

Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu

Lukáš Mach

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Mach**

Osobní číslo: **T12138**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílu.
3. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovací formy.
4. Nakreslete sestavu formy s kusovníkem.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího BP.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

30. ledna 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 9. února 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 19.5.2015



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

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

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

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

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

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

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-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

Bakalářská práce se zaměřuje na konstrukci vstřikovací formy pro plastový díl, konkrétně elektroinstalační krabice.

V teoretické části bakalářské práce je probrána problematika technologie vstřikování, rozdělení polymerních materiálů a také základní informace z oblasti konstrukce vstřikovacích forem.

Praktická část je zaměřena na 3D model vyráběného dílu a návrh vstřikovací formy společně s určením vhodného stroje pro vyrábění zadaného dílu. Veškerá dokumentace je vytvořena za pomoci softwaru Catia V5R19 a normalizovaných dílů firmy Hasco.

Klíčová slova: vstřikování, 3D konstrukce formy, catia

ABSTRACT

This bachelor thesis is focuses on the design of injection mold for plastic part, namely the electrical box.

The theoretical part of the bachelor thesis discussed the issue of injection molding technology, polymer materials and basic information about design of injection molds.

The practical part is focused on 3D model produced part and design of injection mold together with determining the appropriate machinery for making specified part. All documentation is created using Catia V5R19 software and standard parts by Hasco Company.

Keywords: injection molding technology, 3D mold design, catia

Velký dík patří vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Michalu Staňkovi Ph.D. za velmi ochotné jednání, rady a čas, který mi věnoval při tvorbě této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	12
1.1 PLASTY.....	12
1.1.1 Reaktoplasty	12
1.1.2 Termoplasty.....	13
1.2 ELASTOMERY	13
1.2.1 Kaučuky	13
1.3 PŘÍSADY POLYMERŮ.....	14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	16
2.2.1 Vstřikovací jednotka	17
2.2.2 Uzavírací jednotka.....	18
2.2.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	19
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	21
3.1 VTOKOVÁ SOUSTAVA	23
3.2 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM (SVS)	23
3.2.1 Druhy vtoků.....	25
3.3 VYHŘÍVANÝ VTOKOVÝ SYSTÉM	28
3.3.1 Vyhřívané rozvodné bloky	29
3.3.2 Vyhřívané trysky	29
3.4 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU	30
3.4.1 Mechanický vyhadzovací systém.....	30
3.4.2 Vzduchový (pneumatický) systém	34
3.4.3 Hydraulický vyhadzovací systém.....	35
3.5 TEMPERACE FOREM.....	35
3.5.1 Temperační prostředky.....	36
3.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	37
3.7 MATERIÁLY FOREM.....	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	41
5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	42
5.1 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	43
5.2 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	43
6 KONSTRUKCE FORMY	45

6.1	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY	45
6.2	NÁSOBNOST FORMY	46
6.3	DĚLÍCÍ ROVINA	46
6.4	TVAROVÉ DÍLY FORMY	47
6.5	POSUVNÁ JÁDRA.....	48
6.6	HORKÁ VTOKOVÁ SOUSTAVA	50
6.7	VYHAZOvacÍ SYSTÉM.....	52
6.8	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	53
6.9	TRANSPORTNÍ SYSTÉM FORMY	55
	DISKUZE VÝSLEDKŮ	56
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK.....	63
	SEZNAM PŘÍLOH.....	64

ÚVOD

Jednu z nejvýznamnějších úloh ve světě průmyslu v dnešní době zaujímají plasty a jejich následné zpracování. Většina výrobků, ať už konstrukčních, designových, či funkčních jsou tvořeny z polymerních materiálů. Zejména se jedná o průmysl automobilový, kde se materiály postupně nahrazují těmi plastovými. Ať už je to palubní deska automobilů, středové tunely, výplně dveří, zavazadlového prostoru, atd. Plast jako takový získává na trhu svou pevnou pozici díky výhodným vlastnostem, jako je například kombinace nízké hmotnosti a pevnosti, nižší požadavky na pozdější povrchovou úpravu materiálu, výrobní cena, atd. Plast zaujímá využití dále v leteckém průmyslu, ve zdravotnictví a převážně v elektrotechnickém průmyslu.

Mezi nejpoužívanější zpracování plastů patří tzv. vstřikování. Celý proces vykonává vstřikovací stroj, u kterého je součástí také forma, která udává vstříknutému materiálu konečný tvar.

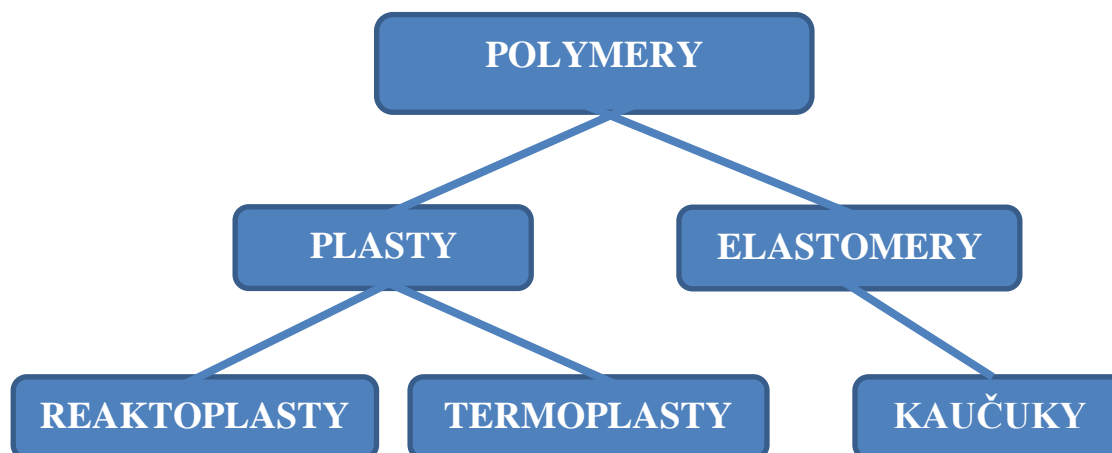
Vzhledem k individuálnosti každého výrobku je třeba navrhnout formu, která bude splňovat veškeré požadavky na kvalitu vyrobeného dílu. Konstrukce formy je časově i finančně dosti náročná, proto je konstrukce výhodná při navrhování forem pro velkosériovou výrobu. Finanční náročnost formy se dá snížit použitím normalizovaných dílů od různých výrobců, kterých je na trhu nepřeberné množství, tím zároveň docílíme pružnější konstrukci dané formy.

Návrh forem je dnes také velmi usnadněn použitím speciálních softwarů k tomu určených, neboť obsahují různé nástavby, které vedou ke zjednodušení celého konstruování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

Polymery v dnešním světě představují obrovskou škálu využití, kdy dominují mezi použitými konstrukčními materiály. Polymery jsou rozděleny do dvou základních skupin a těmi jsou PLASTY a ELASTOMERY, ty se dále dělí na další podskupiny.



Obr. 1 Rozdělení plastů.

1.1 Plasty

Struktura plastů je tvořena makromolekulárními řetězci (například kovy jsou z hlediska struktury tvořeny krystalickými mřížkami). Za běžných podmínek se stávají tvrdými a křehkými. Při zvýšených teplotách se stávají plastickými a lze je tvarovat. [1]

1.1.1 Reaktoplasty

V konečné fázi zpracování jsou řetězce příčně propojeny chemickými vazbami (zesíťování) a tím vytvářejí trojrozměrnou prostorovou síť. V první fázi zahřívání měkne a je možné jej tvářet, avšak pouze krátkou dobu. V další fázi zahřívání dochází k prostorovému zesíťování (vytvrzení). Chemická reakce zajistí, že plast již nelze převést zpět do plastického stavu. [1]

1.1.2 Termoplasty

Termoplasty jsou dnes považovány za nejrozšířenější. Lze je teplem zpětně převést do plastického stavu a znovu je tvářet a zpracovávat. Následným ochlazením se termoplasty převedou zpět do tuhého stavu. Tento proces lze provádět opakovaně, neboť nedochází k chemickým reakcím (zesítování) jako to bylo u reaktoplastů. Mají přímé řetězce nebo řetězce s bočními větvemi. [1]

Termoplasty se dále dělí, vzhledem ke struktuře, na:

- Amorfni – (např. PS, ABS, PC, PMMA). Řetězce jsou nepravidelného prostorového uspořádání. Vyznačují se tvrdostí, křehkostí a vysokou pevností. Díky nízkému indexu lomu jsou průhledné, transparentní. Využitelnost amorfniích plastů je pod teplotou skelného přechodu (T_g), neboť je polymer v tomto stavu pevný. Zvýšením teploty nad T_g se plast dostává do plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvyšováním teploty dochází i ke zvětšení objemu polymeru.

- Semikrystalické – (např. PE, PP, PA 6). Většina řetězců je těsně a pravidelně uspořádána a tím tedy tvoří krystalické útvary. Zbytek řetězců je amorfniího uspořádání. Semikrystalický plast je využíván nad teplotou T_g až do teploty tání T_m , neboť v téhle oblasti dosahují výhodných vlastností pevnosti a houževnatosti. Jsou mléčně zakalené. [1]

1.2 Elastomery

Jsou to polymery, které jde za normálních podmínek malou silou deformovat bez porušení, načež se deformace stává převážně vratnou. V první fázi zahřívání měknou a lze je po omezenou dobu tvářet. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci a tím k prostorovému zesítování struktury, jenž se nazývá vulkanizace. Vulkanizačním procesem jsou převedeny na pryž. Po vulkanizaci už další tváření není možné. [2]

1.2.1 Kaučuky

Dělí se na dvě skupiny – kaučuky přírodní a syntetické. Vulkanizace probíhá pomocí dvou válců, které se otáčejí proti sobě. Mezi ně je vložen kaučuk, který je rozdrcen a navalován kolem jednoho z válců. Jsou do něj vmíchány přísady oleje, sazí a síry, díky kterým je umožněna právě vulkanizace. [3]

1.3 Přísady polymerů

Základní vlastnosti polymerů lze měnit i díky použití nejrůznějších přísad a tím tak splnit požadavek na volbu vhodného plastu ke konstrukci.

Mohou to být:

- *Vláknitá nebo prášková plniva* – mění fyzikální i mechanické vlastnosti plastu, zejména vyztužují hmotu a zvětšují její pevnost,
- *Změkčovadla* – jsou přidávány hlavně k některým tvrdým polymerům, čímž se získává měkkost a ohebnost,
- *Barviva* – používají se pro dosažení požadovaných barevných odstínů,
- *Stabilizátory* – zvyšují odolnost proti vyšším teplotám při zpracování, proti stárnutí, či proti UV záření apod.,
- *Antioxidanty* – jsou to přísady, které dlouhodobě chrání polymery před vlivem atmosférického kyslíku. Princip je v zabránění řetězového průběhu oxidace,
- *Antiozonanty* – jsou to přísady, které dlouhodobě chrání polymer před vlivem atmosférického ozónu,
- *Nadouvadla* – při zpracování uvolňují plyny, čímž vytváří lehčenou strukturu plastu se zvláštními vlastnostmi. [1]

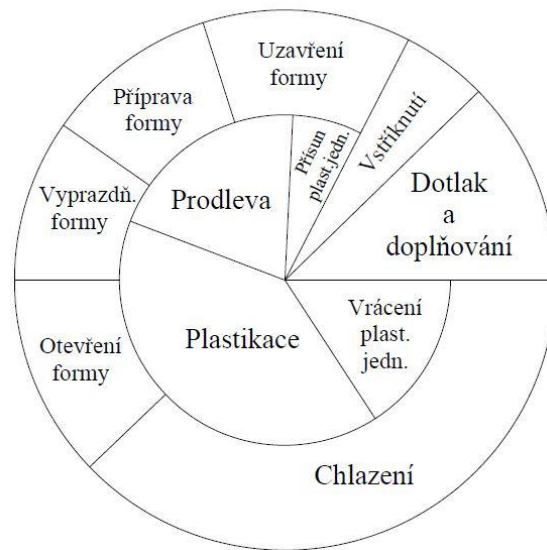
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Nejrozšířenějším způsobem výroby plastových dílů je technologie vstřikování, jenž zaujímá ve světě výrobních technologií jednu z nejdůležitějších úloh. Tento způsob výroby je nejvhodnější pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Plastové díly vyrobené technologií vstřikování jsou nejčastěji uplatňovány v automobilovém, leteckém a elektrotechnickém průmyslu. Dále to jsou výrobky pro domácnost, pro sport, nebo také pro armádu. Celý proces výroby plastového dílu je poměrně složitým. Jedná se o proces cyklický, ve kterém figuruje polymer, vstřikovací stroj s plastikační jednotkou a vstřikovací forma. Princip výroby plastového dílu je následující: v plastikační jednotce vstřikovacího stroje je zpracováván polymer, který přechází do plastického stavu. Následuje vstříknutí polymeru vstřikovacím strojem do dutiny formy, kde je polymer v dalším kroku ochlazován, tím vznikne finální výrobek. Dutina vstřikovací formy představuje konečný tvar výrobku. [4]

2.1 Vstřikovací cyklus

Mezi nejdůležitější aspekty patří násobnost formy. Jedná se o počet dutin ve formě a určuje, kolik výstřiků bude vyrobeno za jeden vstřikovací cyklus. Násobnost formy nám udává výši produkce plastových dílů.

Jakmile se uzavře forma uvnitř stroje, je polymer plastického stavu o určité teplotě vstříknut pod vysokým tlakem do dutiny formy. Polymer (tavenina) zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud nepřijde na řadu jeho ochlazování. Dále je proveden dotlak, který je ukončen při částečném ochlazení plastu uvnitř formy. Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka oddálí od formy a dochází k plastikaci další dávky polymeru. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a hotový výrobek je vyhozen. Po očištění a následné přípravě formy pro následující cyklus dochází k dalšímu cyklu. [4]



Obr. 2 Vstřikovací cyklus [4]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací proces probíhá na strojích většinou plně automaticky, tudíž se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojů i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je tedy vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, dále uzavírací jednotky a z řízení a regulace. Každý výrobce vstřikovacích strojů je schopný vybavit vstřikovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště (např. manipulátory, roboty, temperačním zařízením, dávkovacím a mísícím zařízením, sušárnami, dopravníky, mlýny, atd.). [5]

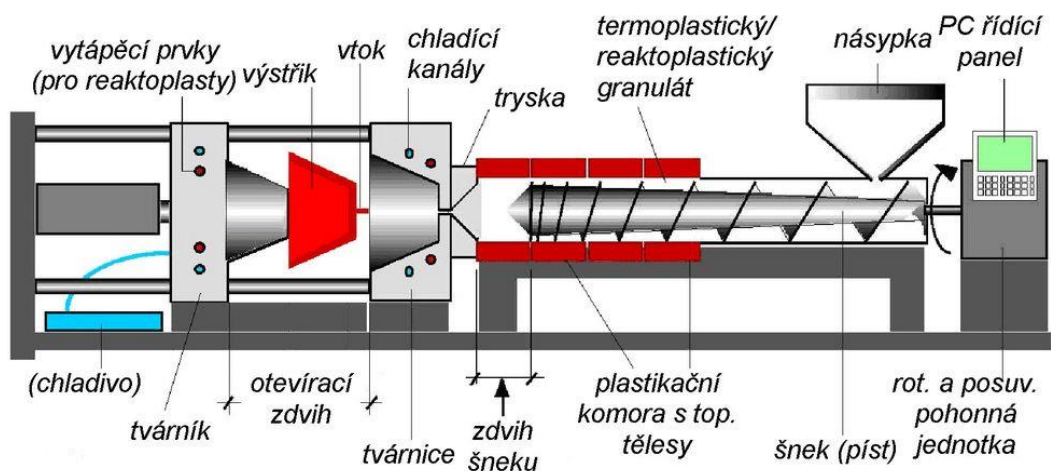
Vstřikovací stroj se skládá z těchto částí:

- vstřikovací jednotka – doprava materiálu přeměněného v taveninu do tvarové dutiny formy při vysokém tlaku i rychlosti,
- uzavírací jednotka – slouží k uzavření formy a k odolávání tlaku při vstřikování,
- forma – udává konečný tvar výrobku,
- ovládání a řízení stroje.

