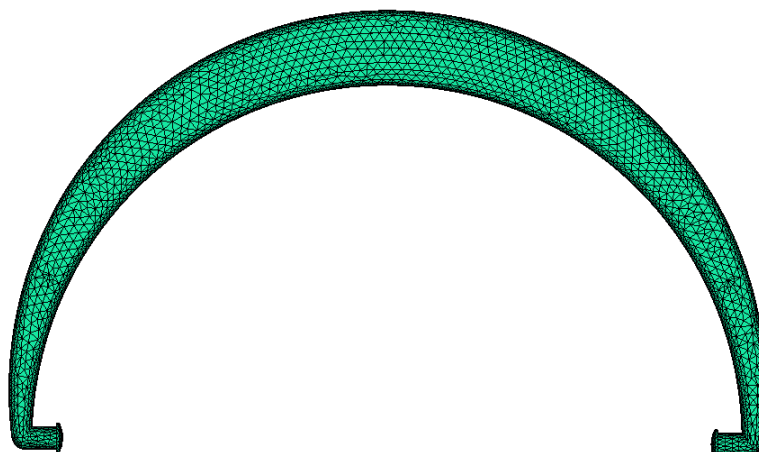
Teplotní rozmezí povrchu formy:	20 - 60°C
Teplotní rozmezí teploty taveniny:	220 - 260°C
Vyhazovací teplota:	80°C
Maximální smykové napětí:	0,25 MPa
Maximální rychlost smykové deformace:	100000 1/s

9.2 Síť

Prvním návrhem byla vytvořena síť z modelu, který byl uložen ve formátu *.stl. Tato síť byla nedostatečná. Z formátu *.stl nebylo možno vygenerovat kvalitní síť a tak se model musel vyexportovat ve formátu *.stp. V prvotní analýze se totiž vyskytovaly velké chyby hlavně v analýze plnění. Díky formátu *.stp se analýza více blížila k reálným výsledkům.



Obr. 52. 2,5D síť výrobku ve formátu *.stl a *.stp



Obr. 53. 3D síť madla

V porovnání mezi těmito sítěmi jde vidět velký rozdíl kvalit a to jen díky formátu *.stp. Takto kvalitní síť se mnohem více blíží k reálným výsledkům kvůli větší hustotě elementů.

V tabulce 1 jsou rozepsané důležité parametry pro kvalitní výpočet analýzy. Optimální by bylo, kdyby maximální poměr stran trojúhelníků v síti byl roven 1. Tedy by se jednalo o rovnostranný trojúhelník a výpočet by se nejvíce blížil k reálnému výsledku. Jelikož bývají tvarové součásti velmi složité, musela by síť mít mnohokrát více elementů a tím by se i mnohonásobně prodloužil čas výpočtu a velmi by se zatížila paměť počítače. Dostačující koeficient je 15, v tomto případě nepřevyšuje hodnotu 9.

Procentuální shodnost s výrobkem je hodnota, která by se měla co nejvíce blížit k 100%. Zpravidla na kvalitní výpočet stačí 80%. Poměr stran čtyřstěnu je statistika ve 3D síti. Tato hodnota by neměla převyšovat hodnotu 50. Jakmile by se tak stalo, analýza by nebyla vypočítána do konce. Jelikož síť kbelíku, již nešla opravit na lepší výsledek, byla analýza spuštěna a bez problémů byla vypočítána. Tato hodnota je pravděpodobně jen orientační.

Tab. 1. Statistika sítí

	KBELÍK	MADLO	Doporučení
Průměrný poměr stran trojúhelníku	1,689	2,036	-
Maximální poměr stran trojúhelníku	8,717	5,885	max. 15
Procentuální shodnost s výrobkem	95,80%	78,80%	85
Poměr stran čtyřstěnu	135,4	29,8	max. 50

9.3 Zvolení vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj byl zvolen podle požadované velikosti uzavírací síly a podle objemu taveniny, které je stroj schopen vystříknout. Celkový objem dutiny je $422,4 \text{ cm}^3$ a velikost uzavírací síly je 298,8 tun. Objem dutiny by se měl pohybovat od 10% - 90% kapacity taveniny ve stroji. To znamená, že objem plastikací jednotky $640,4 \text{ cm}^3$ bude optimální. Rozměr mezi vodícími sloupy je 660mm x 660mm, to je pro formu o rozměrech 596x596 dostačující. Podle těchto požadovaných parametrů byl zvolen vstřikovací stroj od firmy Milacron Roboshot 330i. Ostatní parametry stroje jsou popsány v příloze 2.



Obr. 54. Vstřikovací stroj ROBOSHOT [9]

9.4 Trajektorie vtokového systému a temperace

V programu CATIA V5 R 18 byly vytvořeny trajektorie horkého systému a temperace podle rozvodných a temperačních kanálů ve formě. Horký vtokový systém s tryskami byl nadefinován jako „hot runner“ a místa ústí vtoku jako „hot gate“. Průřezy kanálů byly vždy buď kruhové, nebo kuželové. Průměry horkých kanálů byly nadefinovány takto:

Centrální horká vtoková vložka:	$D = 10\text{mm}$
Rozvodné kanály:	$D = 10\text{mm}$
Tělo centrální trysky:	$D = 10\text{mm}$
Tělo boční trysky:	$D = 5\text{mm}$
Ústí vtoku centrální trysky:	$D_{\text{start}} = 10\text{mm}, D_{\text{finish}} = 3,5\text{mm}$
Ústí vtoku boční trysky:	$D_{\text{start}} = 5\text{mm}, D_{\text{finish}} = 2\text{mm}$

Temperační systém byl nadefinován jako „channel“. Průřezy kanálů byly vždy buď kruhové – vrtané, nebo obdélníkové (čtvercové) – frézované. Průměry temperačních kanálů byly nadefinovány takto:

Všechny vrtané díry: $D = 10\text{mm}$

Všechny frézované drážky: čtverec $10\text{mm} \times 10\text{mm}$

9.5 Procesní podmínky

Procesní podmínky byly nejdříve zvolené jako implicitní. Následně byla snaha podmínky optimalizovat podle výsledků, které nebyly podle materiálových doporučení optimální. Posléze však nastavení procesních podmínek bylo vráceno jako implicitní s jen některými změnami, které jdou vidět z tabulky 2. A optimalizovaného dotlaku viz tabulka 3. Průběh dotlaku je dobře patrný z obr. 55.

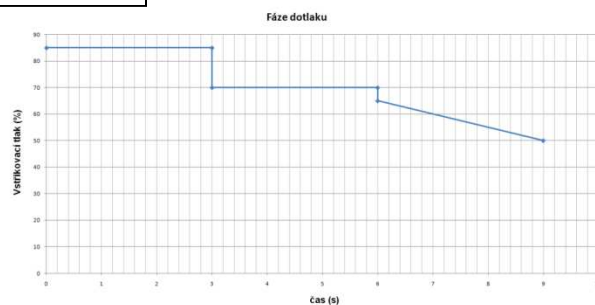
Tab. 2. Nastavení procesních podmínek

Teplota povrchu formy	45	°C
Teplota taveniny	255	°C
Otevření formy	5	s
Vstřikovací čas	automatický	
Přepnutí na dotlak při zaplnění dutiny	automatický	

Temperační médium	voda	
Tlak vstupního média	3,5	bar
Teplota média	40	°C

Tab. 3. Nastavení fází dotlaku

Trvání dotlaku (s)	Vstřikovací tlak (%)
0	85
3	85
0	70
3	70
0	65
3	50



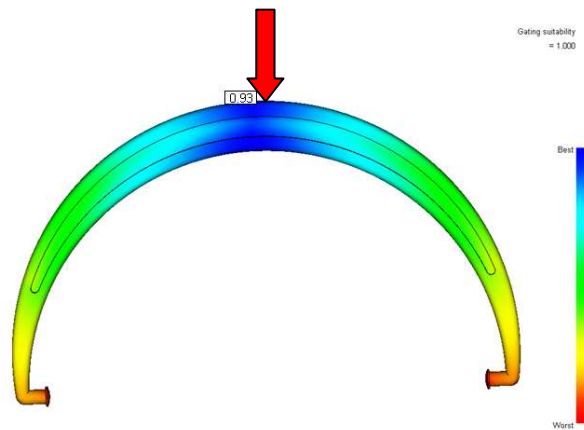
Obr. 55. Závislost času na procentuálním úbytku vstřikovacího tlaku

10 VÝSLEDKY ANALÝZ GENEROVANÉ Z 2,5D SÍTĚ

10.1 Analýza vhodnosti umístění vtoku

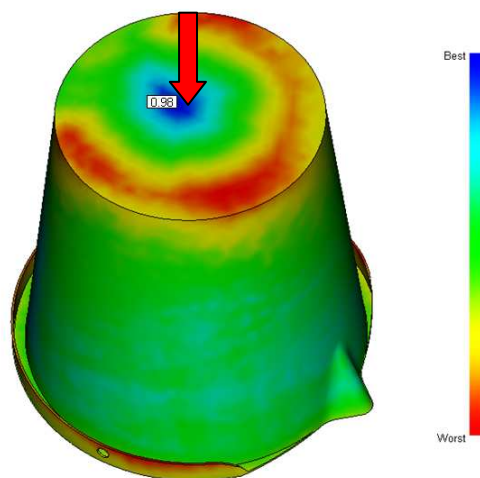
10.1.1 Umístění vtoku pro madlo

Na obrázku 56 a 57 lze vidět podle barevné škály od modré - nejlepší až po červenou barvu jako nejhorší místo pro vtok materiálu. Tyto výsledky byly už předem předpokládány a tak tyto výsledky jsou pouze informativní. Vtok byl umístěn do osy symetrie madla a ze spod na střed kbelíku pro rovnoměrné zatečení taveniny do všech míst dutiny. Podle analýzy v programu AMI bylo vyhodnoceno, že úspěšnost správného umístění vtoku bylo téměř 100% vhodné.



