

Konstrukce vstřikovací formy pro podvozek in-line brusle.

Martin Charvát

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: **Martin Charvát**

Osobní číslo: **T12113**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstříkovací formy pro podvozek in-line brusle**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete model vstříkovaného výrobku v programu Catia.
3. Vypracujte konstrukční řešení vstříkovací formy v programu Catia.
4. Nakreslete výrobní výkres výrobku a výkres sestavení vstříkovací formy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Adam Škrobák

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

30. ledna 2015

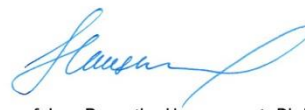
Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 9. února 2015



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: Martin Charvát

Obor: Technologická zařízení

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 22. 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 nevyjádřeně 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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlíží k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Zaměření této bakalářské práce je na provedení konstrukčního návrhu vstřikovací formy na podvozek in-line brusle. První část práce, je věnovaná teoretickému rozboru polymerních materiálů, procesům vstřikování a zásadám konstrukce vstřikovacích forem. Praktická část je založena na modelu podvozku brusle, který je řídicí pro tvarové i ostatní části formy. Konstrukce formy je provedena v softwaru DS Catia s využitím normalizovaných dílů Hasco. Finálním produktem práce je 3D model vstřikovací formy a přidružená výkresová dokumentace.

Klíčová slova: vstřikování, polymer, in-line brusle, Catia

ABSTRACT

The aim of this bachelor's work is design of injection mold for chassis for roller-skate. First part is focused on theoretic analysis of polymer materials, processes of injection and design principles of injection molds. Practical part is based on model of chassis for roller-skate which is major for profiled and other parts of mold. Design of mold is made in software DS Catia with application of normalized parts Hasco. Final product is 3D model of injection mold with drawing documentation.

Keywords: injection molding, polymer, roller-skate, Catia

Při této příležitosti, bych velice rád vyjádřil své poděkování vedoucímu bakalářské práce, inženýru Adamu Škrobákovi za odborné a trpělivé vedení, cenné rady a strávený čas, který mi věnoval při psaní této bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

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

Ve Zlíně 22. 5. 2015

.....

podpis autora

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY	12
1.1 TERMOPLASTY	12
1.1.1 Amorfnní termoplasty	13
1.1.2 Semikrystalické termoplasty	13
1.2 REAKTOPLASTY.....	14
1.3 ELASTOMERY	14
1.4 TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY	14
1.5 OPERACE PŘED ZPRACOVÁNÍM	14
1.5.1 Přísady.....	14
1.5.2 Sušení termoplastů	15
1.5.3 Recyklace plastů.....	16
2 VSTŘIKOVÁNÍ	17
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	17
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	18
2.2.1 Vstřikovací jednotky (VJ).....	19
2.2.2 Uzavírací jednotky	22
2.2.3 Uspořádání vstřikovacích strojů.....	23
2.2.4 Řízení a regulace vstřikovacích strojů	23
2.3 TOK TAVENINY	24
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	25
3.1 KONSTRUKCE FORMY	26
3.2 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	26
3.3 DIMENZOVÁNÍ TVAROVÉ DUTINY	27
3.4 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY	27
3.4.1 Plný kuželový vtok.....	29
3.4.2 Bodový vtok	30
3.4.3 Tunelový vtok	30
3.4.4 Boční vtok	31
3.4.5 Filmový vtok	32
3.5 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (VVS)	32
3.6 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ	34
3.6.1 Válcové vyhazovače.....	34
3.6.2 Stírací deska	35
3.6.3 Šikmé vyhazovací kolíky	36
3.6.4 Dvoustupňové vyhazování	36
3.6.5 Pneumatické vyhazování.....	36
3.6.6 Hydraulické vyhazování.....	37

