ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh vstřikovací formy s teplou vtokovou soustavou

Autor: **Martin Míchal**

Vedoucí práce: **Ing. Eva Krónerová, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: **2014/2015**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Martin MÍCHAL**
Osobní číslo:	**S14B0044P**
Studijní program:	**B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor:	**Dopravní a manipulační technika**
Název tématu:	**Návrh vstřikovací formy s teplou vtokovou soustavou**
Zadávající katedra:	**Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování:

Základní požadavky:
Vypracování rešerše na téma vstřikovací formy. Návrh vstřikovací formy pro část kuchyňského spotřebiče nebo automotive. Výkresová dokumentace: výkres sestavení, seznam položek a výrobní výkres.

Základní technické údaje:
Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše na zadané téma.
2. Návrh vstřikovací formy.
3. Vypracování 3D modelu vstřikovací formy.
4. Zhodnocení návrhu a výkresová dokumentace.

Rozsah grafických prací:	**dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy:	**30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce:	**tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. **Praha: SNTL, 1986**

KOLOUCH, J. *Strojní součásti z plastů*. **Praha: SNTL, 1981**

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce:	**Ing. Eva Krónerová, Ph.D.** Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce:	**Ing. Eva Krónerová, Ph.D.** Katedra konstruování strojů
Datum zadání bakalářské práce:	**22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce:	**26. června 2015**

Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan

L.S.

Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: ……. . . . . . .

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucí práce Ing. Evě Krónerové, Ph.D. za ochotu a vstřícnost při poskytování informací a cenných rad potřebných pro vypracování bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval rodině za podporu poskytovanou po celou dobu studia.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Míchal	**Jméno** Martin
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 „Dopravní a manipulační technika“	
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Ing. Krónerová, Ph.D.	**Jméno** Eva
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS	

DRUH PRÁCE	~~**DIPLOMOVÁ**~~	**BAKALÁŘSKÁ**	**Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Návrh vstřikovací formy s teplou vtokovou soustavou		

FAKULTA	strojní		**KATEDRA**	KKS		**ROK ODEVZD.**	2015

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	75		**TEXTOVÁ ČÁST**	49		**GRAFICKÁ ČÁST**	26

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) **ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY**	Bakalářská práce obsahuje návrh vstřikovací formy s teplou vtokovou soustavou. V programu Autodesk Inventor Professional, byl vypracován konstrukční návrh vstřikovací formy. Z tohoto konstrukčního návrhu, byla vypracována výkresová dokumentace.
KLÍČOVÁ SLOVA **ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE**	vstřikovací stroj, vstřikovací forma, horký vtok, CAD, návrh formy

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	**Surname** Míchal	**Name** Martin	
FIELD OF STUDY	2301R016 "Transport and handling machinery"		
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Ing. Krónerová, Ph.D.	**Name** Eva	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	~~**DIPLOMA**~~	**BACHELOR**	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	The proposal of injection mold with hot runner		

FACULTY	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	Machine Design		**SUBMITTED IN**	2015

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	75		**TEXT PART**	49		**GRAPHICAL PART**	26

BRIEF DESCRIPTION **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	The Bachelory thesis contains the proposal of injection mold with hot runner. Autodesk Inventor Professional was used to design of the injection mold. Technical drawings were created from this design.
KEY WORDS	injection molding machine, injection mold hot runner, CAD, mold design

Obsah

1 Úvod ... 11
2 Technologie vstřikování plastů ... 12
2.1 Jednotlivé fáze vstřikování ... 12
2.1.1 Plastikace ... 13
2.1.2 Vstříknutí taveniny do formy ... 14
2.1.3 Dotlak ... 15
2.1.4 Chladnutí výstřiku ve formě ... 15
2.2 Vstřikovací stroj ... 16
2.2.1 Rozdělení vstřikovacích strojů ... 17
2.2.2 Vstřikovací jednotka ... 19
2.2.3 Uzavírací jednotka ... 20
2.3 Vstřikovací forma ... 21
2.3.1 Rozdělení forem ... 21
2.3.2 Části vstřikovací formy ... 21
2.3.3 Vtokový systém ... 22
2.3.4 Temperační systém ... 26
2.3.5 Vyhazovací systém ... 27
2.3.6 Vodicí systém ... 29
2.3.7 Upínání forem do stroje ... 30
2.3.8 Materiály forem ... 30
3 Informace o výrobku ... 31
3.1 Materiál vstřikovaného výrobku ... 32
3.1.1 Vlastnosti použitého materiálu ... 32
3.2 Umístění vtoků na výstřiku ... 33
3.2.1 Varianta A ... 33
3.2.2 Varianta B ... 33
3.2.3 Varianta C ... 34
3.2.4 Výběr vhodné varianty ... 35

4 Konstrukční řešení vstřikovací formy 36
4.1 Pevná část vstřikovací formy 36
4.1.1 Horký vtokový systém 36
4.1.2 Prvky pevné části vstřikovací formy 39
4.2 Pohyblivá část vstřikovací formy 40
4.2.1 Vyhazovací systém 40
4.2.2 Prvky pohyblivé části vstřikovací formy 41
4.3 Temperace vstřikovací formy 42
4.3.1 Temperační okruhy vstřikovací formy 42
4.3.2 Temperace pevné části vstřikovací formy 43
4.3.3 Temperace pohyblivé části vstřikovací formy 44
5 Závěr 45
6 Použité informační zdroje 46
7 Seznam obrázků 47
8 Seznam tabulek 48
9 Seznam grafů 48
10 Seznam výkresové dokumentace 49
11 Použitý software 49

Přehled použitých zkratek a symbolů

Symbol	Název	Jednotka
tzv.	tak zvaný	-
tzn.	to znamená	-
apod.	a podobně	-
např.	například	-
CAD	computer aided design	-
D	průměr šneku	mm
L	délka šneku	mm
Q_v	vstřikovací kapacita	cm^3
Q_p	plastifikační kapacita	kg/h
$p_{vstř}$	vstřikovací tlak	MPa
v	objemová vstřikovací rychlost	cm^3/s
F_p	přisouvací síla	kN
F_u	uzavírací síla	kN
Q_c	celkový objemový průtok	mm^3/s
Q_{1t}	objemový průtok jednou tryskou	mm^3/s
V_v	objem výrobku	mm^3
t_p	doba plnění	s
n_{ht}	počet horkých trysek	-
$\dot{\gamma}$	smyková rychlost	1/s
$\dot{\gamma}_D$	dovolená hodnota smykové rychlosti	1/s
d_v	průměr vtoku	mm

1 Úvod

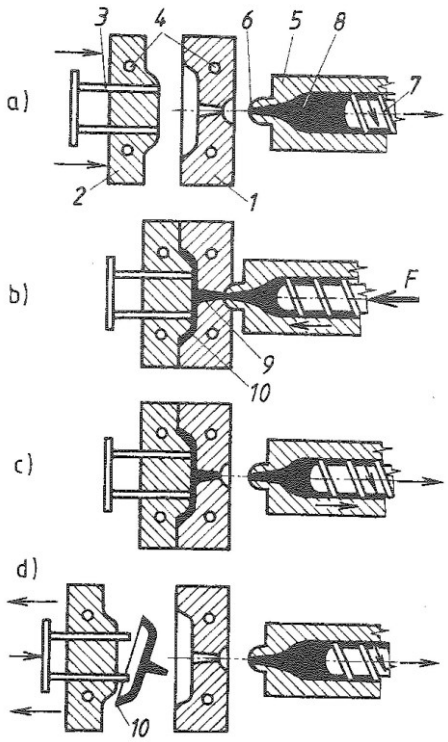
Cílem této práce je navrhnout vstřikovací formu s teplou (horkou) vtokovou soustavou pro plastový výrobek. V první části bude vypracována rešerše technologie vstřikování plastů, která zahrnuje i popis vstřikovacího stroje a systémů vstřikovací formy. Další částí práce bude vytvoření simulací plnění tvarové dutiny formy a to tak, aby byla nalezena nejvhodnější pozice vtoků na výrobku. Z nalezené pozice vtoků bude poté navržena horká vtoková soustava. Poslední část práce bude zaměřena na samotný konstrukční návrh vstřikovací formy v podobě 3D modelu, který poslouží pro vypracování výkresové dokumentace vybraných částí.

2 Technologie vstřikování plastů

Vstřikování plastů je jedním z mnoha způsobů zpracování plastů. Je vhodnou technologií pro hotové tvarové výrobky. Jedná se o cyklický tvářecí proces, při kterém je pod tlakem vstříknuta do dutiny formy tavenina. Po vychladnutí taveniny v dutině formy je výstřik z formy vyjmut a cyklus se opakuje. Celý proces vstřikování je rozdělen do čtyř fází, kterými je plastikace, vstříknutí taveniny do formy, dotlak a chladnutí výstřiku ve formě. [1]

Hlavními částmi jsou vstřikovací stroj a forma, které společně určují vlastnosti a kvalitu výrobku. Výhodou vstřikování plastů je krátký čas cyklu, který trvá jen několik málo desítek sekund. Další výhodou je možnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou. Hlavní nevýhodou této technologie jsou poměrně vysoké investiční náklady vstřikovacího stroje a formy. Tato technologie je proto vhodná pro velkosériovou výrobu. [1] [2]

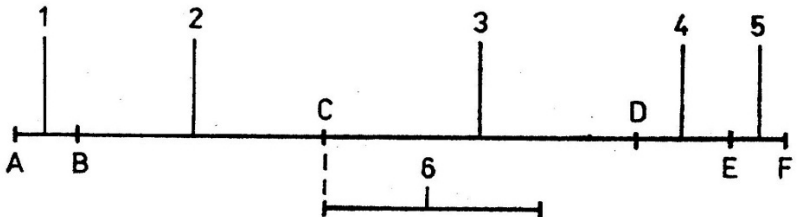
2.1 Jednotlivé fáze vstřikování



a) Plastikace
b) Vstříknutí taveniny do formy a dotlak
c) Chladnutí výstřiku ve formě a plastikace
d) Otevření formy a vyhození výstřiku

1 – pevná část formy; 2 – pohyblivá část formy; 3 – samočinné vyhazovače; 4 – kanálky pro temperaci (chlazení) formy; 5 – topný válec; 6 – tryska; 7 – šnek; 8 – termoplast; 9 – vtok; 10 – výstřik

Obr.: 2-1 Schéma jednoho pracovního cyklu při vstřikování termoplastů [1]



Obr.: 2-2 Časový průběh vstřikovacího cyklu [3]

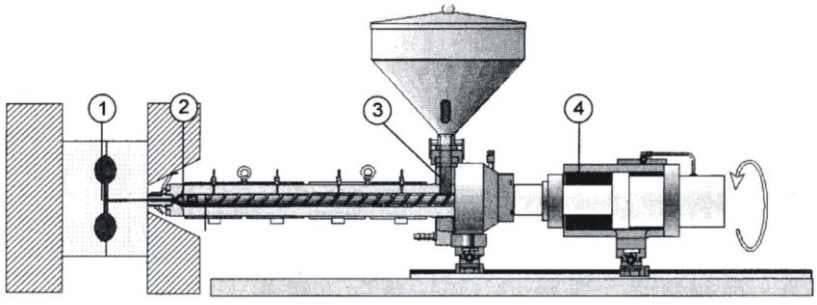
1 – vstřikování; 2 – dotlačování; 3 – chlazení; 4 – vyjímání výstřiku; 5 – zahájení dalšího cyklu; 6 – plastifikace šnekem; A – B: vstřikovací čas; B – C: čas dotlaku; C – D: čas chlazení; D – E: čas otevření formy; E – F: čas dosednutí trysky na formu a zahájení dalšího cyklu

2.1.1 Plastikace

Účelem plastikace je roztavit materiál v podobě granulátu na požadovanou teplotu, homogenizovat ho a připravit tento materiál pro vstříknutí do dutiny formy. Tato příprava se provádí v tavicí komoře stroje tzv. plastifikační jednotce, ve které je otočně a posuvně uložen šnek. Část tepla pro roztavení granulátu je získána elektrickým topením tavicí komory a část třením hmoty o stěny a šnek. [4]

Při plastifikaci je z násypky vstřikovacího stroje odebírán granulát šnekem, který koná rotační pohyb a posouvá materiál k trysce. Tím jak se plní prostor před čelem šneku roztaveným a homogenizovaným materiálem, dochází zároveň k posuvu šneku směrem od trysky. V momentě, kdy je připraveno dostatečné množství taveniny, tak se šnek přestane otáčet a zachová se jako píst, který vstříkne hmotu do dutiny formy. Po vstříknutí taveniny do formy dochází k okamžité přípravě nové dávky polymeru.

Při této fázi je nutné dodržovat požadovanou teplotu taveniny, protože je na této teplotě závislá viskozita taveniny, velikost a průběh tlaku ve vstřikovací formě, doba chladnutí výstřiku a orientace makromolekul. V každém výrobním cyklu musejí být tyto podmínky stejné, aby nedocházelo k rozdílu ve vlastnostech a rozměrech jednotlivých výstřiků. [4]

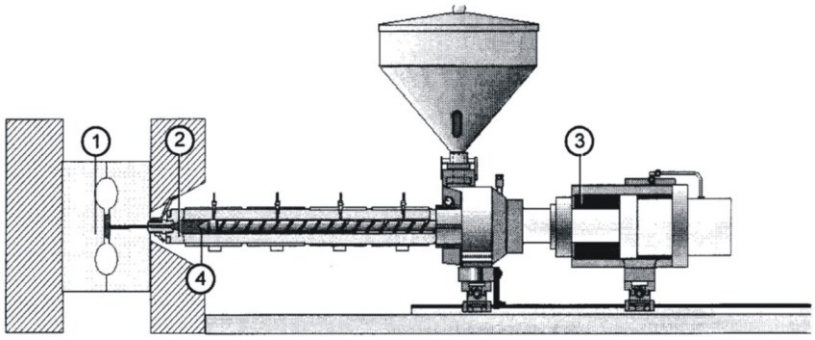


Obr.: 2-3 Plastikace materiálu [5]

1 – naplněná forma; 2 – prostor pro taveninu před šnekem; 3 – prostor pro přísun materiálu; 4 – hydraulický válec

2.1.2 Vstříknutí taveniny do formy

Tato fáze má úlohu dokonalého naplnění tvarové dutiny vstřikovací formy taveninou pod tlakem 50 až 200 MPa. Potřebný tlak je dán viskozitou taveniny, ale také členitostí a tloušťkou stěny výstřiku. Při vstřikování taveniny do formy se šnek neotáčí, ale posouvá se pomocí hydrauliky nebo elektromotoru vpřed. Jako píst vstříkne taveninu z válce tryskou do formy. Tuto fázi lze rozdělit na dvě části a to na plnění formy a stlačení taveniny ve formě. [4]



Obr.: 2-4 Vstřik [5]
1 – vstřikovací forma; 2 – tryska; 3 – hydraulický válec; 4 – čelo šneku

- **Plnění formy**

Plnění dutiny formy by mělo být dostatečně rychlé, aby se zabránilo předčasnému chladnutí a tuhnutí taveniny. Rychlost vstřikované taveniny ve formě je zhruba 100 až 200 m/s. Vysoká vstřikovací rychlost má příznivý vliv na orientaci makromolekul ve výstřiku. Pokud je vstřikovací rychlost příliš velká, dochází k přehřátí a tepelné degradaci materiálu. Rychlost čela proudu taveniny by měla být při plnění formy konstantní, aby bylo dosaženo rovnoměrného a optimálního proudění s minimálními hydraulickými ztrátami. U výstřiků se stejnou tloušťkou stěny tomu odpovídá přibližně konstantní posuv šneku. U složitějších výstřiků je třeba tuto rychlost posuvu šneku regulovat. Na začátku vstřiku má být růst rychlosti plynulý, aby nevznikala velká povrchová orientace, vnitřní pnutí a viditelné tokové čáry. Ke konci vstřiku je vhodné plynule snížit vstřikovací rychlost, aby z formy stihl uniknout vzduch a nedocházelo tak k nadměrným tlakovým špičkám ve formě. [4]

Při plnění formy dochází k rychlým změnám tlaku, teploty a viskozity taveniny. Velikost těchto změn je dána složitostí tvarů a velikostí poměru délky toku taveniny k tloušťce stěny. Následkem změn je nehomogenita a nerovnoměrnost struktury, orientace makromolekul, vnitřní pnutí apod. Těmto změnám lze zabránit úpravou výstřiku tak, aby bylo proudění taveniny optimální. [4]

- **Stlačení taveniny ve formě**

Ke stlačování taveniny dochází tehdy, když jsou zaplněny všechny části formy. Při stlačování, tlak vstřikované taveniny prudce vzroste a vstřikovací rychlost náhle klesne. Pokud by byl tlak oleje v hydraulickém válci, který ovládá posuv šneku na původní hodnotě

tzv. vstřikovací tlak, tak by vznikaly ve formě tlakové špičky, které by způsobily zvýšenou hmotnost a zvětšené rozměry výstřiku. Tlakové špičky způsobují vysoké namáhání formy, při kterém by mohlo dojít k pružnému prohnutí tzv. dýchnutí a tím přeplnění formy. Výstřik by byl v přeplněné formě pružně stlačen a po vyhození z formy by nepatrně expandoval. V povrchových vrstvách výstřiku by vzniklo nechtěné tahové vnitřní pnutí. [4]

Aby nedocházelo k těmto nežádoucím jevům, je třeba před dosažením tlakového maxima ve formě snížit tlak na tzv. dotlak. Pokud je přepnutí na dotlak opožděné, stoupne tlak taveniny ve formě příliš vysoko a nastane přeplnění formy. Pokud je přepnutí na dotlak předčasné, tak je tlak taveniny ve formě nízký, hmotnost a rozměry výstřiku jsou menší, popřípadě může být výstřik neúplný a vznikne tzv. nedostřik. [4]

2.1.3 Dotlak

Účelem dotlakové fáze je po ukončení vstřikovací fáze dotlačovat do formy další taveninu. Pomocí této fáze dochází k nahrazení úbytku objemu způsobený smršťováním materiálu při chladnutí výstřiku v dutině formy. Dotlak eliminuje vznik staženin nebo povrchových propadlin a má velký vliv na strukturu výstřiku. [4]

Velikost dotlaku a jeho trvání má odpovídat tomu, jak postupuje smršťování hmoty ve formě. Pokud je dotlak vyšší, tak má výstřik větší rozměry. Dochází také k vyššímu stupni orientace makromolekul v některých částech výstřiku, protože má chladnoucí tavenina při dotlaku poměrně vysokou viskozitu. Trvání dotlaku má být tak dlouhé dokud nedojde ke ztuhnutí ústí vtoku, kterým se dotlačuje tavenina do formy. Pokud je dotlak ukončen dříve než dojde ke ztuhnutí vtoku, vzniknou v tlustostěnných částech výstřiku propadliny nebo dutiny. Může také dojít ke zpětnému toku materiálu z formy k trysce. V tomto případě je výstřik tzv. řídký. Prodlužováním dotlaku za hranici ztuhnutí vtoku dochází k nechtěnému prodlužování doby cyklu. [4]

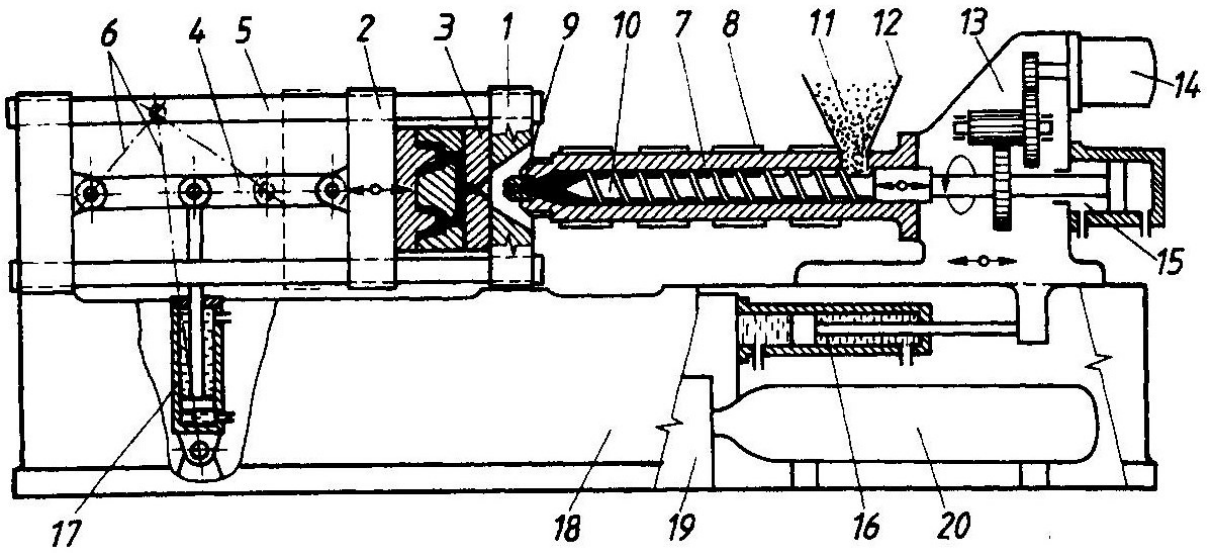
2.1.4 Chladnutí výstřiku ve formě

Chladnutí taveniny ve formě začíná již během vstřikovací fáze a pokračuje při fázi dotlaku. Doba chladnutí výstřiku, představuje největší časovou část cyklu. Trvá od několika sekund u tenkostěnných výstřiků až po několik minut u tlustostěnných. Závisí na tloušťce stěny výstřiku, druhu plastu, teplotě taveniny, vstřikovací rychlosti, průběhu dotlaku, teplotě formy a na teplotě výstřiku v okamžiku vyjímání z formy. Různým způsobem temperace formy je snaha tuto dobu zkrátit na minimum. Při procesu chladnutí dochází ke značným časovým i místním změnám stavových veličin polymeru (tlaku, měrného objemu a teploty).[2] [4]

Fáze chladnutí ovlivňuje nejen strukturu, tj. orientaci, krystalizaci a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu (lesk). Povrchový lesk závisí na teplotě formy, tekutosti taveniny a na její schopnosti vyplnit dokonale dutinu formy. Fáze chladnutí končí otevřením formy a vyjmutím výstřiku. Výstřik by měl být schopen, uchovat si po vyhození tvarové i rozměrové vlastnosti dané formou. [4]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj je takový stroj, který společně s formou udává finálnímu výrobku požadované vlastnosti. Vstřikovací proces probíhá většinou plně automaticky, takže je dosažena vysoká produktivita práce. Pořizovací cena tohoto strojního zařízení je poměrně vysoká. Vstřikovací stroj se skládá ze třech hlavních částí, kterými jsou vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a řízení s regulací. Výrobce těchto strojů je schopen dovybavit vstřikovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště. Stroj lze dovybavit manipulátory, roboty, dopravníky, temperačním zařízením, dávkovacím a mísícím zařízením, sušárnami materiálu nebo mlýny. [2]