Obr. 56. Vhodnost umístění pro madlo

10.1.2 Umístění vtoku pro kbelík

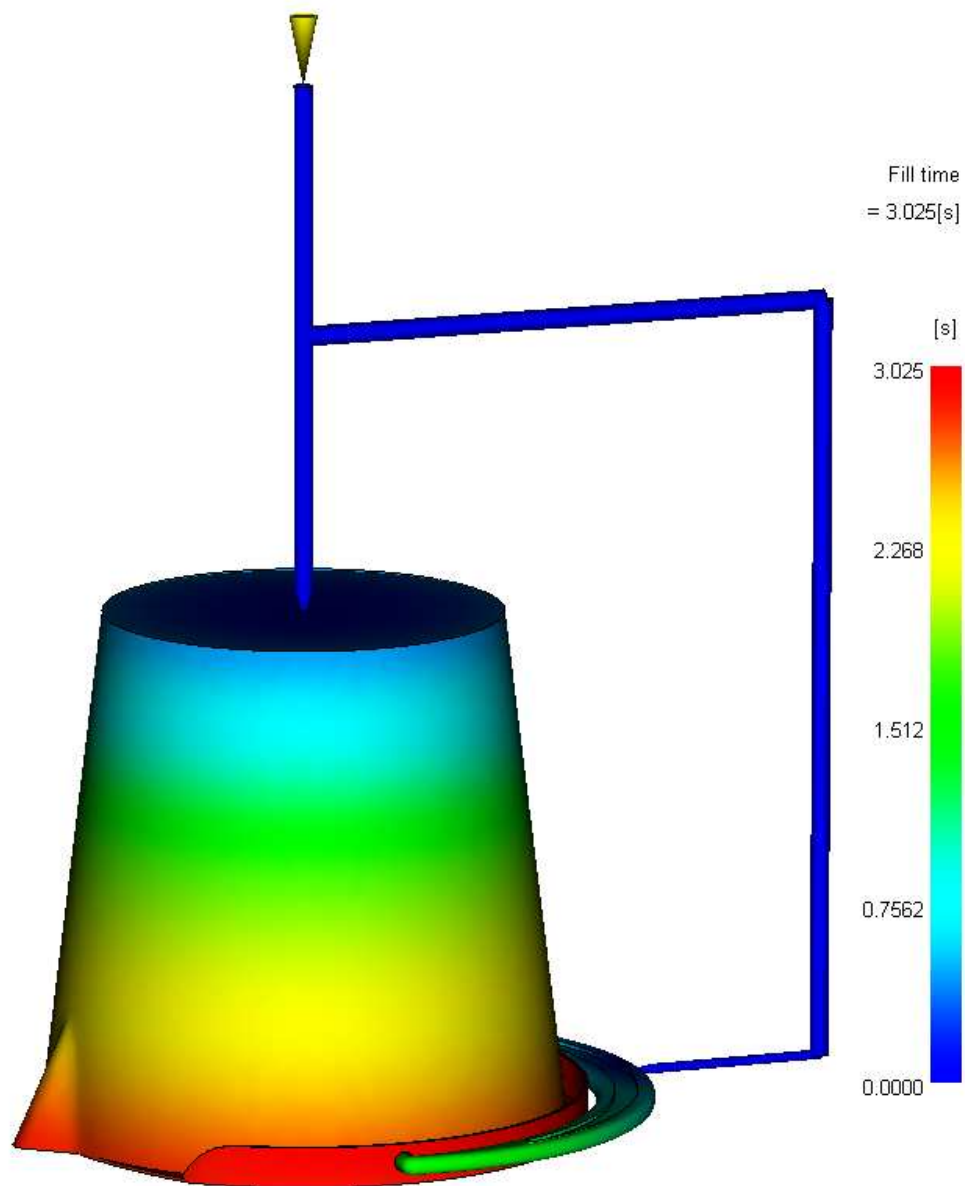


Obr. 57. Vhodnost umístění pro kbelík

10.2 Analýza plnění

10.2.1 Čas plnění

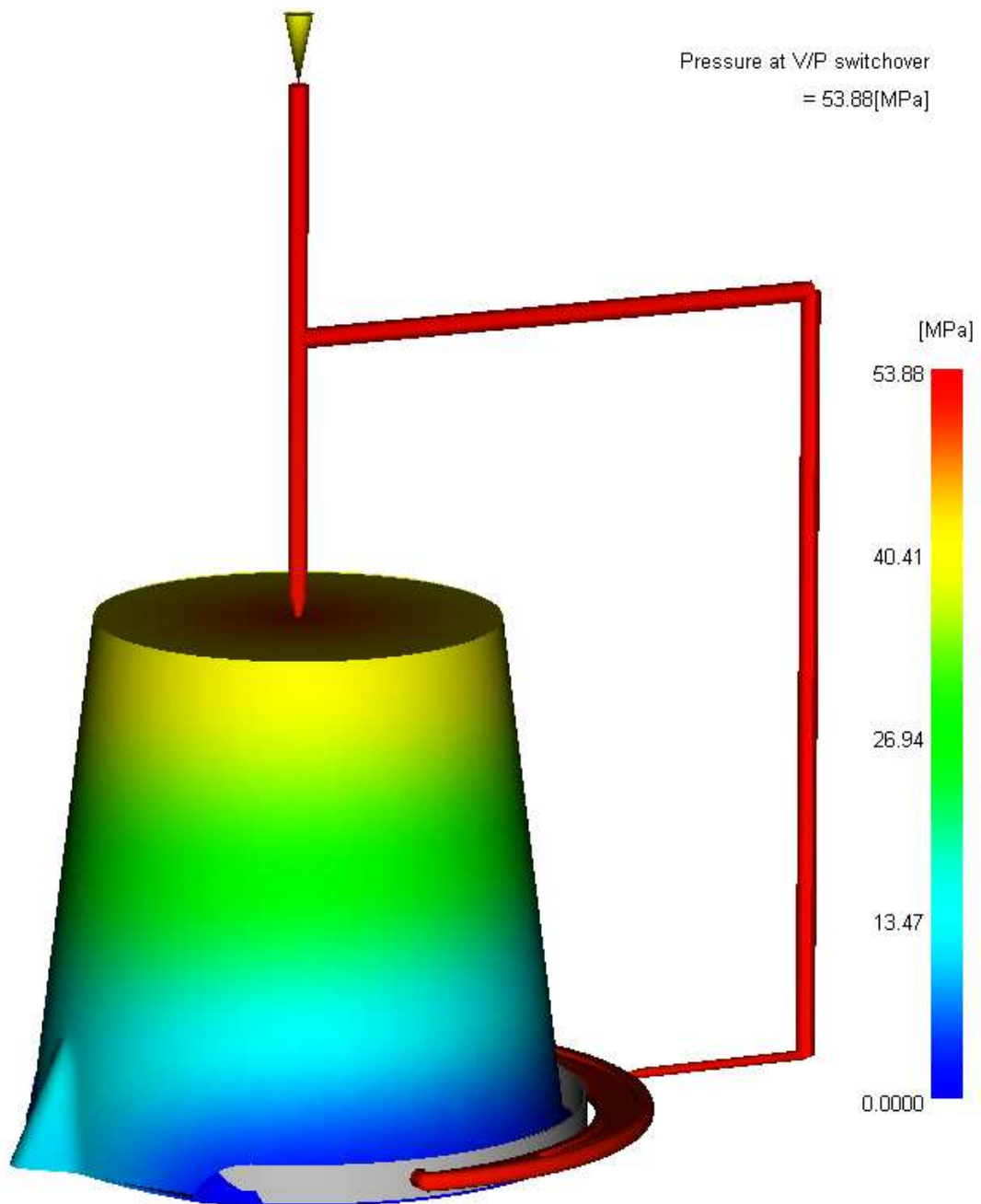
Tento výsledek zobrazuje, za jaký čas tavenina naplní dutiny formy. Také je z toho to obrázku patrné rovnoměrnost zatečení taveniny do dutiny formy. Madlo bylo naplněno dříve než kbelík. Tento nedostatek by se dal eliminovat zúžením rozvodného kanálu k madlu. Toto bylo provedeno, jenže vlivem zúžení kanálu narostla mnohonásobně rychlost smykové deformace. Tento výsledek zobrazuje, jestli tavenina dotekla do všech míst dutiny formy.



Obr. 58. Čas plnění

10.2.2 Tlak v době přepnutí

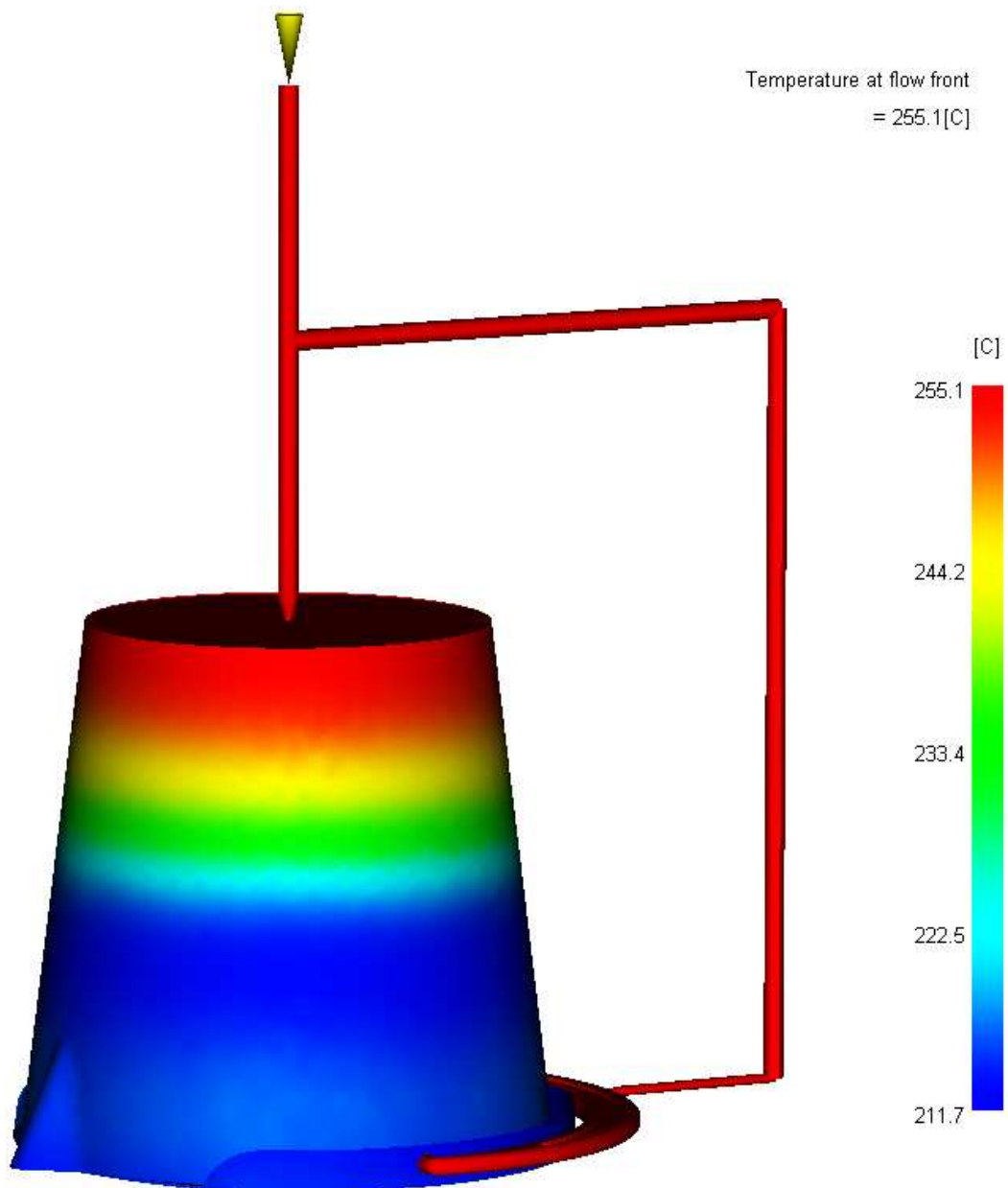
Jakmile je forma z 99% zaplněna taveninou, vstřikovací stroj přejde na dotlak. Kdyby se tak nestalo, vznikla by tlaková špička, kvůli které by mohl vzniknout přetok. Maximální tlak působí ihned při vstupu taveniny a to 53,88 MPa a nulový je na nejbzdálenějším místě od vtokového ústí. Na obrázku jsou zřetelná nezaplňená místa, tato místa jsou následně zaplněna taveninou pomocí dotlaku.



Obr. 59. Tlak v okamžiku přepnutí na dotlak

10.2.3 Teplota na čele taveniny

Teplota by neměla klesnout o více než 2°C až 5°C během fáze plnění. Velká změna teplotního pole je zapříčiněna hlavně tím, že tavenina musí vykovat velkou dráhu, aby naplnila celý tenkostěnný výrobek. Byla provedena analýza s prodloužením vstřikovacího času. Tím se snížila rychlost smykové deformace, ale mnohonásobně se zvýšil vstřikovací tlak a tím pádem i uzavírací síla stroje. Tato velká změna teploty je příčinou velkého tenkostěnného výrobku a intenzivním chlazením dutiny formy. Pro analýzu bylo předěláno chlazení s větším stoupáním šroubovice, ale nemělo to na tento velký teplotní gradient velký vliv.