Nové generace vstřikovacích strojů umožňuje dodat zákazníkovi stroj navržený přesně podle jeho specifikace.

Požadavky na vstřikovací stroj pro přesné výstřiky:

- tuhost a pevnost při výstřiku,
- konstantní tlak, rychlost dopravy materiálu, teplota a ostatní parametry a jejich časování,
- přesná reprodukovatelnost technologických parametrů.



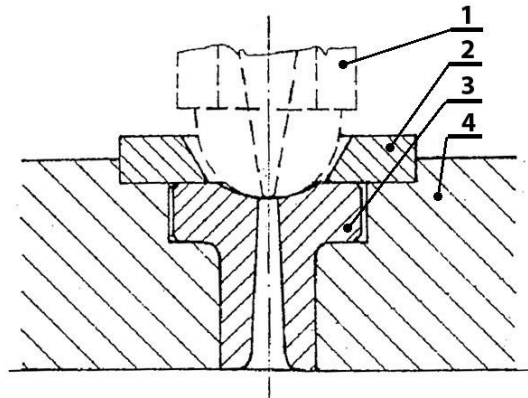
Obr. 3 Vstřikovací stroj [6]

2.2.1 Vstřikovací jednotka

Její úkol je připravit a dopravit požadované množství roztaveného polymeru s požadovanými technologickými parametry do formy. Množství taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky během jednom zdvihu. Vstřikovací jednotka má takovou funkci, že do tavného válce je dopravován zpracovávaný polymer z násypky rotačním pohybem šneku. Maximální vstřikované množství nesmí překročit 90% kapacity jednotky, neboť je zde nutná rezerva pro případné doplnění úbytku materiálu vlivem chlazení. Nadále je polymer postupně přepravován šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se tedy plastifikuje, homogenizuje a hromadí před čelem šneku, který se současně posunuje axiálním pohybem ve válci do zadní polohy. [1], [7]

Topení tavného válce je rozděleno do tří částí. Část tepelné energie vznikne disipací polymerního materiálu. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, jež spojuje vstřikovací jednotku se samotnou formou (Obr. 4). Kulové zakončení trysky zajišťuje bezpečné a přesné dosednutí do vtokové vložky formy. [1]

Vstřikovací trysky mohou být otevřené a uzavíratelné. Otevřené trysky jsou nejčastěji využívány pro vstřikování více viskózních polymerů. Uzavíratelné trysky neumožňují samovolné vytečení materiálu ven. Tryska se otevírá tím způsobem, že dochází k odjištění jehlového uzávěru při dosednutí trysky do vtokové vložky. [1], [7]



Obr. 4 Usazená vstřikovací tryska na vtokové vložce [1]

1 – vstřikovací tryska, 2 – středící kroužek,
3 – vtoková vložka, 4 – deska formy

2.2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je nastavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a průmětu plochy dutiny formy (včetně vtokových kanálů) do dělicí roviny. [1]

Hlavní části uzavírací jednotky:

- pevná opěrná deska,
- upínací deska,
- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus. [1]

Konstrukční provedení uzavíracích jednotek:

- hydraulické uzavírací jednotky umožňují otevření formy hydraulickým tlakem a vyžadují závorové zajištění uzavřené polohy,
- hydraulicko - mechanické jednotky – nejčastěji používané u strojů vstřikujících taveninu o nízké gramáži. Zaručují vyšší uzavírací rychlost, potřebné zpomalení před dosednutím dělicích rovin a optimální tuhost celé soustavy. Jsou konstruovány jako kloubové mechanismy ovládané hydraulickým válcem. Zajištění uzavřené polohy je zde docíleno za pomocí hydraulického válce s velkým průměrem pístu. [1]
- elektrické – pracují vysoce přesně a hospodárně a zároveň mají velmi účinné využití energie. Umožňují dosažení krátkých vedlejších časů stroje. [16]

2.2.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Snadná obsluha stroje a jeho vysoká schopnost řízení je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je významnou a nutnou okolností. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na kvalitě a přesnosti výroby výstřiku. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými regulačními prvky. [1]

Současné stroje jsou řízeny elektronickou jednotkou s procesorem. Namísto obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů, se využívají různé grafické nadstavby, které jsou zobrazovány LCD displejem přímo na ovládacím panelu vstřikovacího stroje. Často jsou tyto stroje propojeny rozhraním se stolním počítačem s operačním systémem a připojením k místní počítačové síti. Obsluha tudíž nemusí k zjištění podrobných informací o výstřiku přecházet k jinému terminálu.

Koncepčně je celé řízení rozděleno:

- sestavení grafu vstřikovacího cyklu,
- definice a nastavení parametru,
- kontrola procesu. [1], [8]

Veškerá nastavení vstřikovacího procesu jsou díky sensorům zpětně verifikovány a případně dynamicky upravovány v závislosti na okolních podmínkách. Řízení stroje má rozhodující vliv na jakost a přesnost výstřiku tím, že určuje a dodržuje přesnost nastavení velikosti a doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují hlavně přesnost a toleranci výstřiku. Dále nastavením hodnoty teploty taveniny, jejíž homogenizací jsou dány fyzikální a mechanické vlastnosti vyrobeného dílu. Vedle vstřikovacího stroje a polymeru ovlivňuje tyto parametry i forma, její teplota a doba chlazení. [1]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

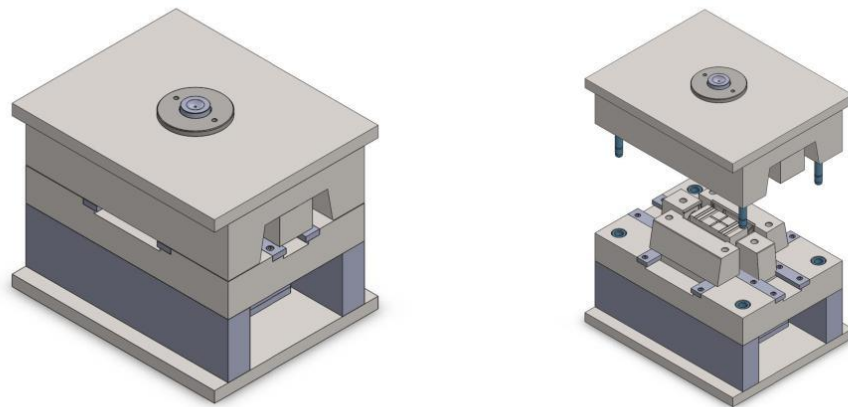
Vstřikovací forma obsahuje dutinu, do které je vstříknut polymer a která po ochlazení určuje konečný tvar a rozměry výrobku při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Vstřikovací forma musí být schopna odolávat vysokým tlakům, musí umožnit snadné vyjmutí hotového výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Konstrukce forem i výroba je z finančního hlediska velmi nákladná.

Volba materiálu formy závisí na druhu zpracovávaného plastu, na použité technologii, na velikosti výrobku a jeho složitosti, na velikosti série, na tepelné odolnosti a odolnosti proti opotřebení a korozi, na ceně, apod. Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje. Dalším důležitým úkolem při konstrukci forem je stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí. Pro určení a výpočet těchto rozměrů jsou rozhodující smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů vstříku a opotřebení činných částí nástroje. [5]

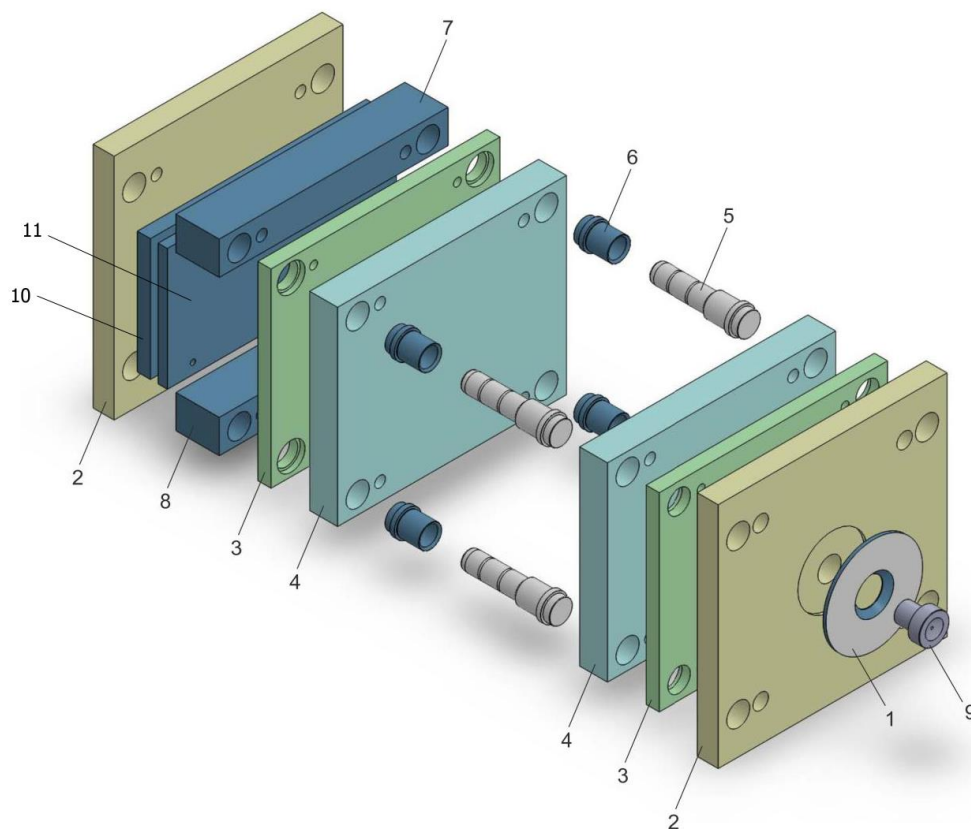
Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je rozdělit do následujících skupin:

- podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné,
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení na dvoudeskové, třideskové, etážové, čelistové, vytáček, apod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny.

Vstřikovací forma se skládá z dílů, vymežujících tvarovou dutinu formy, z chladičského (temperačního) systému, z vtokového systému, z vyhazovacího systému a z upínacích a vodících elementů. Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit do dvou skupin na části konstrukční a na části funkční. Konstrukční části zabezpečují správnou činnost nástroje a funkční části se stýkají s tvářeným materiálem a udělují mu požadovaný tvar. [5]



Obr. 5 3D vstřikovací forma [9]



Obr. 6 Rozložená forma [9]

1 – středící kroužek, 2 – upínací desky, 3 – opěrné desky, 4 – kotevní (tvarové) desky, 5 –
 vodící čepy, 6 - pouzdra vodících čepů, 7 – levá rozpěrná deska, 8 – pravá rozpěrná deska,
 9 – vtoková vložka, 10 – vyhazovací deska opěrná, 11 – vyhazovací deska kotevní

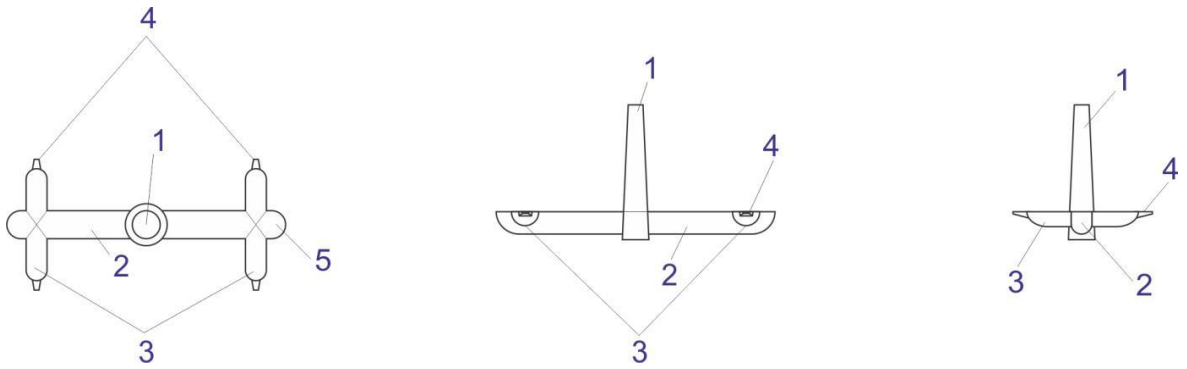
3.1 Vtoková soustava

Konstrukce vtokové soustavy určuje společně s technologickými parametry tokové poměry při plnění formy a je tak důležitým článkem z hlediska kvality samotného výstříku. Vtokový systém rozváděcích kanálů a ústí vtoku spojují otvor v trysce vstřikovacího stroje s tvarovou dutinou formy. Musí zajišťovat správné rovnoměrné naplnění dutiny formy, snadné odtržení, nebo oddělení od výstříku, snadné vyhození vtokového zbytku a objem vtokové soustavy omezit na minimum. Zde musíme skloubit ekonomičnost výroby a zároveň dbát na konstrukční požadavky.