3.7	TEMPEROVÁNÍ FOREM	37
3.8	ODVZDUŠNĚNÍ.....	38
3.9	MATERIÁLY FOREM.....	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST	41
4	STANOVENÍ CÍLŮ	42
5	PODVOZEK IN-LINE BRUSLE.....	43
5.1	CHARAKTERISTIKA TVARU	44
5.2	VSTŘIKOVANÝ MATERIÁL	44
6	VOLBA STROJE	46
7	POČÍTAČOVÁ PODPORA KONSTRUKCE	47
7.1	DS CATIA V5R19	47
7.2	HASCO DAKO MODUL.....	47
7.3	AUTODESK SIMULATION MOLDFLOW INSIGHT 2014.....	47
8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	48
8.1	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY	48
8.2	ZAFORMOVÁNÍ.....	49
8.2.1	Tvárnice - Tvárník.....	50
8.2.2	Posuvné čelisti.....	51
8.3	VTOKOVÝ SYSTÉM	52
8.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	54
8.5	TEMPERACE.....	54
8.6	ODVZDUŠNĚNÍ.....	55
8.7	MANIPULACE	56
ZÁVĚR		57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		59
SEZNAM OBRÁZKŮ		61
SEZNAM TABULEK.....		63
SEZNAM PŘÍLOH.....		64

ÚVOD

Využití tradičních materiálů jako jsou sklo, dřevo a kovy je v mnoha ohledech nenahraditelné, avšak dnešní doba ukazuje, že i tyto v minulosti nejpoužívanější materiály můžeme nahradit, volbou vhodného polymerního materiálu. Polymerní materiály nacházejí uplatnění v mnoha odvětvích výrobního průmyslu. Pro výrobce jsou hlavně zajímavé z pohledu na jejich mechanické vlastnosti, variabilitu použití a pořizovací náklady.

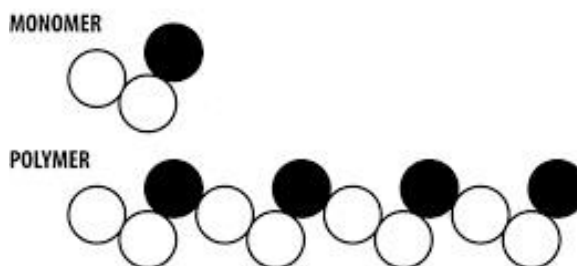
Jak již bylo zmíněno, polymerní materiál je zajímavý svou různorodostí použití a metodami zpracování. Jedna z nejpoužívanějších metod zpracování je vstřikování roztaveného polymeru do kovové formy. Výhoda této technologie spočívá v produkci často až milionových sérií, přičemž rozměry výstřiků zůstávají v určených tolerancích stejné.

Již před nějakou dobou jsme mohli zaznamenat přesun od rýsovacího prkna za stoly s výkonným výpočetním zařízením. Vývojový pokrok samozřejmě zasáhl i oblast konstrukce forem. Řada výrobců softwaru nabízí moduly pro tvorbu a virtuální testy forem. Plus těchto technologií je bezesporu rychlost, efektivnost při samotné tvorbě, případně detekce chyb, které by jiným způsobem, než reálným testem nebylo možné odhalit.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