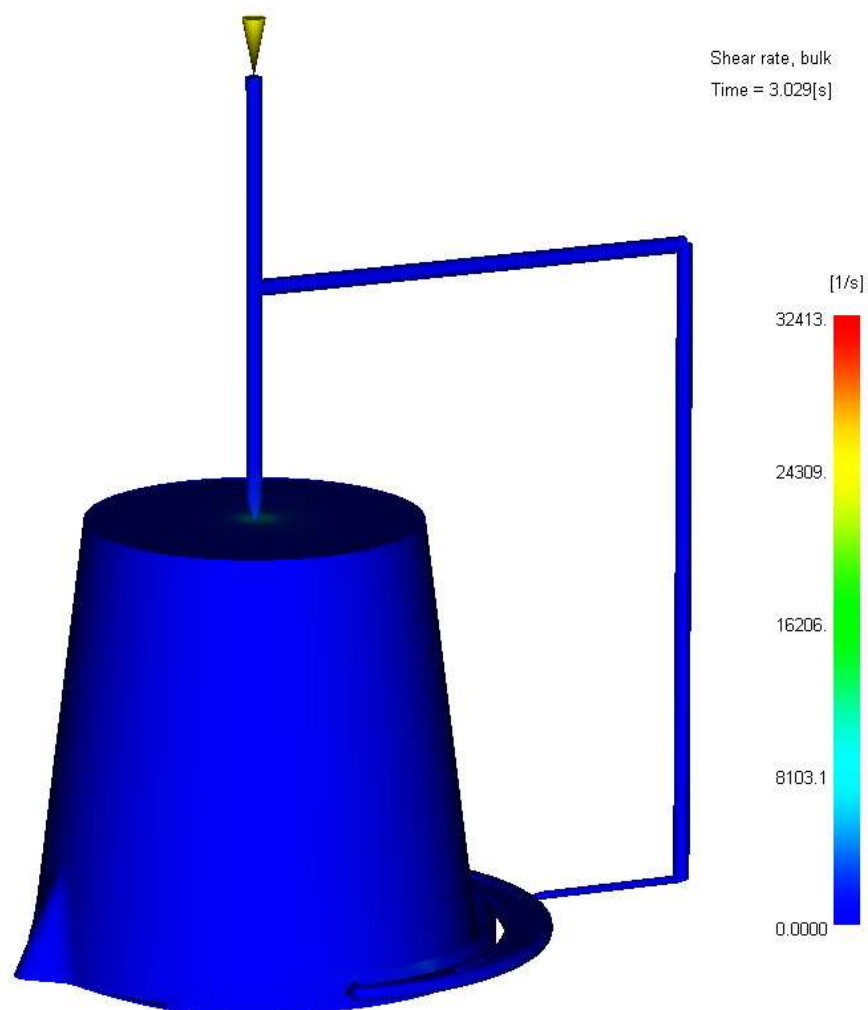


Obr. 60. Teplota na čele taveniny

10.2.4 Rychlost smykové deformace

Vysoká rychlost smykové deformace může být příčinou degradace materiálu. Dále pak výrobek může být křehký, lámavý až drobnivý. V místech velké smykové deformace bude na povrchu zřetelná deformace zhoršením jakosti povrchu výrobku.

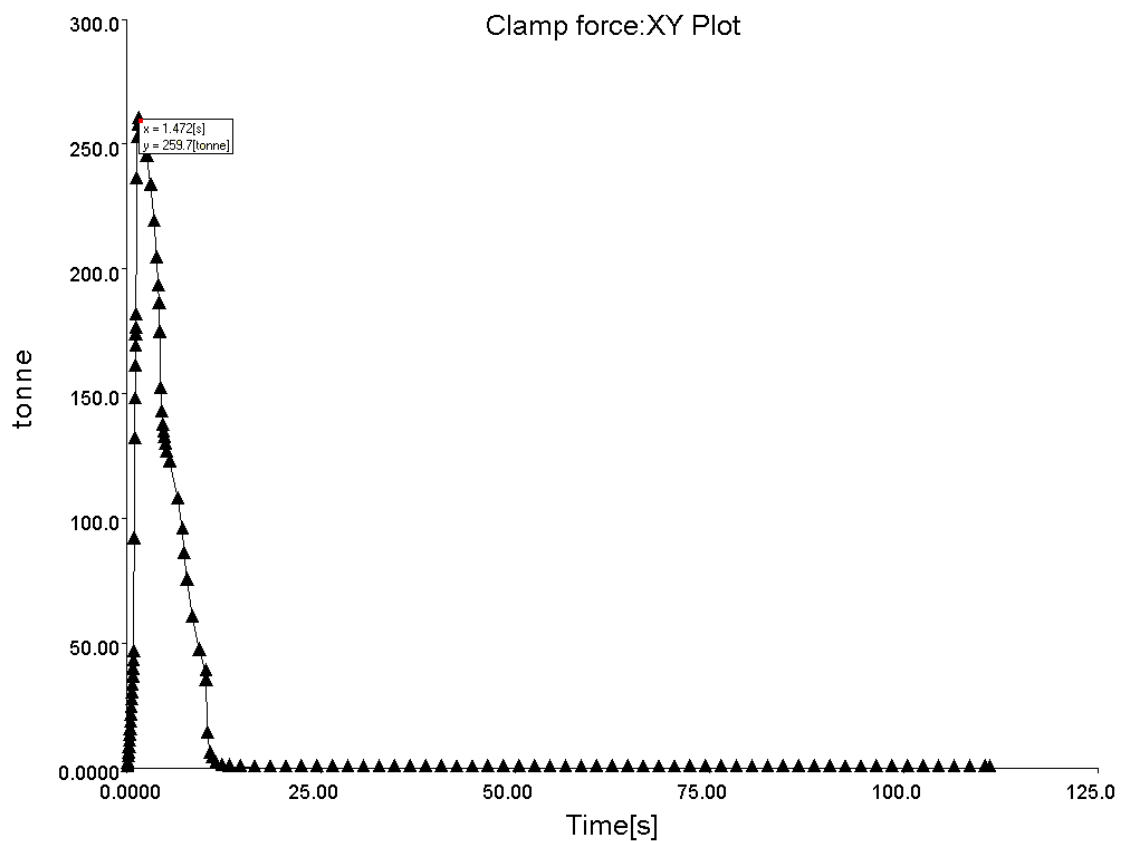
Maximální povolená rychlost smykové deformace podle materiálových vlastností je 100000 1/s. V celé dutině ani ve vtokovém systému nebyla hodnota překročena.



Obr. 61. Rychlost smykové deformace

10.2.5 Průběh uzavírací síly stroje

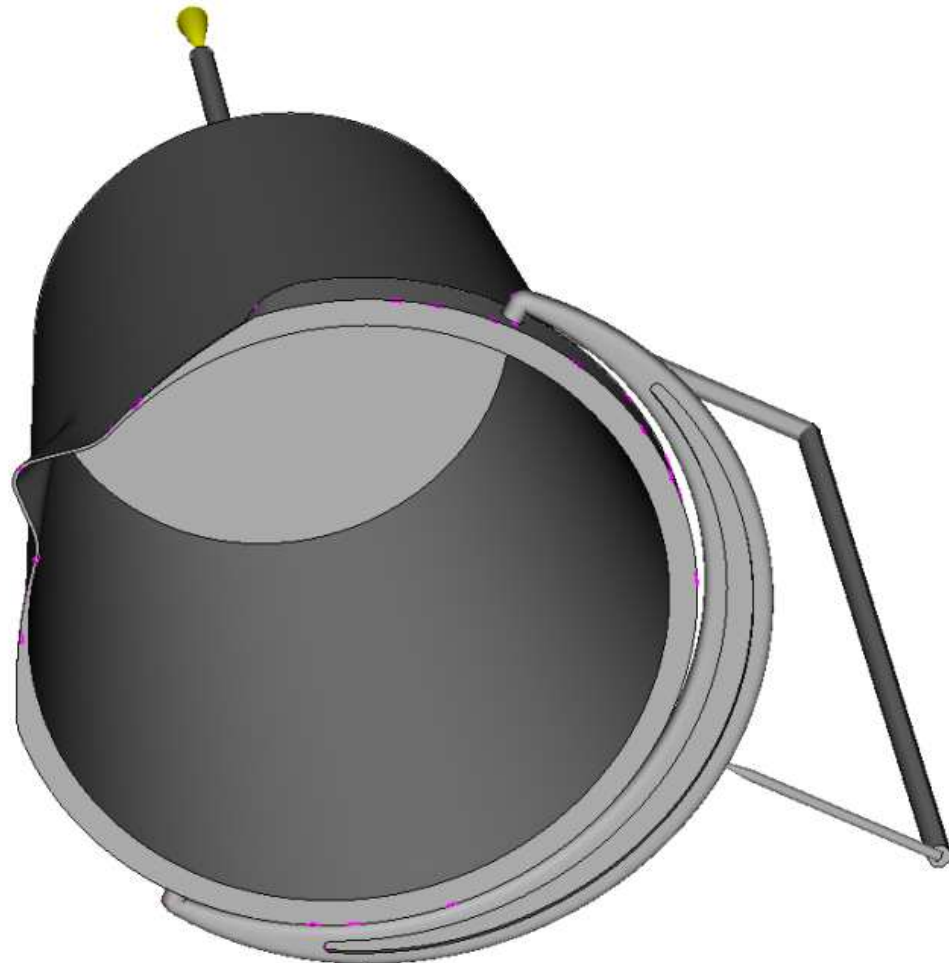
Maximální uzavírací síla stroje je v okamžiku působení největšího vstřikovacího tlaku a to 259,7 t. Tato jednotka není metrická, tzn. $259,7 \text{ t} = 2597 \text{ kN}$. Hodnota maximální uzavírací síly stroje je 3300 kN. Uzavírací síla by se měla pohybovat v rozmezí 20% - 80% uzavírací síly stroje. Maximální tedy uzavírací síla je 78,7% uzavírací síly stroje.



Obr. 62. Uzavírací síla

10.2.6 Vzduchové bubliny

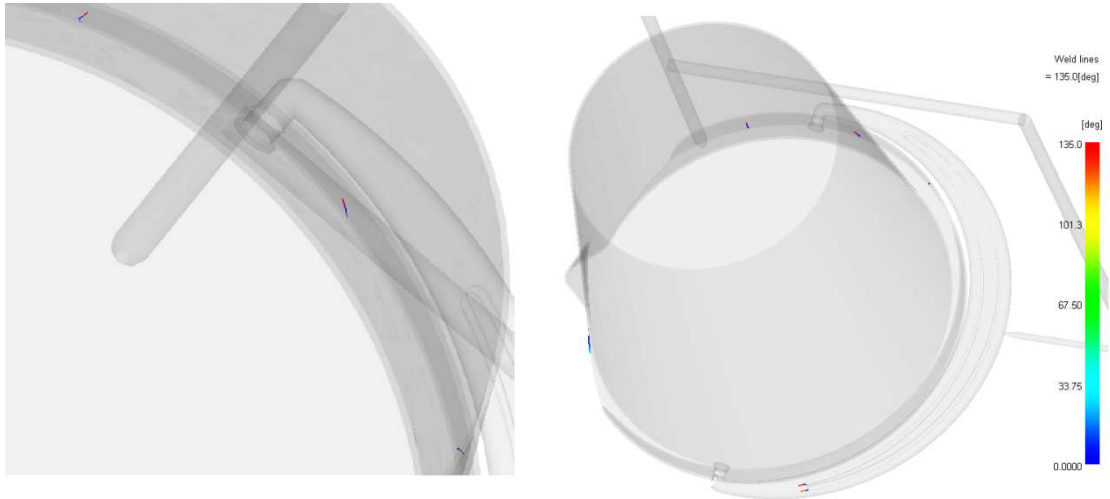
Vzduchové bubliny zpravidla vznikají na nejvzdálenějším místě od místa vstupu taveniny do dutiny formy. V tomto případě vznikají v blízkosti hlavní dělicí roviny. Jelikož dělicí rovina není dokonale vzduchotěsně utěsněna, tak nastane to, že si forma „dýchne“. To znamená, že vzduch uzavřený v dutině formy, který následně nahradí tavenina, se vypostí zpět do atmosféry. Vzduch se také může vrátit zpět přes posuvné čelisti.