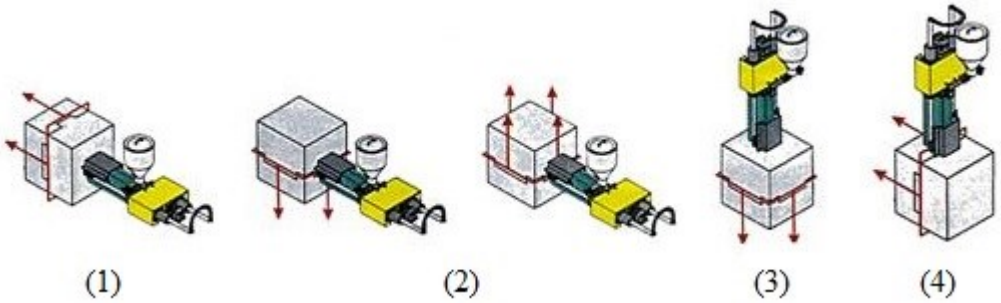
Obr.: 2-5 Schéma vstřikovacího stroje (před vstřikem) [1]

1 – pevná upínací deska; 2 – pohyblivá upínací deska; 3 – forma; 4 – kloubový uzávěr formy; 5 – vodicí tyče; 6 – osy pák při otevřené poloze formy; 7 – topný válec; 8 – elektrické topení; 9 – tryska; 10 – šnek; 11 – termoplast; 12 – násypka; 13 – převodovka s regulací otáček šneku; 14 – elektromotor; 15 – hydraulický posuv šneku; 16 – hydraulický posuv vstřikovací jednotky; 17 – hydraulické ovládání kloubového uzávěru; 18 – lože; 19 – čerpadlo s hydraulickým rozvaděčem; 20 – plynový hydraulický akumulátor

Obr.: 2-6 Vstřikovací stroj ENGEL [6]

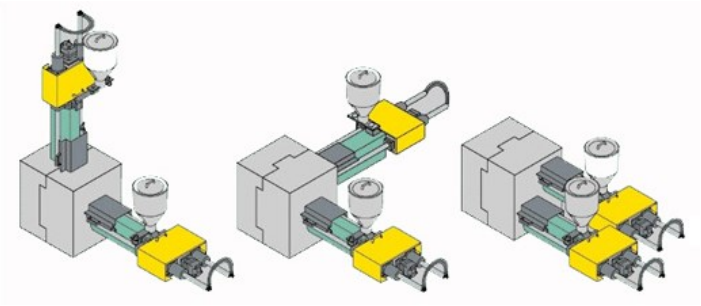
2.2.1 Rozdělení vstřikovacích strojů

- **Podle typu pohonu vstřikovací a uzavírací jednotky**
  - hydraulické
  - elektrické
  - hybridní
- **Podle polohy osy vstřikovací a uzavírací jednotky**
  - vodorovná kolmá na dělící rovinu (1)
  - vodorovná rovnoběžná s dělící rovinou (2)
  - svislá kolmá na dělící rovinu (3)
  - svislá rovnoběžná s dělící rovinou (4)



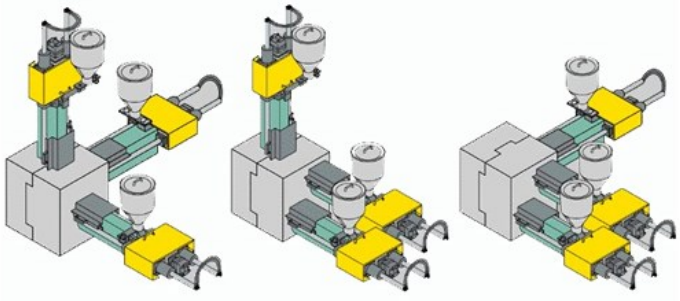
Obr.: 2-7 Poloha osy vstřikovací a uzavírací jednotky [2]

- **Podle počtu vstřikovacích jednotek**
  - jedna vstřikovací jednotka (viz. Obr.: 2-7)
  - dvě vstřikovací jednotky (různé uspořádání)



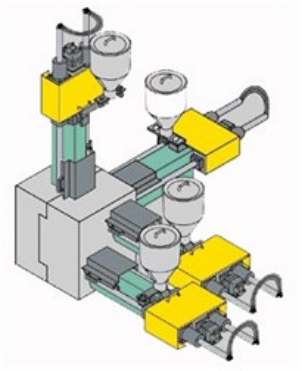
Obr.: 2-8 Rozložení vstřikovacích jednotek u dvou-komponentního vstřikování [2]

  - tři vstřikovací jednotky (různé uspořádání)



Obr.: 2-9 Rozložení vstřikovacích jednotek u tří-komponentního vstřikování [2]

  - čtyři vstřikovací jednotky



Obr.: 2-10 Rozložení vstřikovacích jednotek u čtyř-komponentního vstřikování [2]

- **Podle typu vstřikovaného materiálu**
  - termoplasty

Termoplasty jsou polymerní materiály, které je možno zahříváním převést do plastického stavu. V tomto stavu je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Při zahřívání termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, takže lze tento typ plastů opakovaně zahřívat a zpracovávat. Jsou tedy vhodné k recyklaci. Hlavními zástupci termoplastů jsou polypropylen (PP), polyethylen (PE), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), apod. [2] [7]

  - reaktoplasty (dříve termosety)

Reaktoplasty jsou polymerní materiály, které lze stejně jako termoplasty zahříváním převést do plastického stavu a tvářet. Na rozdíl od termoplastů lze reaktoplasty zpracovávat jen omezenou dobu. Dalším zahříváním dochází k chemické reakci, tzv. vytvrzování, při kterém dojde k prostorovému zesíťování struktury. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze opakovaně převést do plastického stavu. Forma je při zpracování reaktoplastů vyhřívaná a hotový výrobek chladne mimo formu. Hlavními zástupci reaktoplastů jsou fenolformaldehyd, epoxidové pryskyřice, polyestery, apod. [2] [7]

  - elastomery

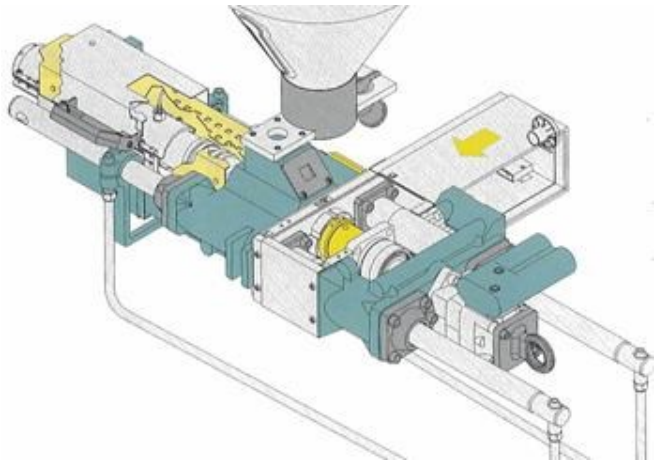
Elastomery jsou vysoce elastické polymerní materiály, které lze opět zahříváním převést do plastického stavu a tvářet, ale stejně jako u reaktoplastů pouze omezenou dobu. Dalším zahříváním dochází k chemické reakci, tzv. vulkanizaci, při které dojde k prostorovému zesíťování struktury. Hlavními zástupci elastomerů jsou silikonové kaučuky, syntetické kaučuky, polybutadien, polypropylenový elastomer, apod. [2] [7]

2.2.2 Vstřikovací jednotka

Slouží pro přeměnu granulátu na homogenní taveninu, která je vhodná pro vstřikování. Po homogenizaci materiálu jednotka vstřikuje taveninu do dutiny formy vysokou rychlostí a pod velkým tlakem. První vstřikovací jednotky byly pístové. V současné době jsou nahrazeny šnekovými jednotkami a pístové jednotky se používají zcela výjimečně. Šnekové stroje se vyznačují spolehlivou plastifikací a homogenizací, vysokým plastifikačním výkonem, přesným dávkováním hmoty a nízkými ztrátami tlaku během pohybu hmoty. Zabraňují také přehřívání materiálu v tavicí komoře a odstraňují potíže při čištění tavicí komory při změně typu materiálu. Vstřikovací jednotka se skládá z násypky, šneku, tavicí komory, trysky a topných těles. [2]

- **Charakteristické parametry vstřikovací jednotky [2]**
  - Průměr šneku: D [mm]
  - Délka šneku: L [mm]
  - Vstřikovací kapacita: Q_v [cm^3]
  - Plastifikační kapacita: Q_p [$\mathrm{kg \cdot h^{-1}}$]

- Vstřikovací tlak: $p_{vstř}$ [MPa]
- Objemová vstřikovací rychlost: v [$\mathrm{cm^3 \cdot s^{-1}}$]

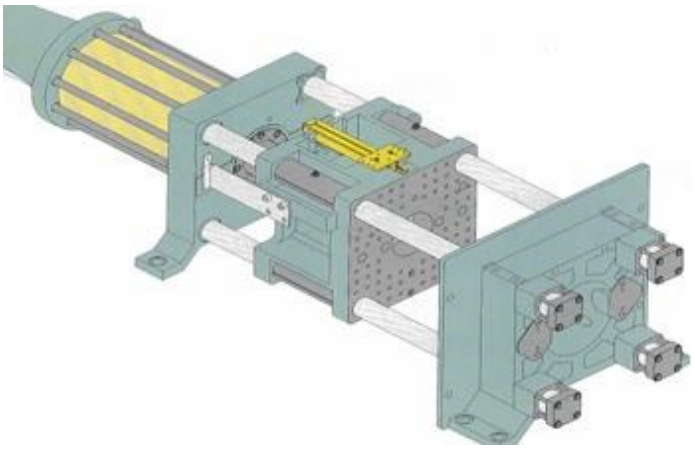


Obr.: 2-11 Schéma vstřikovací jednotky [2]

2.2.3 Uzavírací jednotka

Slouží pro zavírání a otevírání vstřikovací formy. Musí být schopna uzavřít formu takovou silou, aby se při vstříknutí taveniny do dutiny forma neotevřela. Uzavírací jednotka se skládá z opěrné desky, která je pevně spojená s ložem stroje, upínací desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku plastifikační jednotky, na kterou je upnuta nepohyblivá část formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu. Uzavírací systémy mohou být konstruovány jako mechanické, hydraulické, elektrické, nebo jako kombinace hydraulického a mechanického. [2]

- **Charakteristické parametry uzavírací jednotky**
  - Přisouvací síla: F_p [kN]
  - Uzavírací síla: F_u [kN]



Obr.: 2-12 Schéma uzavírací jednotky [2]

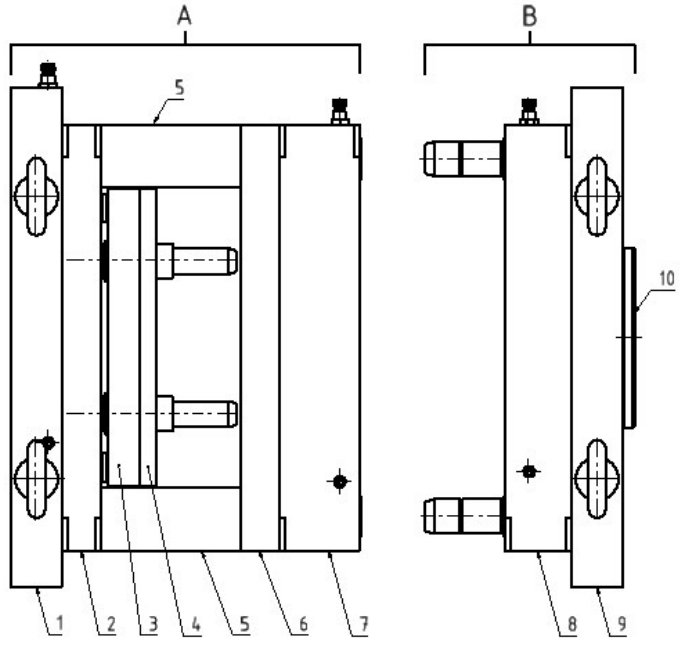
2.3 Vstřikovací forma

Vstřikovací forma je nástroj, který je umístěn ve vstřikovacím stroji. Forma musí být navržena tak, aby odolávala vysokým tlakům, vytvářela výrobky o přesných rozměrech, umožnila snadné vyjmutí výrobků a pracovala automaticky po celou dobu životnosti. [2] Návrh a výroba vstřikovací formy je velmi nákladná, proto je určena pro velkosériovou výrobu. Forma se skládá z upínacích desek, podložných desek a tvarových desek. Dále pak z vodícího, vtokového, temperačního a vyhazovacího systému.

2.3.1 Rozdělení forem

- **Podle vtokové soustavy**
  - se studenou vtokovou soustavou
  - s teplou vtokovou soustavou
- **Podle rámu**
  - se základním kmenovým rámem
  - se stavebnicovým rámem
  - s rámem speciální konstrukce
- **Podle násobnosti**
  - jednonásobné
  - vícenásobné
- **Podle polohy vstřikovací jednotky**
  - se vstřikem kolmo na dělící rovinu
  - se vstřikem do dělící roviny

2.3.2 Části vstřikovací formy



A – pohyblivá část vstřikovací formy; B – pevná část vstřikovací formy

1 – upínací deska pohyblivé části; 2 – podložná deska; 3 – spodní deska vyhazovacího paketu; 4 – vrchní deska vyhazovacího paketu; 5 – lišty; 6 – podložná deska; 7 – tvarová deska pohyblivé části; 8 – tvarová deska pevné části; 9 – upínací deska pevné části; 10 – středící kroužek

Obr.: 2-13 Schéma částí vstřikovací formy

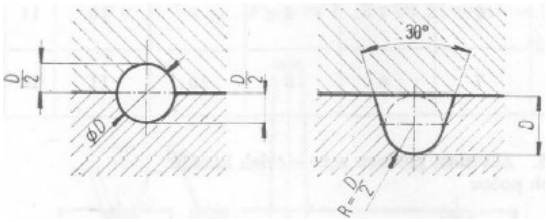
2.3.3 Vtokový systém

Vtokový systém slouží k dopravení taveniny od trysky vstřikovacího stroje až do tvářecí dutiny formy (kavity). Hlavní zásadou je, aby se forma plnila taveninou co nejrychleji, rovnoměrně a nejkratší možnou cestou. Nedodržení těchto zásad může vést ke vzniku studených spojů, velkého zbytkového napětí ve výstřiku anebo k nedokonalému zaplnění formy. [8]

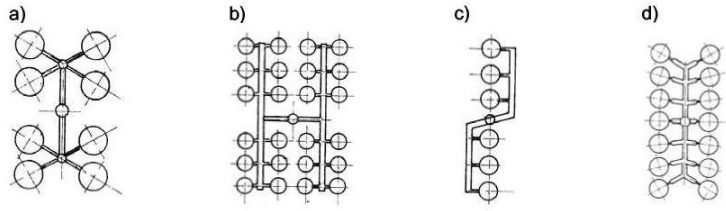
- **Se studenou vtokovou soustavou**

Pro vyplnění kavit je u tohoto typu vtokové soustavy zapotřebí vtokový kanál, který se skládá z hlavního a vedlejšího rozváděcího kanálu a ústí vtoku. Součástí vtokového kanálu je vtokový kužel, který vzniká ve vtokové vložce. Vtokový kanál je umístěn ve formě a chladne společně s výstřikem. Při otevření formy je zapotřebí, aby byla celá vtoková soustava vyjmuta. Vtoková soustava je od výstřiku oddělena buď samovolně při otevírání formy, nebo je nutné tuto soustavu oddělit mimo formu. Vtokové zbytky je možné opětovně zpracovávat, a tak snížit náklady použitého materiálu (platí pro termoplasty).

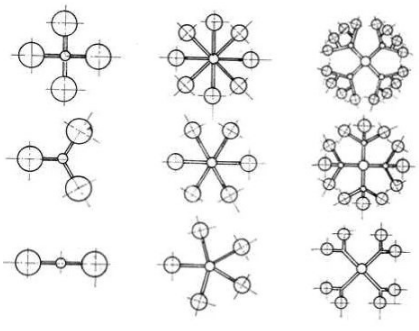
Průřez vtokového kanálu je ovlivňován délkou toku taveniny. Čím delší jsou rozváděcí kanály, tím více se snižuje plastifikační výkon, prodlužuje se doba pracovního cyklu a vznikají v nich ztráty tlaku taveniny. Průřez kanálu by měl být co nejmenší, aby nedocházelo k přílišným odporům při toku taveniny. [8]



Obr.: 2-14 Obvyklé průřezy rozváděcích kanálů [9]



ŘADOVÉ USPOŘÁDÁNÍ VTOKOVÉ SOUSTAVY VÍCENÁSOBNÝCH FOREM
a) se stejnou délkou vtokového kanálu
b), c), d) s nestejnou délkou vtokového kanálu *(nevhodné bez korekce ústí vtoku)*



SYMETRICKÉ USPOŘÁDÁNÍ VTOKOVÉ SOUSTAVY VÍCENÁSOBNÝCH FOREM

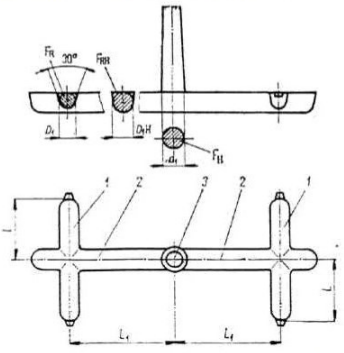


SCHÉMA SOUSTAVY ROZVÁDĚCÍCH KANÁLŮ *1 - vedlejší, 2 - hlavní, 3 - vtokový kužel*

Obr.: 2-15 Druhy uspořádání vtokové soustavy [2]

- **S teplou vtokovou soustavou**

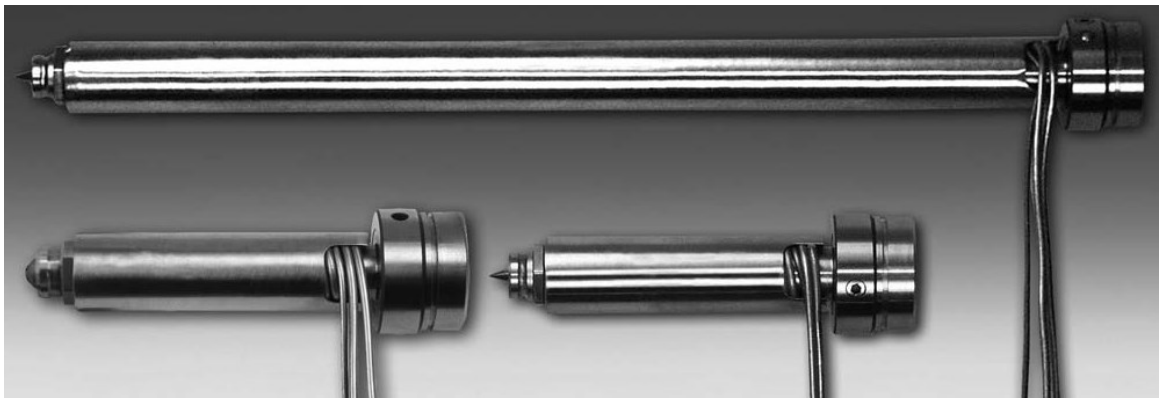
Při tomto způsobu plnění kavity vstřikovací formy nevznikají vtokové zbytky. Vtoková soustava je vyhřívaná a materiál v ní zůstává v plastické podobě. Odpadá proto nutnost dalšího zpracování vtokových zbytků. Teplá vtoková soustava se skládá z horké trysky a rozváděcího bloku. Formy s horkými rozváděcími kanály lze rozdělit na tři základní typy, kterými jsou formy s izolovanou horkou vtokovou soustavou, s vnitřně vyhřívanou horkou vtokovou soustavou a s externě vyhřívanou horkou vtokovou soustavou.

Výhody horkých rozváděcích kanálů: [3]

- potřeba méně materiálu pro jeden cyklus (nejsou vtokové zbytky)
- zkrácení vstřikovacího času
- snadná automatizace provozu
- odpadá dodatečné odstraňování vtokových zbytků z výstřiku
- na výstřiku zůstane nepatrný bod po trysce, který není nutné nijak začišťovat

Nevýhody horkých rozváděcích kanálů: [3]

- vyšší cena vstřikovacích forem
- náročnější opravy, které mohou vést k delším odstávkám
- nutné provádění častějších údržeb forem

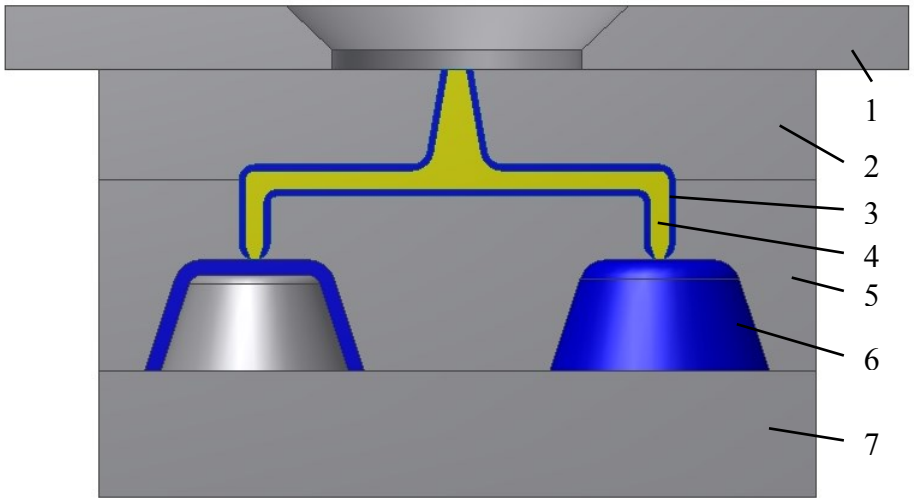


Obr.: 2-16 Horké trysky HASCO [10]

Obr.: 2-17 Standardní rozváděcí bloky HASCO [10]

- Izolovaná horká vtoková soustava

Tato vtoková soustava je z uvedených horkých vtokových soustav nejjednodušší. Pro správnou funkci nejsou zapotřebí žádná topná tělesa. Rozváděcí kanály mají větší průměr a jsou izolovány. Při vstřikování sice dochází ke ztuhnutí taveniny polymeru na stěně kanálu, ale jádro zůstává plastické a umožňuje plnění tvarových dutin vstřikovací formy i v dalších cyklech. Čas vstřikovacích cyklů musí být krátký, aby nedošlo ke ztuhnutí taveniny v celém průřezu rozváděcího kanálu. Pokud dojde k přerušení výroby, tak se musí dělící rovina rozváděcích kanálů otevřít a vyjmout z ní ztuhlý polymer. [3]

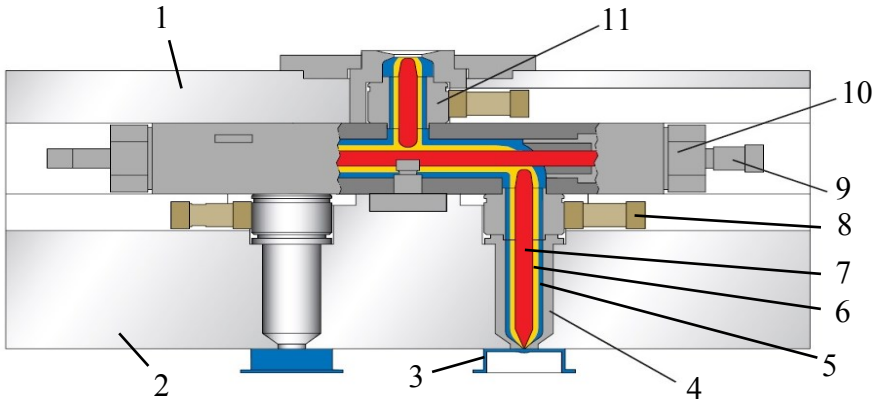


Obr.: 2-18 Schéma izolované horké vtokové soustavy

1 – upínací deska; 2 – deska horkého vtoku; 3 – izolační vrstva ztuhlého materiálu; 4 – horké jádro vstřikovaného materiálu; 5 – deska tvárnice; 6 – vstřikovaná součást; 7 – deska tvárníku