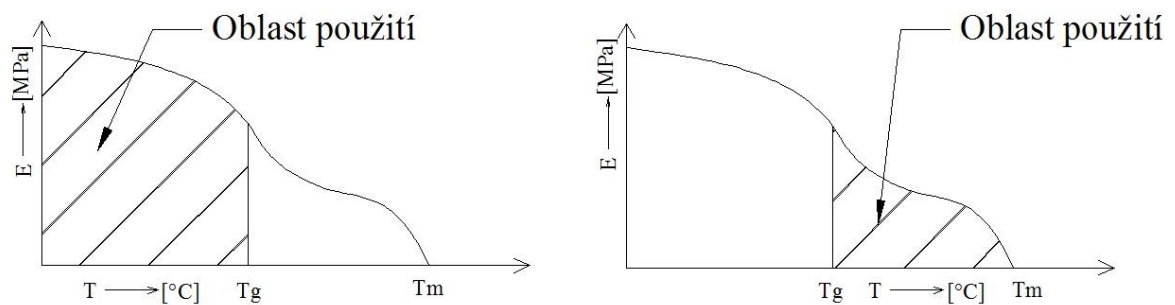
Polymer, jakožto syntetická či organická látka je tvořena makromolekulami. Za vznikem makromolekul stojí opakované spojování základní jednotky – meru. V závislosti na struktuře se polymery dělí na lineární, rozvětvené a síťované. Chemickým složením monomerů a způsob jejich spojení chemickými vazbami určuje chemické a fyzikálně chemické vlastnosti polymeru. Další vlastnosti jsou dány celkovým počtem merů v řetězci, jinak řečeno délkou řetězce. Ve struktuře není zaručeno, že všechny řetězce jsou srovnatelně dlouhé, z toho důvodu charakterizujeme polymery jejich střední molární hmotností a středním polymeračním stupněm. Při zvyšování střední molární hmotnosti polymeru dochází k růstu mechanických vlastností a také ke zvyšování viskozity taveniny. [3]



Obr. 1. Monomer, polymer [10]

1.1 Termoplasty

Ze všech druhů produkovaných polymerních hmot jsou termoplasty v nejčetnějším zastoupení. Termoplasty jsou látky, které za působení tepla přecházejí do viskózního stavu, uvolněním soudržnosti polymerních řetězců. V tomto stavu je s výhodou zpracováváme řadou technologií. Po ochlazení se stávají opět pevnou látkou. Procesem zahřátí, následné ochlazení nedochází k žádným chemickým změnám struktury, proces lze opakovat teoreticky bez omezení. Pokud tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězce tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny, nazýváme je homopolymery. Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin. S ohledem na tuto strukturu dělíme termoplasty na amorfnní a semikrystalické. Do skupiny termoplastů patří např. polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyamid (PA), atd. [1] [4]



Obr. 2. Oblast využití amorfních a semikrystalických polymerů [1]

1.1.1 Amorfní termoplasty

Amorfní tedy neuspořádaná struktura tvořená tzv. statickými klubky makromolekul. Makromolekuly nejsou schopny se při přechodu z kapalné do tuhé fáze scelit do orientovaných skupin. Avšak řetězce jsou k sobě vázány mezimolekulárními silami. Na jejich intenzitě jsou závislé zejména mechanické vlastnosti polymeru. Amorfní polymery se vyznačují menším smrštěním (0,2 až 0,8%), zpravidla jsou transparentní s teplotami použití do teploty T_g . Amorfní plasty, např. PS, SAM, PMMA, PC. [3]

1.1.2 Semikrystalické termoplasty

Části makromolekulárních řetězců jsou schopny se prostorově orientovat a skládat do pravidelné struktury. Skládají se do lamel, což jsou destičkové útvary s tloušťkou cca 10 nm a s plošnými rozměry v řádu mikrometrů. Lamely vyrůstají na sobě dendritickým způsobem a vytvářejí tak větší celky zvané sférolity. Jak je z názvu patrné, tak tyto termoplasty nejsou naprosto krystalické, ale obsahují neuspořádanou amorfni strukturu. Obsah krystalické fáze, velikost a rozložení sférolitů závisí na chemické struktuře polymerů, délce a větvení řetězce. Podle typu polymeru se obsah krystalického podílu pohybuje okolo 90%. V tomto případě jsou mezimolekulární síly vázány na vzdálenost řetězců a uspořádání ve struktuře. Čím větší je krystalický podíl v polymeru tím bude disponovat většími mezimolekulárními silami, které se výrazně projevují na vyšších na teplotě méně závislých mechanických vlastnostech polymeru. Krystalická fáze má vyšší hustotu než amorfni. Při krystalizaci dochází ke zmenšování objemu a tím k následnému většímu smrštění. Smrštění se pohybuje okolo (1 až 3,5%). Semiskrystalické plasty jsou obvykle neprůhledné, jejich tepelná odolnost je vysoko nad teplotou T_g , mezi tyto plasty je řadí polyolefiny, POM, PET, PA, atd. [3]