Obr. 63. Vzduchové bubliny

10.2.7 Studené spoje

Studené spoje vznikají v místě setkání dvou čel polymerní taveniny. Tyto oblasti mívají zpravidla nejhorší jak mechanické, tak optické vlastnosti. Místa s pravděpodobným výskytem je potřeba přemístit do oblastí nejmenšího nároku na mechanické namáhání. Z obrázku je patrné, že studené spoje jsou na nenamáhaných místech.

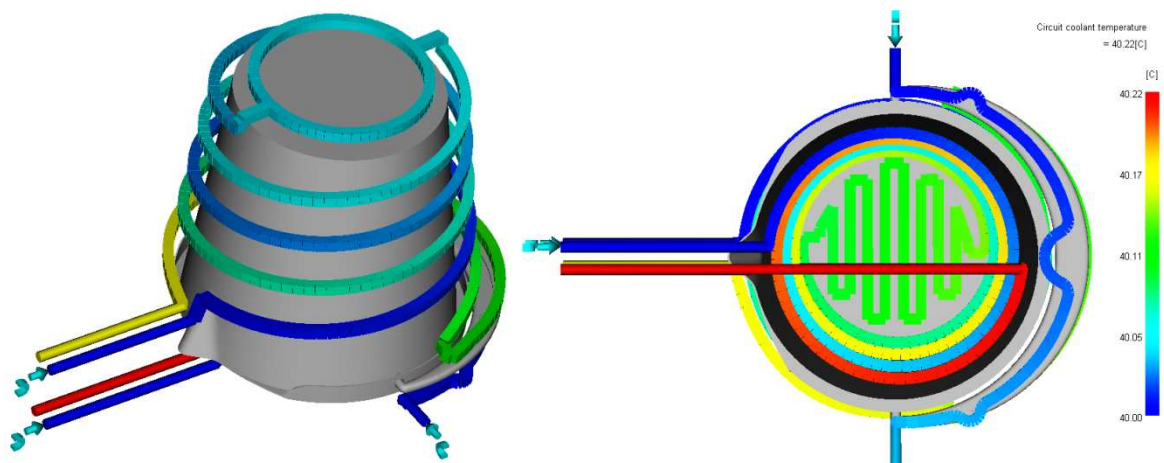


Obr. 64. Studené spoje

10.3 Analýza chlazení

10.3.1 Teplota chladících okruhů

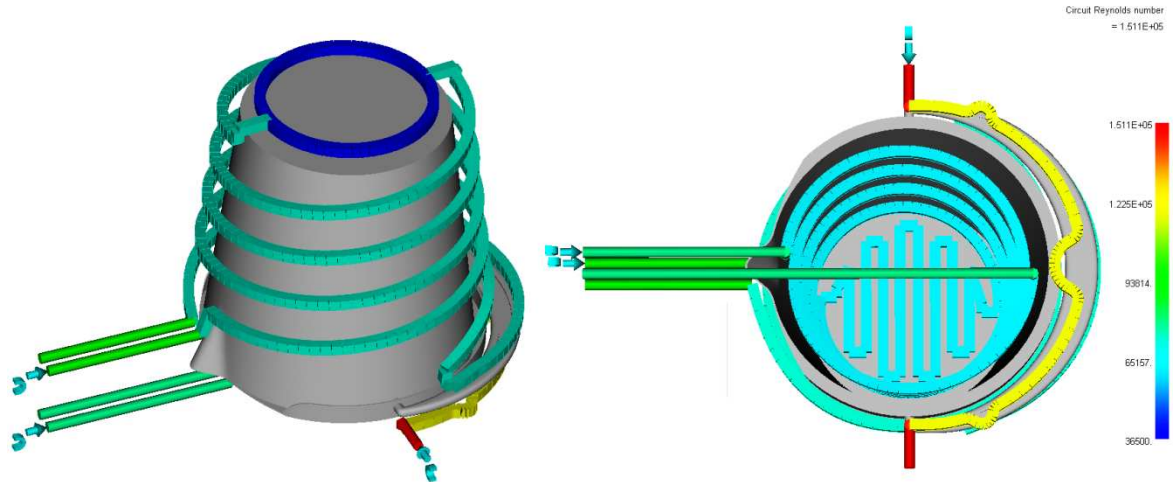
Rozdíl teplot temperančního média na vstupu a výstupu z okruhů by neměl přesáhnout 5°C kvůli rovnoměrnému temperančnímu účinku. Rozdíl teplot na vstupu a výstupu je $0,22^{\circ}\text{C}$ tudíž podmínka byla dodržena.



Obr. 65. Teplota chladících okruhů

10.3.2 Reynoldsovo číslo

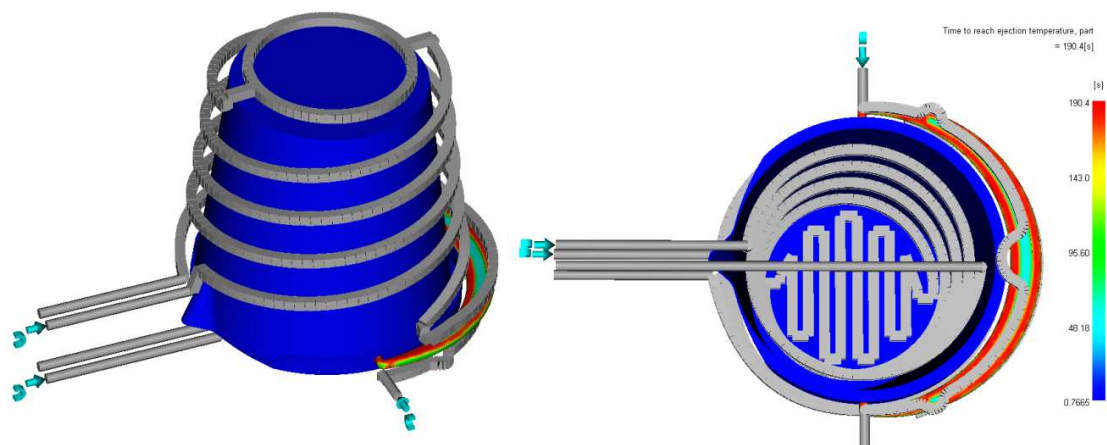
Reynoldsovo číslo udává, o jaký tok taveniny se jedná. V tomto případě se ve všech místech temperančních okruhů jedná o turbulentní tok. Turbulentní tok je pro dobrý odvod tepla nepostradatelný.



Obr. 66. Reynoldsovo číslo

10.3.3 Čas potřebný k vyhození výstřiku

Čas potřebný k vyhození výstřiku je 190,4 s. Čas trvání jednoho cyklu je 178,08s. Čas potřebný k ochlazení výstřiku by se měl tedy prodloužit. Nejproblémovějším místem s nejdelším časem chlazením je madlo. Je to dáno tím, že se jedná o tlustostěnný výrobek. Optimalizací zkrácení temperančního času by bylo z tlustostěnného madlo udělat madlo tenkostěnné. Tak by bylo chlazení rovnoměrné a čas cyklu by se mnohonásobně zkrátil.

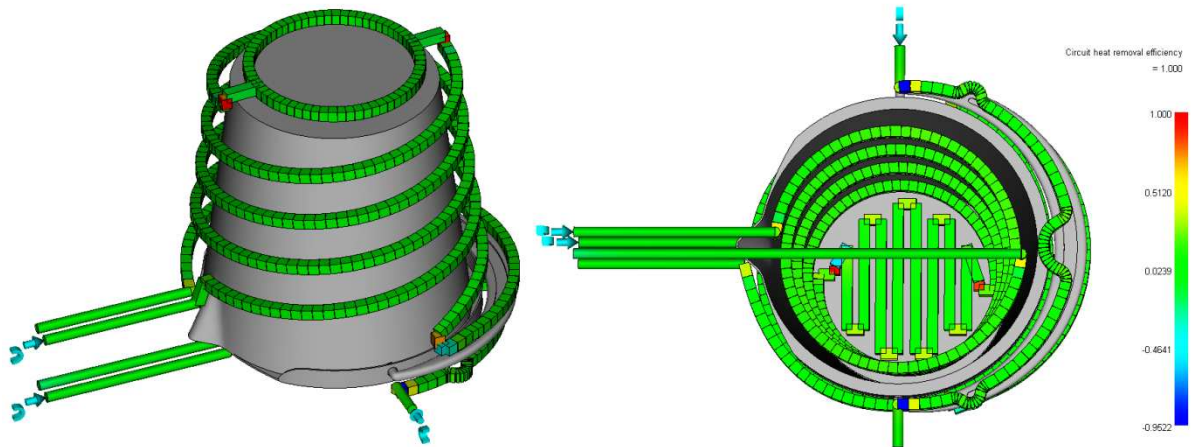


Obr. 67. Čas potřebný k vyhození výstřiku

10.3.4 Efektivita odvodu tepla

Výsledek zobrazuje efektivnost odvodu tepla v temperačních kanálech. Oblasti s úplným odvodem tepla vykazují barvu červenou, tudíž hodnotu 1. Všechna ostatní účinnost vykazují hodnotu zlomku menší 1. Záporné hodnoty efektivnosti odvodu tepla jsou ty kanály,

kteřé formu ohřívají. Ve většině případech temperační kanály chladí formu a chlazení je rovnoměrné. Záleží na velikosti Reynoldsova čísla, čím je toto číslo vyšší, tím větší je odvod tepla vyšší. Dále také záleží na vzdálenosti umístění temperačního kanálu od stěny výrobku.



Obr. 68. Efektivita odvodu tepla

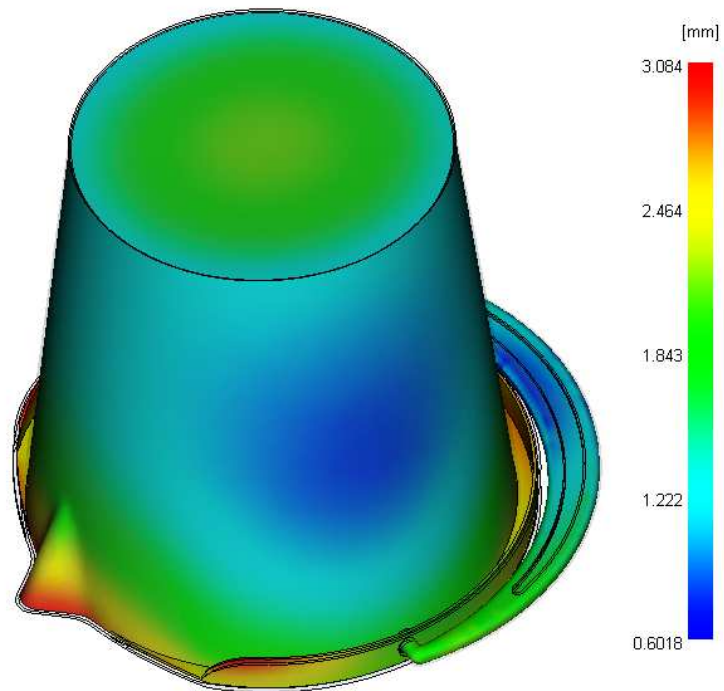
10.4 Analýza deformací

Velikost celkové deformace je dána rozdílem rozměrů zhotovené dutiny formy a výslednými rozměry u výstřiku, pokud se neuvažují další přídavky. Udává se v milimetrech. Velikost je ovlivněna jak druhem polymeru, tak tvarem výstřiku, technologií vstřikování, ale i vstřikovací formou (vtokovou soustavou, dotlakem a volbou temperačních kanálů).