- Vnitřně vyhřívaná horká vtoková soustava

U vnitřně vyhřívané horké vtokové soustavy jsou na rozdíl od izolované horké vtokové soustavy použita odporová topná tělesa. Tyto tělesa jsou zavedena do rozváděcího kanálu a udržují polymer v plastickém stavu. U této koncepce musí být průměr rozváděcího kanálu zvětšen nejen díky vzniku ztuhlého polymeru na stěnách kanálu, ale také protože se v něm nachází odporové topné těleso. Toto provedení horkého vtoku umožňuje lepší regulaci teploty než u provedení předešlého. [3]

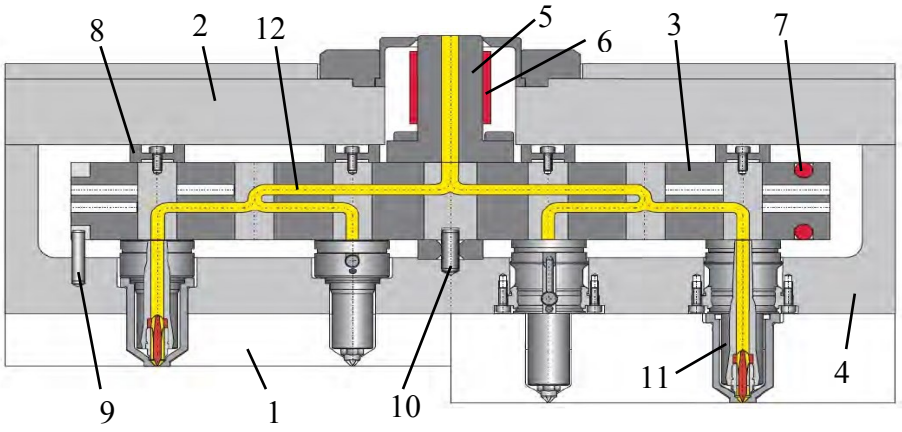


Obr.: 2-19 Schéma vnitřně vyhřívané horké vtokové soustavy [11]

1 – upínací deska; 2 – deska tvárnice; 3 – plastový výrobek; 4 – horká tryska; 5 – ztuhlá tavenina; 6 – tavenina v plastickém stavu; 7 – topné těleso; 8 – konektor napájení topného tělesa; 9 – topné těleso rozváděcího bloku; 10 – rozváděcí blok; 11 – vtoková vložka

- Externě vyhřívaná horká vtoková soustava

Externě vyhřívaná horká vtoková soustava je složena ze tří hlavních částí, kterými jsou: vtoková vložka, rozváděcí blok a horké trysky. Tyto části jsou vyhřívány topnými tělesy, která udržují polymer v plastickém stavu. Topná tělesa jsou umístěna externě, takže průměr rozváděcích kanálů je poměrně malý. Výhodou této vtokové soustavy je vysoká variabilita. Rozváděcí bloky se mohou různě kombinovat a tím je umožněno plnění více kavit najednou. Při skládání rozváděcích bloků, lze také docílit vhodnějšího umístění horkých trysek. Poloha ústí trysky v tvarové dutině má vliv zejména na kvalitu plnění kavity polymerem. Pokud dojde k poškození, nemusí být u tohoto typu, nutně vyměněna soustava jako celek, ale může být vyměněna pouze poškozená část. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady.



Obr.: 2-20 Schéma externě vyhřívané horké vtokové soustavy [12]

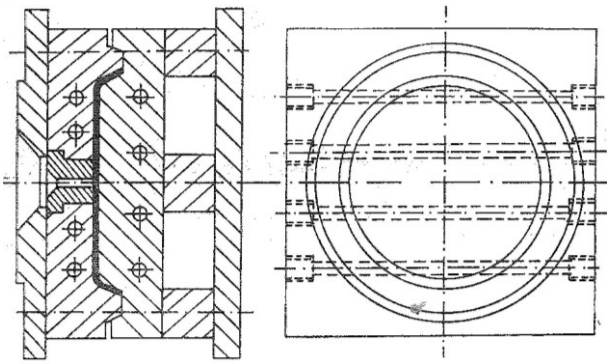
1 – deska tvárnice; 2 – upínací deska; 3 – rozváděcí blok; 4 – deska horkého vtoku; 5 – vtoková vložka; 6 – topné těleso vtokové vložky; 7 – topné těleso rozváděcího bloku; 8 – přítlačná destička; 9 – kolík pro zajištění polohy; 10 – centrální kolík s distanční podložkou; 11 – horká tryska; 12 – tavenina

2.3.4 Temperační systém

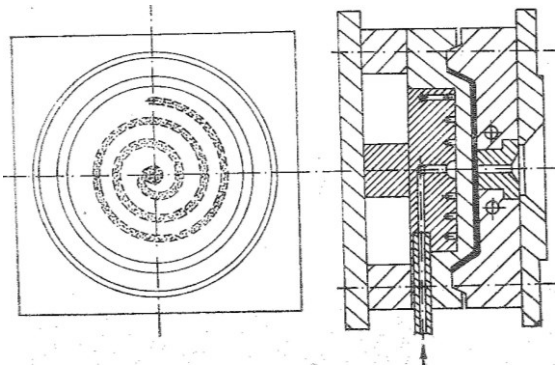
Při vstřikování je zapotřebí temperovat (chladit) formu. Na průběh chlazení má rozhodující vliv teplota taveniny. Temperováním je ovlivňován stupeň orientace a vnitřní pnutí ve výstřiku. Pro temperaci je nejčastěji používána voda, která cirkuluje chladicími kanály vytvořenými v deskách formy. Pro udržení přibližně konstantní teploty stěny formy musí být dodrženy tyto zásady:

- volit vhodnou konstrukci temperačních kanálů ve formě
- udržet pravidelný cyklus vstřikování
- měřit skutečnou teplotu stěn formy pomocí čidel
- chladnou vodu přivádět do nejteplejších míst formy
- dlouhé tvárníky nebo jádra je nutno chladit samostatně
- formu je zapotřebí temperovat nepřímo temperačními přístroji

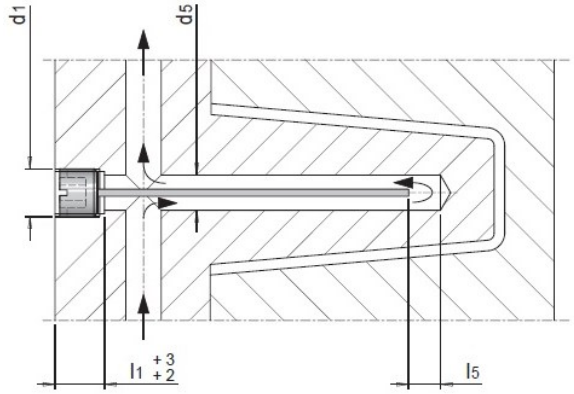
Přístroje umožňující temperaci musejí pracovat s dostatečným přetlakem a průtokem cirkulující vody. Musí také zaručit pokud možno konstantní teplotu vody. [3]



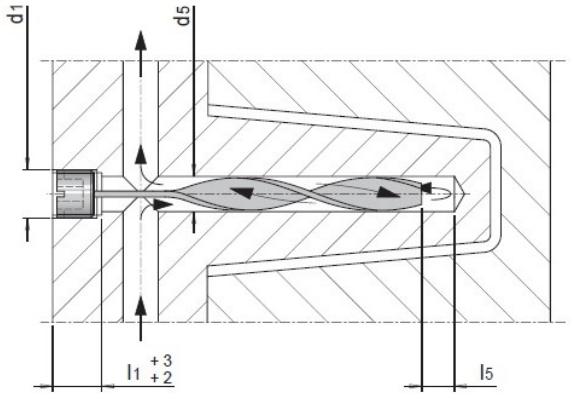
Obr.: 2-21 Forma s přímými temperačními kanály [3]



Obr.: 2-22 Forma se spirálovými temperačními kanály [3]

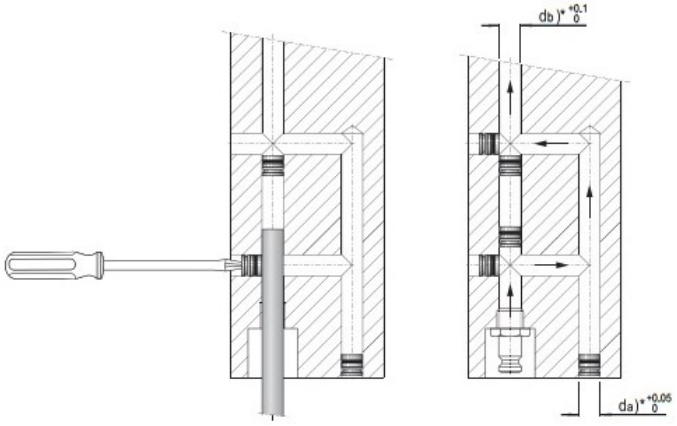


Obr.: 2-23 Temperace jádra - přepážka přímá [13]



Obr.: 2-24 Temperace jádra - přepážka spirálová [13]

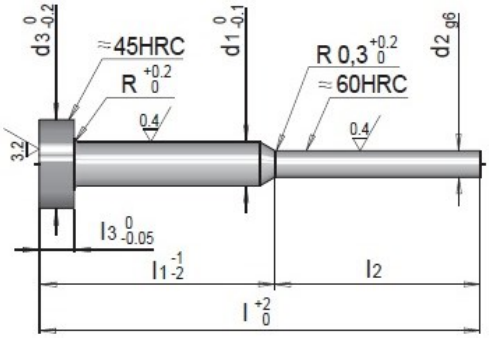
Pro rozvod temperovacího média jsou používány hadice, zděře, kolena, trubky, náustky, nátrubky, přípojky, záslepky, hrdla a spojky. Tyto prvky umožňují téměř libovolný rozvod média v desce vstřikovací formy.



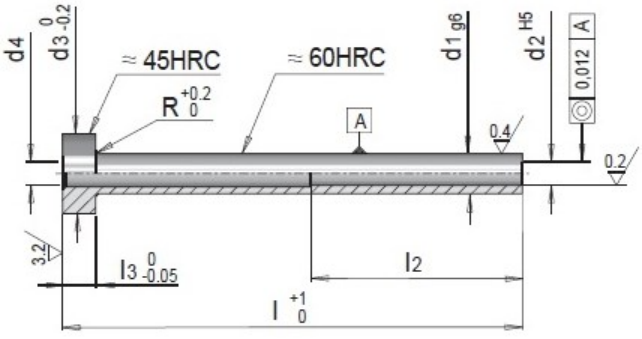
Obr.: 2-25 Montáž záslepek pro rozvod média formou [13]

2.3.5 Vyhazovací systém

Při chladnutí se výstřik ve formě smršťuje a pevně ulpívá na tvarových součástech formy. Z tohoto důvodu je zapotřebí používat vyhazovací systém. Aby bylo možné použít vyhazovací systém, musí být forma konstruována tak, aby po otevření formy zůstal výstřik na pohyblivé části formy. Pro vyhazování hmotnějších výstřiků lze použít vyhazovací kolíky. Tyto kolíky jsou vybírány z katalogu výrobce a je možné je obrobit na požadovaný rozměr. Pro vyhození tenkostěnného výstřiku je použití vyhazovacích kolíků nevhodné, protože by mohlo dojít k prolomení stěny výstřiku. V těchto případech je výhodnější použít stírací desky, stírací kroužky, anebo trubkový vyhazovač. [3]



Obr.: 2-26 Vyhazovací kolík [13]

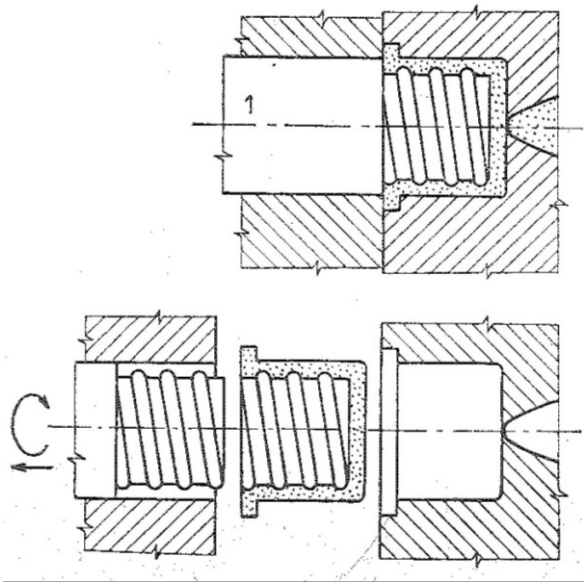


Obr.: 2-27 Trubkový vyhazovač [13]

Hluboké výstřiky je možné z formy vyhodit pomocí stlačeného vzduchu. Při tomto způsobu vyhazování je mezi dno tvárníku a výstřik přiváděn tlakový vzduch, pomocí kterého je po otevření formy výstřik vyhozen. [3]

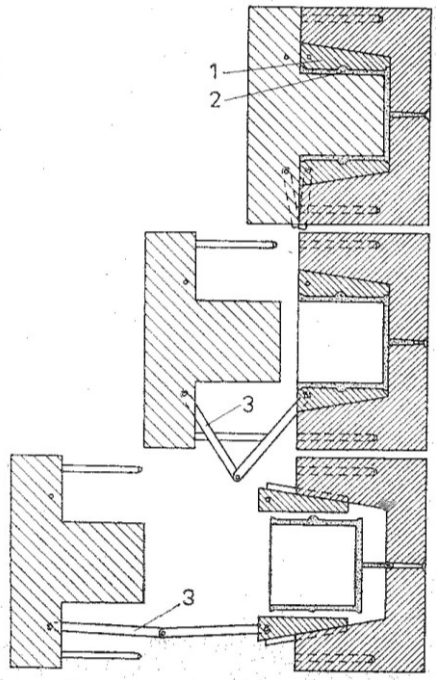
Pokud je zapotřebí vyhodit komplikovanější tvar výstřiku, tak je nutné použít speciální uspořádání formy. K tomuto uspořádání patří např. čelisťová forma, která se používá v případech, kdy se nachází na výstřiku podkos, tzn. přesazený výběžek. Příkladem tohoto výstřiku může být součást s vnějším závitem. [3]

Pro výrobky s vnitřním závitem je forma vybavena závitovým jádrem. Jádro je z výstřiku vyšroubováno mimo formu, anebo je použit elektromotor, který umožní vyšroubování jádra z výstřiku přímo ve formě. [3]



Obr.: 2-28 Vyhazování výstřiku s vnitřním závitem [3]

1 – závitové jádro

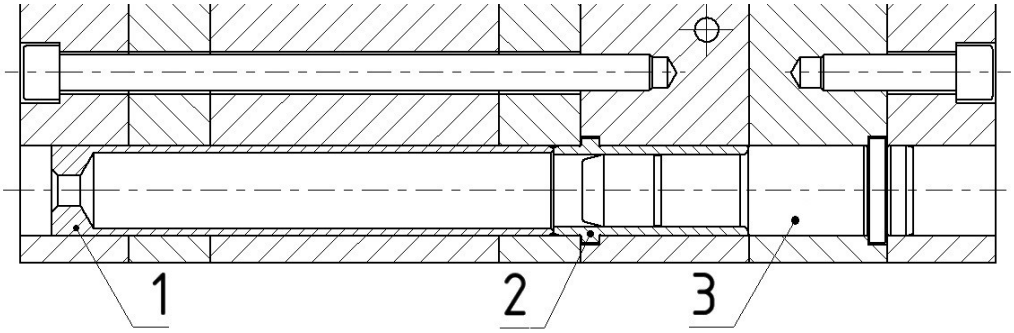


Obr.: 2-29 Vyhození výstřiku s podkosem [3]

1 – klínová tvarová vložka tvárnice; 2 – výstřik s vnějšími žebry; 3 – táhla klínů

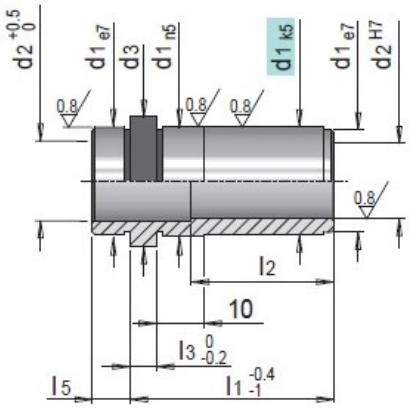
2.3.6 Vodicí systém

Vodicí systém slouží pro přesné ustavení polohy mezi pohyblivou a pevnou částí formy. Skládá se z centrovacího pouzdra, vodícího pouzdra a vodícího sloupku. Všechny tyto části vodícího systému jsou na vstřikovací formě 4x. Centrovací pouzdro a vodící pouzdro se nachází na pohyblivé části formy. Centrovací pouzdra s vodícími pouzdry centrují veškeré desky pohyblivé části formy. Vodící sloupky se nacházejí na pevné části formy a při uzavírání formy zajíždějí do vodících pouzder.

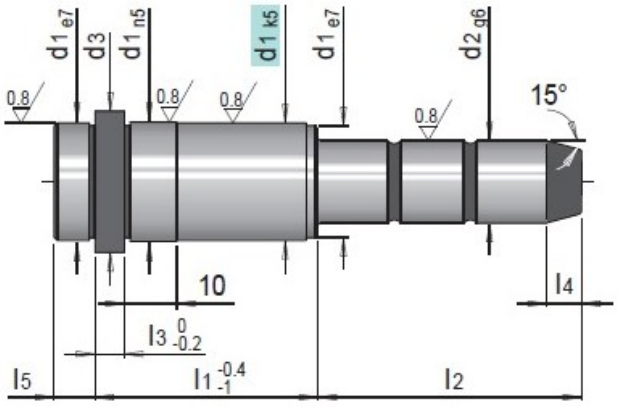


Obr.: 2-30 Vodicí systém vstřikovací formy

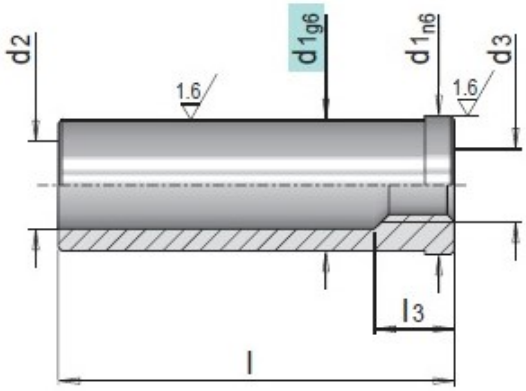
1 – centrovací pouzdro; 2 – vodící pouzdro; 3 – vodící sloupek



Obr.: 2-31 Vodící pouzdro [13]



Obr.: 2-32 Vodící sloupek [13]

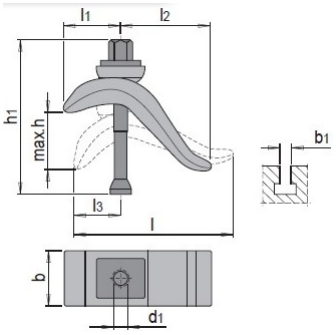


Obr.: 2-33 Centrovací pouzdro [13]

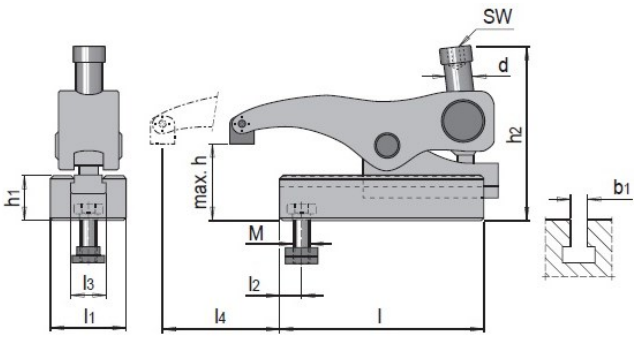
2.3.7 Upínání forem do stroje

Uzavřená forma se upíná na upínací desky vstřikovacího stroje. Pokud je výška formy nižší než nejmenší otevření lisu, je zapotřebí formu doplnit podložnými deskami nebo upínacími můstky. Na formě by se měla vyskytovat informace o hmotnosti. Forma musí být vybavena vhodnými manipulačními prvky. Při upínání musí být zaručeno, aby byla vtoková vložka formy přesně v ose vstřikovací trysky stroje. Z tohoto důvodu se forma upíná nejprve na pevnou stranu lisu. [8]

K upínání se používají upínací šrouby, ploché a tvarové upínky, speciální upínací přípravky a zařízení. Šrouby se dotahují při plném tlaku lisu. Formy jsou namáhány míjivým tlakem a rázy, které vznikají vlivem provozních podmínek. Namáhání při provozu klade vysoké nároky na spolehlivost a bezpečnost upínadel. Pokud by byla tuhost upínadel malá, tak může dojít k uvolnění a změně polohy formy. Změnou polohy může dojít k poškození vodicího systému a tvarových částí formy. Po upnutí formy na vstřikovací stroj se na formu připojují další zařízení, mezi které patří např. zařízení temperační. [8]



Obr.: 2-34 Volně nastavitelná upínka [13]



Obr.: 2-35 Mechanická upínka [13]

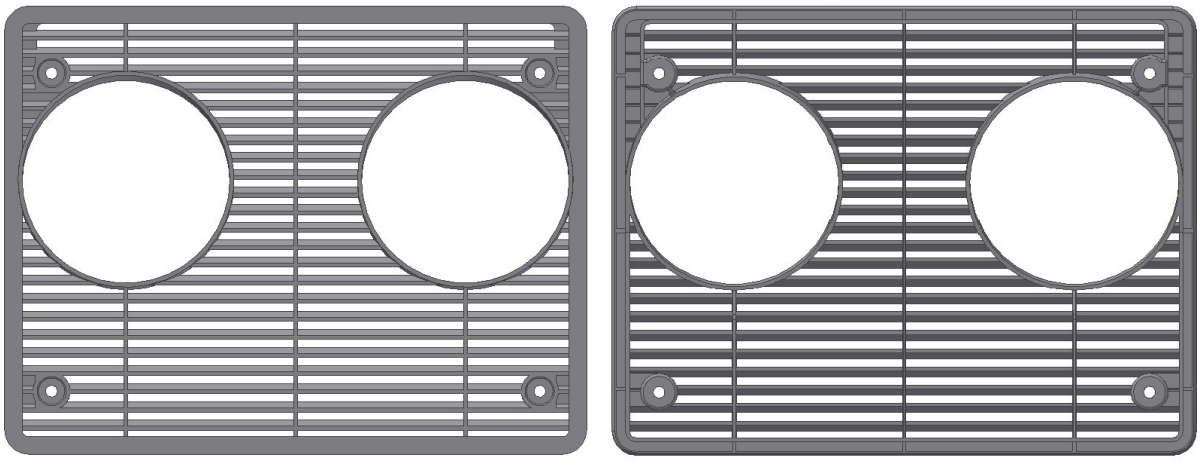
2.3.8 Materiály forem

Části formy, které nejsou v přímém kontaktu s taveninou, se nazývají konstrukční. Mezi tyto části patří upínací desky, kotevní desky, topné desky, vyhazovací desky apod. Zhotovují se z konstrukčních ocelí. [3]

Tvářecí části forem (tvárníky, tvárnice, jádra), vtokové vložky, vyhazovače, vodicí sloupky a pouzdra apod. jsou vyráběny ze speciálních ocelí. Používány jsou převážně cementační legované oceli, které mají tvrdý leštitelný povrch a houževnaté jádro. Pro velké formy se používají zušlechtěné oceli, aby nedocházelo k deformaci při kalení. Pokud je požadavek na rozměrovou stálost je vhodné použít nitridační ocel. Tvrdé okraje, jsou ale citlivé na nevhodné zacházení. Pro intenzivně chlazené formy je vhodné použít korozivzdorné oceli s velkým obsahem chromu, protože by mohla voda kondenzující na povrchu vyvolat korozi. Tvářecí části forem mohou být tvrdě chromované, aby získaly větší chemickou odolnost. [3]

3 Informace o výrobku

Pro zaformování byla zvolena mřížka, která je součástí karoserie zemědělského traktoru značky Zetor viz obr.: 3-2. Jelikož je tato mřížka umístěna v přední části karoserie, obsahuje otvory pro světlomety. Popisovaný díl karoserie umožňuje svým tvarem proudění vzduchu k chladiči a tím pádem účinnější chlazení motoru za jízdy stroje. Model mřížky o největších rozměrech 434 mm x 334 mm x 26 mm a hmotnosti 0,43 kg byl vytvořen v CAD programu Autodesk Inventor Professional 2015.