1.2 Reaktoplasty

Polymerní materiály s dřívějším označením termosety, které při první fázi zpracování měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Při tváření vlivem tepla a tlaku vytvářejí příčně spojené chemické vazby, prostorovou síť. Proces vytvrzování je nevratný, přičemž reaktoplasty nelze roztavit ani rozpustit, působením opětovného ohřevu dochází k degradaci. Materiály řadící se do této skupiny jsou na bázi epoxidových pryskyřic, polyesterové hmoty atd. [1] [4]

1.3 Elastomery

Charakteristickým znakem elastomerů je jejich pružná a poddajná forma. Při zpracovatelských teplotách rovněž síťuje chemickou cestou, avšak tento proces se nazývá vulkanizace. V obvyklých případech vulkanizujeme na 90% chemických změn. Vulkanizace je rovněž jako síťování u reaktoplastů nevratným dějem. Mezi nejběžnější typy elastomerů můžeme zařadit např. polybutadienové kaučuky, isoprenové kaučuky, atd. [1; 4]

1.4 Termoplastické elastomery

Materiály, v nichž jsou elastické polymerní řetězce (zvulkanizované) integrovány do polymerní matice. Integrace není chemické povahy, je pouze fyzikální v podobě směsi. V současné době existuje široký sortiment různých druhů termoplastických elastomerů, mezi které řadíme např. termoplastické polyolefiny (TPE-O), termoplastický polyamid (TPE-A), atd. [3]

1.5 Operace před zpracováním

Základní polymery připravené jednou z polymerací, při níž přechází chemickou cestou monomerní jednotky na makromolekulární látky – polymery, obvykle nelze zpracovat okamžitě zpracovat ve finální produkt. Pro získání potřebných vlastností je žádoucí polymer obohatit o řadu přísad. [3]

1.5.1 Přísady

- Plniva je možné rozdělit na skupinu nevyztužujících plniv, která obvykle nevyvolávají výraznou anizotropii smrštění a v určitých případech smrštění snižují. Druhou skupinu tvoří vyztužující plniva, jejich vliv na smrštění a anizotropii je

výrazný. U vláken poměrem délky k průměru charakterizujeme vyztužení. O vyztužujícím efektu hovoříme při poměru 10:1.

- Termooxidační stabilizátory zajišťují vyšší tepelnou odolnost výstřiku a zaručují nižší náchylnost ke stárnutí materiálu.
- UV stabilizátory zamezují degradačním účinkům slunečního záření, prodlužují životnost výstřiku proti atmosférickému stárnutí.
- Změkčovadla používaná nejčastěji u PVC ke zvýšení houževnatosti, ohebnosti a snížení tuhosti a tvrdosti zchladlého polymeru.
- Lubrikanty zvyšují tekutost taveniny a lesk výstřiku, snadnější od formování.
- Retardéry hoření snižují hořlavost termoplastu a také příznivě ovlivňují výdrž taveniny na teplotě zpracování.
- Nukleační činidla modifikují rychlost krystalizace a tím ve svém důsledku zkracují vstřikovací cyklus.
- Pigmenty a barviva dávají polymernímu materiálu barevný odstín, jsou v polymerech nerozpustné, podle původu jsou anorganické, organické a bronze (kovové prášky), mohou působit též jako nukleační činidla. Různá barviva aplikovaná na stejný polymer mohou vyvolat různé hodnoty smrštění, v důsledku nukleačních činidel.
- Barevné koncentráty jsou v základu tvořeny granulátem, který obsahuje 20x až 100x více pigmentů a barviv než původní granulát. Odstíny jsou dány vzorníkem RAL. Koncentrát se dávkuje univerzálními vosky z PE nebo je namíchán a zgranulován přímo na polymeru, který bude obarvovat, což je výhodnější, protože nejsou ovlivněny vlastnosti výstřiku. [3]