Celková deformace vyšla 3,084 mm. Hodnota je vztažena k centrálnímu osovému křížní modelu. Aby byly zachovány požadované rozměry vystříknutého výrobku, měla by mít dutina vstřikovací formy přídavek o smrštění materiálu.

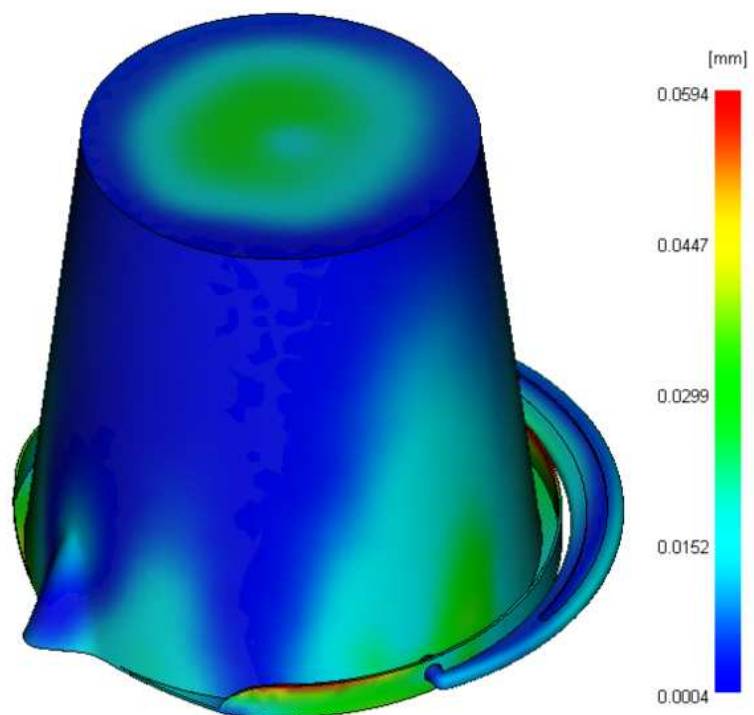
Nejvyšší hodnoty deformace vlivem smrštění materiálu jsou v oblasti madla. Hlavní příčinou je nepoměrně větší tloušťka madla ve srovnání se samostatným kbelíkem. Ve skutečnosti se bude madlo deformovat tak, že se opře o díry v kbelíku, tím pádem by mohlo dojít k jeho poškození. Předělání madla na tenkostěnný výrobek by bylo efektivní odstranění této závady. Deformace jsou patrné z obr. 69, 70 a 71.

10.4.1 Celková deformace



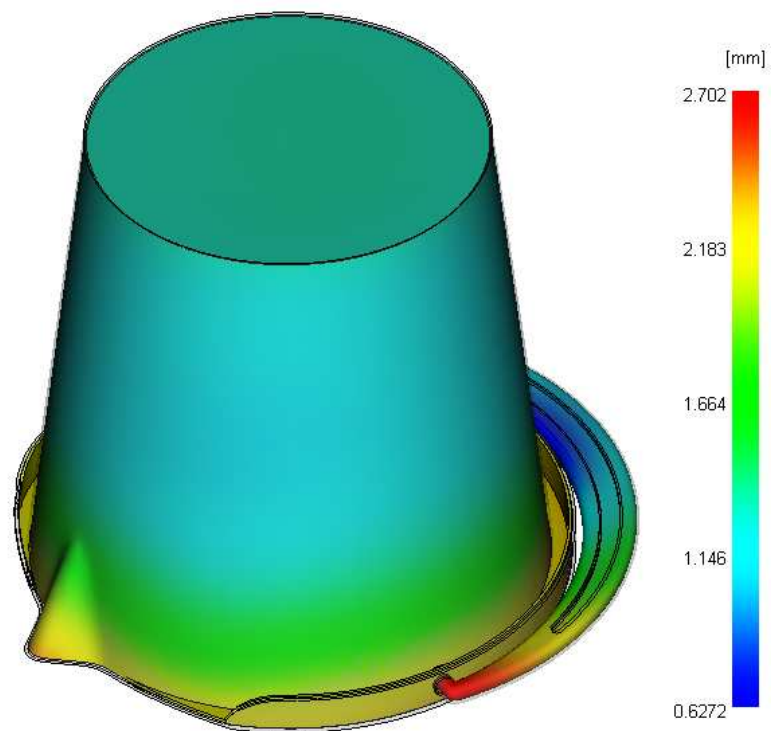
Obr. 69. Celková deformace

10.4.2 Deformace vlivem teplotce



Obr. 70. Deformace vlivem teplotce

10.4.3 Deformace vlivem smrštění materiálu

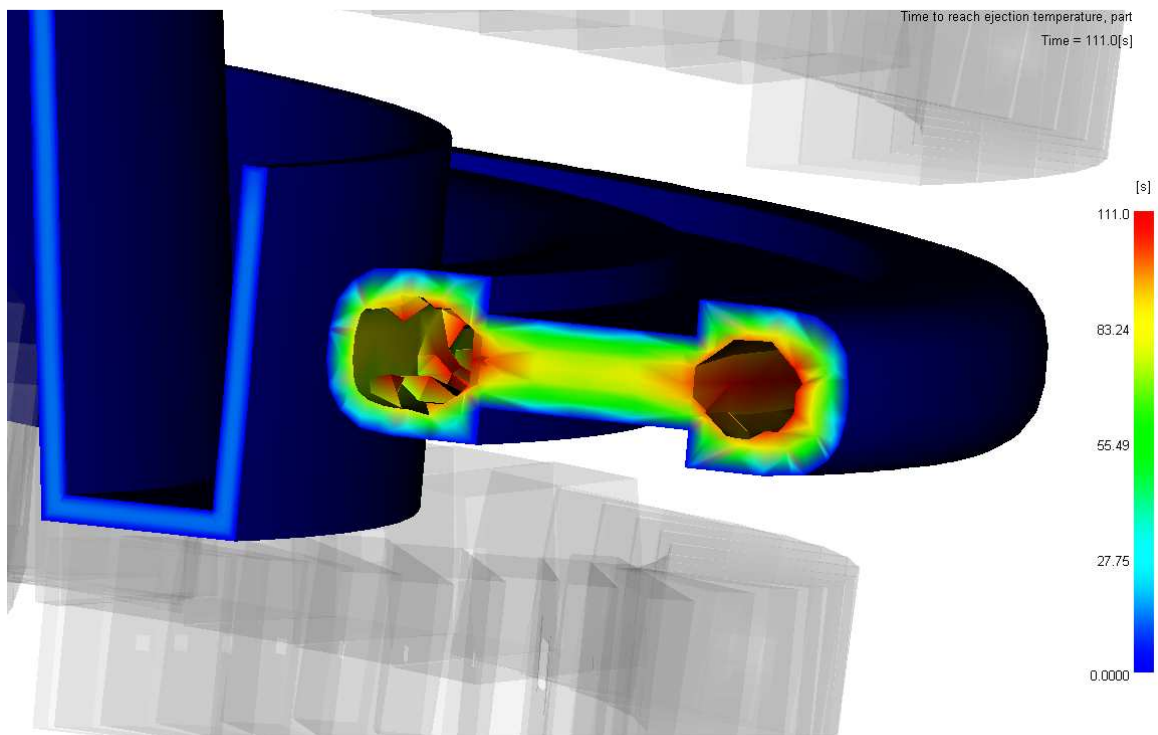


Obr. 71. Deformace vlivem smrštění materiálu

11 VÝSLEDKY ANALÝZ GENEROVANÉ Z 3D SÍTĚ

Dutina formy je složena ze dvou částí a to tenkostěnným kbelíkem a tlustostěnným madlem, musela být ještě provedena analýza ze 3D sítě. Tato analýza je přesnější než analýza generovaná z 2,5D sítě. Největší výhodou této analýzy je, že výsledky se dají hodnotit i v řezu výstřiku. Některé výsledky, které byly počítány i pro průřez dutiny formy jsou uvedeny níže.