Obr.: 3-1 3D model vstřikované součásti (přední a zadní pohled)

Obr.: 3-2 Umístění mřížky na traktoru

3.1 Materiál vstřikovaného výrobku

Pro vstřikovanou součást byl zvolen materiál PA 6 (polyamid 6). Tento částečně krystalický materiál je pevný a houževnatý s velkou odolností proti opotřebení. Polyamid 6 dobře tlumí rázy a chvění. Špatně odolává kyselinám a na vzduchu navlhá, což má za následek zvětšování rozměrů součástí. [7] Na tento materiál může dlouhodobě působit teplota 95 °C a jeho teplota tavení je 250-270 °C. Další důležité vlastnosti jsou uvedeny v tab.: 3-1. [14]

3.1.1 Vlastnosti použitého materiálu

Polyamid 6 (PA 6)			
Výrobce		Witcom Engineering Plastics B V	
Obchodní název		Witcom PA6-2004/39	
Vlastnost	**Norma**	**Hodnota**	**Jednotka**
Fyzikální vlastnosti			
Hustota	ISO 1183	1,31	g/cm^3
Nasákavost při normál. podmínkách	ISO 62	6	%
Nasákavost při vlhkosti	ISO 62	2	%
Smrštění formy	ISO 2577	0,2-0,4	%
Mechanické vlastnosti			
Pevnost v tahu při 23°C	ISO 527	110	MPa
Pevnost v ohybu při 23°C	ISO 527	155	MPa
Modul pružnosti v tahu při 23°C	ISO 527	7000	MPa
Teplotní vlastnosti			
Koeficient délkové roztažnosti	ISO 11359	37	$10^{-6}/K$
Max. teplota krátkodobá	ISO 75	195	°C
Max. teplota dlouhodobá	-	95	°C
Podmínky zpracování			
Teplota tavení popř. zesklovatění	-	250-270	°C
Teplota formy	-	40 - 80	°C
Rychlost šneku	-	0,1-0,2	m/s
Zpětný tlak	-	0 - 1	MPa
Maximální přípustná vlhkost	-	0,1	%
Struktura materiálu	-	krystalická	-
Doba sušení	-	3 - 5	hodin
Teplota sušení	-	80	°C

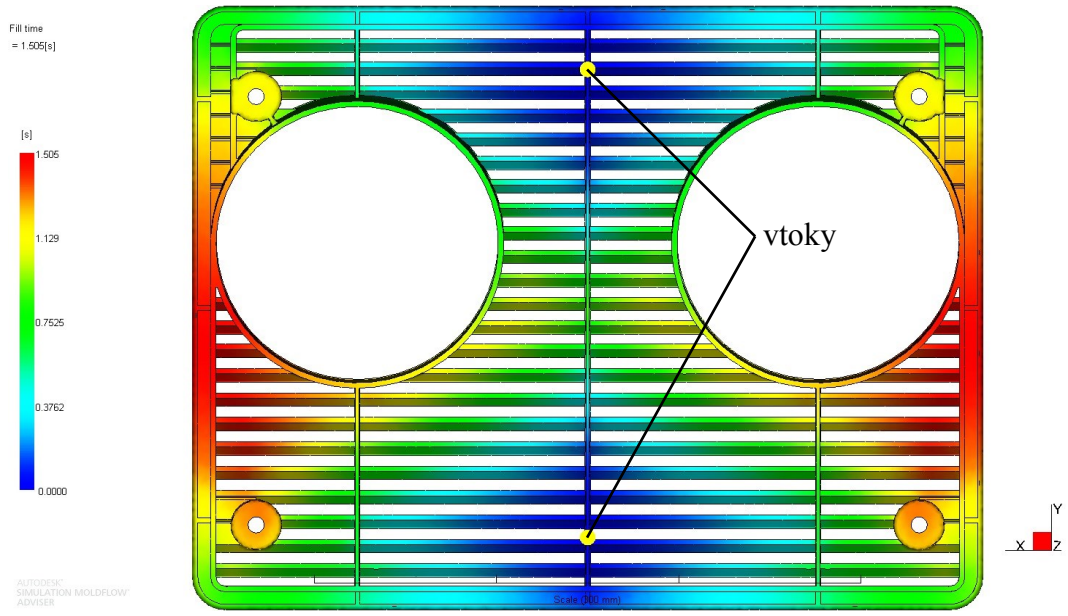
Tab.: 3-1 Vlastnosti polyamidu 6 (PA 6) [14]

3.2 Umístění vtoků na výstřiku

Umístění vtoků na vyráběné součásti, ovlivňuje zejména kvalitu plnění tvarové dutiny formy. Simulace plnění je účinnou metodou, jak zjistit ideální polohu vtoků. Polohy vtoků jsou popsány níže ve třech variantách a následně vybrána nejvhodnější z nich. Veškeré simulace byly provedeny pomocí CAD programu Autodesk Simulation Moldflow Adviser 2015.

3.2.1 Varianta A

V této variantě jsou použity dva vtoky, umístěné ve střední části výrobku, viz obr.: 3-3. Při simulacích plnění bylo zjištěno, že bude kavita naplněna, avšak s určitou kvalitou viz příloha č. 1A1. Tato skutečnost vedla k pokusu nalézt výhodnější umístění vtoků a tím pádem i zvýšení kvality naplnění kavity. Při simulacích bylo také zjištěno, že na plastovém výrobku vzniknou studené spoje, viz příloha č. 1A2. Vznik studených spojů je závislý na tečení polymeru tvarovou dutinou formy. Čelo proudu taveniny je chladnější, a pokud dojde ke spojení těchto dvou proudů, vznikne studený spoj. V tomto spoji má výrobek menší pevnost a je pravděpodobné, že dojde časem k poškození výrobku právě v oblasti studeného spoje. Jelikož je tvar výrobku poměrně komplikovaný, je vznik studených spojů zaručen.

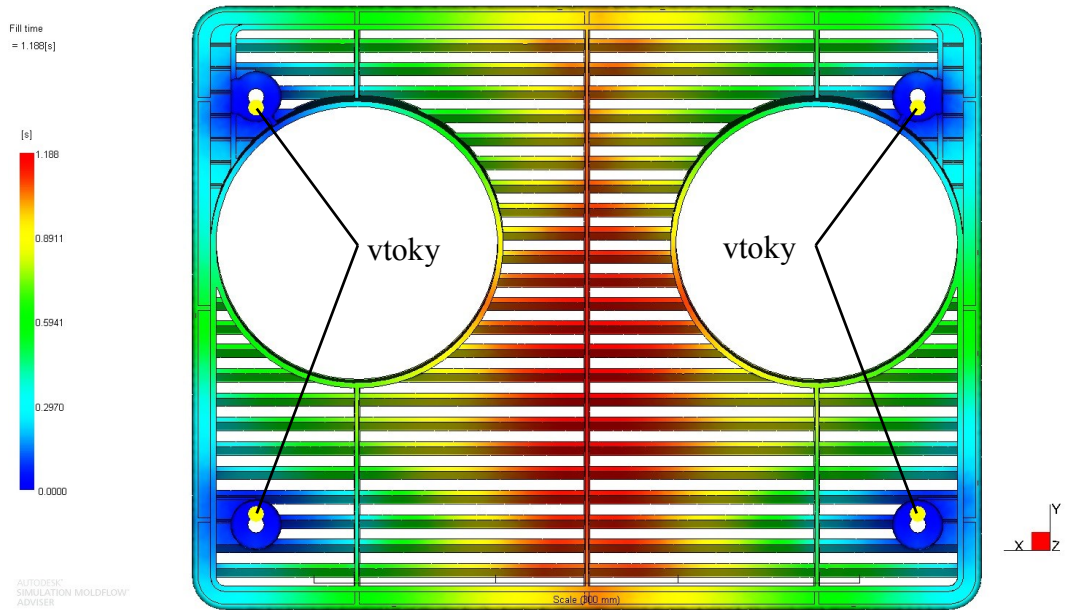


Obr.: 3-3 Doba plnění kavity (varianta A)

3.2.2 Varianta B

Na rozdíl od varianty A jsou v této variantě použity čtyři vtoky, viz obr.: 3-4. Při tomto uspořádání došlo ke zlepšení kvality naplnění kavity, viz příloha č. 1B1. To je způsobeno rychlejším naplněním částí výrobku, ve kterých je situováno větší množství polymeru. Studené spoje vznikly v této variantě ve střední části výrobku (příloha č. 1B2), což je výhodnější než ve variantě A, protože se nevyskytují v oblastech uchycení mřížky na

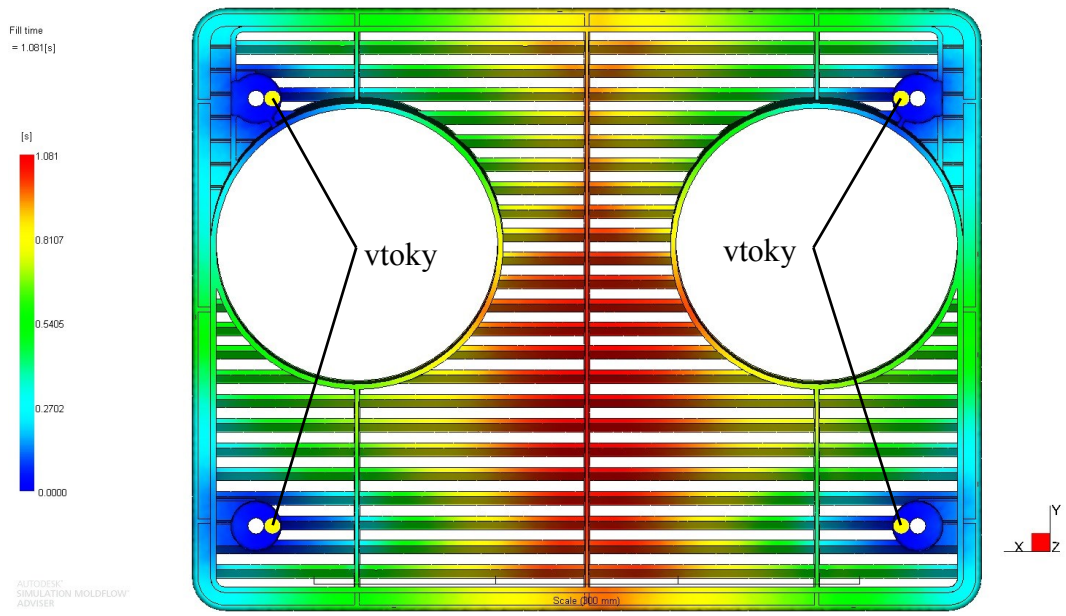
karoserii traktoru. V těchto oblastech je totiž při provozu největší mechanické namáhání a proto výskyt studených spojů nežádoucí.



Obr.: 3-4 Doba plnění kavity (varianta B)

3.2.3 Varianta C

Varianta C je velmi podobná, jako varianta B. Snahou této varianty bylo malou změnou polohy vtoků zlepšit kvalitu plnění kavity. Výsledkem simulace kvality naplnění kavity je příloha č. 1C1. Studené spoje se v této variantě nacházejí na obdobných místech jako u varianty B (příloha č. 1C2).



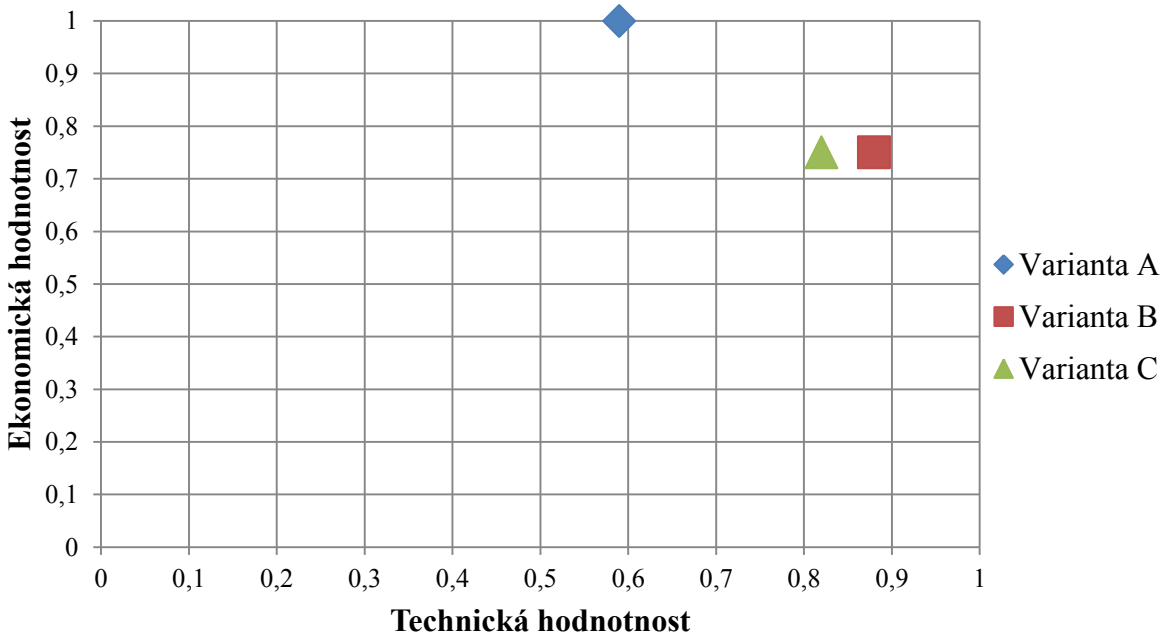
Obr.: 3-5 Doba plnění kavity (varianta C)

3.2.4 Výběr vhodné varianty

	Varianta			
Kritérium	**A**	**B**	**C**	**Ideální stav**
Doba plnění kavity	1	2	3	3
Kvalita plnění kavity	2	6	4	6
Vznik studených spojů	3	4	4	4
Rozměry horkého vtoku	4	3	3	4
Σ	**10**	**15**	**14**	**17**
Technická hodnotnost	**0,59**	**0,88**	**0,82**	**1**
Pořizovací náklady	4	3	3	4
Σ	**4**	**3**	**3**	**4**
Ekonomická hodnotnost	**1**	**0,75**	**0,75**	**1**

Tab.: 3-2 Tabulka hodnotností variant

V tab.: 3-2 jsou uvedena kritéria pro výběr vhodné varianty horké vtokové soustavy. Kritéria byla obodována a z porovnání součtu bodů u jednotlivých variant s ideálním stavem získána technická a ekonomická hodnotnost. Ideální stav je u jednotlivých kritérií různý, protože mají kritéria rozdílnou váhu. Ze získaných hodnotností byl sestaven graf: 3-1.



Graf: 3-1 Diagram vhodnosti variant

Jelikož je pro zjištění ekonomické hodnotnosti použito pouze jedno kritérium, tak je při výběru vhodné varianty přihlíženo spíše k technické hodnotnosti. Z grafu: 3-1 je patrné, že vyšla nejlépe varianta B. S touto variantou je proto dále pracováno.

4 Konstrukční řešení vstřikovací formy

4.1 Pevná část vstřikovací formy

4.1.1 Horký vtokový systém

- **Návrh průměru vtoku**

Navrhovaný průměr vtoku je počítán z dovolené smykové rychlosti. Při překročení této dovolené hodnoty, by mohlo dojít ke spálení materiálu v ústí vtoku, což by snížilo kvalitu výrobku. Návrhem průměru vtoku je snaha tomuto nežádoucímu efektu předejít.

- Celkový objemový průtok

$$Q_c = \frac{V_v}{t_p} = \frac{380780{,}402}{1{,}188}$$

$$Q_c = 320522{,}22\ \mathrm{mm^3/s}$$

- Objemový průtok jednou tryskou

$$Q_{1t} = \frac{Q_c}{n_{ht}} = \frac{320522{,}22}{4}$$

$$Q_{1t} = 80130{,}56\ \mathrm{mm^3/s}$$

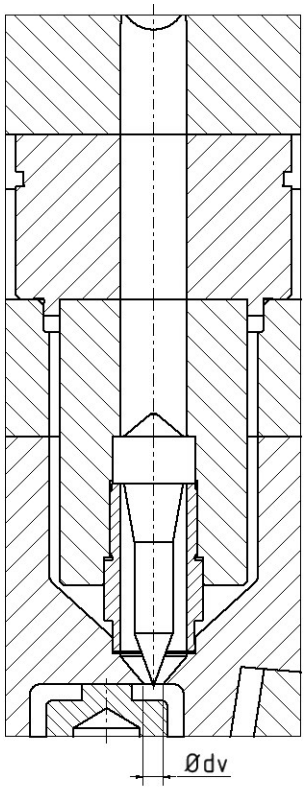
- Průměr vtoku

$$\dot{\gamma} = \frac{4 \cdot Q_{1t}}{\left(\frac{d_v}{2}\right)^3} \leq \dot{\gamma}_D$$

$$d_v \geq 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot Q_{1t}}{\dot{\gamma}_D}} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 80130{,}56}{60000}}$$

$$d_v \geq 3{,}496\ \mathrm{mm}$$

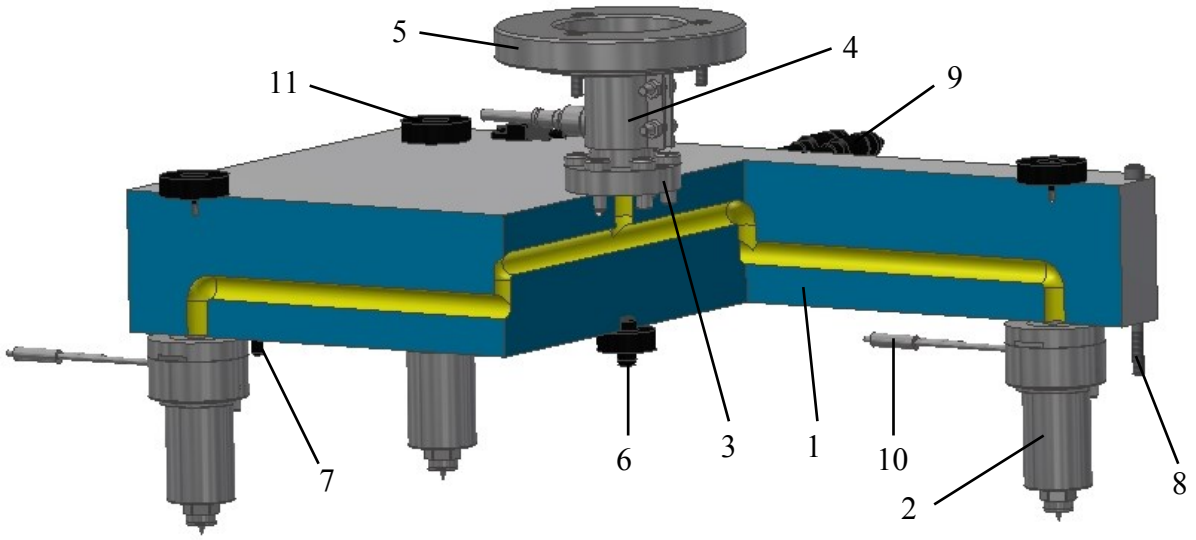
Zvolen průměr vtoku $\boldsymbol{d_v = 3{,}55\ \mathrm{mm}}$



Obr.: 4-1 Schéma horké trysky a průměru vtoku

- **Prvky horké vtokové soustavy**

Horká vtoková soustava zobrazená na obr.: 4-2 byla vybrána z katalogu firmy EWIKON. Jedná se o externě vyhřívanou horkou vtokovou soustavu. Prvky soustavy jsou zobrazeny na obr.: 4-2 s pozicemi, které označují hlavní části. Rozměry rozváděcího bloku jsou (délka x šířka x výška) 444 x 300 x 71 mm. Kanál ústící z vtokové vložky má průměr 16 mm. Ostatní kanály rozváděcího bloku mají průměr 12 mm. Horké trysky mají délku 100 mm. Průměr vtoku do tvarové dutiny formy byl zvolen o velikosti 3,55 mm, viz obr.: 4-1.