1.5.2 Sušení termoplastů

Neméně důležitým parametrem zpracování je suchost vstřikovaného materiálu, protože většina termoplastů absorbuje vlhkost ze vzduchu. Při použití suchého granulátu se vyvarujeme problémům s vadami výstřiků a to jak skrytých tak povrchových. Skladování granulátu v suchých skladech je samozřejmostí. V zimním období se při převozu granulátu ze skladu na dílnu nechává granulát 24 hodin odstát, aby nedošlo k orosení. Vysušené materiály se obvykle zpracovávají ihned, méně vysušené se musí předsušit. Samotné sušení probíhá v komorových pecích za neustálé cirkulace ohřátého vzduchu, přičemž granulát je rozprostřen na paletách. U vstřikovacích strojů bez vytápěné násypky je nutné

vysušený granulát do 30 minut zpracovat. Jednoduchým způsobem jak zjistit vlhkost granulátu je vložit mezi dvě sklíčka zahřátá na teplotu zpracování 3-4 granule materiálu.

Po rozmáčknutí zkoumáme granulát mezi sklíčky:

- Několik malých bublinek 0,02 – 0,03%
- Četnější bublinky 0,05 – 0,1%
- Větší počet velkých bublinek nad 0,1%

[1]

1.5.3 Recyklace plastů

Mnoho vadných výstřiků, odpad a vtoky vzniklé při vstřikování je možné několikrát zpracovat. Tato vlastnost je často využívána, protože podíl odpadu ku výstřiku bývá často nepříznivý. Takto vzniklý plastový odpad se dále drtí na nožových mlýnech. Recyklovaný materiál je opětovně smíchán s čistým granulátem a je znovu zpracováván. U recyklovaného granulátu se snižují fyzikálně-mechanické vlastnosti i povrchový vzhled. Na transparentní a vysoce namáhané výstřiky je recyklovaný granulát vyloučen. Za běžného provozu se do čistého granulátu přidává 15% recyklovaného materiálu. Při vstřikování nenáročných dílců je možné vstřikovat se 100% recyklátem. Použití filtrů ve vtokové vložce nebo elektromagnetického separátoru zajistíme, aby do dutiny formy nepadly kovové štěpky. [1]

2 VSTŘIKOVÁNÍ

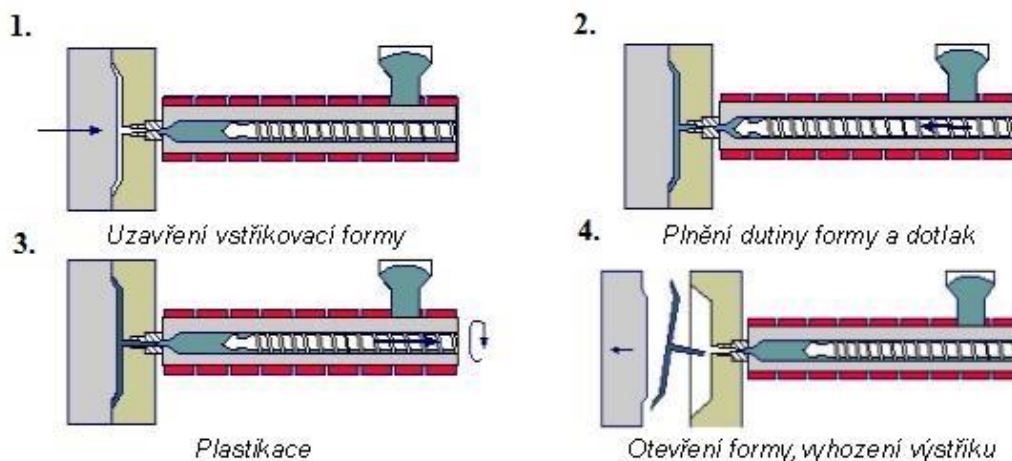
Vstřikování je proces cyklického tváření plastů. Vyznačuje tím, že se zpracovávaný materiál v žádné části cyklu nedostává z termodynamického hlediska do rovnovážného stavu vzhledem k podmínkám, ve kterých se právě nachází.