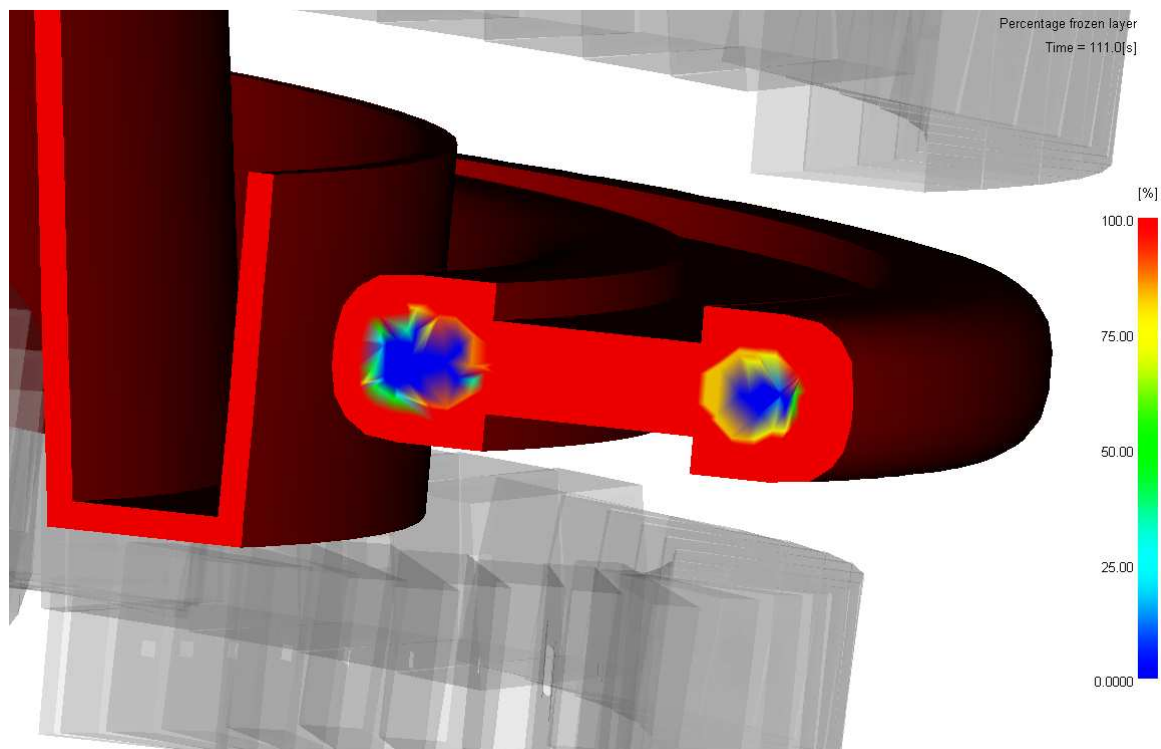
11.1 Čas potřebný k vyhození výstřiku



Obr. 72. Čas potřebný k vyhození výstřiku 3D

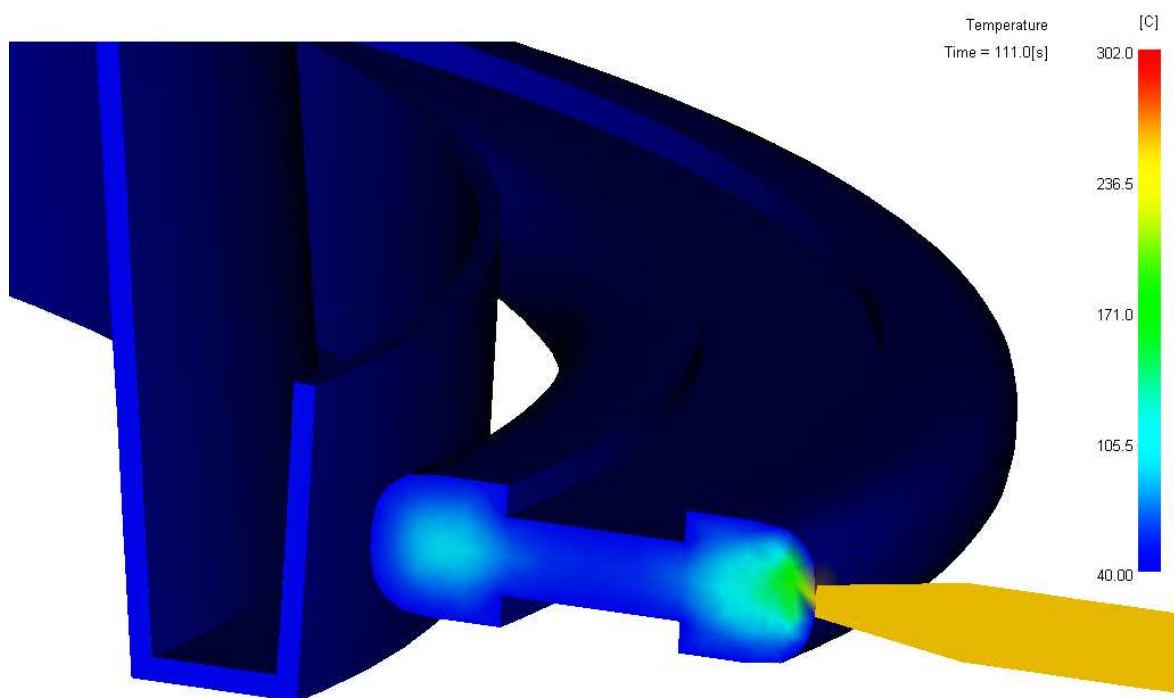
11.2 Zatuhnuté vrstvy polymeru

Analýza zobrazuje, které části součásti jsou chlazeny příliš rychle nebo pomalu. U tlustostěnných výrobků zpravidla trvá ochlazení podstatně déle, než u tenkostěnných. Je-li součást vyhozena před tím než je dokonale zchlazena na vyhazovací teplotu, může dojít k deformacím dílu. Obecně platí, že 80% zatuhlých vrstev by mělo stačit k vyhození bez nechtěné deformace. V tomto případě je podmínka splněna, jelikož vyhazovače jsou umístěny do středu madla, tam kde je madlo nejužší. V těchto místech je polymer po skončení vstřikovacího cyklu zcela zatuhlý.



Obr. 73. Zatuhnuté vrstvy polymeru 3D

11.3 Teplota po vstříkovacím cyklu



Obr. 74. Teplota po vstříkovacím cyklu 3D

12 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Při vypracovávání diplomové práce se postupovalo podle stanovených cílů. Nejprve byla vypracována teoretická část podle dané literatury a částečně i podle vlastních poznatků. Teoretická část se zaměřuje na konstrukci forem. Dále jsou zde uvedeny náležitosti formy, jako jsou vtokový systém (studený a horký), temperace formy, vyhození výstřiku apod.

Praktická část se zabývá konstrukcí vstřikovací formy. Nejprve byl vytvořen model kbelíku s madlem v 3D programu CATIA. Následně na tento výrobek byla navržena dutina formy a jeho zaformování. Tato část diplomové práce byla nejnáročnější – navrhnout funkční odformování výstřiku, který byl složen ze dvou na sebe nezávislých dílů. Dalším problémem bylo vyřešit horký rozvodný blok, aby dobře zásoboval obě dutiny a aby nezařazoval již stávajícím kompotům formy. Všechny náležitosti formy musely být vytvořeny jako celek, jelikož každý díl na sobě závisí. Dále byly vytvořeny temperační okruhy, které byly navrhovány už s pomocí programu AMI. Při návrhu vstřikovací formy byla spolupráce CATIE a AMI nepostradatelná. Nakonec bylo navrženo vyhazování výrobku.

Vstřikovací rám formy byl konstruován s pomocí normalizovaných dílů od firmy HASCO.

V posledním kroku návrhu vstřikovací formy byly vytvořeny tokové analýzy v programu Autodesk Moldflow Insight. Tato analýza, z které jsou zde importovány výsledky, prošla vícero změnami od první implicitní tokové analýzy. Nejprve tedy byla vypočítána implicitní analýza, podle které byly nastaveny optimalizace. Optimalizace se týkala teploty taveniny, teploty formy, dotlaku, tvaru temperačních okruhů a jeho média. Dále byl optimalizován vstřikovací stroj podle kapacity taveniny, uzavírací síly a rozměru místa vložení pro vstřikovací formu. Paralelně s tokovou analýzou byla vytvořena analýza s 3D sítí. Tato analýza byla následně porovnána s analýzou, která byla vygenerována z 2,5D sítě.

Jako poslední optimalizaci, která již nebyla provedena, by mělo být optimalizovat tvar madla z tlustostěnného na tenkostěnný. To by mělo být provedeno kvůli velmi pomalému chlazení madla v dutině vstřikovací formy a také kvůli velkým deformacím vlivem smrštění materiálu.

Nakonec byla vytvořena 2D dokumentace sestavy vstřikovací formy a kusovníku.

Tab. 4. Porovnání výsledků ze 2,5D a 3D analýzy

	2,5D	3D	jednotky
Čas plnění	3,03	1,19	s
Teplota na čele taveniny	211,70 - 255,10	225,10 - 259,70	°C
Maximální uzavírací síla	298,80	259,70	kN
Čas potřebný do vyhození výrobku	190,40	111,00	s
Vstřikovací tlak	53,88	44,72	MPa
Rychlost smykové deformace	32413,00	295300,00	1/s
Celkový čas cyklu	178,08	110,99	s

Z tabulky 4 je zřetelné, že se 3D analýza podstatně více blíží k reálným výsledkům. Teplota na čele taveniny ve 3D analýze je vyšší. To je dáno tím, že software počítá dutinu formu jako objem a tak se více projeví disipace tepla.

ZÁVĚR

V teoretické části jsou uvedeny poznatky týkající se vstřikování a vstřikovacího stroje. Dále je v teoretické části jednáno o konstrukci forem a zásady při postupu její konstrukce.

V praktické části byl navrhnout kbelík s madlem pro zaformování do vstřikovací formy. Následně byla vytvořena dutina ve formě a všechny náležitosti, které pomáhaly výrobek odformovat. Část formy, která prováděla odformování výrobku, byla v rámci celého rámu nejsložitější. Po vytvoření temperačních okruhů se forma vytvářela s pomocí tokových analýz v programu Autodesk Moldflow Insight. Z výsledků bylo patrné, že některé části modelu musely být opraveny. Problémovou částí bylo madlo kbelíku. Madlo by ještě mělo být předěláno na tenkostěnné, aby výsledky byly optimální.

Jakmile byly všechny díly navrhnuty, byly do formy přidány potřebné normálie pro správnou funkci formy z katalogu HASCO DAKO modul.

V neposlední řadě, tak jako celý model, byla vytvořena 2D dokumentace v programu CATIA V5 R18.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav, a kol. *Formy pro zpracování plastů, Díl I*, Brno:UNIPLAST,1999.
- [2] MAŇAS, Miroslav, HELŠTÝN, Josef. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. Bmo: Vysoké učení technické v Brně, 1990.199 s.
- [3] HENDRYCH, Josef; WEBER, Antonín; DOLEŽEL, Jaroslav. *Standardizace rámců a součástí forem pro vstřikování termoplastů*. Vydání první. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986. 360 s. L13-B2JV-41/22879.
- [4] BOBČÍK, Ladislav, a kol. *Formy pro zpracování plastů, Díl II*, Br-no:UNIPLAST, 1999.
- [5] KULHÁNEK, Jan a kolektiv. *Formy pro tváření plastických hmot*. Vydání první. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 224 s. L13-B3-IV-31/22002.
- [6] BARLOG, Petr. Bakalářská práce: *Konstrukce mechanismu pro vstřikovací formy*. 1. vydání. Zlín: 2009. 52 s.
- [7] Vstřikování Al plastů. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, [cit. 2011-01-25]. Dostupné z WWW:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Vstřikování_Al_plastů
- [8] BEAUMONT, J.P.; NAGEL, R; SHERMAN, R. *Successful Injection Molding : Process, Design, and Simulation*. USA : Hanser Gardner Publications, 2002. 362 s. ISBN 1-56990-291-7.
- [9] [Http://news.thomasnet.com/](http://news.thomasnet.com/) [online]. 2010 [cit. 2011-05-03]. [Http://news.thomasnet.com/fullstory/Injection-Molding-Machine-has-artificial-intelligence-features-18911](http://news.thomasnet.com/fullstory/Injection-Molding-Machine-has-artificial-intelligence-features-18911). Dostupné z WWW:
<http://www.google.cz/imgres?imgurl=http://cfnewsads.thomasnet.com/images/large/018/18911.jpg&imgrefurl=http://news.thomasnet.com/fullstory/Injection-Molding-Machine-has-artificial-intelligence-features-18911&usq=__MIz04wPx_uTns3tzPE9fmYZzOs4=&h=1083&w=1617&sz=128&hl=cs&start=0&zoom=1&tbnid=WkEXvNn-_X5ofM:&tbnh=138&tbnw=179&ei=-

UfATcLaLM2Cswa8gM3CBQ&prev=/search%3Fq%3Droboshot%26hl%3Dcs%26sa%3DX%26biw%3D1680%26bih%3D959%26tbs%3Disz:l%26tbs%3Disch%26prmd%3Divns&itbs=1&iact=hc&vpx=1365&vpy=438&dur=1378&hovh=184&hovw=274&tx=216&ty=115&page=1&ndsp=41&ved=1t:429,r:23,s:0>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

s	sekunda
°C	Stupeň celsia
N	Newton
Pa	Pascal
mm	milimetr
cm ³	krychlový centimetr
2D	dvourozměrný prostor
3D	trojrozměrný prostor

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Vstřikovací cyklus</i>	13
<i>Obr. 2. Vstřikovací stroj</i> [6].....	14
<i>Obr. 3. Třídaskový systém formy – odformování dílu</i> [8]	18
<i>Obr. 4. Forma s izolujícím rozváděcím kanálem bez ohřívání ústí vtoku</i> [3]	19
<i>Obr. 5. Forma s izolujícím kanálem s ohříváním ústím vtoku</i> [3].....	20
<i>Obr. 6. Forma s izolujícím rozváděcím kanálem s ohříváním uzavíratelným ústím vtoku</i> [3].....	21
<i>Obr. 7. Jednonásobná forma s izolujícím kanálem</i> [3].....	22
<i>Obr. 8. Horký rozváděcí blok</i>	23
<i>Obr. 9. Forma s bezodpadovou vstřikovací soustavou s otevřeným ústím vtoku</i> [3].....	24
<i>Obr. 10. Tepelně vodivá tryska upevněná v rozváděcím bloku a tepelně vodivá tryska s plochým dosedem</i> [3]	25
<i>Obr. 11. Forma s tepelně vodivými torpédy</i> [3].....	27
<i>Obr. 12. Tryska s vnitřním ohřevem – INCOE</i> [3].....	28
<i>Obr. 13. Tryska s vnějším ohřevem – HASCO</i>	29
<i>Obr. 14. Tryska systému ELECTRIC – SPRUE BUSHING</i> [3].....	30
<i>Obr. 15. Tryska s odporovým topením TERMOPLAY</i> [3]	31
<i>Obr. 16. Schéma nástřiku tryskou HASCO do studeného rozváděcího kanálu</i> [3]	33
<i>Obr. 17. Forma s ohříváními torpédy systému SPEAR</i> [3].....	34
<i>Obr. 18. Ohřívání jehlový ventil FLYNGENRING</i> [3].....	35
<i>Obr. 19. Ohřívání jehlový ventil s pákovým ovládním jehly</i> [3]	36
<i>Obr. 20. Tryska s uzávěrem D-M-E</i>	37
<i>Obr. 21. Řadové propojení temperovacích okruhů</i> [3].....	39
<i>Obr. 22. Funkčně výhodnější propojení temperačních okruhů</i> [3].....	40
<i>Obr. 23. Temperování desky dvěma samostatnými okruhy</i> [3].....	41
<i>Obr. 24. Temperování deskové tvárnice spirálovým kanálem</i> [3]	42
<i>Obr. 25. Provedení temperovacích kanálů u blokované tvárnice</i> [3].....	42
<i>Obr. 26. Tvárník s temperovací vložkou</i> [3]	43
<i>Obr. 27. Použití obvodové temperovací drážky u vložkové tvárnice</i> [3]	43
<i>Obr. 28. Temperovací kanály v úzkých a vysokých tvárnících</i> [3]	44
<i>Obr. 29. A – Temperace tvárnice obvodovou drážkou, B – Temperace tvárnice drážkou ve dně, C – Temperace vtokové vložky</i> [3]	45