Vtoková soustava je navrhována podle počtu tvarových dutin, jejich rozmístění, konstrukčního provedení výstříku, materiálu plastu a také podle toho, zda bude konstruována jako studený, nebo horký systém. [5]

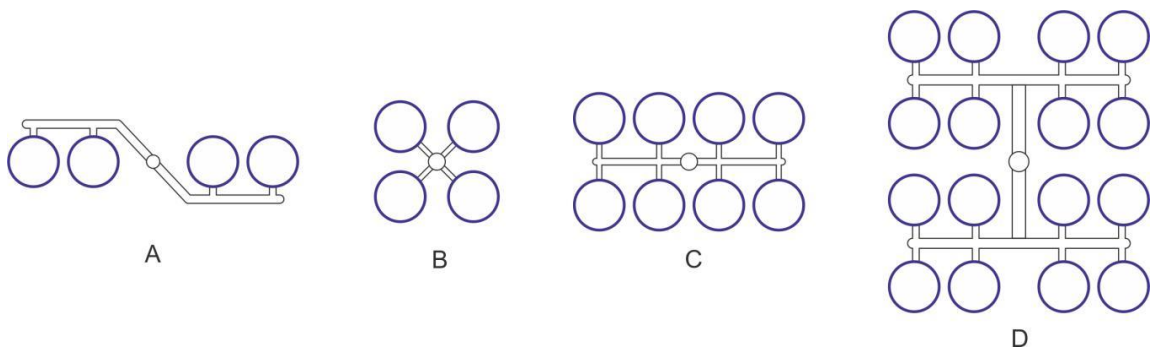
3.2 Studený vtokový systém (SVS)

Studené vtoky jsou používané u forem pro malé série výstříků. Klasický tvar studeného vtoku se používá zejména u stavebnic, kdy je žádoucí zachovat výstříky ve stromu vtoků nebo v rámečku. Tavenina prochází vtokovým kuželem (1) do hlavního kanálu (2). Z hlavního kanálu je vedena pomocí rozváděcích kanálů (3) a do tvarové dutiny vstupuje ústím vtoku (4). Je důležité zachovávat prodloužení čela hlavního kanálu (5). V tomto prodloužení se zachytí chladnější část taveniny, která by bez tohoto prodloužení vstupovala do ústí vtoku a způsobovala potíže při plnění tvarové dutiny. Nejideálnější rozmístění ve formě je ve tvaru hvězdice nebo kříže – obr. 8 položka B. Všechny vtoky mají stejnou délku, tvar i průřez, tudíž i všechny výstříky mají stejné technologické podmínky. U rozmístění A, C a D na obr. 8 mají výstříky blíže vtokového kužele jiné technologické podmínky než výstříky na okraji. Při konstrukci formy je nutno se změnou podmínek u těchto variant rozmístění výstříků počítat a přizpůsobit šířku a hloubku vtoků. Na obr. 9 je znázorněno několik možných průřezů vtokových kanálů. Často používanou variantou je tzv. tunelový vtok – obr. 10. Tento vtok je náročný na přesnost při výrobě, kdy je nutno dodržet ostrou hranu v místě vstupu vtoku do tvarové dutiny. Při vyhození výstříku z formy dojde k odstřížení vtoku od tvaru. Pro všechny typy a tvary vtoků platí, že je nutno zabezpečit co možná nejhladší povrch a ostré hrany kanálů zaoblit. [9]

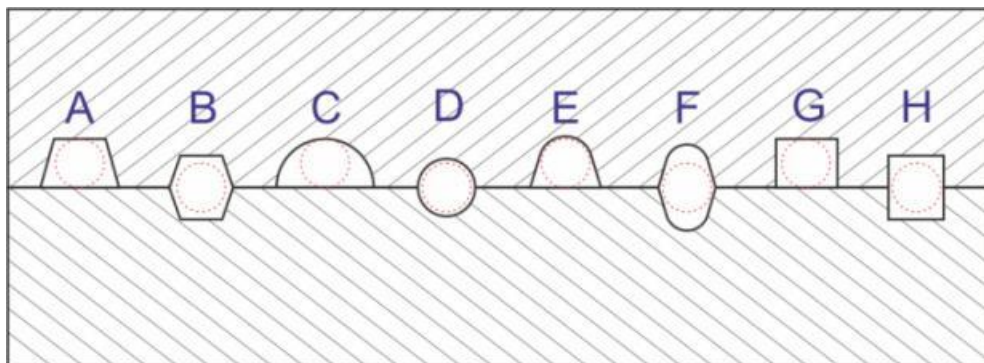


Obr. 7 Studený vtok [9]

1 – vtokový kužel, 2 – hlavní kanál, 3 – rozváděcí kanály, 4 – ústí vtoku, 5 – prodloužené čelo

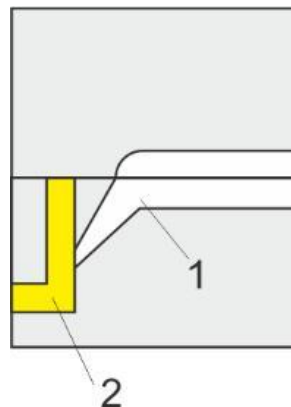


Obr. 8 Typy uspořádání vtoků [9]



Obr. 9 Průřez vtoků [9]

A, C, E, G – Výrobně vhodný průřez vtoku, B, D, F, H – Výrobně nevhodný průřez vtoku

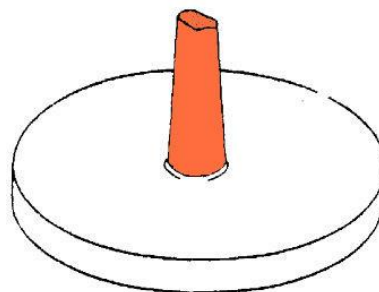


Obr. 10 Tunelový vtok [9]

1 – vtok, 2 – výstřík

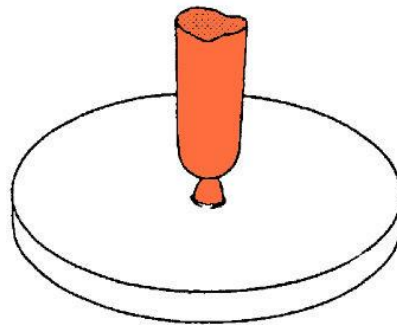
3.2.1 Druhy vtoků

Plný kuželový vtok - dopravuje taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se hlavně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstříky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, neboť vtok tuhne ve formě jako poslední. Jeho odstranění je náročné a zanechává vždy stopu na výrobku. Pro určení jeho průměru platí, že ústí vtoku má být o 1 až 1,5 mm větší, než je tloušťka stěny výstříku. Pro menší tloušťky stěn se používá čokovitého zahloubení oproti vtokovému ústí. [1]



Obr. 11 Plný kuželový vtok [10]

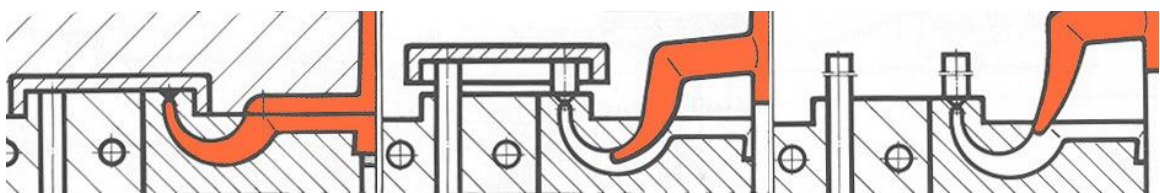
Bodový vtok - jedná se o nejpoužívanější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, jenž leží mimo nebo i uvnitř dělicí roviny. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskové formy. U tohoto typu musí být zajištěno, aby v první řadě došlo k odtržení vtokového ústí a teprve až poté k otevření formy v dělicí rovině. V zúženém místě vtoku dochází při odformování k odtržení vtokového zbytku od výstřiku. U tenkostěnných výstřiků se nejužší místo volí dál od těla výstřiku, než je tomu u výstřiků tlustostěnných, tím je zamezeno vytržení materiálu na vstřikovaném výrobku. [1]



Obr. 12 Bodový vtok [10]

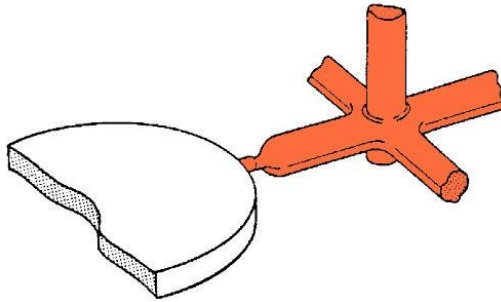
Tunelový vtok - je zvláštní případ bodového vtoku. Je výhodný proto, že vtokový zbytek může ležet ve stejné dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není tedy nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem správné funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. To je třeba zvážit u vzhledově náročných výstřiků. Není-li zaústění do boku výstřiku možné, využívá se zaústění do vnitřního nálitku, žebra apod. Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy, nebo při vyhazování výstřiku, to ovšem vyžaduje použití přidržovače vtoku.

Zvláštním typem tunelového vtoku je srpkovitý (banánový) vtok, který umožňuje umístit vtokové ústí do té části výstřiku, kde nebude působit jako rušivý element. Takový vtok je vhodný jen pro plasty s vysokou elasticitou. [1]



Obr. 13 Tunelový vtok [10]

Boční vtok - jde se o typ se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, také ale může být i kruhový či lichoběžníkový. Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu je jeho oddělení vyřešeno zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. Ústí se často upravuje do tvaru vějíře, aby bylo zamezeno volnému vstřiku. [1]



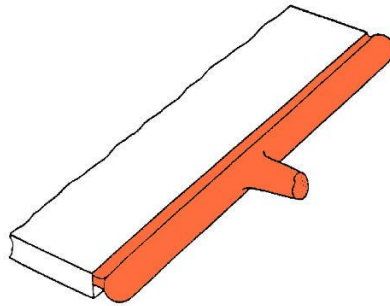
Obr. 14 Boční vtok [10]

Filmový vtok - je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí. Je používán hlavně k plnění kruhových a trubkových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Mezi filmové vtoky se také řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další. [1]

Od filmového ústí se vyžaduje:

- dodržení rovinnosti, přímosti a přesnosti tvaru výstřiku,
- malé vnitřní pnutí,
- odstranění studených spojů,
- vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra,
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do formy,
- zmenšení odporu vtokového systému. [1]

Důležitým hlediskem je, že vedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. Toto se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [1]



Obr. 15 Filmový vtok [10]

3.3 Vyhříváný vtokový systém

Systémy horkých vtoků jsou používány u profesionálně vyrobených forem na velké série výstřiků. Pro tento typ vtoků je nutno použít i robustnější konstrukci formy, čímž se i zvýší náklady na její výrobu. Samotný topný systém s tryskami je také poměrně nákladnou záležitostí. [9]

Výhody:

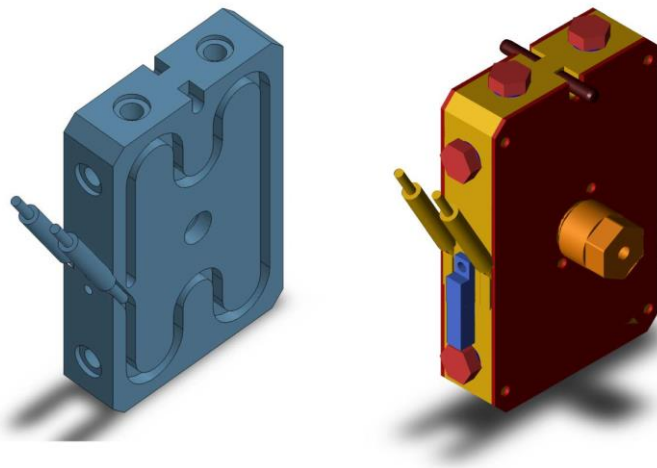
- automatizace výroby,
- kratší výrobní cyklus,
- nižší spotřebu polymeru – vstříkuje se bez vtokových zbytků,
- nižší náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

Nevýhody:

- technologicky složitější,
- vyšší cena formy, strojního zařízení a odborný personál,
- energetická náročnost (regulátory, snímače). [1]

3.3.1 Vyhřívání rozvodné bloky

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají ve spojení s vyhříváními nebo izolovanými tryskami s předkomůrkou. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce závisí na rovnoměrném vytápění. Blok je ocelový a je uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru písmen I, H, X, Y či hvězdice. Blok, jako celek, musí být izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou a leštěnými plechy. Vytápění se provádí elektrickým odporovým topením v podobě topných hadů zalitých v mědi či topnými patronami. Regulace výkonu topení probíhá pomocí teplotních senzorů, které následně předávají potřebné informace regulátoru. Kanály pro taveninu musí být přesně vyrobeny, neboť nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty. Celý blok je ve formě vystředěn a zajištěn proti otočení pomocí trysek a kolíku. [1], [11]



Obr. 16 Vyhřívání blok [9]

3.3.2 Vyhřívání trysek

Konstrukce trysek umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný člunek i s regulací, či je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Značně vylepšuje technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívání vtokové soustavy (VVS) si obvykle uživatel sám nevyrábí, nýbrž nakupuje u specializovaných firem. Ti je vyrábí v širokém konstrukčním sortimentu. [1]



Obr. 17 Vyhříváná tryska [12]

3.4 Vyhazování výstřiku

Vyhazování výstřiků z formy je úkon, kdy je z dutiny formy nebo tvárníku otevřené formy vysunut nebo vytlačen hotový výrobek. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které je součástí vstřikovací formy a svojí funkcí zajišťuje automatický výrobní cyklus.

Pracuje ve dvou fázích:

- pohyb vpřed (vyhazování výrobku z dutiny formy),
- pohyb vzad (návrat vyhazovacího systému do původní polohy).

Pro správnou činnost vyhazovacího systému je důležité, aby měl výstřik hladký povrch a stěny s úkosem minimálně $0,50^\circ$. Vyhazovací systém musí výstřik vysunout rovnoměrně, aby nedocházelo k zapříčení výstřiku, a tím vzniku trvalých deformací nebo dokonce k poškození. Tvar, umístění a rozložení vyhazovačů je velmi různorodý, jednotlivé vlastnosti pak závisí zejména na tvaru výstřiku. V některých případech lze vyhazovače použít i k výrobě funkčních dutin popřípadě jako část tvárníku.

Ve většině případů zanechávají vyhazovače stopu na hotovém výstřiku. V takových případech, pokud je tato stopa považována za závadu, se výstřik buďto dodatečně opraví, nebo se vyhazovače umístí na stranu, která je z hlediska pohledu méně důležitá, tedy kde stopa po jejich činnosti nebude působit rušivě.

Mimo vyhazování výstřiků se také vyhazují vtokové zbytky. V některých případech je dokonce možné oddělit vtokový zbytek od výstřiku. [13]

3.4.1 Mechanický vyhazovací systém

Text Je nejrozšířenější vyhazovací systém, který se používá všude tam, kde je to možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

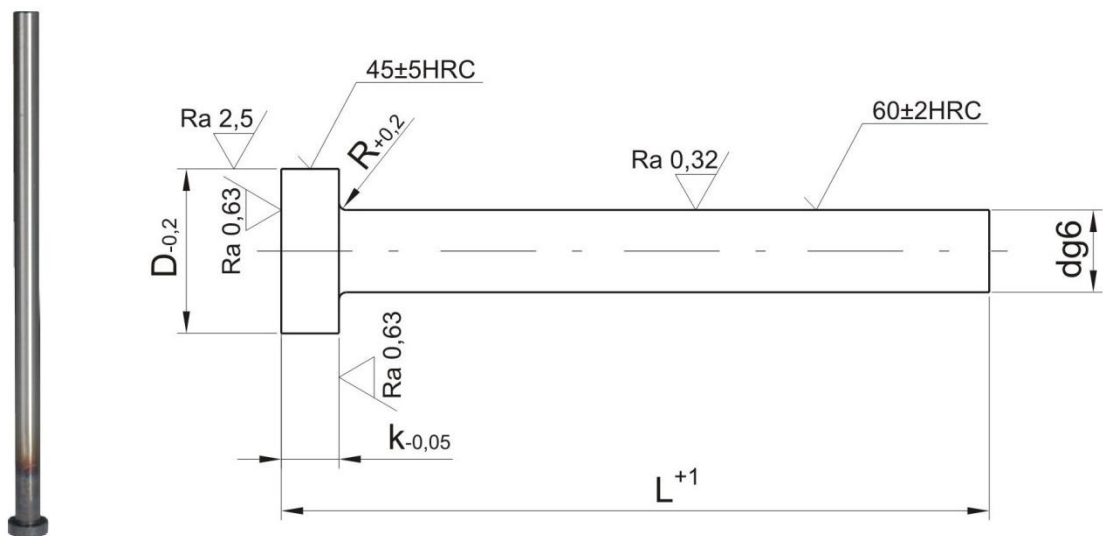
- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování.