Vstřikované výrobky považujeme za finální nebo jako polotovary určené k dodatečnému opracování. Produkty vyrobené vstřikováním nazýváme výstřiky. Vyznačují se velmi dobrou tvarovou i rozměrovou přesností a vysokou stálostí mechanických a fyzikálních vlastností. [3] [5]

2.1 Vstřikovací cyklus

Jedná se o neizotermický proces, při kterém prochází polymer teplotní zátěží. Během této zátěže dochází k přesně specifikovaným úkonům, které tvoří cyklus. Za počátek cyklu se považuje impuls k uzavření formy.

Vstřikovací cyklus lze rozdělit na čtyři hlavní fáze, které ovlivňují stav výstřiku a následně i jeho kvalitu.



Obr. 3. Vstřikovací cyklus [5]

- **Plastikační fáze** – základní předpoklad pro úplné naplnění dutiny formy je zajištění teplotní a viskozitní homogenity v dávce taveniny před čelem šneku. Na tom se značně podílí správně nastavené teploty topných pasů na plastikačním válci, zpětný odpor na šneku a otáčky šneku. Dva poslední parametry profilujeme v závislosti na vlastnostech a spotřebě materiálu. Případné nedostatky se vždy projeví na vzhledových a mechanických vlastnostech výstřiku

- Vstřikovací fáze – spočívá v konstantním naplnění tvarové dutiny formy homogenní taveninou. Při výrobě tvarově jednoduchých výstřiků je poněkud snadnější tuto skutečnost naplnit, kdežto u tvarově složitějších součástí nebo při vyšší násobnosti formy, je zapotřebí věnovat problematice konstantní rychlosti plnění více pozornosti.
- Dotlaková fáze – průběh dotlaku, charakterizovaný hodnotou tlakové odezvy v dutině formy, v době jeho působení se musí volit tak, aby bylo dosaženo požadovaných tvarů, rozměrů a hmotnosti výstřiku. Působení dotlakové fáze jako celku i jejich jednotlivých parametrů (doba dotlaku, tlaková úroveň dotlaku, profil dotlaku) nad optimum. Dotlaková fáze se tedy používá ke korekci smrštění a tedy rozměrů, případně deformací, k odstranění propadlin a trhlin, včetně zafixování povrchu.

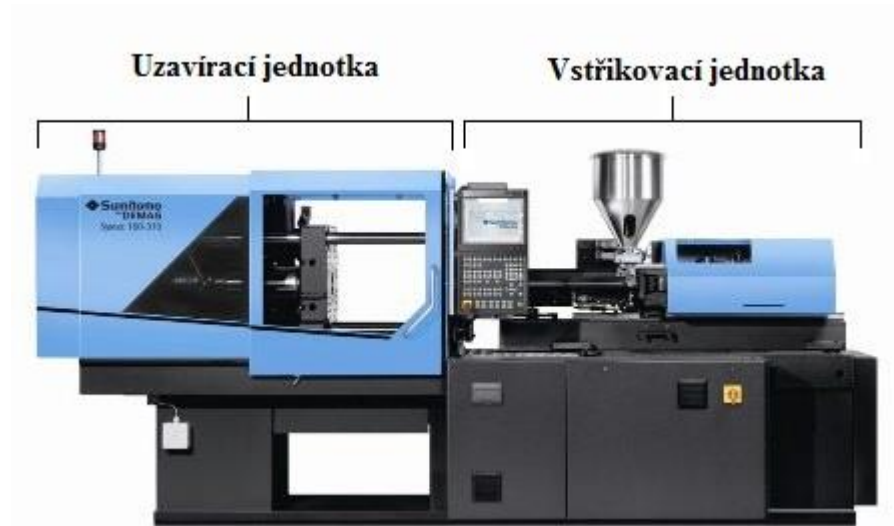
Působení plnicí a dotlakové fáze je možné kontrolovat pomocí tzv. polštáře, což je množství taveniny, která zůstává před čelem šneku po skončení dotlaku. Dotlak je ukončen v ten moment, kdy zamrzne vtokové ústí a tím by další přivádění taveniny bylo zbytečné.