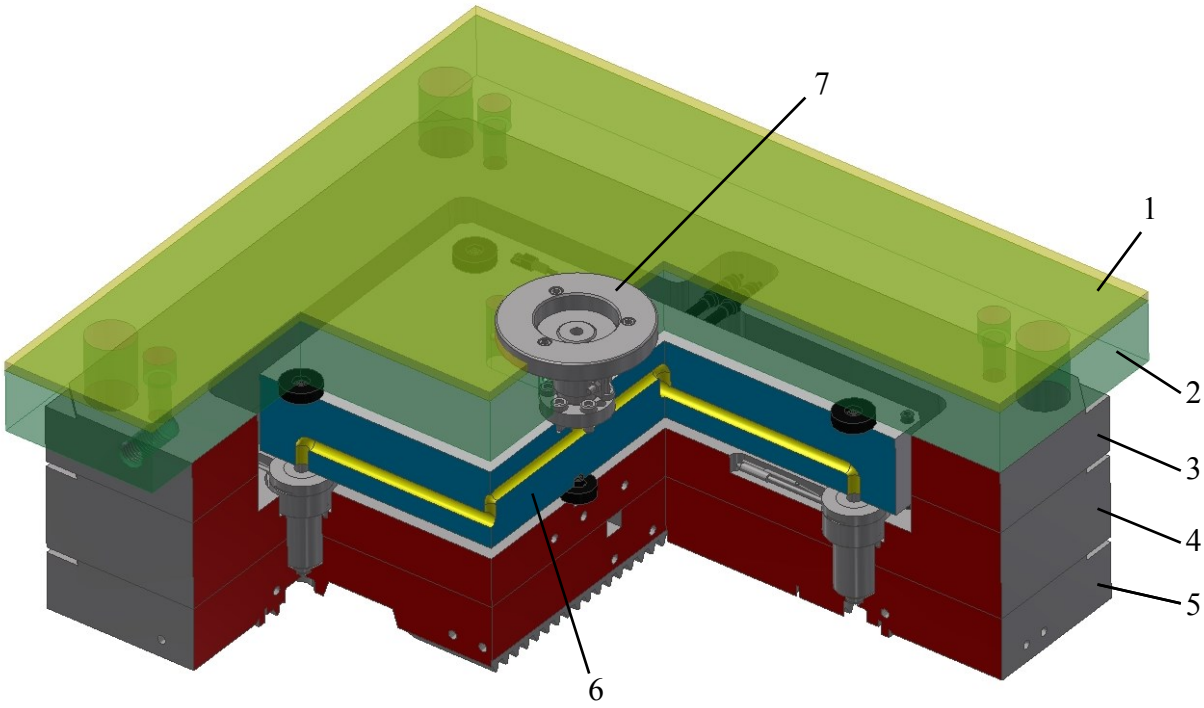


Obr.: 4-2 Model horké vtokové soustavy

1 – vyhřívaný rozváděcí blok; 2 – horká tryska; 3 – vtoková vložka; 4 – topné těleso vtokové vložky; 5 – středící kroužek; 6 – centrální kolík s distanční podložkou; 7 – kolík pro zajištění polohy; 8 – šroub pro uchycení rozváděcího bloku k desce formy; 9 – napájecí vodiče rozváděcího bloku; 10 – napájecí vodič horké trysky; 11 – přítlačná destička

- **Zabudování horké vtokové soustavy do vstřikovací formy**

Pro zabudování horké vtokové soustavy do pevné části vstřikovací formy bylo zapotřebí tvarově upravit veškeré desky. Horké trysky jsou umístěny ve tvarové desce a desce horkých trysek. Trysky jsou vybaveny kolíky, které zamezují jejich pootočení a zaručují správnou polohu trysek. Poloha rozváděcího bloku je zajištěna centrálním kolíkem s distanční podložkou a druhým kolíkem pro zamezení pootočení. Celý blok je potom přišroubován pomocí dvou šroubů k desce horkých trysek. Šrouby se nacházejí v protilehlých rozích rozváděcího bloku a jejich velikost je M6 x 100 mm. K rozváděcímu bloku je přišroubována vtoková vložka pomocí šesti šroubů s vnitřním šestihranem o velikosti M8 x 20 mm. Poslední částí horké vtokové soustavy je středící kroužek, který je přišroubován k upínací desce pomocí třech šroubů s vnitřním šestihranem o velikosti M6 x 25 mm.

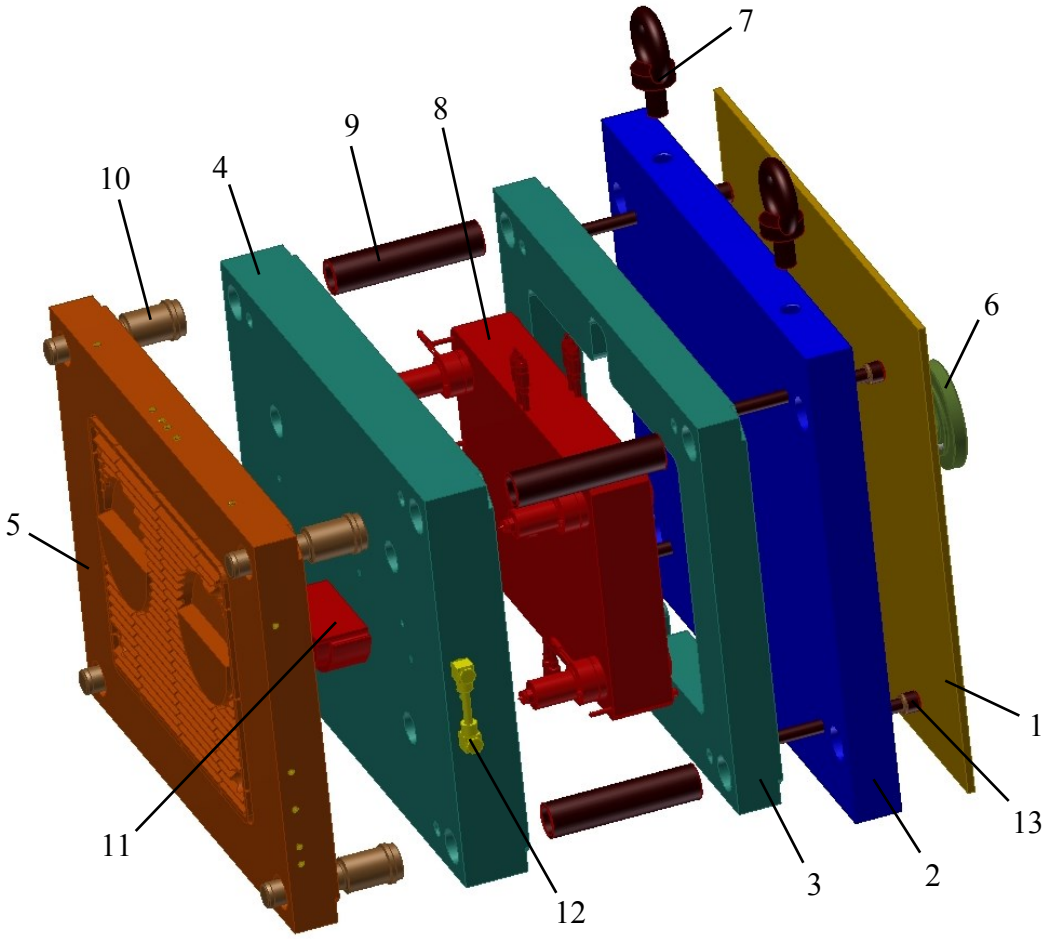


Obr.: 4-3 Zabudování horké vtokové soustavy

1 – izolační deska; 2 – upínací deska; 3 – deska rozváděcího bloku horké vtokové soustavy; 4 – deska horkých trysek; 5 – tvarová deska pevné části vstřikovací formy; 6 – horká vtoková soustava; 7 – středící kroužek

4.1.2 Prvky pevné části vstřikovací formy

Pevná část vstřikovací formy je osazena horkou vtokovou soustavou od firmy EWIKON a prvky temperačního systému od firmy MEUSBURGER. Zbytek pevné části formy je složen z normálií firmy HASCO. Jednotlivé desky vstřikovací formy jsou obrobeny dle potřeby. Výjimkou jsou obtokové vložky, které je nutné vyrobit na zakázku. Největší rozměr upínací desky (šířka x výška) je 646 x 596 mm. Rozměr zbylých desek je 646 x 496 mm. Jednotlivé prvky pevné části vstřikovací formy jsou zobrazeny na obr.: 4-4 s pozicemi.



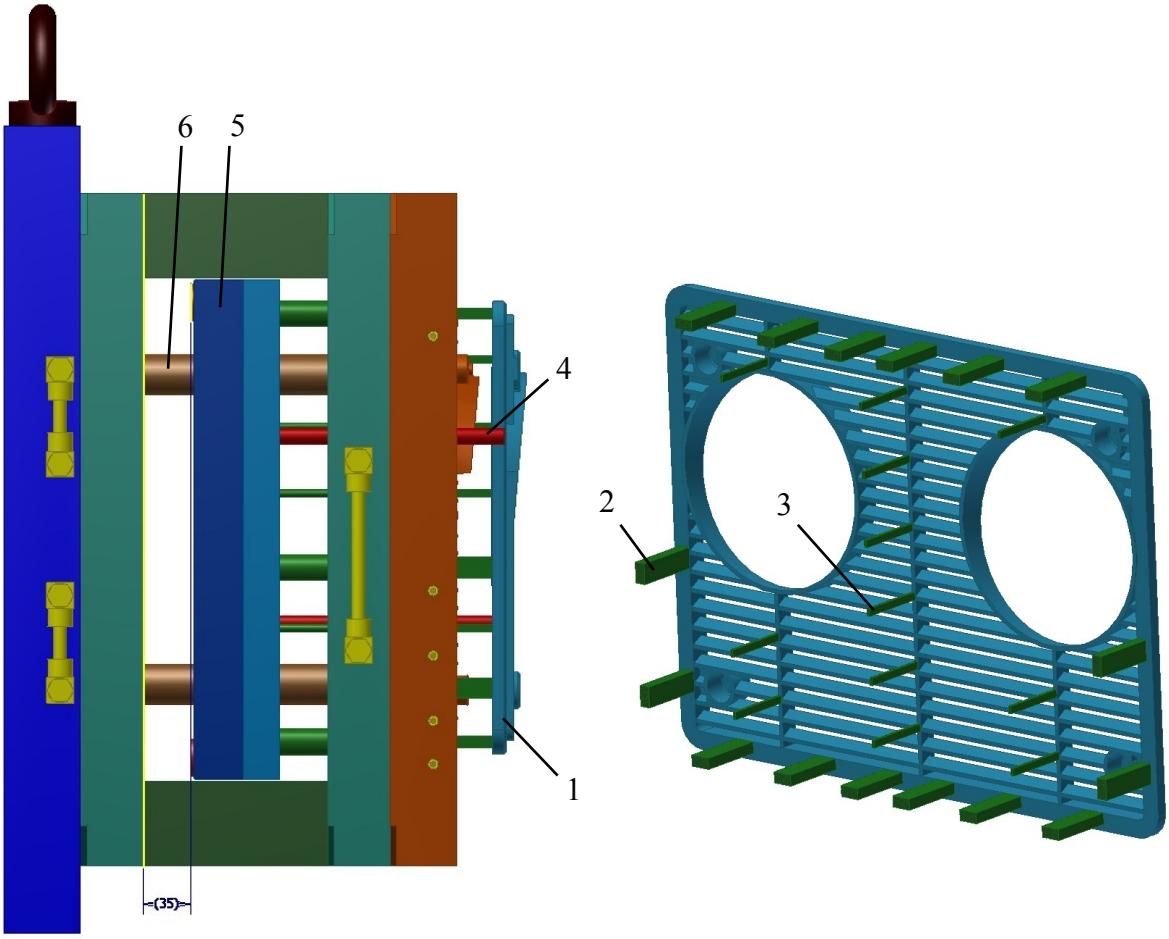
Obr.: 4-4 Prvky pevné části vstřikovací formy

1 – izolační deska; 2 – upínací deska; 3 – deska rozváděcího bloku horké vtokové soustavy; 4 – deska horkých trysek; 5 – tvarová deska pevné části vstřikovací formy; 6 – středící kroužek; 7 – transportní oko; 8 – horká vtoková soustava; 9 – centrovací pouzdro; 10 – vodící sloupek; 11 – obtoková vložka; 12 – propojovací můstek temperačních kanálů; 13 – šroub s pružnou podložkou pro sešroubování všech desek pevné části vstřikovací formy

4.2 Pohyblivá část vstřikovací formy

4.2.1 Vyhazovací systém

Pro vyhození plastového výrobku je použito 16 vyhazovačů o rozměru 15 x 8 mm a 12 vyhazovačů o rozměru 5,5 x 2 mm. Rozmístění vyhazovačů je zobrazeno na obr.: 4-5. Pro bezpečné vyhození je zapotřebí, aby se vyhazovací paket posunul z výchozí polohy o vzdálenost 35 mm. Vyhazovací paket by se měl v ideálním případě vracet automaticky. V případě, že by se tak nestalo, dojde k vrácení vyhazovacího paketu do výchozí polohy pomocí dvou kolíků, které jsou vyvedeny do dělící roviny. Při uzavírání formy dojde ke kontaktu kolíků s tvarovou deskou pevné části vstřikovací formy a tím pádem k vrácení vyhazovacího paketu do výchozí polohy. Pokud by nebyly použity tyto kolíky, mohlo by se stát, že zůstanou vyhazovače v tvarové dutině a vytvoří v mřížce otisk, což je z hlediska kvality výrobku nepřípustné.

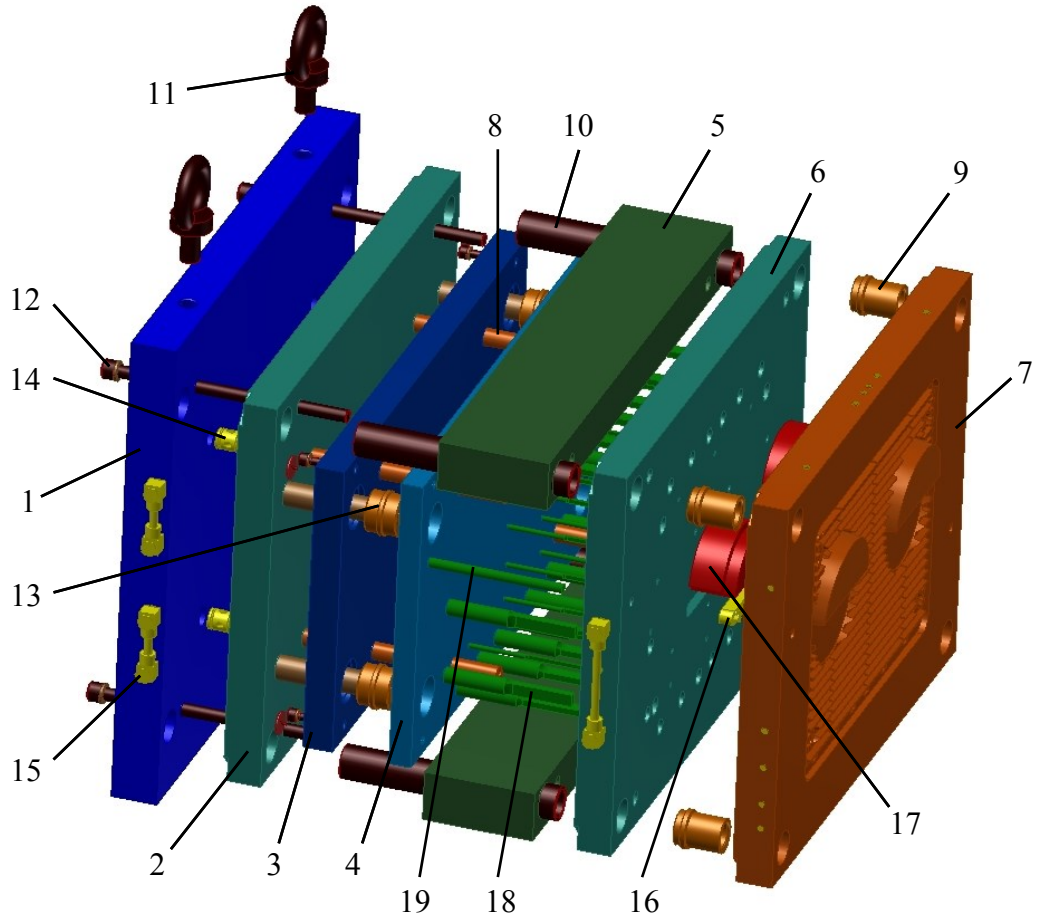


Obr.: 4-5 Vyhazovací systém vstřikovací formy

1 – plastový výrobek (mřížka traktoru); 2 – vyhazovač 15 x 8 mm; 3 – vyhazovač 5,5 x 2 mm; 4 – kolík pro vrácení vyhazovacího paketu do výchozí polohy; 5 – vyhazovací paket; 6 – vedení vyhazovacího paketu

4.2.2 Prvky pohyblivé části vstřikovací formy

Pohyblivá část vstřikovací formy je osazena prvky temperačního systému od firmy MEUSBURGER. Zbytek pohyblivé části formy je složen z normálií firmy HASCO. Na zakázku jsou stejně jako na pevné části formy vyráběny obtokové vložky. Rozměry (šířka x výška) upínací desky a ostatních desek jsou stejné jako na pevné části vstřikovací formy. Jednotlivé prvky pohyblivé části vstřikovací formy jsou zobrazeny na obr.: 4-6 s pozicemi.



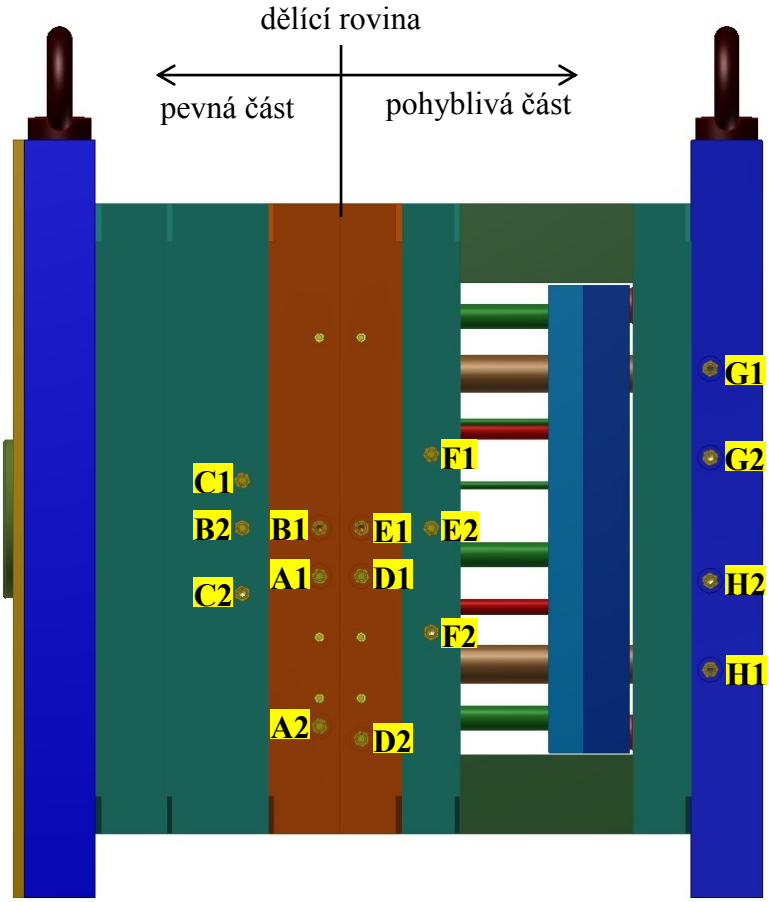
Obr.: 4-6 Prvky pohyblivé části vstřikovací formy

1 – upínací deska; 2 – podložná deska; 3 – první deska vyhazovacího paketu; 4 – druhá deska vyhazovacího paketu; 5 – vymezovací lišta; 6 – podložná deska; 7 – tvarová deska pohyblivé části vstřikovací formy; 8 – tvarové jádro; 9 – vodící pouzdro; 10 – centrovací pouzdro; 11 – transportní oko; 12 – šroub s pružnou podložkou pro sešroubování všech desek pohyblivé části vstřikovací formy; 13 – vedení vyhazovacího paketu; 14 – chladící tryska; 15 – propojovací můstek temperačních kanálů; 16 – propojovací jednotka; 17 – obtoková vložka; 18 – vyhazovač; 19 – kolík pro vrácení vyhazovacího paketu do výchozí polohy

4.3 Temperace vstřikovací formy

Forma je osazena prvky temperačního systému od firmy MEUSBURGER. V celé formě je dohromady osm temperačních okruhů. Veškeré vstupy a výstupy jednotlivých okruhů jsou umístěny na bok formy, viz obr.: 4-7, což vede k bezproblémovému připojení hadic. Průměr kanálů pro chladící médium je 8 mm. Pro rozvod chladícího média formou byly použity následující komponenty: přípojky, záslepky s o-kroužkem, propojovací můstky, propojovací jednotky, obtokové vložky, chladící trysky a uzavírací šrouby s vnitřním šestihranem, které brání vnikání nečistot do slepých děr temperačních kanálů.

4.3.1 Temperační okruhy vstřikovací formy



A1-A2 – první okruh tvarové desky pevné části formy

B1-B2 – druhý okruh tvarové desky pevné části formy

C1-C2 – okruh obtokových vložek pevné části formy

D1-D2 – první okruh tvarové desky pohyblivé části formy

E1-E2 – druhý okruh tvarové desky pohyblivé části formy

F1-F2 – okruh obtokových vložek pohyblivé části formy

G1-G2 – okruh tvarových jader (horních)

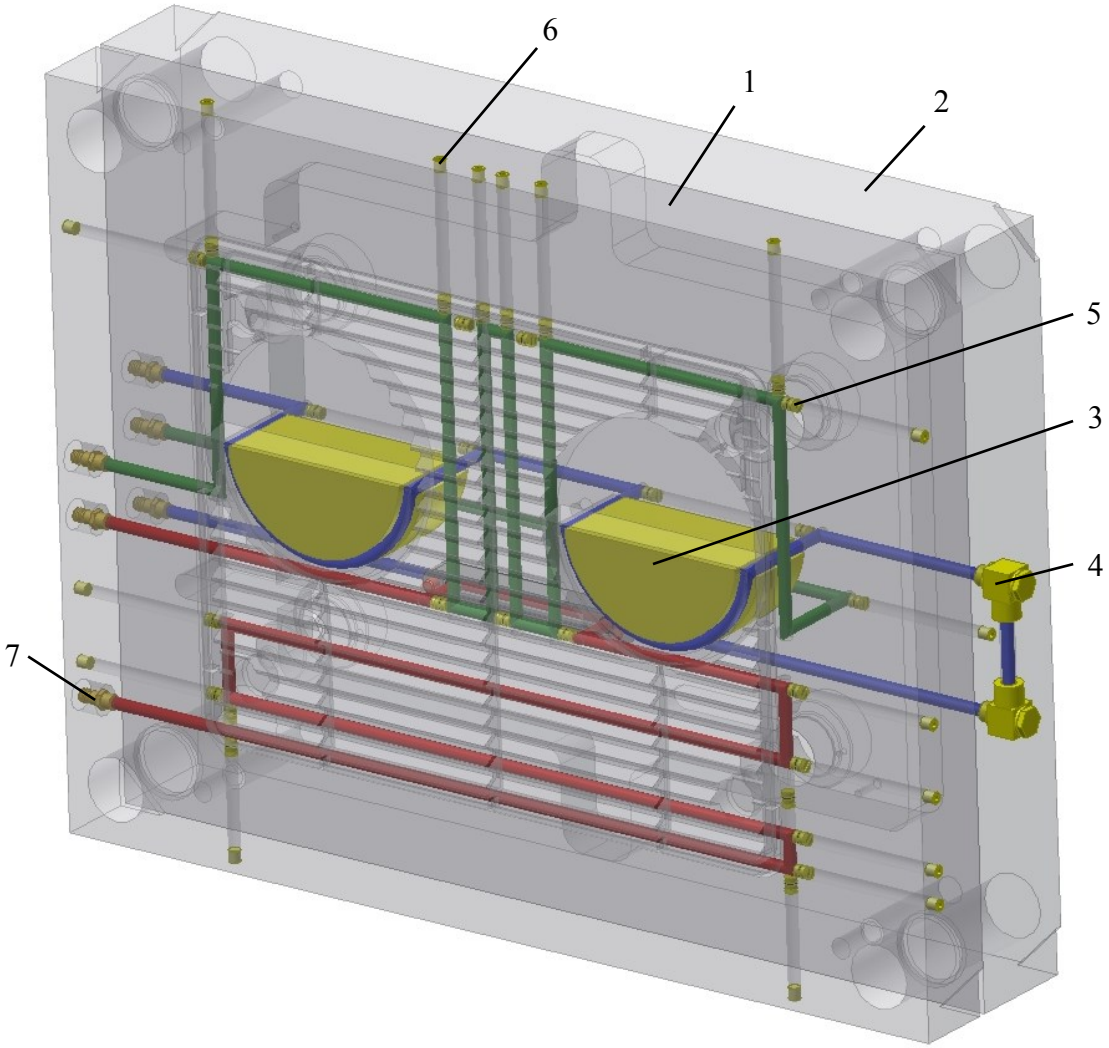
H1-H2 – okruh tvarových jader (spodních)

-pozn.: -číslo za písmenem znamená vstup (1)/výstup (2)

Obr.: 4-7 Vstupy a výstupy temperačních okruhů

4.3.2 Temperace pevné části vstřikovací formy

Na pevné části vstřikovací formy jsou dohromady tři temperační okruhy, které jsou zobrazeny na obr.: 4-8.