Ve zvláštních případech, kdy je výstřík mělký, se vyhazovače nemusí používat. V tomhle případě postačí pouze vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřík spojen. [13]

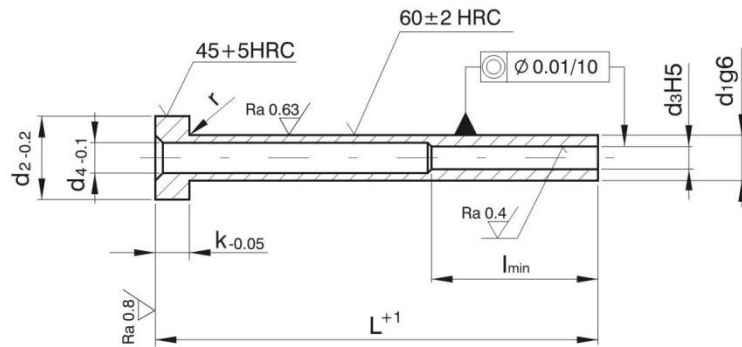
Vyhazovací kolíky

Jsou nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování hotových výstříků. Systém vyhazovacích kolíků lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače kolmo na plochu výstříku v ose vyhození. Je výrobně jednoduchý a z hlediska funkčnosti spolehlivý. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstříku, které nesmí při vyhazování deformovat (bortit), jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstříku stopy, tudíž je není vhodné umístit na pohledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperační kanály.

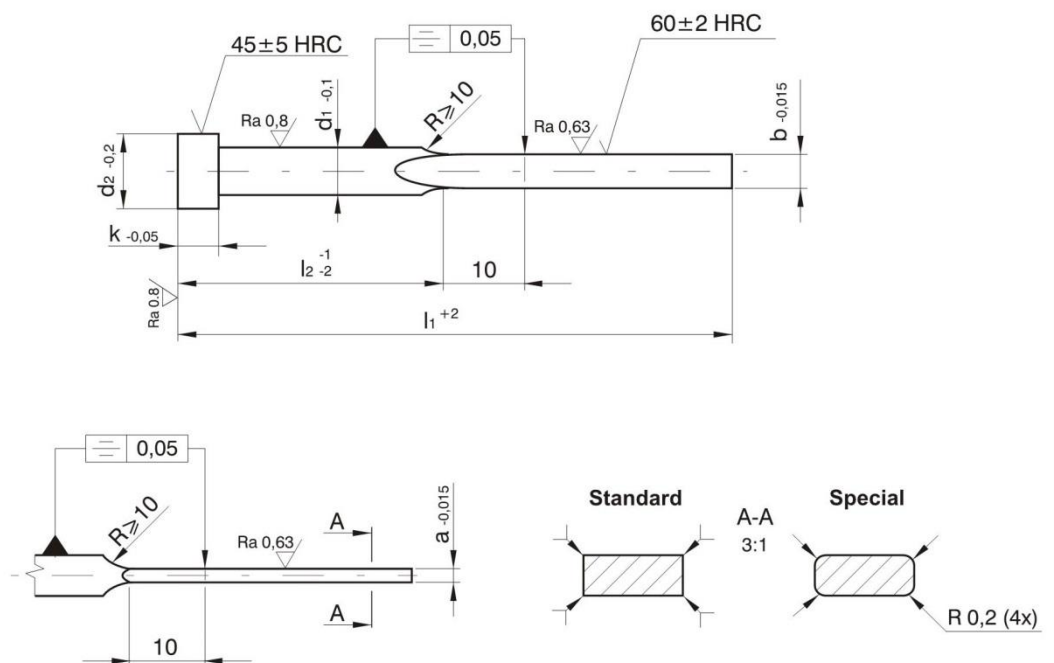
Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Vyhazovací kolíky jsou obvykle válcovité. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar. [13]



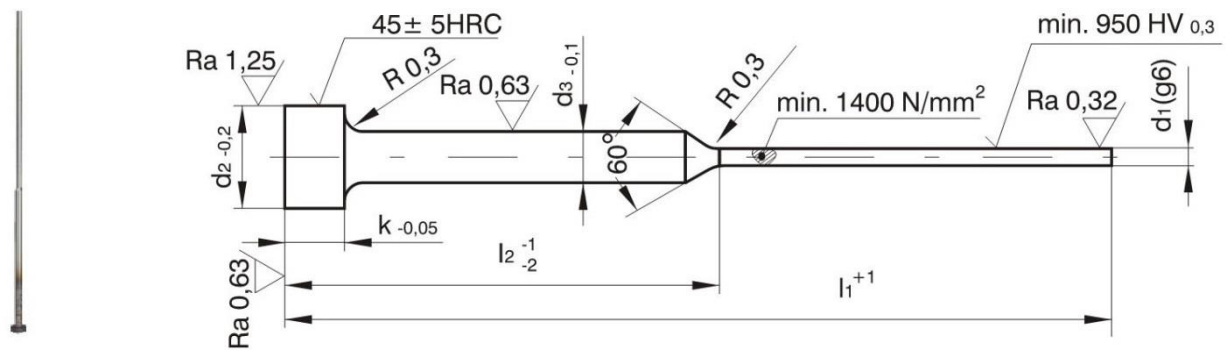
Obr. 18 Vyhazovací válcový kolík [14]



Obr. 19 Vyhazovací trubkový kolík [14]



Obr. 20 Vyhazovací prizmatický kolík [14]



Obr. 21 Vyhazovací osazený kolík [14]

Šikmé vyhazování

Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. V případě 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 s šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní podobnou funkci. Tohle uspořádání může být kombinováno i s přímým vyhazováním. Tenhle způsob musí být funkčně bezchybný a výrobně jednoduchý. [13]

Dvouступňové vyhazování

Vyžaduje dva vyhazovací systémy, jež se vzájemně ovlivňují. Umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Tudíž se používá například k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci - stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem. [13]

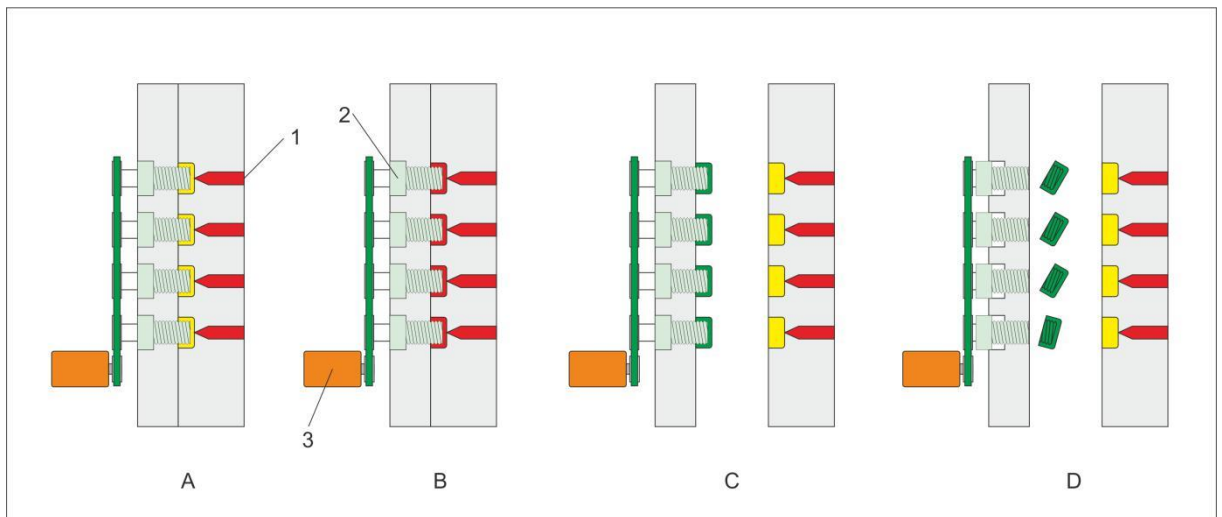
Stírací deska

Tento způsob vyhazování funguje na principu stírání výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Tento způsob vyhazování je vhodný u výstřiků, na kterých by stopa po vyhazovači byla optickým nedostatkem. Díky velké stykové ploše stopu nezanechá. Velká styková plocha způsobuje také minimální deformace výstřiku. Používá se zejména u tenkostěnných výstřiků, kde by hrozila velká deformace díky vyhazovači a tam, kde vyžadujeme velkou vyhazovací sílu. Jediné omezení pro použití je, aby výstřik na stírací desku dosedl v rovi-

ně případně v mírně zakřivené ploše. Pohyb stírací desky může být vyvozen tlakem vyhazovacího systému nebo může být vázán na pohyb pevné desky při otevírání formy. [15]

Systém pro vytáčení výstřiku nebo jádra

Tyto systémy se převážně používají u konstrukcí forem na výstřiky se závity – např. uzávěry na PET lahve. Konstrukce a výroba takové formy je velmi náročná a nákladná. Z tohoto důvodu se umísťuje do jedné formy co nejvíce tvarových dutin. Vytáčení jádra je prováděno pomocí elektrického, hydraulického nebo pneumatického zařízení, které je zabudováno do formy. Plánovaný počet výstřiků se u těchto forem počítá na miliony až stovky milionů. V těchto formách se používají tzv. horké vtoky. Tímto odpadá manipulace se vtoky po otevření formy a vyhození výstřiků. [9]



Obr. 22 Vytáčení jádra [9]

1 – Horké vtoky, 2 – Jádra, 3 – Otočný mechanismus, A – Uzavřená forma, B – Vstřík, C – Otevření formy, D – Vytočení jader

3.4.2 Vzduchový (pneumatický) systém

Je vhodným systémem pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý, ale pro některé výstřiky je velmi výhodný (např. kbelík). Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy, umožní se rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku a tím se zamezí stopám po vyhazovačích na výstřiku. Použití pneumatického vyhazování je omezeno jen na některé tvary výstřiků. [13]

3.4.3 Hydraulický vyhazovací systém

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. Pomocí tohoto mechanismu se přímo ovládají vyhazovací kolíky stírací desky apod. [13]

3.5 Temperace forem

Temperace forem slouží k udržování konstantního teplotního pole uvnitř formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování, při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Hlavním dějem celého procesu je ochlazování, případně vyhřívání celé formy, či některé její části. Během vstřikování je polymer přiváděn ve formě taveniny do dutiny formy, kde je následně ochlazen na vyhazovací teplotu (tj. teplotu, při které již nedochází k deformaci výstřiku vlivem vyhození). Temperace ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí výstřiku. Při každém vstřiku forma přijímá a akumuluje teplo z taveniny. Toto přebytečné teplo je nutné odvést temperačním systémem formy kvůli zajištění stejných technologických podmínek pro všechny výstřiky. [13]

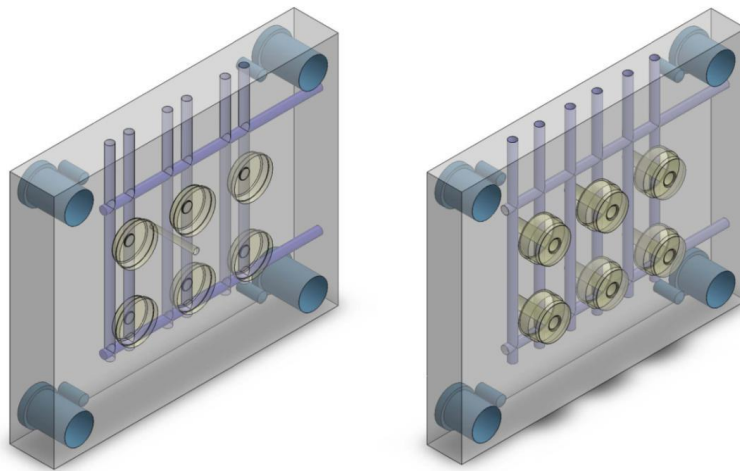
Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy (PC). V takovém případě jsou tepelné ztráty formy do okolí větší, než její ohřátí taveninou a musí se forma naopak ohřívát. Taktéž při zahájení výroby je třeba nejdříve formu vyhřát na pracovní teplotu. V opačném případě by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiku a reprodukovatelnost. [13]

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby byl celý pracovní cyklus ekonomicky dlouhý.

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží se nebezpečí deformace za vysokých vstřikovacích tlaků.

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává, nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin, se volí s ohledem na celkové řešení formy. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny. Povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo přestupující z formy do temperačního média, nebo opačně. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak. [13]



Obr. 23 Chladicí kanály [9]

3.5.1 Temperační prostředky

Jedná se o média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělení je následující:

- aktivní (působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí),
- pasivní (svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy).

Množství a teplota chladicího média ve formě se řídí pomocí průtokoměrů. [13]

Tab. 1 Aktivní temperační prostředky [13]

Typ	Výhody	Nevýhody	Poznámka
Voda	Vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost.	Použitelné do 90°C*), vznik koroze**), usazování kamene.	*)v takových okruzích možno vodu použít i při vyšších teplotách, **) lze potlačit upravením vody
Oleje	Možnost temperace i nad 100°C, omezení koroze	Zhoršený přestup tepla, vyšší cena, ekologie	
Glykoly	Omezení koroze a ucpávací systému	Stárnutí, znečišťování prostředí	

3.6 Odvzdušnění forem

V dutině formy se před vstříknutím plastu nachází vzduch. Když se dutina formy zaplní vzduchem, dojde k jeho stlačení a tím pádem narůstá jeho tlak. Tento nárůst tlaku může zapříčinit zažehnutí vzduchu a tím ke spálení vstříkovaného polymeru. Tomuto jevu se říká Dieselův efekt. Vzduch v dutině formy má za následek negativní ovlivnění mechanických vlastností výstřiku tvořením bublin, které zůstávají uzavřené ve stěnách výstřiku. Z těchto důvodů je třeba zajistit dobré odvzdušnění formy.

Během vstřikování tlak taveniny narůstá. Velikost protitlaku stlačeného vzduchu je závislý na odvzdušnění. Je-li nutné zvýšit vstřikovací tlak díky nedokonalému odvzdušnění, důsledkem budou vnitřní pnutí na výstřiku.

U tenkostěnných výstřiků, díky nižší teplotě taveniny a nedostatečnému tlaku a rychlosti plnění, se soustřeďuje vzduch na opačné straně od vtoku. Není-li umožněno vzduchu uniknout, vzniká nedotečený výstřik. K této vadě může dojít i při nízké teplotě formy nebo malé dávce polymeru.

Při určitých technologických parametrech a vnějších tloušťkách stěn výstřiku vzduch, který nemohl uniknout, vnikne do taveniny a při ochlazování vytvoří bubliny. Bubliny vzniklé nedostatečným odvzdušněním od bublin vzniklých jiným způsobem, lze rozeznat tak, že

jsou rozloženy na protilehlé straně vtoku. Bubliny vzniklé například z důvodu vlhkosti polymeru nebo přehřátím jsou naopak téměř rovnoměrně rozptýleny v celém objemu výstřiku. [15]

3.7 Materiály forem

Vstřikovací forma je nákladný celek sestavený z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiku se vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Důležitým aspektem je materiál forem, který je ovlivněn podmínkami výroby, jež jsou určeny:

- druhem vstřikovaného polymerního materiálu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem. [13]

Pro výrobu forem se používají materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře a mají univerzální rozsah použití. Takové druhy představují:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovu (Cu, Al, ...),
- ostatní materiály (tepelně izolační, tepelně vodivé). [13]

Oceli jsou nejvýznamnějším druhem používaných materiálů pro výrobu forem. Svou pevností a ostatními mechanickými vlastnostmi těžko nacházejí alternativu. Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci, proto vyžadují specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr musí odpovídat funkci součásti, s ohledem na opotřebení a požadovanou životnost. [13]

Od materiálu vhodných pro výrobu forem se očekává:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobiteľnosť,
- dobrá tepelná zpracovatelnost (cementování, kalení, nitridování, atd.). [13]

Z technologického hlediska výroby výstřiku má materiál dále zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou lešitelností a obrusitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům polymeru,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměru a minimálními deformacemi při kalení. [13]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zadání bakalářské práce:

- vypracujte literární studii na dané téma,
- proveďte konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílu,
- proveďte konstrukci 3D modelu vstříkovací formy,
- nakreslete sestavu formy s kusovníkem.