- Ochlazovací fáze – samotné ochlazování výstřiku začíná již při přivádění taveniny do dutiny formy, respektive po objemové zaplnění formy a trvá až do vyhození výstřiku z formy. Minimální doba chlazení musí zaručit dostatečnou tuhost povrchu, tak aby bylo možné výstřik vyhodit. Optimalizace doby chlazení považujeme za významný jev, hlavně v otázce finančního planu celého vstřikovacího cyklu. [3]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikování jakožto cyklický proces výroby plastových výrobků v sobě spojuje mnoho operací, které je nutné synchronizovat z důvodu dodržení technologických požadavků na výstřik. Avšak pořizovací náklady na jeden výrobek nejsou valné. I proto se vstřikovací stroje zařazují do velkosériové někdy až hromadné výroby výstřiků. Pro dosažení vysoké produktivity výroby je možné zařadit ke vstřikovacímu stroji různé další vybavení například roboty, dopravníky, dávkovací a mísící zařízení, manipulátory, atd. a tímto krokem značně zvýšit úroveň automatizace. Moderní trendy jsou vedeny k výbavě strojních parků tímto vybavením.

Vstřikovací stroj, jakožto realizátor procesu vstřikování, musí být vybaven uzavírací jednotkou, která ovládá funkční části formy a vstřikovací jednotku ovládající přípravu taveniny a její vstříknutí do uzavřené formy. [5] [6]

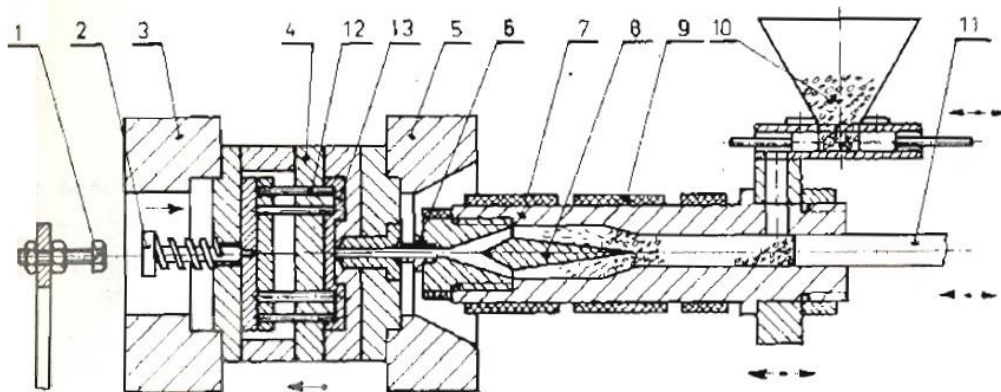


Obr. 4. Vstřikovací stroj [7]

2.2.1 Vstřikovací jednotky (VJ)

Vstřikovací jednotky musí zajistit dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny a dostatečné vstřikovací tlaky. Vstřikovací jednotky obvykle dělíme podle způsobu plastikace.