Obr.: 4-8 Temperační okruhy pevné části vstřikovací formy

1 – tvarová deska pevné části vstřikovací formy; 2 – deska horkých trysek; 3 – obtoková vložka; 4 – propojovací můstek temperačních kanálů; 5 – záslepka s o-kroužkem; 6 – uzavírací šroub s vnitřním šestihranem; 7 – přípojka

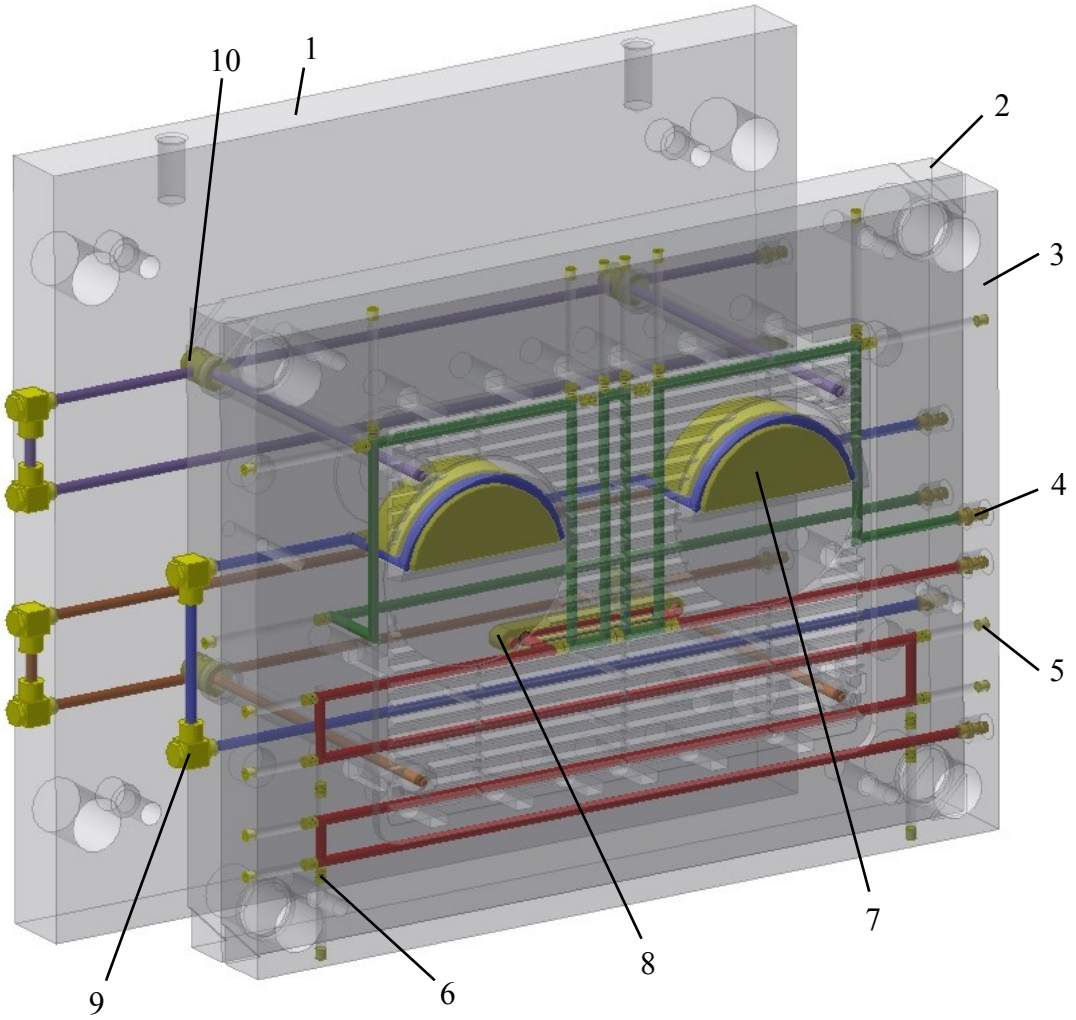
první temperační okruh tvarové desky pevné části vstřikovací formy

druhý temperační okruh tvarové desky pevné části vstřikovací formy

temperační okruh obtokových vložek pevné části vstřikovací formy

4.3.3 Temperace pohyblivé části vstřikovací formy

Na pohyblivé části vstřikovací formy je dohromady pět temperačních okruhů, které jsou zobrazeny na obr.: 4-9.



Obr.: 4-9 Temperační okruhy pohyblivé části vstřikovací formy

1 – upínací deska; 2 – podložná deska; 3 – tvarová deska pohyblivé části vstřikovací formy; 4 – přípojka; 5 – uzavírací šroub s vnitřním šestihranem; 6 – záslepka s o-kroužkem; 7 – obtoková vložka; 8 – propojovací jednotka; 9 – propojovací můstek temperačních kanálů; 10 – chladící tryska

- první temperační okruh tvarové desky pohyblivé části vstřikovací formy
- druhý temperační okruh tvarové desky pohyblivé části vstřikovací formy
- temperační okruh obtokových vložek pohyblivé části vstřikovací formy
- temperační okruh tvarových jader (horních)
- temperační okruh tvarových jader (spodních)

5 Závěr

V bakalářské práci byla vypracována rešerše, která je zaměřena na zpracování plastů pomocí technologie vstřikování plastů. Popsány byly hlavní dvě části tohoto procesu, kterými jsou vstřikovací stroj a forma. Větší pozornost byla věnována vstřikovací formě, u které byly popsány nejpoužívanější způsoby konstrukce vtokového, temperačního, vyhazovacího a vodícího systému. V další části práce byly provedeny simulace plnění tvarové dutiny vstřikovací formy a to ve třech variantách. V každé variantě byla zvolena jiná poloha vtoků na výrobku. Podle zvolených kritérií byla následně vybrána varianta s nejvhodnější pozicí vtoků z hlediska konečné kvality výrobku. Vítězná varianta s příslušnou polohou vtoků byla použita pro návrh horké vtokové soustavy. Poslední část bakalářské práce byla věnována samotnému konstrukčnímu návrhu vstřikovací formy pro mřížku traktoru Zetor. Jelikož má mřížka rozměry (šířka x výška) 434 x 334 mm, byla zvolena forma jako jednonásobná. Při samotném návrhu vstřikovací formy byl brán ohled na ekonomické hledisko, a proto je téměř celá forma osazena normalizovanými součástmi a ty podle potřeby obrobeny. Jedinou výjimkou jsou obtokové vložky temperačního systému, které je nutné vyrobit na zakázku. Ve vstřikovací formě byly použity normálie těchto firem: EWIKON (vtokový systém), MEUSBURGER (temperační systém) a HASCO (zbylé části formy).

6 Použité informační zdroje

[1] HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2*. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001, 316 s. ISBN 80-718-3244-8.

[2] LENFELD, Petr. *Interaktivní skripta: Technologie II*. TU Liberec. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm

[3] ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER, Antonín KUTA. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 637 s.

[4] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. Praha: SNTL, 1986, 232 s.

[5] ENGEL. *Operator manual - machine*. 226 s.

[6] ENGEL e-motion injection moulding machines all-electric. [online]. ©1998-2013 [cit. 2014-10-28]. Dostupné z: http://www.engelglobal.com/en/at/solutions/injection-moulding-machines/e-motion.html

[7] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie 1*. 3., přeprac. vyd. Praha: Scientia, 2002, 266 s. ISBN 80-718-3262-6.

[8] ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI, Fakulta strojní. *Konstruování z nekonvenčních materiálů: Podklady k výuce*. Plzeň. Dostupné z: https://courseware.zcu.cz/wps/myportal/predmety/kks/knm

[9] HENDRYCH, Josef, Antonín WEBER a Jaroslav DOLEŽEL. *Standardizace rámů a součástí forem pro vstřikování termoplastů*. Praha: SNTL, 1986, 360 s.

[10] HASCO. *Hot Runner Technology* [online]. 2014, 242 s. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z:http://www.hasco.com/gb/content/view/full/26930/(docstart)/291

[11] EWIKON HEIßKANALSYSTEME GMBH. *HPS I: The internally heated hotrunner systém, 5V* [online]. 2013 [cit. 2014-12-24]. Dostupné z: http://www.ewikon.com/en/download/main-catalogues/hps-i-internally-heated-hotrunner-system-5-v.html

[12] EWIKON HEIßKANALSYSTEME GMBH. *HPS III: The externally heated hotrunner system, 230V* [online]. 2011 [cit. 2014-12-24]. Dostupné z: http://www.ewikon.com/en/download/main-catalogues/hps-iii-externally-heated-hotrunner-system-230-v.html

[13] Meusburger. *Výroba nástrojů a forem* [online]. ©2014 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: http://www.meusburger.com/cz/produkty/vyroba-nastroju-a-forem.html

[14] Technical data sheet: Witcom PA6-2004/39, based on Polyamide 6 (PA6). In: [online]. 2010 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: http://www.witcombv.nl/en/technical-library/datasheets

7 Seznam obrázků

Obr.: 2-1 Schéma jednoho pracovního cyklu při vstřikování termoplastů [1] 12
Obr.: 2-2 Časový průběh vstřikovacího cyklu [3] 13
Obr.: 2-3 Plastikace materiálu [5] 13
Obr.: 2-4 Vstřik [5] 14
Obr.: 2-5 Schéma vstřikovacího stroje (před vstřikem) [1] 16
Obr.: 2-6 Vstřikovací stroj ENGEL [6] 17
Obr.: 2-7 Poloha osy vstřikovací a uzavírací jednotky [2] 17
Obr.: 2-8 Rozložení vstřikovacích jednotek u dvou-komponentního vstřikování [2] 18
Obr.: 2-9 Rozložení vstřikovacích jednotek u tří-komponentního vstřikování [2] 18
Obr.: 2-10 Rozložení vstřikovacích jednotek u čtyř-komponentního vstřikování [2] 18
Obr.: 2-11 Schéma vstřikovací jednotky [2] 20
Obr.: 2-12 Schéma uzavírací jednotky [2] 20
Obr.: 2-13 Schéma částí vstřikovací formy 21
Obr.: 2-14 Obvyklé průřezy rozváděcích kanálů [9] 22
Obr.: 2-15 Druhy uspořádání vtokové soustavy [2] 22
Obr.: 2-16 Horké trysky HASCO [10] 23
Obr.: 2-17 Standardní rozváděcí bloky HASCO [10] 23
Obr.: 2-18 Schéma izolované horké vtokové soustavy 24
Obr.: 2-19 Schéma vnitřně vyhřívané horké vtokové soustavy [11] 25
Obr.: 2-20 Schéma externě vyhřívané horké vtokové soustavy [12] 25
Obr.: 2-21 Forma s přímými temperačními kanály [3] 26
Obr.: 2-22 Forma se spirálovými temperačními kanály [3] 26
Obr.: 2-23 Temperace jádra - přepážka přímá [13] 26
Obr.: 2-24 Temperace jádra - přepážka spirálová [13] 26
Obr.: 2-25 Montáž záslepek pro rozvod média formou [13] 27
Obr.: 2-26 Vyhazovací kolík [13] 27
Obr.: 2-27 Trubkový vyhazovač [13] 27
Obr.: 2-28 Vyhazování výstřiku s vnitřním závitem [3] 28

Obr.: 2-29 Vyhození výstřiku s podkosem [3] 28
Obr.: 2-30 Vodicí systém vstřikovací formy 29
Obr.: 2-31 Vodící pouzdro [13] 29
Obr.: 2-32 Vodící sloupek [13] 29
Obr.: 2-33 Centrovací pouzdro [13] 29
Obr.: 2-34 Volně nastavitelná upínka [13] 30
Obr.: 2-35 Mechanická upínka [13] 30
Obr.: 3-1 3D model vstřikované součásti (přední a zadní pohled) 31
Obr.: 3-2 Umístění mřížky na traktoru 31
Obr.: 3-3 Doba plnění kavity (varianta A) 33
Obr.: 3-4 Doba plnění kavity (varianta B) 34
Obr.: 3-5 Doba plnění kavity (varianta C) 34
Obr.: 4-1 Schéma horké trysky a průměru vtoku 36
Obr.: 4-2 Model horké vtokové soustavy 37
Obr.: 4-3 Zabudování horké vtokové soustavy 38
Obr.: 4-4 Prvky pevné části vstřikovací formy 39
Obr.: 4-5 Vyhazovací systém vstřikovací formy 40
Obr.: 4-6 Prvky pohyblivé části vstřikovací formy 41
Obr.: 4-7 Vstupy a výstupy temperačních okruhů 42
Obr.: 4-8 Temperační okruhy pevné části vstřikovací formy 43
Obr.: 4-9 Temperační okruhy pohyblivé části vstřikovací formy 44

8 Seznam tabulek

Tab.: 3-1 Vlastnosti polyamidu 6 (PA 6) [14] 32
Tab.: 3-2 Tabulka hodnotností variant 35

9 Seznam grafů

Graf: 3-1 Diagram vhodnosti variant 35

10 Seznam výkresové dokumentace

Výkres sestavy

- VSTŘIKOVACÍ FORMA – číslo dokumentu: BP-MM-2015-11

Seznam položek

- VSTŘIKOVACÍ FORMA – číslo dokumentu: BP-MM-2015-11

Výrobní výkres

- DESKA VYHAZOVACÍHO PAKETU – číslo dokumentu: BP-MM-2015-12

11 Použitý software

Autodesk Inventor Professional 2015

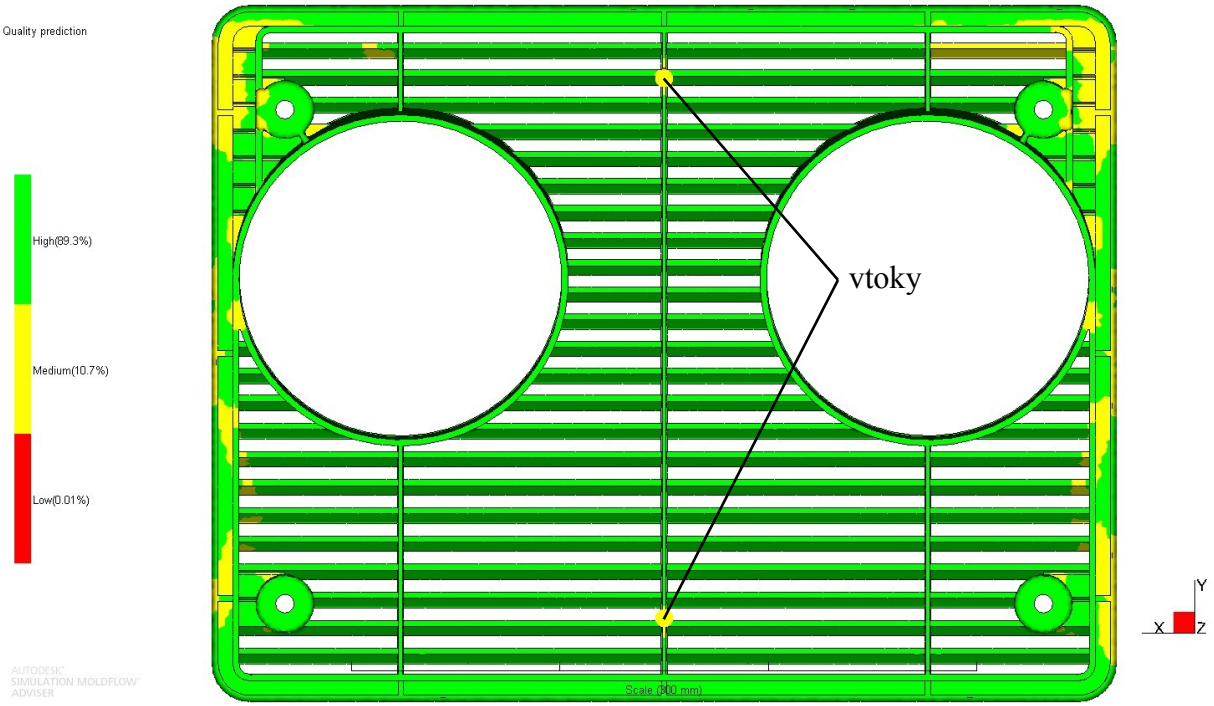
Autodesk Simulation Moldflow Adviser 2015