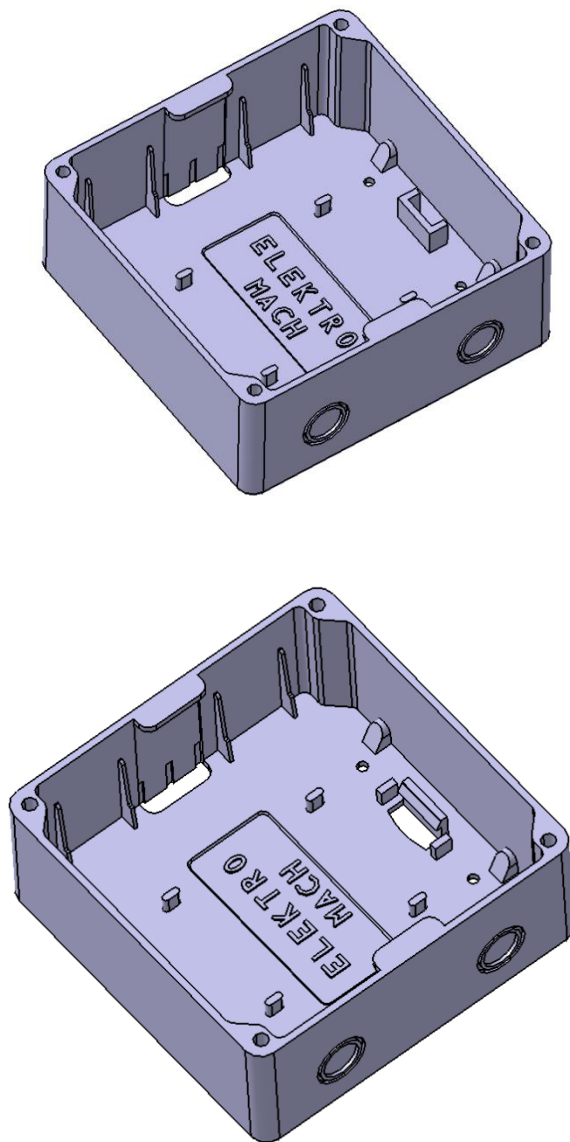
Literární studie má za úkol teoreticky přiblížit problematiku vstříkování, rozdělení materiálů určených ke vstříkování a rozbor jednotlivých částí formy.

Úkolem praktické části bylo vymodelování 3D dílu plastového výrobku. Výchozím modelem je reálný výrobek. Jedná se o elektroinstalační krabici. K tomuto výrobku byl navržen 3D model vstříkovací formy s 2D výkresovou dokumentací a kusovníkem.

Návrhy a konstrukce vstříkovací formy byly vytvořeny pomocí softwaru CATIA V5R19 a modulu s normáliemi firmy HASCO.

5 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaným dílem je elektroinstalační krabice určená k rozvodu elektrických vodičů. Rozměry výrobku jsou 100x100x40 mm a hmotnost 0,056 kg. Ze stran rozvodných krabic jsou umístěny výřezy pro případné individuální vyříznutí otvorů pro vedení vodičů.



Obr. 24 3D model výrobku

5.1 Materiál vstřikovaného výrobku

Materiál výstřiku byl zvolen polypropylen plněný z 30% skelnými vlákny od firmy LPM s.r.o. s označením PP GF30. Jedná se o termoplastický polymer ze skupiny polyolefinů. Odolává teplotám až do 160°C, má vyšší houževnatost a modul pružnosti. Typickou vlastností je nízké smrštění a vyšší anizotropie.

Tab. 2 Vlastnosti materiálu [17]

Hustota:	1,12 [g/cm ³]
Napětí na mezi kluzu:	100 [MPa]
Mez pevnosti v ohybu:	135 [MPa]
Modul pružnosti v tahu:	7000 [MPa]
Teplota tavení popř. zesklivatění:	165 [°C]
Tažnost:	3,4 [%]
Teplota taveniny:	240 – 300 [°C]
Teplota formy:	20 – 90 [°C]
Vstřikovací tlak:	70 – 130 [MPa]

5.2 Volba vstřikovacího stroje

Ke vstřikování dílu byl zvolen stroj od německé firmy Arburg typ Allrounder 570 S na základě zjištění technických údajů jako je např. objem dávky, vzdálenost mezi sloupky a velikost upínací desky, které zcela vyhovují rozměrům navržené vstřikovací formy.



Obr. 25 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 570 S [16]

Tab. 3 Parametry uzavírací jednotky [16]

Uzavírací síla:	2200 [kN]
Vzdálenost mezi sloupky:	570x570 [mm]
Velikost upínací desky:	795x795 [mm]
Vyhazovací síla:	70 [kN]
Zdvih vyhazovače:	200 [mm]

Tab. 4 Parametry vstříkovací jednotky [16]

Průměr šneku:	40 [mm]
Poměr šneku:	20 [L/D]
Objem dávky:	201 [cm ³]
Vstříkovací tlak:	2000 [bar]
Přítlačná síla trysky:	60 [kN]
Objem násypky:	50 [l]

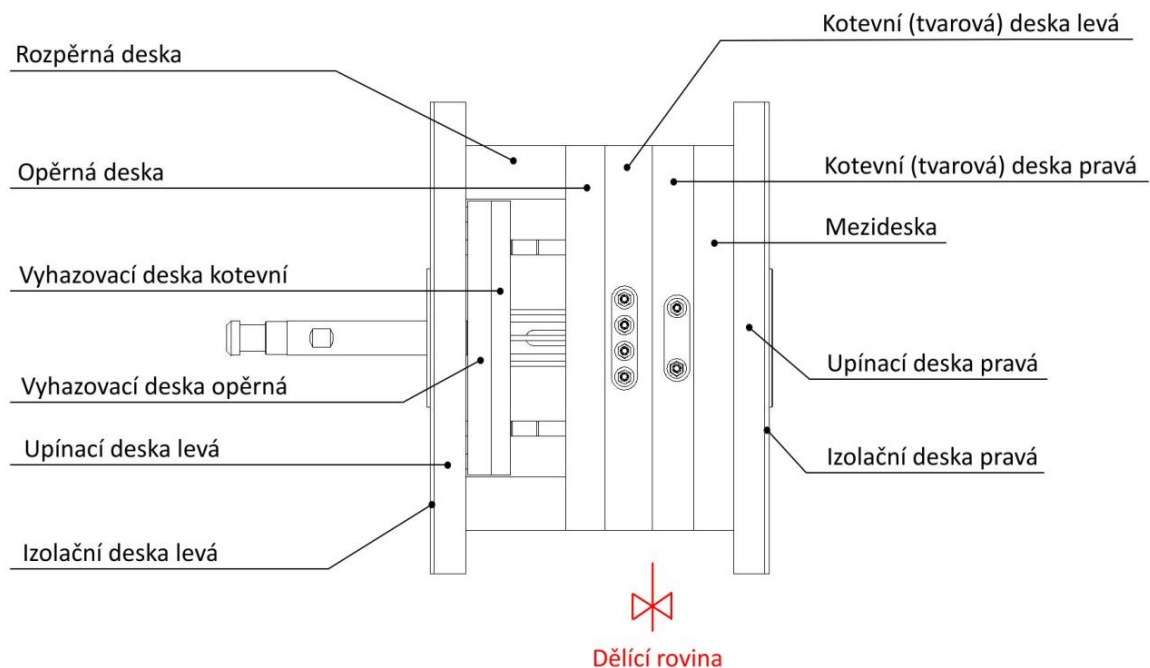
6 KONSTRUKCE FORMY

Při konstrukci vstřikovací formy musí být brán zřetel na složitost vyráběného dílu a jednoduchost formy. Použitím normalizovaných dílů od firmy Hasco se snižují náklady na výrobu formy a tím i její složitost. Vstřikovací forma je volena jako dvojnásobná s horkým vtokovým systémem pomocí rozvodného bloku s dvěma tryskami.

6.1 Rám vstřikovací formy

Rám vstřikovací formy je sestaven z desek, které jsou vyobrazeny na následujícím obrázku (obr. 26). Upínací desky zároveň s deskami izolačními jsou o rozměrech 596 x 546mm. Ostatní desky jsou s rozměry 596 x 446 mm. Tloušťka desek je uzpůsobena vzhledem k součástem uvnitř jich uložených.

Celkové rozměry rámu formy jsou 596 x 546 x 393,2 mm (v x š x d).



Obr. 26 Popis desek rámu vstřikovací formy

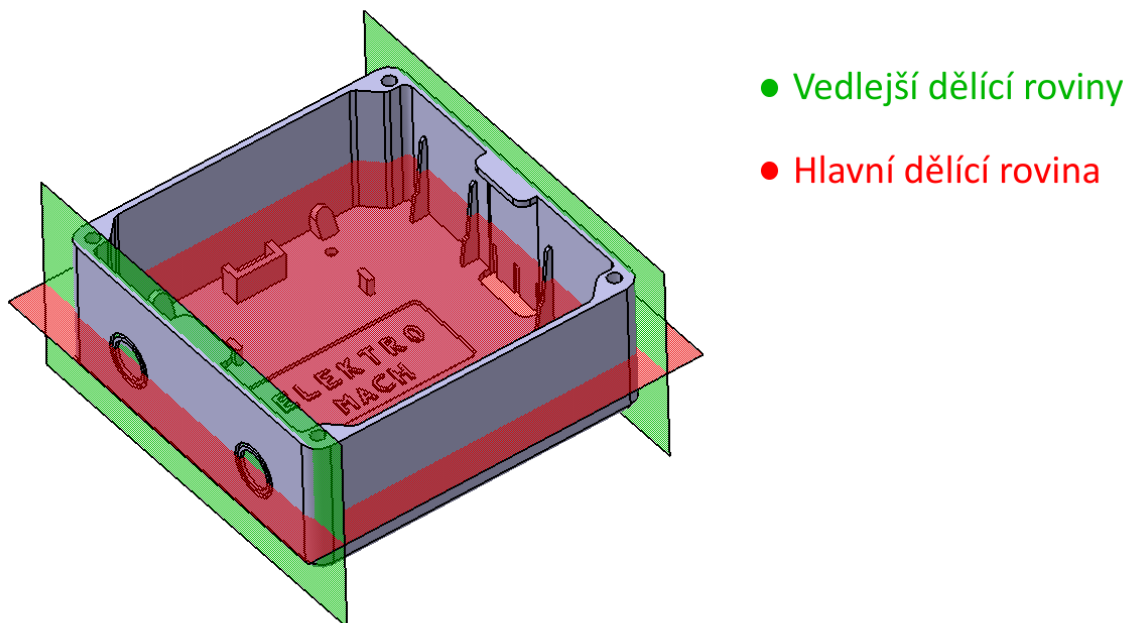
6.2 Násobnost formy

Při volbě násobnosti formy jsou důležité aspekty, jako je přesnost výstřiku, či jeho složitost. Vzhledem ke kvalitě výrobku je vhodné volit co možná nejmenší násobnost formy. Naopak pro ekonomickou výrobu je vhodná násobnost co největší. U co nejmenší násobnosti se zvyšuje doba potřebná k vyrobění daného množství kusů, u největší násobnosti se doba zkracuje, ale vznikají tím větší náklady na výrobu formy a je třeba využít výkonnější vstříkovací stroj.

6.3 Dělicí rovina

Vzhledem ke složitosti výrobku bylo nutné zvolit tři dělicí roviny – jednu hlavní a dvě vedlejší. Hlavní dělicí rovina slouží k tomu, aby výrobek po otevření formy zůstal na její levé straně a bylo možné jej vyhodit z dutiny formy za pomoci vyhazovacích kolíků.

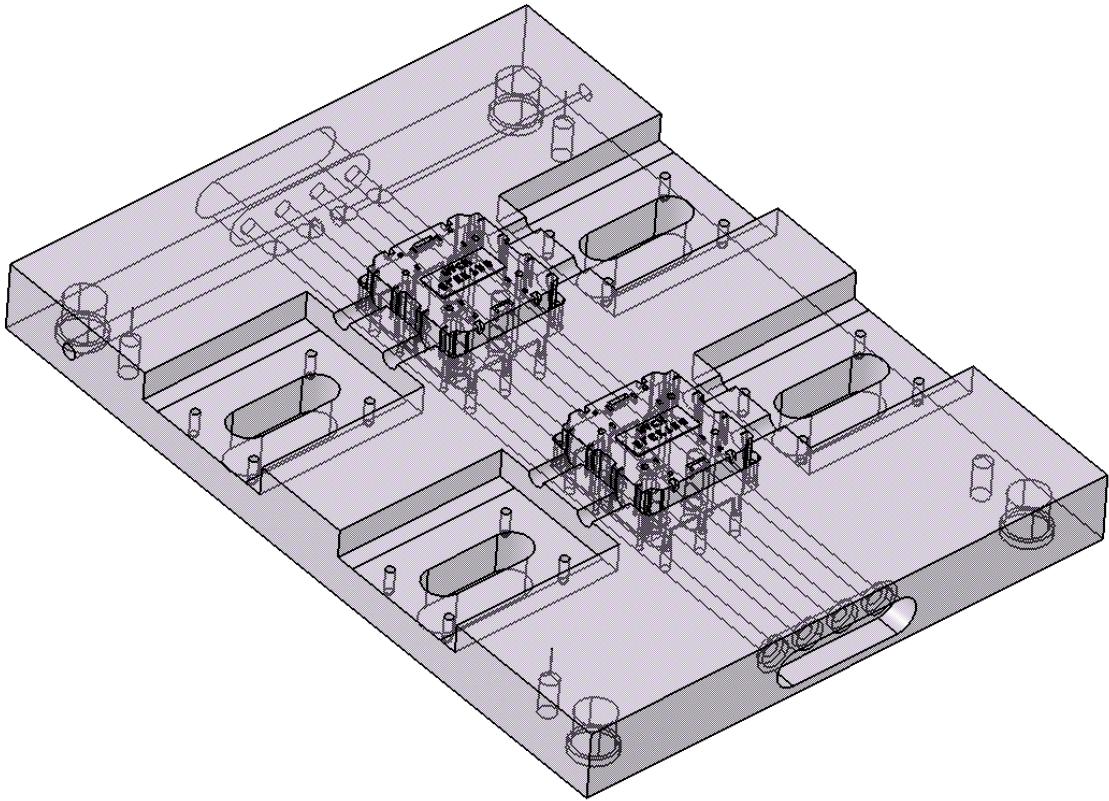
Vedlejší dělicí roviny jsou dána vnějšími výřezy na stěně výrobku, kterým určují tvar posuvná jádra, mají osu kolmou k ose formy a za běžných okolností by nebylo možné klasické odformování.