<i>Obr. 30. Běžné typy vyhadzovacích kolíků[4]</i>	47
<i>Obr. 31. Princip vyhadzování stírací deskou[5]</i>	48
<i>Obr. 32. Vyhadzování trubkovým vyhadzovačem[5]</i>	49
<i>Obr. 33. Šikmá posuvná čelist</i>	50
<i>Obr. 34. Pneumatické ventily: zleva - talířový, jehlový, zavzdušňovací kolík[4]</i>	51
<i>Obr. 35. Výrobek</i>	55
<i>Obr. 36. Otevírání formy</i>	56
<i>Obr. 37. Detail posunutí tvárnice</i>	56
<i>Obr. 38. Pohyb prvních posuvných čelistí</i>	57
<i>Obr. 39. Pohyb čelisti válcem ve směru X</i>	57
<i>Obr. 40. Detail posunutí druhé čelisti ve směru X</i>	58
<i>Obr. 41. Pohyb druhých čelistí po ose Z</i>	58
<i>Obr. 42. Zpětný pohyb desky pomocí pneumatických válců</i>	59
<i>Obr. 43. Otevřená forma</i>	59
<i>Obr. 44. Horký vtokový systém</i>	60
<i>Obr. 45. Zleva: Uložení tvárnice v chladiči a chladič tvárnice</i>	61
<i>Obr. 46. Směr odsunutí pohyblivé desky</i>	61
<i>Obr. 47. Chlazení tvárníku</i>	62
<i>Obr. 48. Chlazení madla</i>	62
<i>Obr. 49. Talířový pneumatický ventil</i>	63
<i>Obr. 50. Přívod tlakového vzduchu k pneumatickému ventilu</i>	63
<i>Obr. 51. Vyhadzovací systém desek</i>	64
<i>Obr. 52. 2,5D síť výrobku ve formátu *.stl a *.stp</i>	65
<i>Obr. 53. 3D síť madla</i>	66
<i>Obr. 54. Vstřikovací stroj ROBOSHOT [9]</i>	67
<i>Obr. 55. Závislost času na procentuálním úbytku vstřikovacího tlaku</i>	68
<i>Obr. 56. Vhodnost umístění pro madlo</i>	69
<i>Obr. 57. Vhodnost umístění pro kbelík</i>	69
<i>Obr. 58. Čas plnění</i>	70
<i>Obr. 59. Tlak v okamžiku přepnutí na dotlak</i>	71
<i>Obr. 60. Teplota na čele taveniny</i>	72
<i>Obr. 61. Rychlost smykové deformace</i>	73
<i>Obr. 62. Uzavírací síla</i>	74

<i>Obr. 63. Vzduchové bubliny.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 64. Studené spoje</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 65. Teplota chladících okruhů.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 66. Reynoldsovo číslo</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 67. Čas potřebný k vyhození výstřiku</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 68. Efektivita odvodu tepla</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 69. Celková deformace</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 70. Deformace vlivem teploty</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 71. Deformace vlivem smrštění materiálu.....</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 72. Čas potřebný k vyhození výstřiku 3D</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 73. Zatuhnuté vrstvy polymeru 3D</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 74. Teplota po vstřikovacím cyklu 3D</i>	<i>82</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Statistika sítí.....</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 2. Nastavení procesních podmínek.....</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 3. Nastavení fází dotlaku.....</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 4. Porovnání výsledků ze 2,5D a 3D analýzy.....</i>	<i>84</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- PI. Parametrická tabulka vstřikovacího stroje
- PII. 2D dokumentace sestavy vstřikovací formy
- PIII. Kusovník
- PIV. CD disk obsahující:
- Model sestavy vstřikovací formy
 - Textovou část diplomové práce
 - Tokové analýzy

PŘÍLOHA I Parametrická tabulka vstřikovacího stroje



INJECTION UNIT SPECIFICATIONS

	English	A	B	C	D	E	F	Metric	A	B	C	D	E	F
Inj. Capacity, Max GPPS	oz.	8.90	10.59	14.69	21.29	27.81	31.40	Grams	252	300	416	604	788	890
Theoretical Disp	in ³	16.33	19.43	26.95	39.07	51.03	57.61	cm ³	267.6	318.5	441.7	640.4	836.4	944.2
Max. Inj. Press. Note 1	psi	36,972	34,128	28,440	24,885	22,041	19,908	bar	2,550	2,354	1,961	1,716	1,520	1,373
Max. Inj Rate Note 1	in ³ /sec	18.6	22.1	25.9	30.1	47.1	53.2	cm ³ /sec	304	362	425	493	772	872
Max. Pack Press	psi	34,128	31,284	25,596	22,752	19,908	17,064	bar	2,354	2,158	1,765	1,569	1,373	1,177
Max. Inj. Press. Notes 1,2	psi	39,816	36,972	31,284	28,440	N/A	N/A	bar	2,746	2,550	2,158	1,961	N/A	N/A
Max. Inj Rate Notes 1,2	in ³ /sec	22.27	26.50	31.10	36.07	N/A	N/A	cm ³ /sec	364.9	434.3	509.7	591.1	N/A	N/A
Max. Pack Press Notes 1,2	psi	39,816	34,128	28,440	25,596	N/A	N/A	bar	2,746	2,354	1,961	1,765	N/A	N/A
Screw Stroke	in	6.93	6.93	6.93	10.24	10.24	10.24	mm	176	176	208	260	260	260
Screw Dia.	in	1.73	1.89	1.73	2.20	2.52	2.68	mm	44	48	52	56	64	68
Screw L/D Ratio		20:1	20:1	20:1	20:1	20:1	20:1		20:1	20:1	20:1	20:1	20:1	20:1
Screw Performance														
Screw Speed, Max.	rpm	300	300	300	300	400	400	rpm	300	300	300	300	400	400
Screw Speed, Max. Note 2	rpm	400	400	400	400	N/A	N/A	rpm	400	400	400	400	N/A	N/A
Nozzle Touch Force	tons	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	Tonf	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Barrel Heat Control														
No. of Pyrometers (Barrel/Nozzle)		4/1	4/1	4/1	4/1	4/1	4/1		4/1	4/1	4/1	4/1	4/1	4/1
Total Heat Capacity		15.9	17.9	20.2	23.5	26.8	26.8	Kw	15.9	17.9	20.2	23.5	26.8	26.8

CLAMP SPECIFICATIONS

	English	Metric
Tonnage	tons	330
Maximum Daylight	in	49.21
Max/Min Mold Height	in	25.6/11.8
Max Clamp Stroke	in	23.6
Clamp Speed		
**Dry Cycle Time Note 3	sec	3.14
Platen Size	in	40.6 x 40.6
Tie Bar Spacing	in	28 x 28
Tie Rod Diameter	in	5.12
Ejector Stroke	in	5.91
Max. Ejector Force	tons	8.80

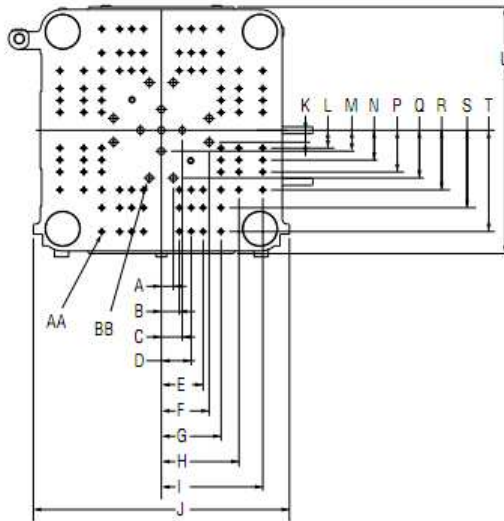
MACHINE SPECIFICATIONS

Dimensions Overall	English	Metric
Length	in	258.6
Length (note 4)	in	268.1
Width	in	63.5
Height	in	78.4
Shipping Weight	lbs	25,960
Electric Specifications		
Input Power Source		200 VAC or 220 VAC +/- 10% 3Ph 50Hz or 60Hz
Machine	kVA	71.6
External Outlets	kVA	35.0
Max. Total Capacity	kVA	106.6
Main Breaker Size		
Standard	Amps	125
Optional	Amps	225
Water Requirements		
Feedthroat Only		Connect 3/8" Hose Barb

NOTES: 1) Limitations may apply in certain conditions 2) High Speed/High Pressure Option. Other combinations Psi/Rates are possible. 3) Half stroke w/o eject 4) Large capacity barrel E, F

330i

MOVING PLATEN

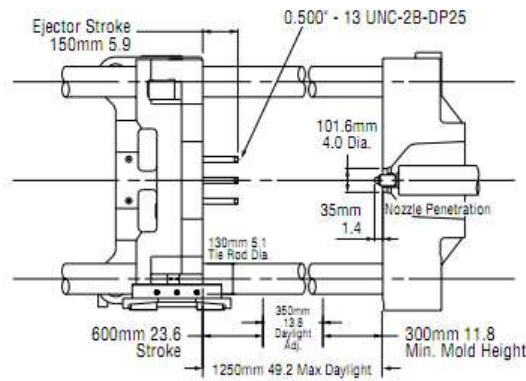


	in.	mm		in.	mm
A	2.00	50.8	K	2.00	50.8
B	3.00	76.2	L	3.00	76.2
C	3.50	88.9	M	3.50	90.0
D	5.00	127.0	N	5.00	127.0
E	7.00	177.8	P	7.00	177.8
F	8.00	203.2	Q	8.00	203.2
G	10.00	254.0	R	10.00	254.0
H	13.00	330.2	S	13.00	330.2
I	17.00	431.8	T	17.00	431.8
J	42.90	1090.0	U	41.40	1052.0