Microsoft Office 2010

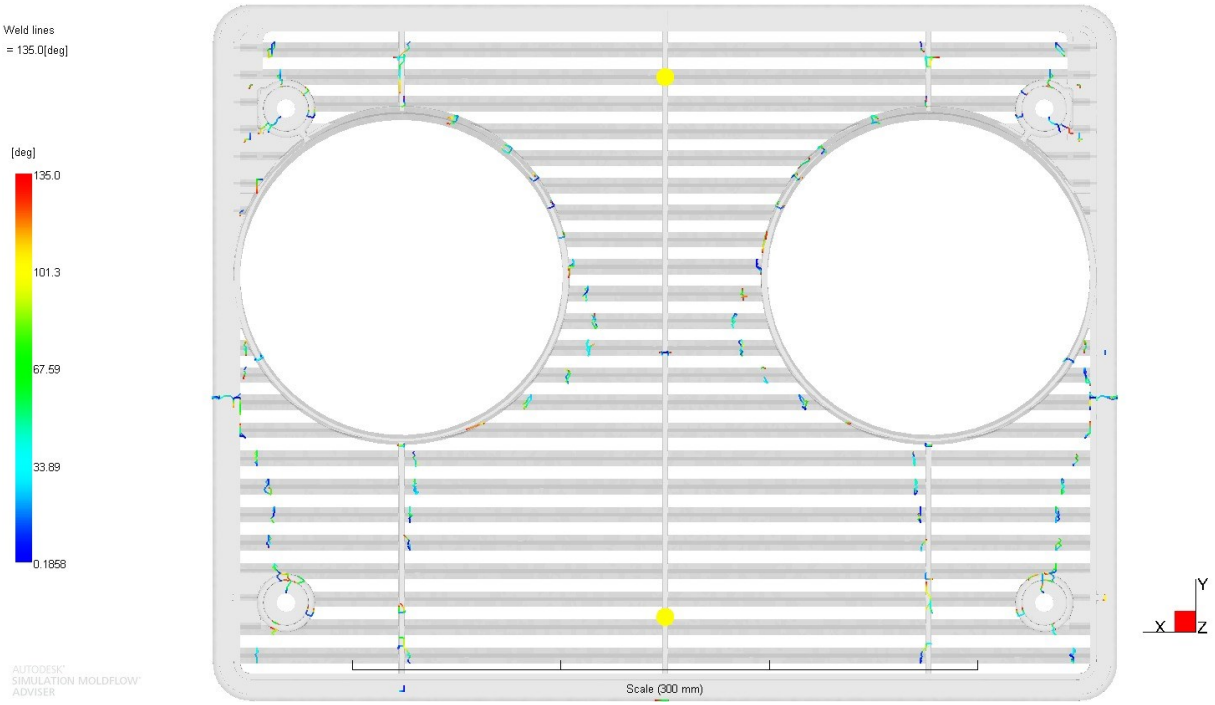
PŘÍLOHA č. 1

Varianty umístění vtoků na výrobku

Varianta A

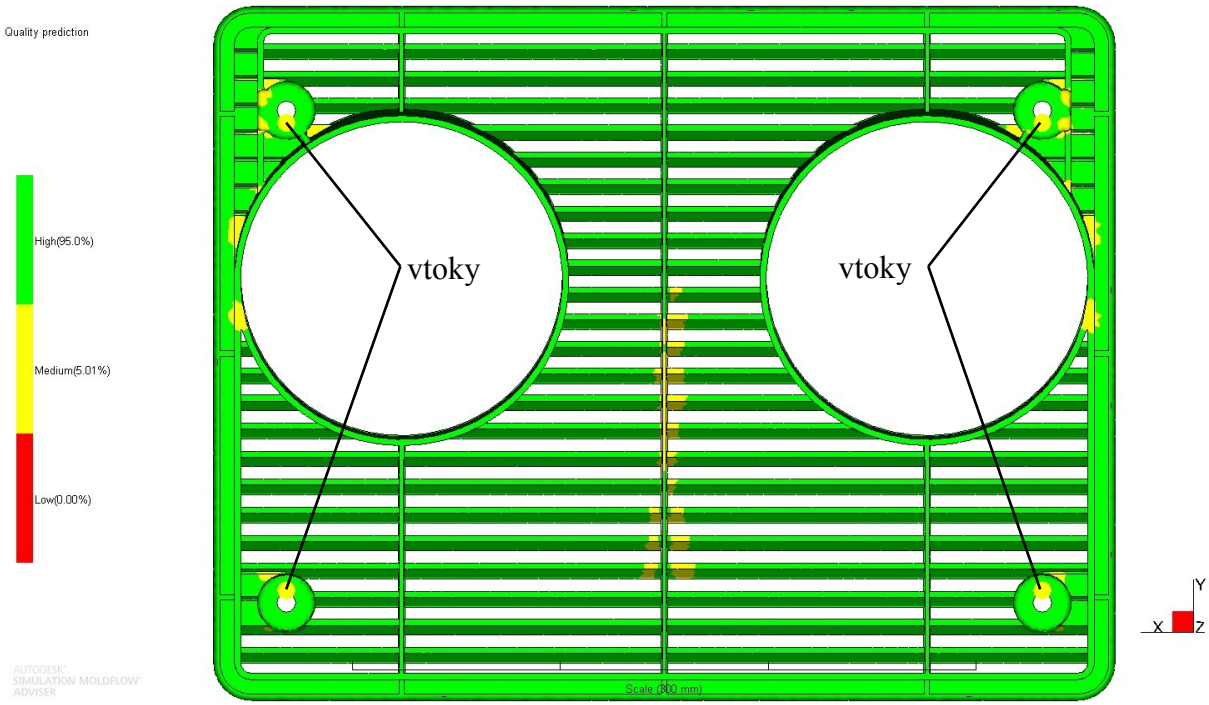


Příloha č. 1A1 Kvalita naplnění kavity

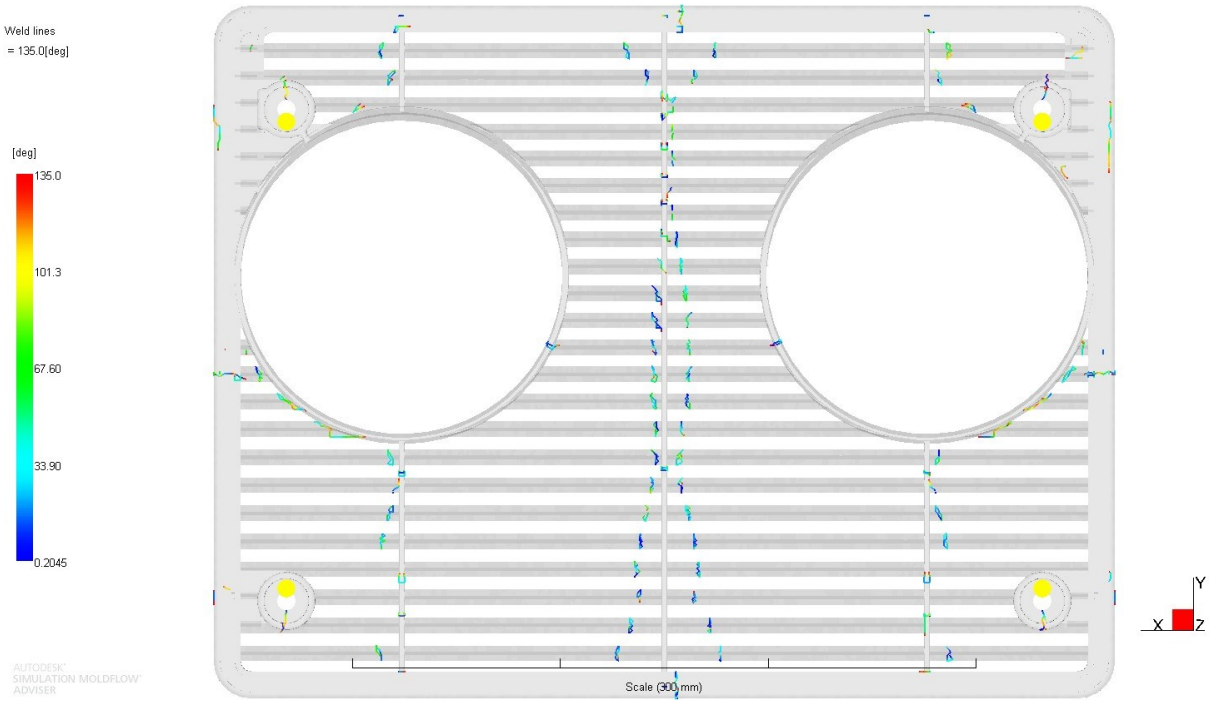


Příloha č. 1A2 Výskyt studených spojů na výrobku

Varianta B

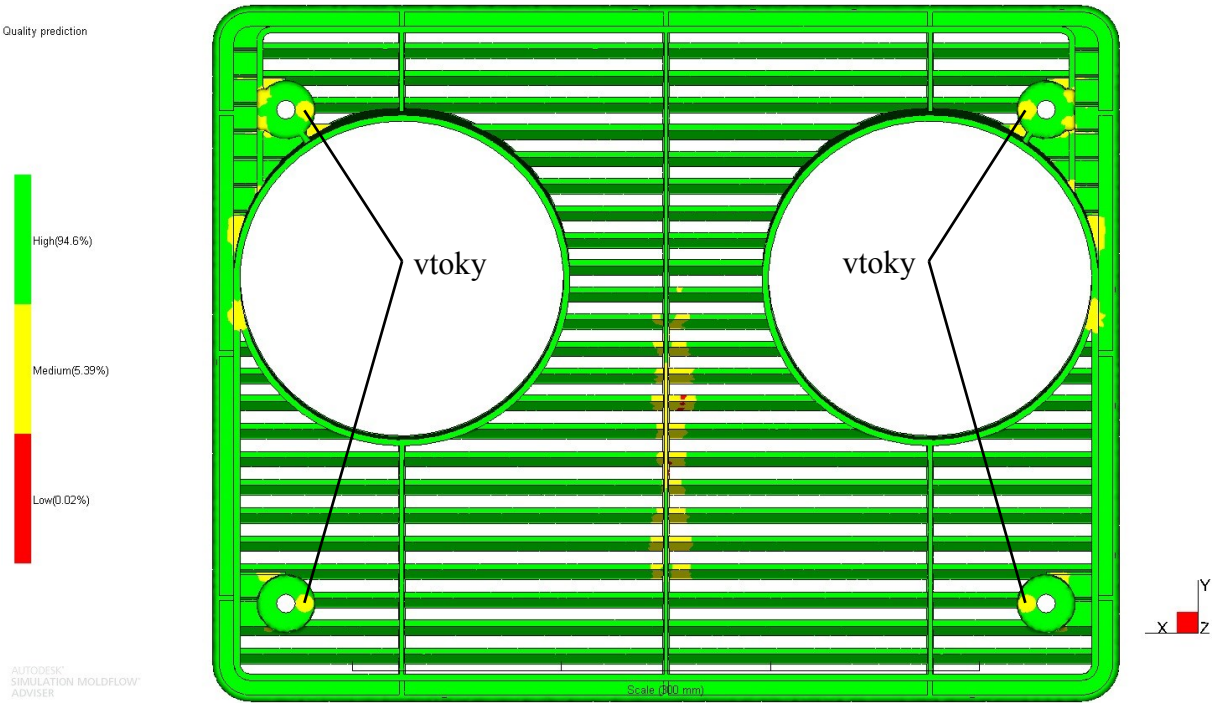


Příloha č. 1B1 Kvalita naplnění kavity

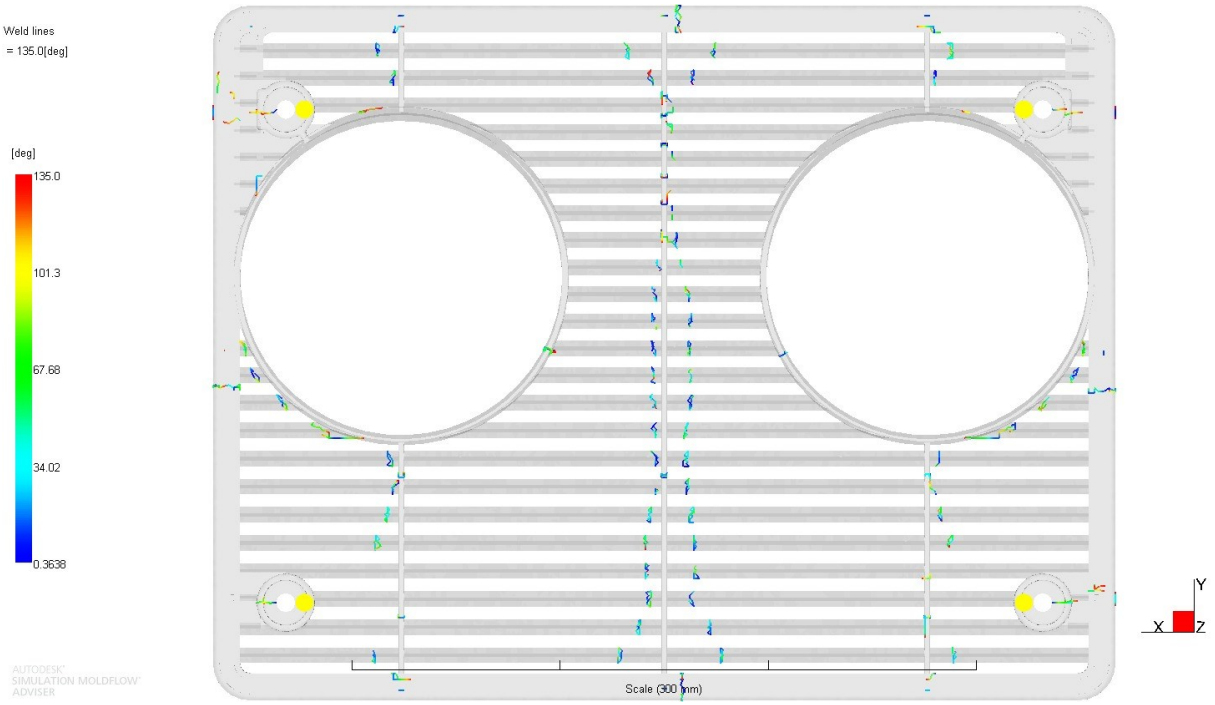


Příloha č. 1B2 Výskyt studených spojů na výrobku

Varianta C

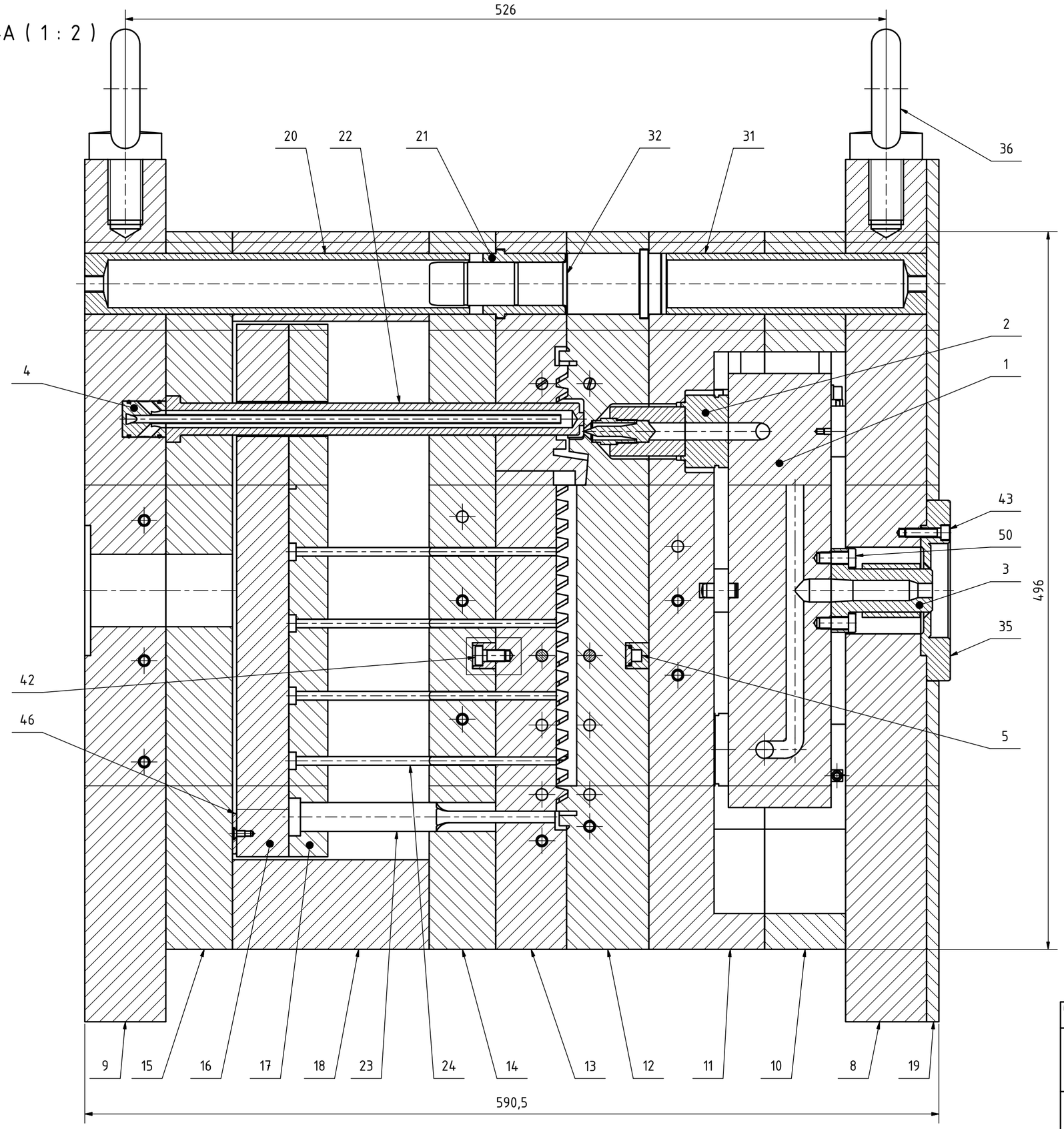


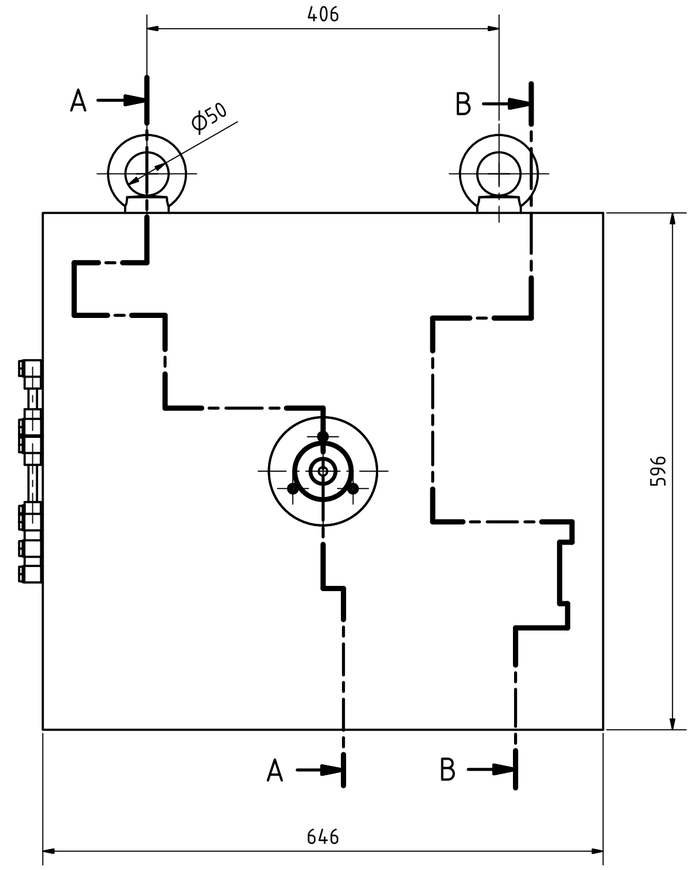
Příloha č. 1C1 Kvalita naplnění kavity



Příloha č. 1C2 Výskyt studených spojů na výrobku

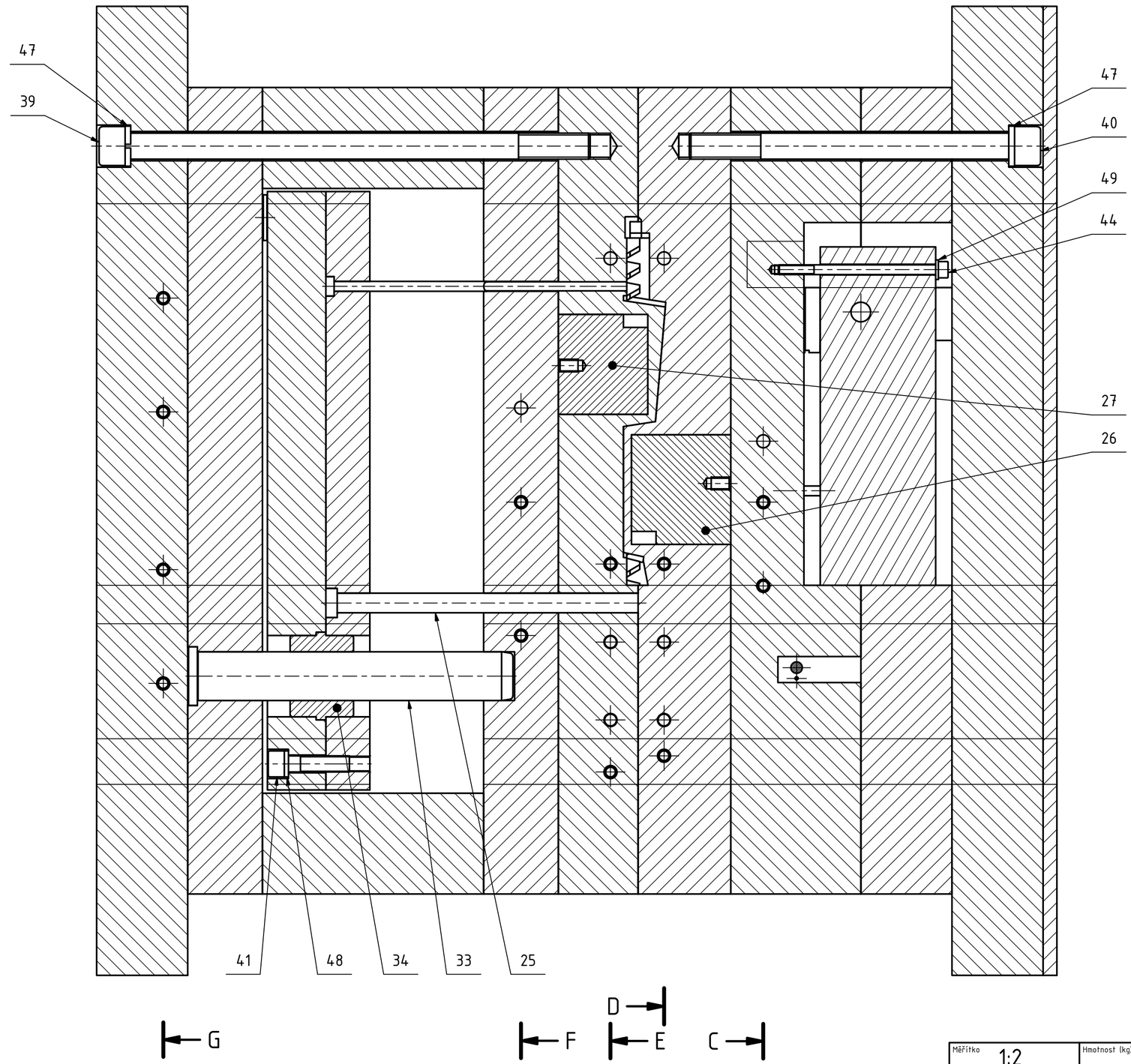
A-A (1 : 2)





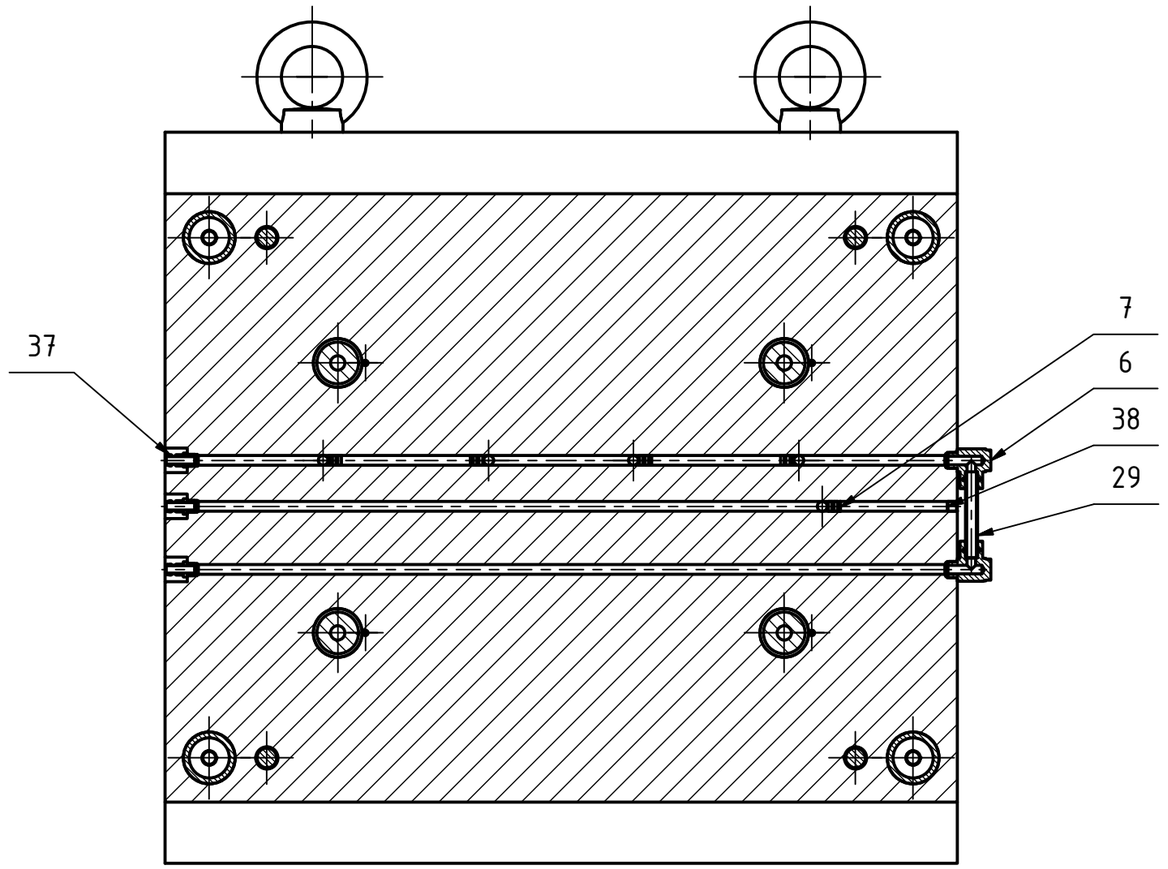
Měřítko 1:2	Hmotnost (kg) 1320,8	Promítání	Formát A2
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil MARTIN MÍCHAL		Název VSTŘIKOVACÍ FORMA
	Datum 01.06.2015		
	Schválil		Číslo dokumentu BP-MM-2015-11
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum		
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY		List 1 Listů 7

B-B (1 : 2)



Měřítko 1:2	Hmotnost (kg) 1320,8	Promítání	Formát A2
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil MARTIN MÍCHAL	Název VSTŘIKOVACÍ FORMA	
	Datum 01.06.2015		
	Schválil	Číslo dokumentu BP-MM-2015-11	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum		
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	List 2 Listů 7	

C-C (1 : 5)



Měřítko 1:5	Hmotnost (kg) 1320,8	Promítání	Formát A3

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI

KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

Kreslil MARTIN MÍCHAL

Datum 01.06.2015

Schválil

Datum

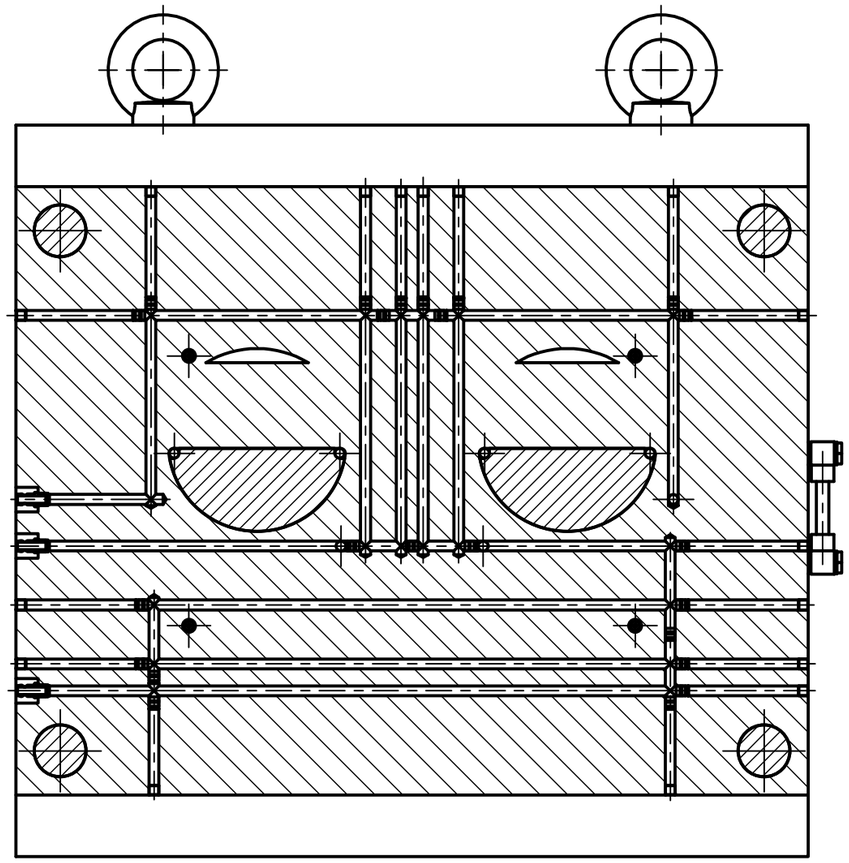
Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY