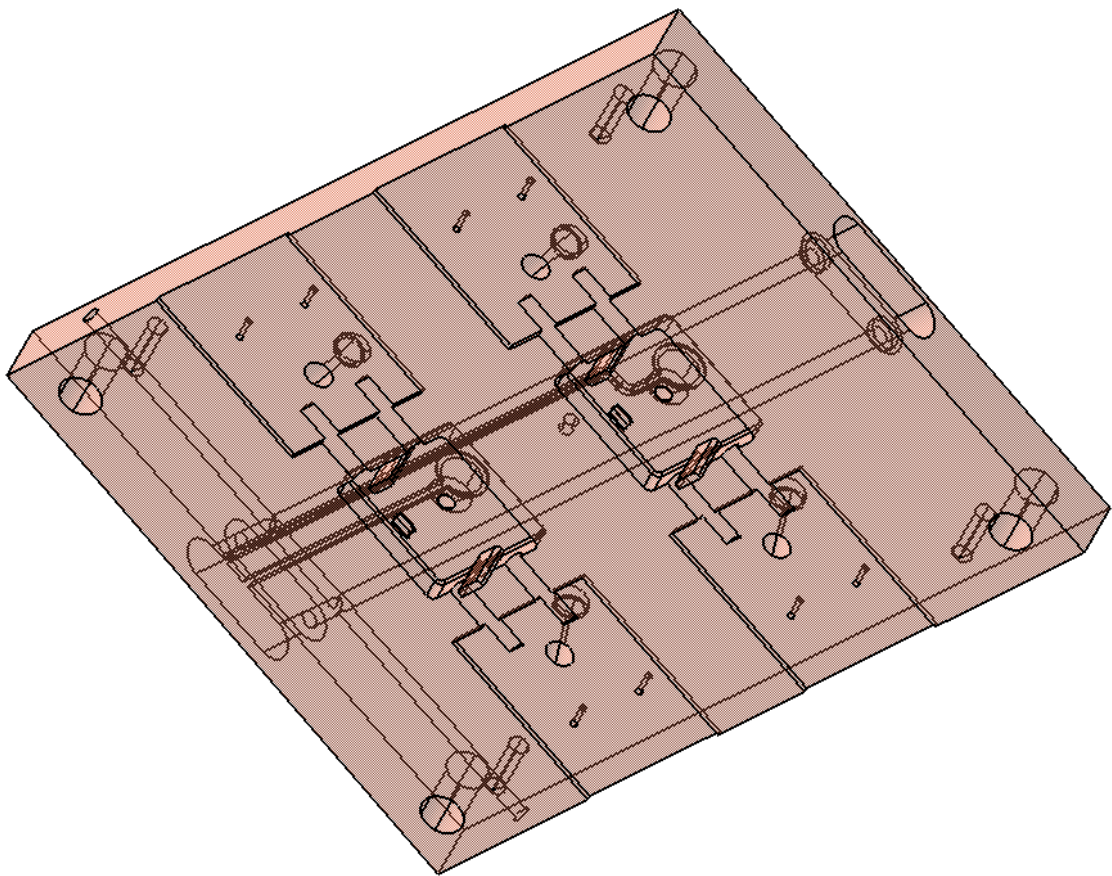
Obr. 27 Hlavní a vedlejší dělicí roviny

6.4 Tvarové díly formy

Po uzavření formy tvoří dutinu tvarové desky, neboli tvárník na levé straně formy a tvárnice na pravé straně formy. Dutina formy je negativem vyráběného dílu. Tvárník je vyřešen tak, že po vstříknutí polymeru a otevření formy zůstává výstřik v dutině tvárníku, následně je vyhozen vyhazovacími kolíky. Tvárník je taktéž tvořen posuvnými jádry a temperačním systémem, kterým proudí chladicí médium – voda, která ochlazuje tvarovou desku. Součástí tvárnice jsou zámky posuvných jader, šikmé čepy, otvory pro uložení horkých trysek z rozvodného bloku a také temperační systém, který má stejnou úlohu jako v případě tvárníku. Obě tvarové desky jsou vyrobeny z nástrojové oceli třídy 1.2343 a následně cementovány a kaleny, aby byly dlouhodobě schopny odolávat podmínkám při samotném vstříkování.



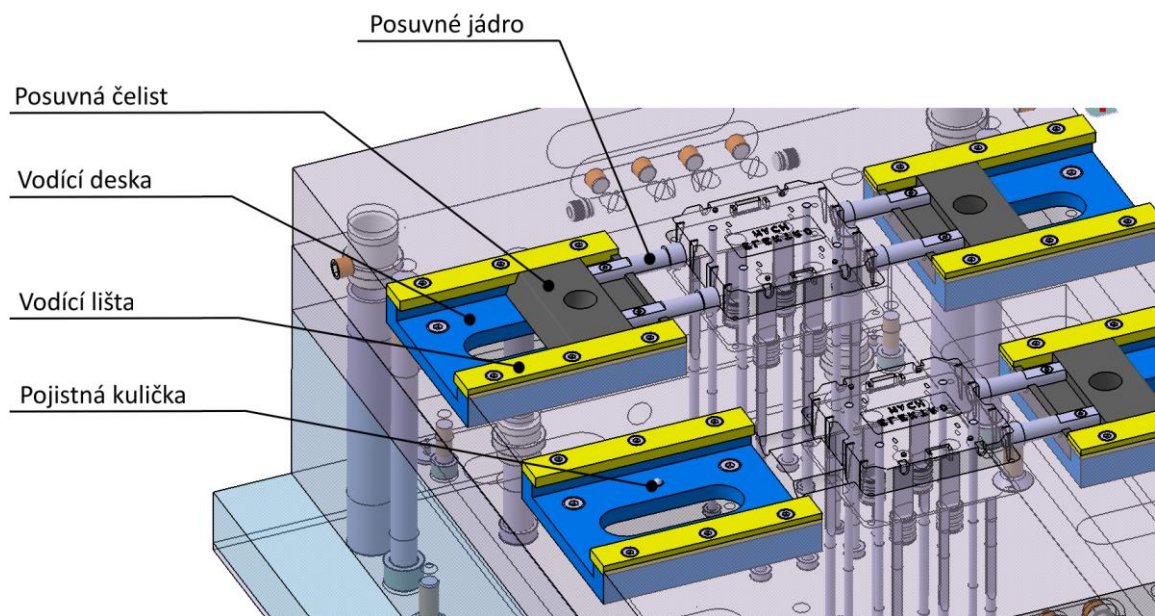
Obr. 28 Kotevní (tvarová) deska levá - tvárník



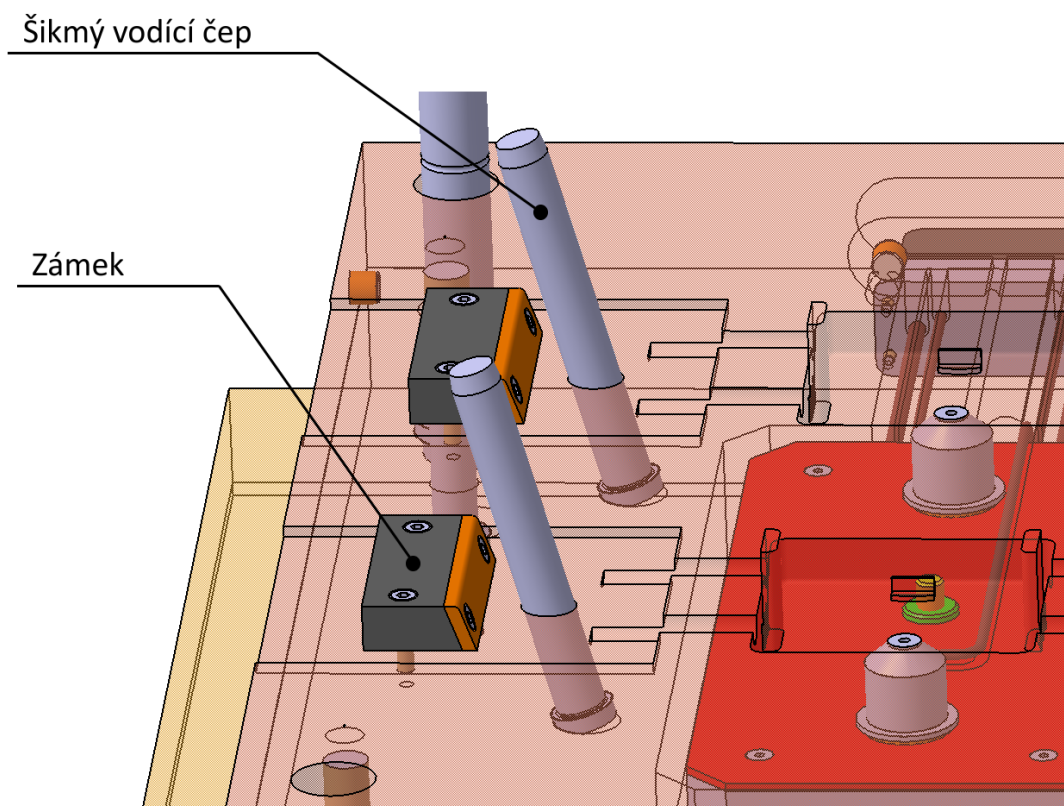
Obr. 29 Kotevní (tvarová) deska pravá - tvárnice

6.5 Posuvná jádra

Posuvná jádra slouží k zaformování čtyř bočních výřezů na stěně výrobku. Při otevírání formy se jádra pohybují axiálně po vedení, díky šikmým čepům, po kterých jsou vedeny, až do momentu, kdy jsou v otevřené poloze zastavena pojistnou kuličkou, která zapadá do výřezů v čelistích. Po odjetí jader je možné vyhození výstřiku. Pro tvarová jádra byla nutná výroba vodících drážek v tvárníku pro jejich posuv. Při vstřikování nastávají v dutině vysoké tlaky, a tak je nutné zajištění zavřené polohy proti případnému posunutí tvarových jader. To je řešeno pomocí zámku, který je umístěn na pravé straně formy, tj. na tvarové desce – tvárnici. Materiál posuvných jader je volen stejně, jako materiál tvarových desek, a to nástrojová ocel třídy 1.2343.



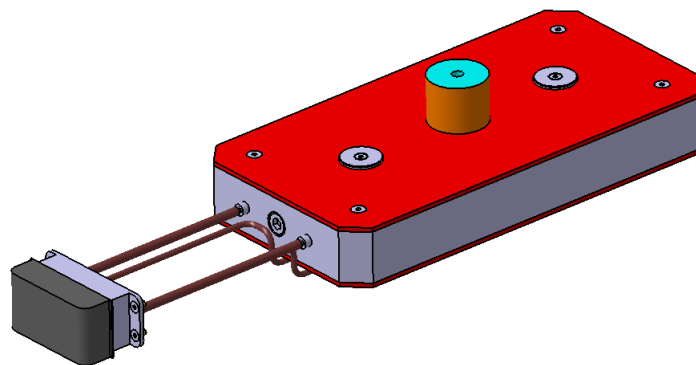
Obr. 30 Pohled na posuvný mechanismus tvarových jader – levá strana



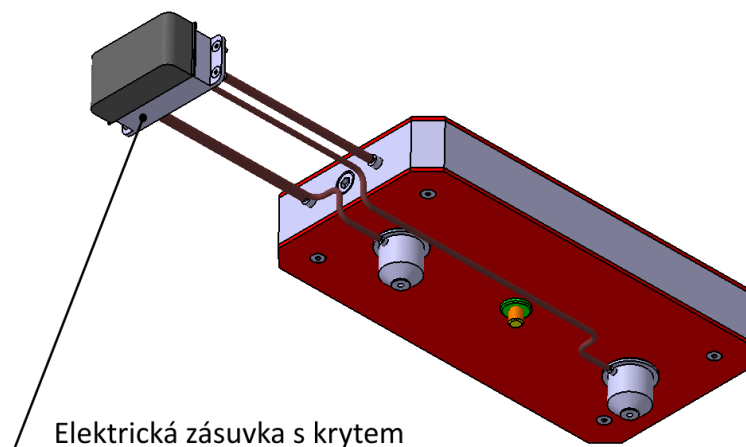
Obr. 31 Pohled na šikmé čepy a zámky – pravá strana

6.6 Horká vtoková soustava

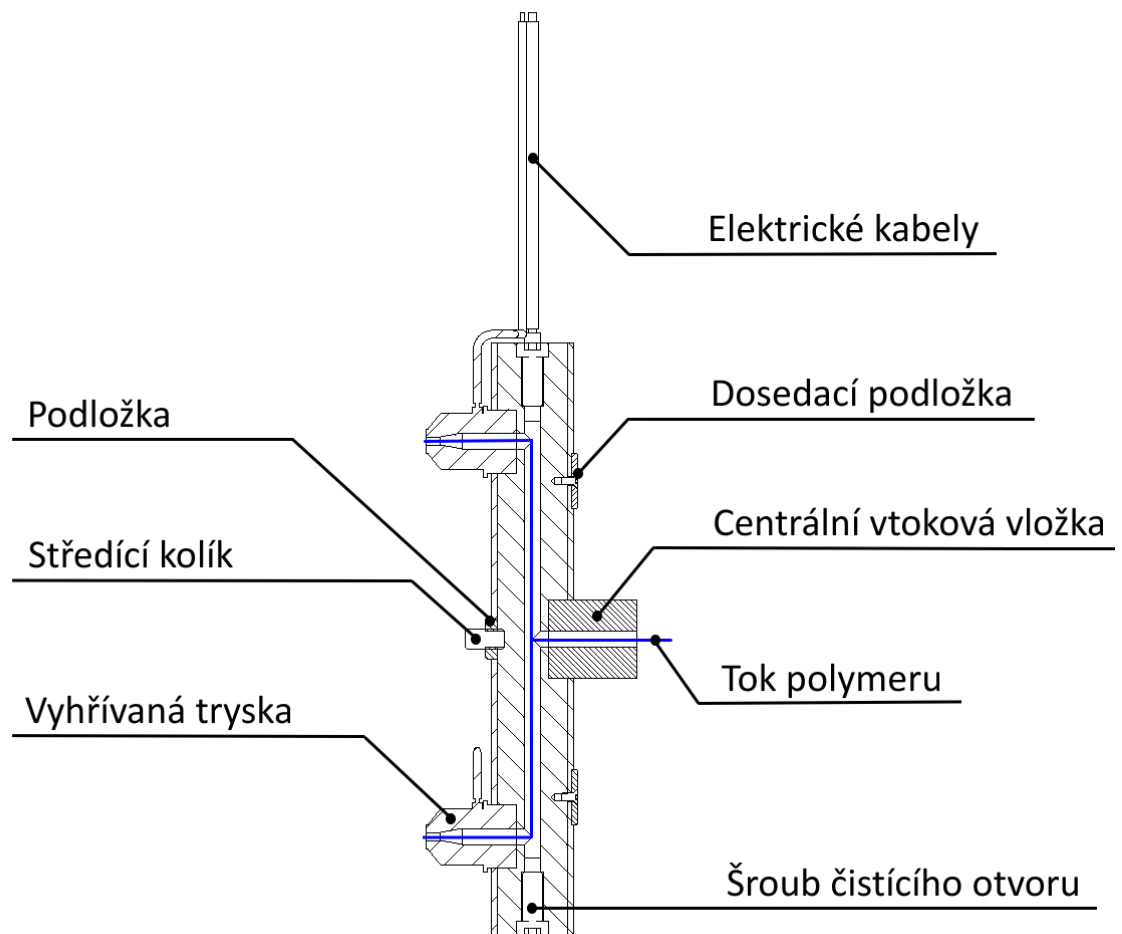
Kvůli nežádoucímu materiálovému odpadu byla zvolena horká vtoková soustava, neboli horký rozvodný blok, kterým je tento odpad eliminován. Rozvodný blok a horké trysky jsou umístěny do mezidesky mezi tvarovou deskou (tvárnici) a pravou upínací deskou, tam je vystředěn a zabezpečen kolíkem proti pootočení. Součástí rozvodného bloku jsou dvě horké trysky, které plní dutinu formy taveninou. Roztavený polymer proudí ze vstřikovací jednotky do centrální vtokové vložky přes rozvodné kanálky uvnitř bloku až do horkých trysek. Na opačné straně rozvodného bloku, oproti tryškám, jsou situovány dvě dosedací podložky. Ty plní funkci zachycování vstřikovacích tlaků působících na formu a k vytvoření vzduchové mezery. Šrouby z horní a dolní strany bloku jsou určeny k čištění rozvodných kanálků od zatvrdlého polymeru. Součástí horké vtokové soustavy je také elektrická zásuvka, která je propojena elektrickými kabely s rozvodným blokem a horkými tryškami.