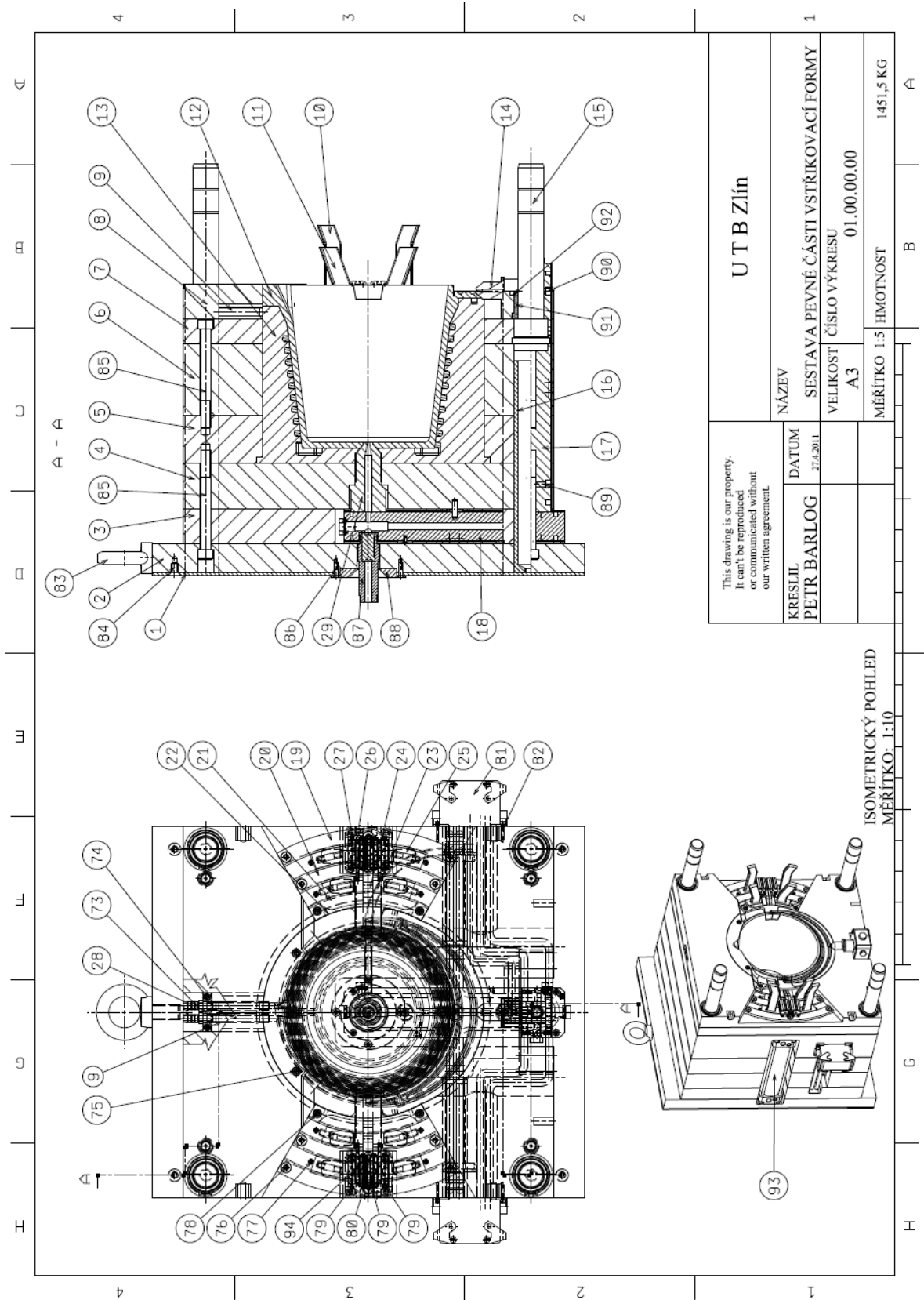
AA 0.531" Drill - 1.78" Depth
 0.625" - II UNC-2B-1.22" Depth (92 holes)

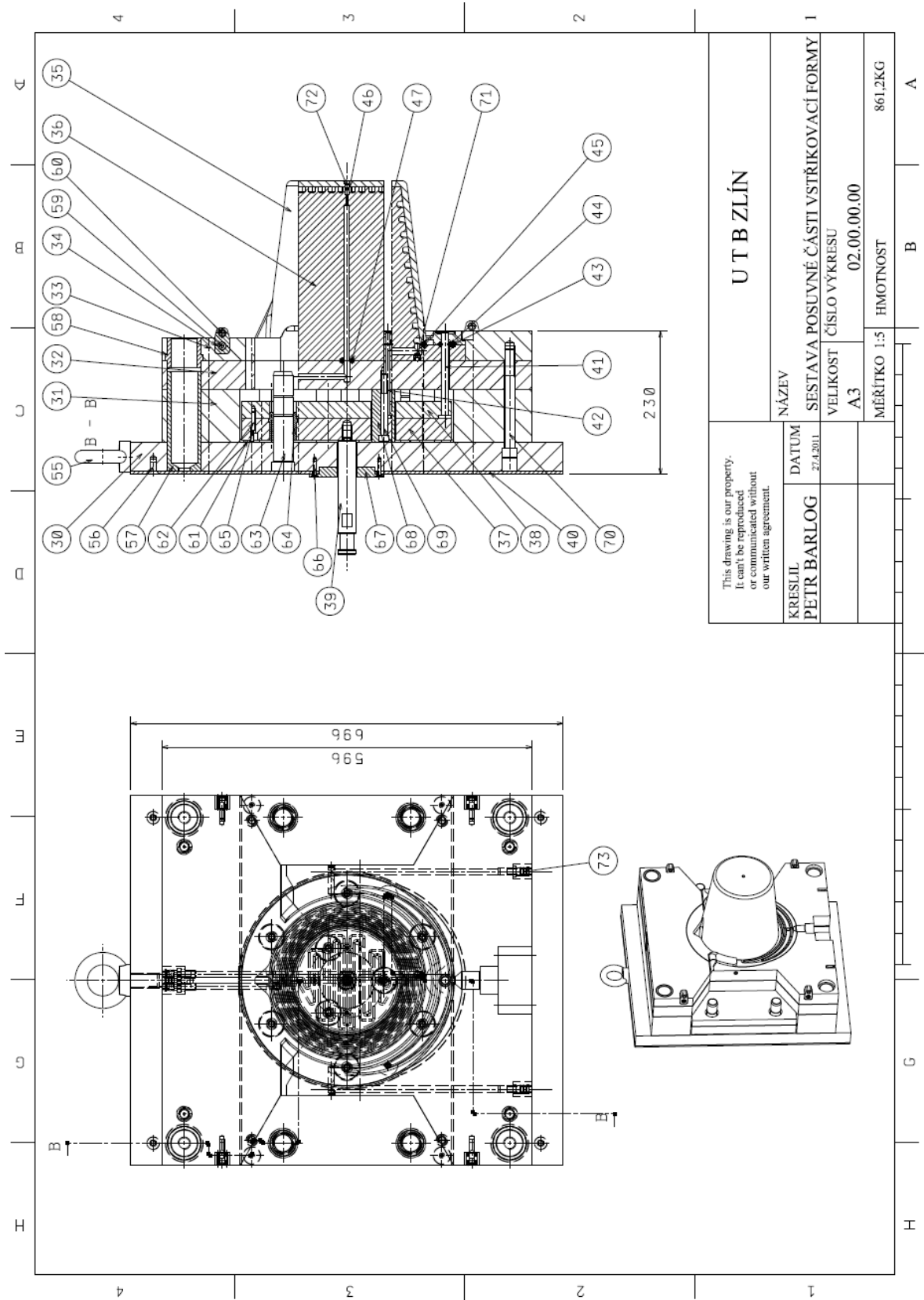
BB 1.200" (30mm) thru (13 holes)

DIE SPACE



PŘÍLOHA II 2D dokumentace sestavy vstříkovací formy





PŘÍLOHA III Kusovník

Poz.	Název	Norma/Materiál	Číslo sestavy	Tepelné zpracování	i
1	Termoizolační deska pravá	pertinax	01.00.00.01		1
2	Upínací deska pravá	11600	01.00.00.02		1
3	Deska horkého bloku	11600	01.00.00.03		1
4	Deska horké trysky	11600	01.00.00.04		1
5	Tvarová deska pravá 1	11600	01.00.00.05		1
6	Tvarová deska pravá 2	11600	01.00.00.06		1
7	Mezideska	11600	01.00.00.07		1
8	Posuvná deska	11600	01.00.00.08		1
9	Propojovací trubka	11600	01.00.00.09		2
10	Lomený kolík 2	14220	01.00.00.10	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
11	Lomený kolík 1	14220	01.00.00.11	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
12	Tvárnice	19552	01.00.00.12	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	1
13	Chladič tvárnice	11600	01.00.00.13		1
14	Horká tryska 38x75_D2	Z103/ 11600	01.00.00.14		1
15	Vodící čep 40/42x250	Z00/ 14220	01.00.00.15		4
16	Středící trubka pravá 54x340	Z20/11600	01.00.00.16		4
17	Horký blok 80x400	H106/ 11600	01.00.00.17		1
18	Horký blok 80x355	H106/11600	01.00.00.18		1
19	Kluzná lyžina 1	11600	01.00.00.19		2
20	Kluzná lyžina 2	11600	01.00.00.20		2
21	Kluzná lyžina 3	11600	01.00.00.21		2
22	Část tvárnice	19552	01.00.00.22	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	2
23	Posuvná čelist 1	19552	01.00.00.23	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
24	Posuvná čelist 2	19552	01.00.00.24	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
25	Šoupátko posuvné čelisti 2	19552	01.00.00.25	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
26	Podložka pro upevnění válce	11600	01.00.00.26		8
27	Pístnice	14220	01.00.00.27	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
28	Držák temperačních trubek	11600	01.00.00.28		1
29	Horká tryska 56x112_D3,5	Z103/ 11600	01.00.00.29		1
30	Upínací deska levá	11600	02.00.00.30		1
31	Rozpěrka	11600	02.00.00.31		2
32	Opěrná deska levá	11600	02.00.00.32		1
33	Tvarová deska levá	11600	02.00.00.33		1
34	Přidržovač posuvné desky	11600	02.00.00.34		4
35	Tvárník	19552	02.00.00.35	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	1
36	Chladič tvárníku	11600	02.00.00.36		1
37	Vyhazovací opěrná deska	11600	02.00.00.37		1
38	Vyhazovací kotevní deska	11600	02.00.00.38		1

39	Táhlo	11600	02.00.00.39		1
40	Termoizolační deska levá	pertinax	02.00.00.40		1
41	Válcový vyhazovač 1	19552	02.00.00.41	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	1
42	Válcový vyhazovač 2	19552	02.00.00.42	Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	2
43	Těsnící kroužek 3x342	pryž	02.00.00.43		1
44	Těsnící kroužek 2x16	pryž	02.00.00.44		3
45	Těsnící kroužek 3x248	pryž	02.00.00.45		1
46	Těsnící kroužek 2x8	pryž	02.00.00.46		1
47	Těsnící kroužek 2x16	pryž	02.00.00.47		1
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55	Závěsný šroub	Z71			1
56	Šroub M10x20	Z33			4
57	Středící trubka levá	Z20			4
58	Vodící pouzdro levé	Z10/ 14220		Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
59	Šroub M8x30	Z30			4
60	Pružící přitlačný kus	Z371			4
61	Distanční podložka	Z55			4
62	Šroub M12x35	Z30			4
63	Vodící čep vyhazovacích desek	Z011/ 14220		Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
64	Vodící pouzdro vyh. desek	Z10/ 14220		Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
65	Šroub M4x20	Z33			4
66	Šroub M6x25	Z33			4
67	Středící kroužek	K500			1
68	Opěrný sloup	Z571			9
69	Šroub M10x100	Z30			9
70	Šroub M16x160	Z30			4
71	Uzavírací šroub	Z94			4
72	Odvzdušňovací ventil	Z491			1
73	Koncovka hadice	Z88			7
74	Šroub M6x20	Z30			2
75	Šroub M8x50	Z30			2
76	Šroub M8x20	Z33			12
77	Pružící přitlačný kus	Z371			8
78	Šroub M8x30	Z30			4
79	Šroub M4x10	Z30			20
80	Podložka 4x8	Z561			4
81	Těleso zásuvky	Z1228			2
82	Šroub M4x20	Z30			8

83	Závěsný šroub	Z71			1
84	Šroub M10x20	Z33			4
85	Šroub M16x160	Z30			8
86	Šroub M6x25	Z33			4
87	Centrální vtoková vložka	Z1055			1
88	Středící kroužek	K100			1
89	Šroub M8x60	Z30			2
90	Šroub M8x50	Z30			2
91	Vodící pouzdro posuvné desky	Z11/ 14220		Cementovat do 0.8mm. Kalit na HRC 58-60.	4
92	Pojistný kroužek	Z67			4
93	Válec DNG 63x200	36364			2
94	Válec ADVU 12x9	156500			4