Název VSTŘIKOVACÍ FORMA

Číslo dokumentu BP-MM-2015-11

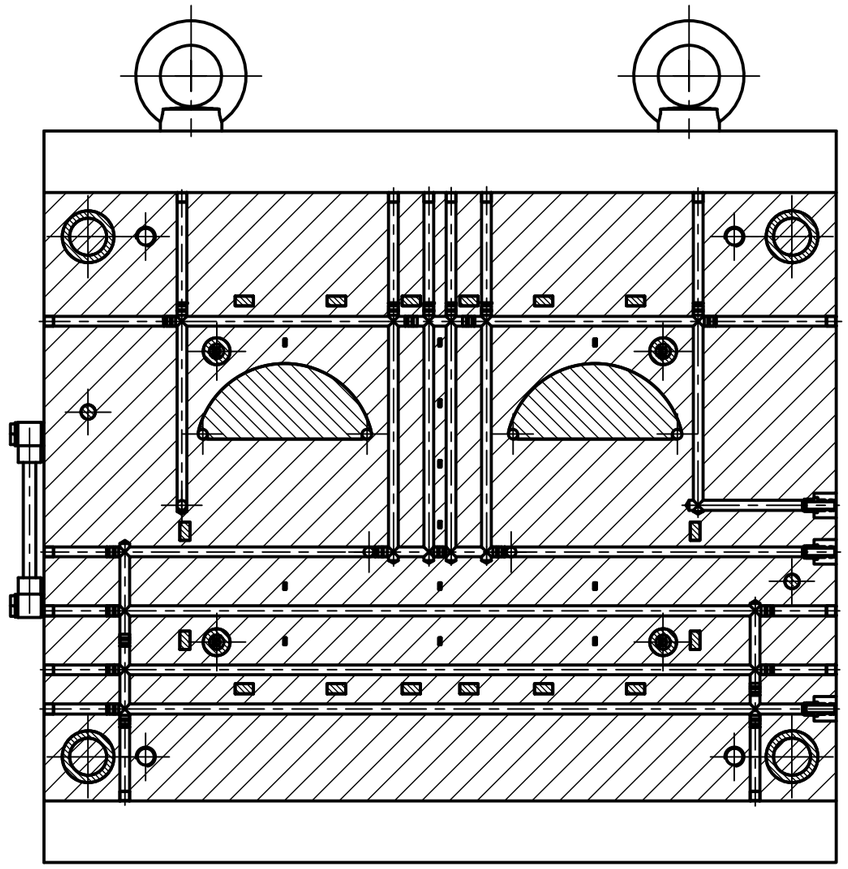
List 3 Listů 7

D-D (1 : 5)



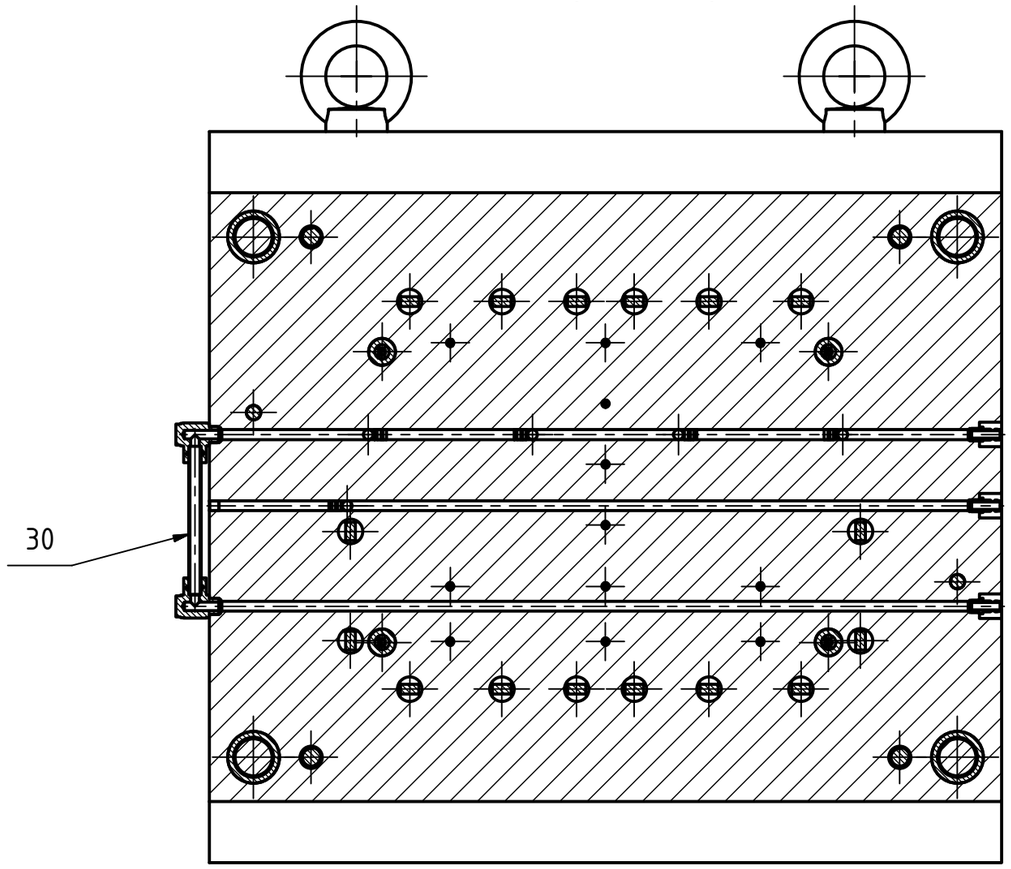
Měřítko 1:5	Hmotnost (kg) 1320,8	Promítání		Formát A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil MARTIN MÍCHAL Datum 01.06.2015		Název VSTŘIKOVACÍ FORMA	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil Datum		Číslo dokumentu BP-MM-2015-11	
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY		List 4 Listů 7	

E-E (1 : 5)



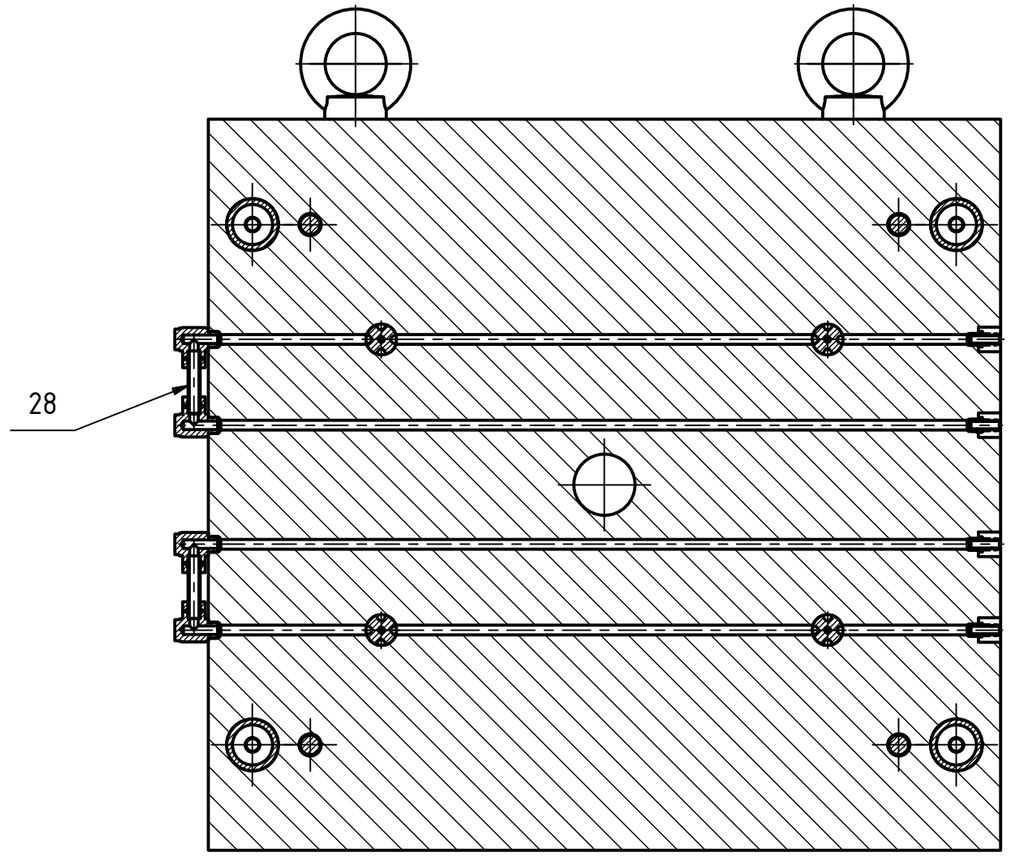
Měřítko 1:5	Hmotnost (kg) 1320,8	Promítání	Formát A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil MARTIN MÍCHAL Datum 01.06.2015		Název VSTŘIKOVACÍ FORMA
	Schválil Datum		Číslo dokumentu BP-MM-2015-11
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY		List 5 Listů 7

F-F (1 : 5)



Měřítko 1:5	Hmotnost (kg) 1320,8	Promítání		Formát A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil MARTIN MÍCHAL		Název VSTŘIKOVACÍ FORMA	
	Datum 01.06.2015			
	Schválil		Číslo dokumentu BP-MM-2015-11	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum			
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY		List 6 Listů 7	

G-G (1 : 5)



Měřítko 1:5	Hmotnost (kg) 1320,8	Promítání	Formát A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil MARTIN MÍCHAL Datum 01.06.2015		Název VSTŘIKOVACÍ FORMA
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil Datum		Číslo dokumentu BP-MM-2015-11
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY		List 7 Listů 7

Číslo polož	Název – označení Číslo výkresu – označení normy	Polotovar Materiál	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
1	Rozváděcí blok – EWIKON 73422-04-444x300		73,85		1
2	Horká tryska – EWIKON 95408.070-A-3,55-22		3,16		4
3	Vtoková vložka – EWIKON 99077.070		1,1		1
4	Chladící tryska – E2110/25/6-273	ČSN 17 240 / FKM (Viton)	0,46		4
5	Propojovací jednotka – E2141/8/116	DIN X42Cr13, EN CW-614N (CuZn)/FKM (Viton)	0,554		2
6	Můstek chlazení – E2090/10/1/4	EN CW-614N (CuZn) / FKM (Viton)	0,784		8
7	Záslepka s O-kroužkem – E2079/8	EN CW-614N (CuZn) / FKM (Viton)	0,224		56
8	Upínací deska pevná – K16/596x646x56	K16/596x646x56 ČSN 19 083	164,1		1
9	Upínací deska pohyblivá – K16/596x646x56	K16/596x646x56 ČSN 19 083	163,3		1
10	Deska rozváděcího bloku – K30/496x646x56	K30/496x646x56 ČSN 19 083	66,3		1
11	Deska horkých trysek – K30/496x646x80	K30/496x646x86 ČSN 19 083	147,5		1
12	Tvarová deska pevná – K20/496x646x66	K20/496x646x66 ČSN 19 520	130,03		1
13	Tvarová deska pohyblivá – K20/496x646x66	K20/496x646x66 ČSN 19 520	107,9		1

FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

Kreslil MARTIN MÍCHAL
Datum 01.06.2015

Schválil
Datum

Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK

Název
VSTŘIKOVACÍ FORMA

Číslo dokumentu
BP-MM-2015-11

Číslo polož	Název – označení Číslo výkresu – označení normy	Polotovar Materiál	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
14	Podložná deska (tvarová) – K30/496x646x46	K30/496x646x46 ČSN 19 083	109		1
15	Podložná deska (upínací) – K30/496x646x46	K30/496x646x46 ČSN 19 083	110,8		1
16	Deska vyh. paketu (spodní) – K72/496x646	K72/496x646 ČSN 19 083	64,2		1
17	Deska vyh. paketu (horní) – K62/496x646x27 BP-MM-2015-12	K62/496x646x27 ČSN 19 083	46,8		1
18	Vymezovací lišta – K42/496x646x136	K42/496x646x136 ČSN 19 083	78,6		2
19	Izolační deska – Z1213/596x646x8,5x125	Z1213/596x646x8,5x125 Skleněné vlákno	1,89		1
20	Centrovací pouzdro – Z20/42x266	Z20/42x300 ČSN 14 220	4,78		4
21	Vodící pouzdro – Z10/48/30	Z10/66/30 ISO 683/11-87 (C15)	1,272		4
22	Tvarové jádro – Z40/22x289	Z40/25x315 ČSN 19 711	2,55		4
23	Vyhazovač 15x8x184	Z40/20x200 ČSN 19 711	5,536		16
24	Vyhazovač 5,5x2x185	Z465/5,5x2x200 ČSN 19 711	0,396		12
25	Vracecí kolík – Z40/12x192	Z40/12x200 ČSN 19 711	0,356		2
26	Obtoková vložka 1	Ø160-70 DIN 7527-6 ČSN 17 240	6,724		2
27	Obtoková vložka 2	Ø160-65 DIN 7527-6 ČSN 17 240	5,31		2

FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

Kreslil MARTIN MÍCHAL
Datum 01.06.2015

Schválil
Datum

Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK

Název
VSTŘIKOVACÍ FORMA

Číslo dokumentu
BP-MM-2015-11

Číslo polož	Název – označení Číslo výkresu – označení normy	Polotovar Materiál	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
28	Prodlužovací trubka – Ø10x51	E 2070/10 EN CW-614N (CuZn)	0,024		2
29	Prodlužovací trubka – Ø10x70	E 2070/10 EN CW-614N (CuZn)	0,017		1
30	Prodlužovací trubka – Ø10x121	E 2070/10 EN CW-614N (CuZn)	0,029		1
31	Centrovací pouzdro – Z20/42x180	ČSN 14 220	3,55		4
32	Vodící sloupek – Z00/56/30x95	ISO 683/11-87 (C15)	5,002		4
33	Vodící sloupek – Z012/30x200	EN 86-70 (C53)	4,484		4
34	Kuličkové vedení – Z13/22x30		1,596		4
35	Centrážní kroužek – EWIKON 50456-125	ČSN 19 083	1,1		1
36	Závěsný šroub – Z710/24	DIN 580, C15E	3,496		4
37	Přípojka – E 2000/9/10	EN CW-614N (CuZn)	0,128		16
38	Válcová záslepka bez těsnění – E 2080/8/8	EN CW-614N (CuZn)	0,102		34
39	Šroub s válcovou hlavou – Z31/16x280 DIN EN ISO 4762	12.9	1,916		4
40	Šroub s válcovou hlavou – Z31/16x200 DIN EN ISO 4762	12.9	1,444		4

FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

Kreslil MARTIN MÍCHAL
Datum 01.06.2015

Schválil
Datum

Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK

Název
VSTŘIKOVACÍ FORMA

Číslo dokumentu
BP-MM-2015-11

Číslo polož	Název – označení Číslo výkresu – označení normy	Polotovar Materiál	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
41	Šroub s válcovou hlavou – Z31/10x40 DIN EN ISO 4762	12.9	0,152		4
42	Šroub s nízkou válcovou hlavou – E1226/8x16 DIN 7984	8.8	0,044		4
43	Šroub s válcovou hlavou – M6 x 25 ISO 4762	8.8	0,027		3
44	Šroub s válcovou hlavou – M6 x 100 DIN 912	8.8	0,018		2
45	Šroub se zápustnou hlavou – Z33/4x8 DIN 7991	8.8	0,004		4
46	Dorazová podložka – Z55/28x3 	ČSN EN 10305/1-03	0,052		4
47	Pružná podložka – Z69/16x3,5 ČSN 02 1740	ČSN 14 260	0,056		8
48	Pružná podložka – Z69/10x2,5 ČSN 02 1740	ČSN 14 260	0,008		4
49	Podložka – PODLOŽKA 6,4 ČSN 02 1703.11	ČSN 11 423	0,002		2
50	Šroub s válcovou hlavou – M8 x 20 ISO 4762	8.8	0,054		6
	O-kroužek – E 2130/8x1,5 	FKM (Viton)	0,001		10

FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

Kreslil MARTIN MÍCHAL
Datum 01.06.2015

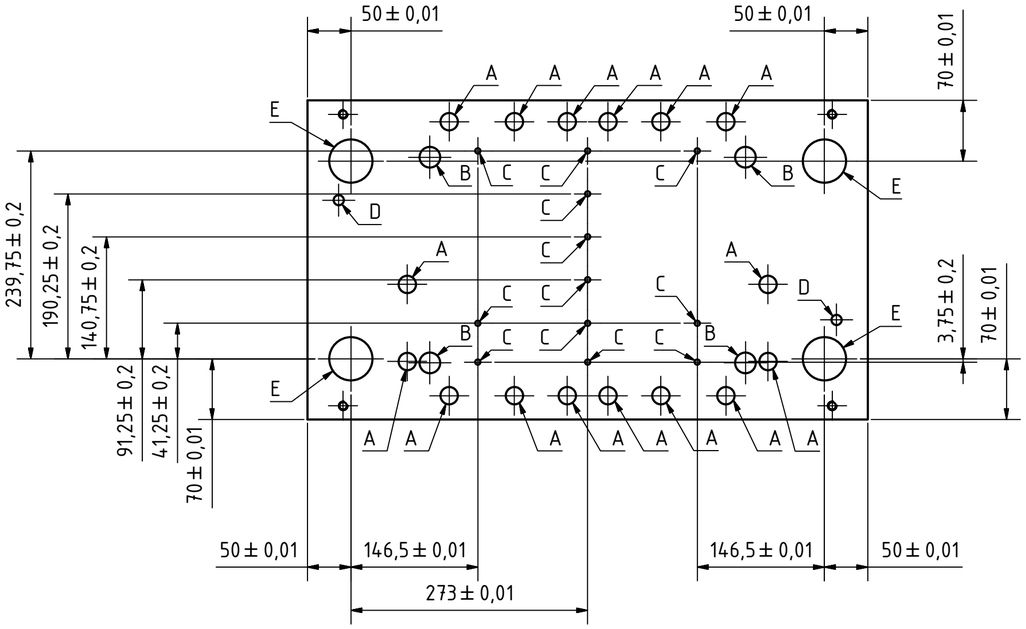
Schválil
Datum

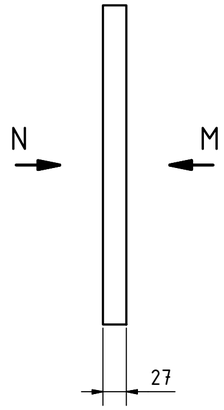
Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK

Název
VSTŘIKOVACÍ FORMA

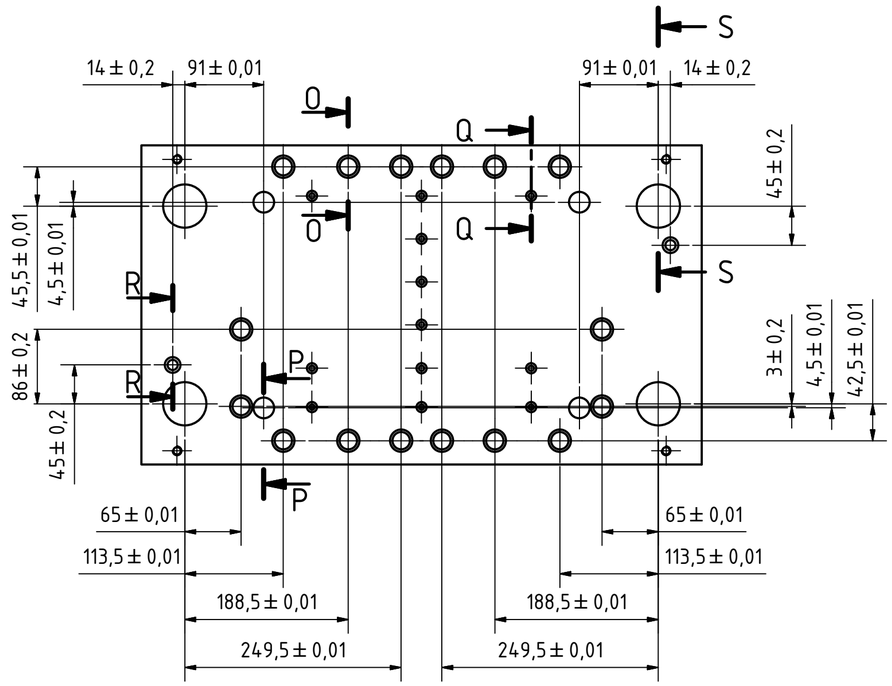
Číslo dokumentu
BP-MM-2015-11

M (1 : 5)

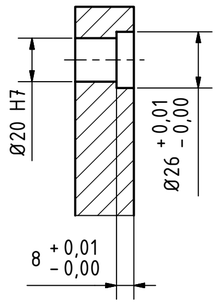




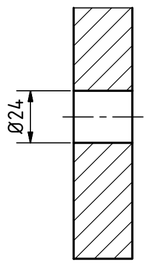
N (1 : 5)



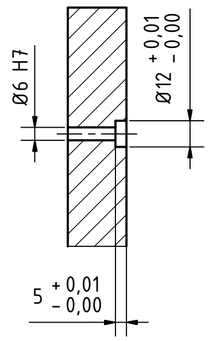
DÍRA - POZICE A
O-O (1 : 2)



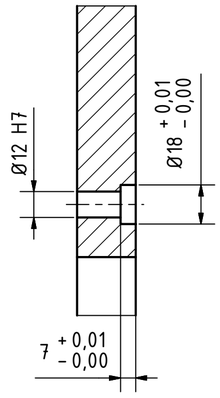
DÍRA - POZICE B
P-P (1 : 2)



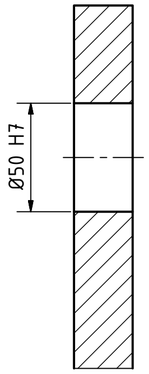
DÍRA - POZICE C
Q-Q (1 : 2)



DÍRA - POZICE D
R-R (1 : 2)



DÍRA - POZICE E
S-S (1 : 2)



Textura povrchu: Ra 0,8	Hrany ISO 13715: −0,4 / +0,4	Měřítko: 1:5	Přesnost: ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg): 46,8	Tolerování: ISO 8015
			Promítání
Materiál - Polotovar: ČSN 19 083 - K62/496x646x27			Formát: A2
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil: MARTIN MÍCHAL	Název: DESKA VYH. PAKETU	
	Datum: 01.06.2015		
	Schválil:		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum:	Číslo dokumentu: BP-MM-2015-12	
	Druh dokumentu: VÝROBNÍ VÝKRES	List 1 Listů 1	