Obr. 32 Rozvodný blok – pohled shora



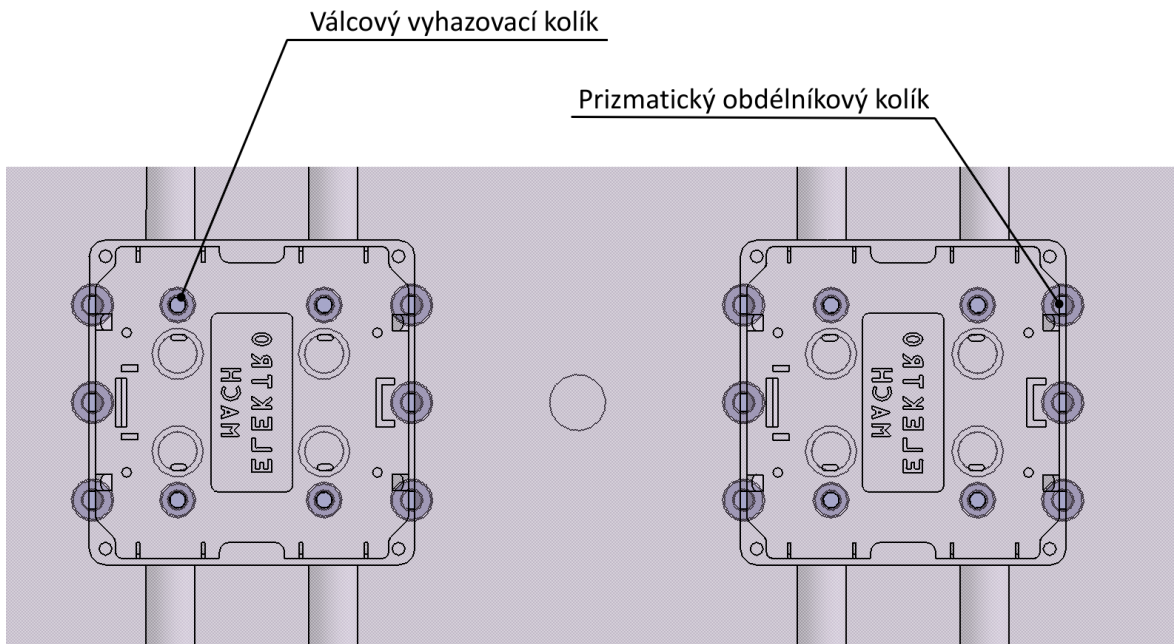
Obr. 33 Rozvodný blok – pohled zespod



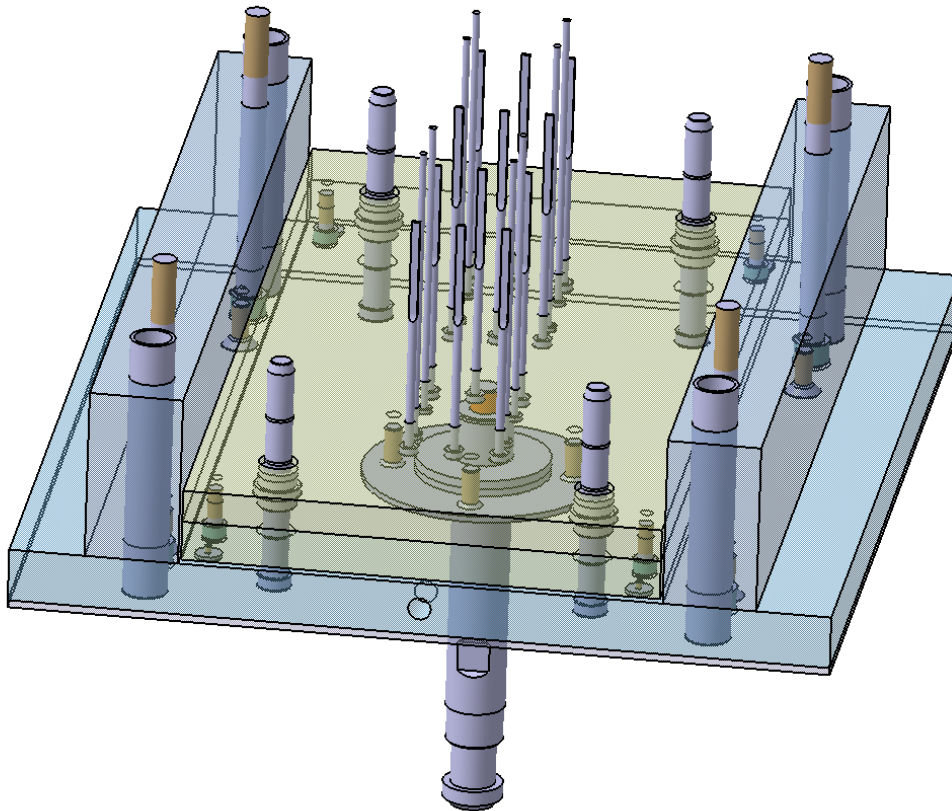
Obr. 34 Řez rozvodným blokem

6.7 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém má za úkol vyhození výstřiku z dutiny formy z levé tvarové desky (tvárníku). To se děje pomocí vyhazovacích kolíků, které jsou rozmístěny na vnitřní horní stěně výrobku a spodní hraně stěny. Je použito 8 ks válcových vyhazovacích kolíků a 12 ks obdélníkových prizmatických kolíků. Jejich rozmístění je vyobrazeno na následujícím obrázku. Všechny vyhazovací kolíky jsou ukotveny ve vyhazovacích deskách, které jsou vedeny po čtyřech vodících čepích. Velikost vyhazovacího zdvihu musí být minimálně tak velká, jako je výška vyrobeného dílu. Díl je vysoký 40 mm a maximální velikost vyhazovacího zdvihu, která je dána formou, je 64 mm, tudíž velikost zdvihu pro vyhození je dostatečná.



Obr. 35 Druhy vyhazovacích kolíků a jejich rozmístění



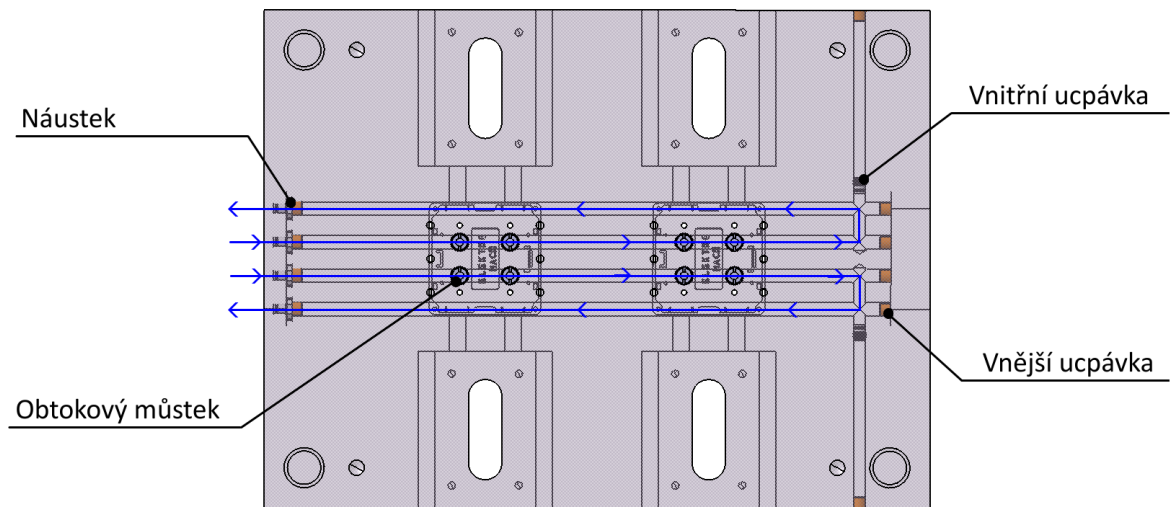
Obr. 36 Celkový pohled na vyhazovací systém

6.8 Temperační systém

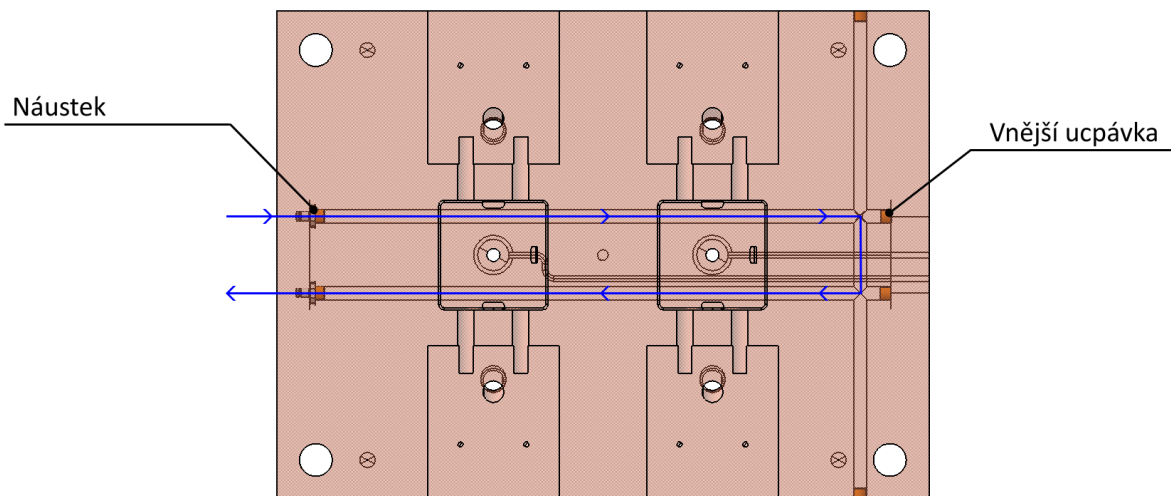
Temperačním médiem je voda díky své ekonomičnosti i ekologičnosti a celý temperační systém je veden temperačními kanálky tvárníkem i tvárnicí a má za úkol odvést předané teplo z taveniny polymeru deskám vstříkovací formy. Průměr kanálků je 12mm.

Uvnitř tvárníku jsou vedeny dva temperační okruhy, které spolu nejsou propojeny. U obou okruhů je použito obtokových můstků z důvodu rovnoměrného vyplnění tvarové desky chladícím médiem uvnitř kanálků. Oba temperační okruhy je možné vyčistit díky uzavíracím šroubům umístěným na bočních stranách formy.

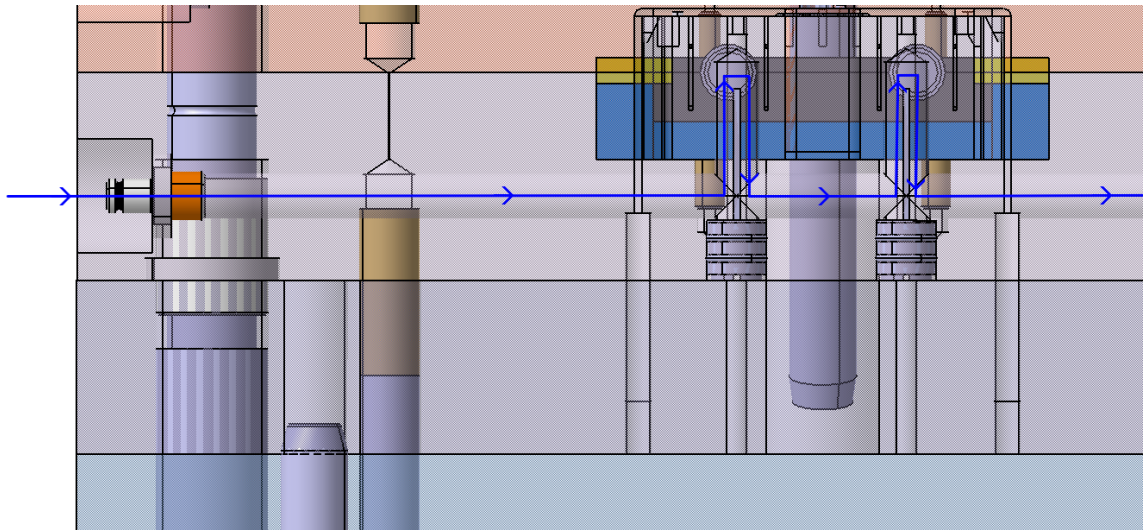
Tvárnice obsahuje jeden temperační okruh, který je konstruován vzhledem k rozmístění otvorů pro vyhřívané trysky. Součástí temperačního okruhu tvárnice jsou taktéž uzavírací šrouby, je tedy také možnost jejich vyčištění.



Obr. 37 Temperační systém levé strany formy – tvárník



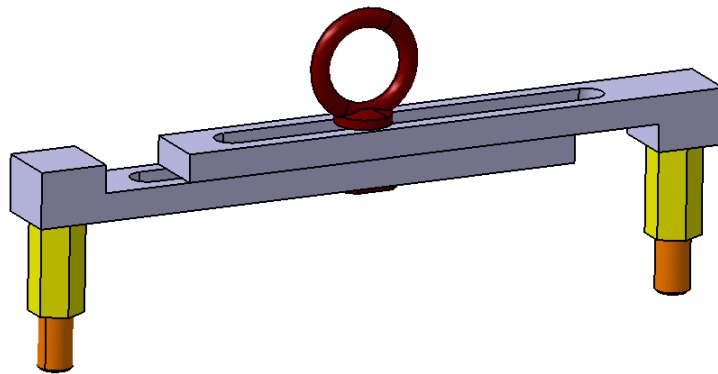
Obr. 38 Temperační systém pravé strany formy – tvárnice



Obr. 39 Temperační systém levé strany formy – obtokové můstky

6.9 Transportní systém formy

Manipulace se vstříkovací formou je řešena pomocí transportního můstku, jehož součástí je oko, které slouží k uchopení celé formy hákem. Můstek je nastaven kvůli elektrické zásuvce rozvodného bloku a horkých trysek, takže nemůže dojít ke kolizi.



Obr. 40. Transportní sestava

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Hlavním bodem této bakalářské práce bylo zkonstruování vstřikovací formy pro plastový díl, jímž je elektroinstalační krabice o rozměrech 100x100x40 mm a hmotnosti 0,056 kg, která je zhotovena z materiálu polypropylen, jenž je plněn 30% skelnými, které dopomáhají odolnosti vysokým teplotám až do 160°C, vyšší houževnatosti a modulu pružnosti.

Při navrhování vstřikovací formy bylo za úkol použít co největšího počtu normalizovaných dílů z důvodu méně náročnější výrobnosti celé formy díky stavebnicovému uspořádání. Vstřikovací forma byla navržena jako dvojnásobná v kombinaci dvou horkých trysek a rozvodného bloku, a to proto, aby bylo dosaženo vyšší produktivity výroby. Všechny desky formy jsou ze stejného materiálu mimo desky kotevní neboli tvarové, z důvodu kontaktu desek s roztaveným materiálem. Kotevní (tvarové) desky jsou z nástrojové oceli třídy 1.2343, jenž jsou následně cementovány a kaleny pro dlouhodobé odolávání vysokým teplotám při vstřikování polymeru. K chlazení těchto dvou desek slouží temperační kanálky, které jsou zkonstruovány tak, aby rovnoměrně odváděly teplo, které prostupuje z taveniny do desek formy. Na stěně vyráběného dílu, jsou díky tvarovým jádrům umístěným na posuvných čelistích zhotoveny výřezy pro pozdější snazší vyříznutí otvorů do stěny elektroinstalační rozvodné krabice pro vedení elektrických kabelů. Tvarová jádra se během otevírání formy axiálně posouvají po vedení směrem od stěny výrobku, v dané poloze se posuvné čelisti pohybující se po šikmých čepech zajistí pojistnou kuličkou, v tento moment je možné bezpečné odformování bez případných kolizí. Celý výrobek je ze stroje vyhozen vyhazovacím systémem, v kterém je upevněno 8 ks válcových vyhazovacích kolíků a 12 ks obdélníkových prizmatických kolíků. Při otevřené formě se celý vyhazovací systém posouvá směrem k výrobku, který je stále uvnitř dutiny tvarové desky, posuv je kolmý na čelo desky a tím je výrobek z formy vyhozen. Následně se forma zavírá, posuvné čelisti s tvarovými jádry se posouvají zpět k vedlejší dělicí rovině, následuje další plastikace dávky polymeru a dochází k opakování celého děje vstřikování.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro výrobu daného dílu tak, aby byla výroba co nejekonomičtější a nejefektivnější, proto také byl zvolen horký vtokový systém z důvodu odstranění vtokových zbytků a dvojnásobná vstřikovací forma. Okolí dutiny formy je chlazeno pro dokonalý odvod tepla, jenž vzniká při vstřikování. Pro vstřikovaný díl byl zvolen materiál polypropylen s obsahem 30% skelných vláken.

Model výrobku, vstřikovací forma i výkresová dokumentace byla vytvořena v softwaru Catia V5R19. Bylo využito co největšího počtu normalizovaných součástí od firmy Hasco, které software umožňuje vkládat, tím je usnadněna veškerá konstrukce formy.

Veškerá konstrukční řešení jsou blíže rozebrána v jednotlivých kapitolách.

Součástí bakalářské práce je také CD s 3D daty a výkresová dokumentace s kusovníkem ve hmotné podobě, jež jsou uschovány v kapse vazby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [2] *Vstřikování plastů* [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupný z WWW:
< http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm >
- [3] *GUMEX* [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupný z WWW:
< <http://www.gumex.cz> >
- [4] *STANĚK, M.* přednášky T5KF
- [5] LENFELD, P. *Technologie II. -Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupná z www:
< http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm >
- [6] *Vstřikování plastů* [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupný z WWW:
< http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm >
- [7] NEUHAUSL, E. *Vstřikování plastických hmot*. Praha: SNTL, 1973. 206 s.
- [8] GOODSHIP, V. *Practical Guide to Injection Moulding*. Shropshire, UK: Rapra Tech. Ltd. and ARBURG Ltd, 2004. 202s. ISBN 1-85957-444-0
- [9] *Tváření forem a výroba plastů II.* [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupný z WWW:
< <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/> >
- [10] ROSATO, D. V., ROSATO, D. V., ROSATO, M. G. *Injection Molding Handbook (3rd Edition)*. NYC, NY, USA: Springer - Verlag, 2000. 1485s. ISBN 978-0-7923-8619-3.
- [11] OSSWALD, T. A. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich, Germany: Carl Hanser Publishers, 2008. 764 s. ISBN 978-3-446-40781-7.

- [12] *HASCO - Products*. [online]. [cit. 2015-01-11]. Dostupný z WWW:
<<http://www.hasco.com/index.php/gb/Products/Standards/Z-Standards/Cold-runner-components/Hot-runner-nozzle-Standard-Shot-Z104G> >
- [13] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [14] *CECHO – Normalizované díly pro formy* [online]. [cit. 2015-01-18].
Dostupný z WWW:
<<http://www.cecho.cz/cs/soubory-ke-stazeni/46/fcpk-bytow-normalizovane-dily-pro-vyrobu-a-opravy-forem-na-vstrikovani-plastu> >
- [15] *Vstřikovací formy* [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupný z WWW:
<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf >
- [16] *Arburg* [online]. [cit.2015-5-14]. Dostupný z www: <<http://www.arburg.com>>
- [17] *LPM s.r.o.* [online]. [cit.2015-5-19]. Dostupný z www: <<http://www.lpm.cz>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvou rozměrný prostor
3D	Tří rozměrný prostor
PS	Polystyren
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PC	Polykarbonát
PMMA	Polymethylmethakrylát
T _g	Teplota skelného přechodu [°C]
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PP 30GF	Polypropylen plněný 30% skelných vláken
PA 6	Polamid 6
T _m	Teplota tání [°C]
UV	Ultrafialové záření
LCD	Displej z tekutých krystalů
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
PET	Polyethyltereftalát
Cu	Chemické označení mědi
Al	Chemické označení hliníku
CD	Kompaktní disk

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Rozdělení plastů.....	12
Obr. 2. Vstřikovací cyklus [4].....	16
Obr. 3. Vstřikovací stroj [6].....	17
Obr. 4. Usazená vstřikovací tryska na vtokové vložce [1].....	18
Obr. 5. 3D vstřikovací forma [9].....	22
Obr. 6. Rozložená forma [9].....	22
Obr. 7. Studený vtok [9].....	24
Obr. 8. Typy uspořádání vtoků [9].....	24
Obr. 9. Průřez vtoků [9].....	24
Obr. 10. Tunelový vtok [9].....	25
Obr. 11. Plný kuželový vtok [10].....	25
Obr. 12. Bodový vtok [10].....	26
Obr. 13. Tunelový vtok [10].....	26
Obr. 14. Boční vtok [10].....	27
Obr. 15. Filmový vtok [10].....	28
Obr. 16. Vyhřívání blok [9].....	29
Obr. 17. Vyhřívání tryska [12].....	30
Obr. 18. Vyhazovací válcový kolík [14].....	31
Obr. 19. Vyhazovací trubkový kolík [14].....	32
Obr. 20. Vyhazovací prizmatický kolík [14].....	32
Obr. 21. Vyhazovací osazený kolík [14].....	33
Obr. 22. Vytáčení jádra [9].....	34
Obr. 23. Chladicí kanály [9].....	36
Obr. 24 3D model výrobku.....	42
Obr. 25 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 570 S [16].....	43
Obr. 26 Popis desek rámu vstřikovací formy.....	45
Obr. 27 Hlavní a vedlejší dělicí rovina.....	46
Obr. 28 Kotevní (tvarová) deska levá – tvárník.....	47
Obr. 29 Kotevní (tvarová) deska pravá – tvárnice.....	48
Obr. 30 Pohled na posuvný mechanismus tvarových jader – levá strana.....	49
Obr. 31 Pohled na šikmé čepy a zámky – pravá strana.....	49
Obr. 32 Rozvodný blok – pohled shora.....	50

Obr. 33 Rozvodný blok – pohled zespod.....	50
Obr. 34 Řez rozvodným blokem.....	51
Obr. 35 Druhy vyhazovacích kolíků a jejich rozmístění.....	52
Obr. 36 Celkový pohled na vyhazovací systém.....	53
Obr. 37 Temperační systém levé strany formy – tvárník.....	54
Obr. 38 Temperační systém pravé strany formy – tvárnice.....	54
Obr. 39 Temperační systém levé strany formy – obtokové můstky.....	55
Obr. 40. Transportní sestava.....	55

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Aktivní temperační prostředky [13].....	37
Tab. 2 Vlastnosti materiálu [17].....	43
Tab. 3 Parametry uzavírací jednotky [16].....	44
Tab. 4 Parametry vstřikovací jednotky [16].....	44

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Materiálový list polymeru
- P II Technický list stroje
- P III Výkresová dokumentace sestavy formy – levý pohled, pravý pohled, řez formou 1, řez formou 2
- P IV Kusovník
- P V CD – bakalářská práce, data k modelu formy a výrobku, výkresová dokumentace, kusovník

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST POLYMERU

Polypropylen s 30 % skleněných vláken (PP GF30)

Zpracováváme tyto materiály následujícími postupy:

Extruze.

Extrudované profily podle výkresů a polotovary podle DIN

Obráběné díly.

Soustr. a frézované díly v kusové a sériové výrobě

Výlisky.

Vstřikované funkční díly do hmotnosti 16.000 g

Termoplastické vypěňování(TVP)Vysoce funkční díly a skříně do hmotnosti 16 kg .

Číslo materiálu		1513	
Hustota	ISO 1183	1,12	g/cm ³

Mechanické vlastnosti

Napětí na mezi kluzu	ISO 527	100	MPa
Tažnost	ISO 527	3,4	%
E-Modul pružnosti v tahu	ISO 527	7000	MPa
Tvrdost podle Brinella	ISO 2039-1	110	MPa
Norma pro Tvrdost podle Brinella		H358/30	
Charpy-vrubová houževnatost při 23 °C	ISO 179/1eA	12	KJ/m ²

Elektrické vlastnosti

Permitivita při 50 Hz	IEC 60250	3	-
Permitivita při 1 MHz	IEC 60250	2,6	-
Dialektrický faktor ztrát při 50 Hz	IEC 60250	10	1E-4
Dialektrický faktor ztrát při 1 MHz	IEC 60250	10	1E-4
Průrazová pevnost	IEC 60243-1	40	kV/mm
Síla pro průrazovou pevnost		1	mm
Specifický průrazový odpor	IEC 60093	1,00E+14	Ohm · m
Povrchový odpor	IEC 60093	1,00E+14	Ohm
Odolnost vůči plazivým proudům CTI	IEC 60112	600	-

Teplotní vlastnosti

Tepelná vodivost	DIN 52 612	0,3	W/K m
Koeficient délkové roztažnosti příčný	ISO 11359	70 -	10 ⁻⁶ /K
Teplota tavení popř. zesklivatění	ISO 11357	165	°C
Tvarová stálost za tepla A	ISO 75 HDT/A (1.8 MPa)	143	°C
Tvarová stálost za tepla B	ISO 75 HDT/B (0,45 MPa)	159	°C
max. teplota krátkodobá		140	°C
max. teplota dlouhodobá		100	°C
min. teplota použití		-30	°C

Jiné vlastnosti

Nasákavost při norm. podmínkách	ISO 62	<0,1	%
Nasákavost při vlhkosti	ISO 62	<0,1	%
Chování při hoření podle UL 94	IEC 60695-11-10	HB	-
Síla pro UL 94		0,8	mm
Průsvitnost (průhledný/průsvitný/průhledný)		průhledný	
Surovina		GB364WG (Borealis)	

Tento datový list RIWETA 4.1 je určen pro Vaši osobní potřebu. V těchto datech jsou udány hodnoty.

Tyto hodnoty jsou ovlivněny podmínkami zpracování. Modifikace, přísady materiálů a okolní vlivy neosvobozují uživatele od vlastních zkoušek a pokusů. Jsou sestaveny na základě současných zkušeností a znalostí. Právní závazná ujištění určitých vlastností či způsobilost pro konkrétní účel nasazení nemůže být z našich údajů odvozena.

Další právní ochrana jakož i stávající zákony a ustanovení jsou od příjemce našich výrobků v jeho vlastní zodpovědnosti.

LPM s.r.o.
Technické díly z plastů
Koněvova 536
CZ-506 11 Jičín

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST STROJE

Technical data

570 S

		570 S									
Clamping unit											
with clamping force		max. kN	1600	2000	2200						
Opening force stroke		max. kN mm	520 650								
Mould height, fixed variable		min. mm	250 ---								
Platen daylight fixed variable		max. mm	900 ---								
Distance between tie bars (w x h)		mm	570 x 570								
Mould mounting platens (w x h)		max. mm	795 x 795								
Weight of movable mould half		max. kg	1400								
Ejector force stroke		max. kN mm	70 200								
Dry cycle time EUROMAP ²	1 pump	min. s - mm	3,1 2,8 - 399								
	2 pumps	min. s - mm	2,4 - 399								
	Accum.	min. s - mm	2,3 - 399								
Injection unit											
			400			800			1300		
with screw diameter		mm	35	40	45	45	50	55	55	60	70
Effective screw length		L/D	23	20	18	22	20	18	22	20	17
Screw stroke		max. mm	160								
Calculated stroke volume		max. cm ³	154	201	254	318	392	474	558	664	904
Shot weight		max. g PS	141	184	232	291	359	434	510	607	826
Material throughput		max. kg/h PS	25	29	35	46	53	59	86	96	115
		max. kg/h PA6.6	12,5	15	17,5	23	27	30	43	48	58
Injection pressure		max. bar	2500	2000	1580	2470	2000	1650	2380	2000	1470
Holding pressure		max. bar	2500	2000	1580	2470	2000	1650	2380	2000	1470
Injection flow ²	1 pump	max. cm ³ /s	128	168	212	138 174	170 214	208 260	---		
	2 pumps	max. cm ³ /s	128	168	212	138 174	170 214	208 260	238	284	388
	Accum.	max. cm ³ /s	492	642	814	530	656	792	714	848	1156
Screw circumferential speed ²	1 pump	max. m/min	47	53	60	45 54	50 60	55 66	---		
	2 pumps	max. m/min	52	60	67	45 54	50 60	55 66	40	43	51
	Accum.	max. m/min	16	19	21	15	17	19	19	21	25
Screw torque		max. Nm	480	550	610	880			1510	1640	1920
Nozzle contact force retraction stroke		max. kN mm	60 400			70 400			90 550		
Heating capacity zones		kW	9,4 5			19,9 8			22,9 8		
Feed hopper		l	50			50			50		
Drive and connection											
			1 pump			2 pumps			Accum.		
with injection unit			400	800		400	800	1300	400	800	1300
Net weight of machine		kg	8350	8650		8350	8650	9850	---		
Emiss. sound press. level DIN EN 201:1997		dB(A)	70 +3			70 +3			70 +3		
Oil filling		l	260			260			390		
Drive power ²		max. kW	30	30		30	30	37	22	30	30
Electrical connection ³		kW	34	53		42	53	63	34	53	55
	Total	A	80	125		100	125	125	80	125	125
	Machine	A	---			---			---		
	Heating	A	---			---			---		
Cooling water connection		max. °C	25								
		min. Δp bar	1,5 DN 25			1,5 DN 25			1,5 DN 25		
Machine type											
with EUROMAP size designation ¹		Drive									
570 S 1600-400 800		1 2 Accum.									
570 S 2000-400 800		1 2 Accum.									
570 S 2200- --- 800 1300		- 2 Accum.									
<p>Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc. All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.</p> <p>1) Clamping force (kN) - large injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar). 2) Specifications depend on drive configuration – the first value applies to lower clamping forces. 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz. [] Specifications apply to alternative equipment.</p>											