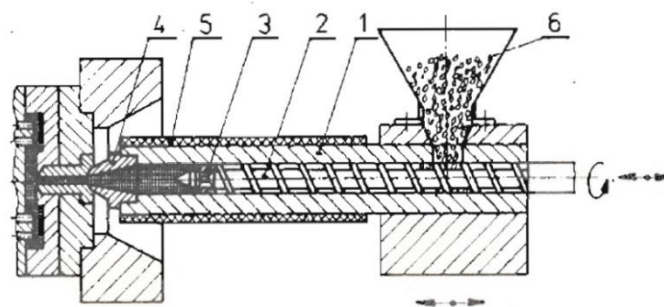
- VJ - bez předplasticace tavení a homogenizace probíhá přímo v tavící komoře nebo v pracovním válci.
 - Při plastikaci v tavící komoře, jinak řečeno pístové plastikaci, přivádíme zpracovávaný materiál do komory hmotnostně nebo objemově. Topná tělesa umístěná na povrchu pístového válce roztaví materiál. Vstřik do dutiny formy je realizován plochou pístu. Tímto poměrně jednoduchým způsobem je možné dosáhnout vysokých vstřikovacích tlaků (až 100 MPa). Rychlost roztavení materiálu je závislá na teplosměnné ploše. Velikost plochy zvětšíme profilováním vnitřního válce nebo torpéda. Výhodou pístové plastikace je možnost připravit více dávek taveniny najednou. Nevýhoda je horší homogenizace taveniny. [6]



Obr. 5. Pístová vstřikovací jednotka [6]

1 – vyhazovací doraz, 2 – tyč vyhazovače, 3 – zadní upínací deska, 4 – dělená vstřikovací forma, 5 – přední upínací deska, 6 – vstřikovací tryska, 7 – tavící komora, 8 – torpédo, 9 – topné těleso, 10 – dávkovací zařízení, 11 – vstřikovací píst, 12 – vyhazovače, 13 – výstřík

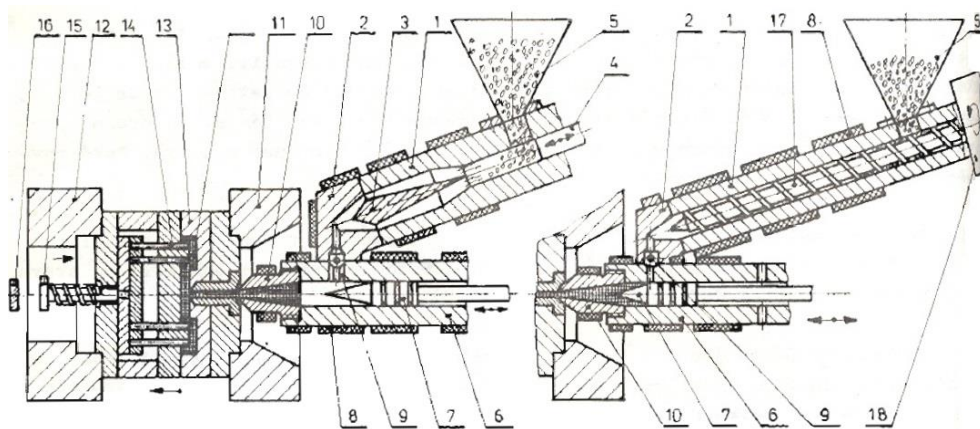
- U vstřikovací jednotky se šnekovou plastikací vstupuje materiál z násypky do pracovního válce. Šnek v pracovním válci vykonává hned několik operací najednou, plastikuje, homogenizuje a dopravuje taveninu před čelo šneku. Při zpracování materiálu se šnek otáčí a posouvá dozadu, tak vytvoří prostor pro taveninu, když je objem dávky hotov šnek se axiálně posune jako píst dopředu a vstříkne taveninu do dutiny formy. Materiály s dobrými tokovými vlastnostmi mají při vstřiku tendenci vracet se do šnekového kanálu. Z toho důvodu je čelo šneku opatřeno zpětným ventilem. Zpětný ventil zajistí dosažení vysokých vstřikovacích tlaků a zaručí dostatečnou dobu plastikace polymeru ve šnekovém kanálu. Šnekovou plastikací dosahujeme větších výkonů než pístovou. Také rovnoměrnost prohřevu a homogenizace je lepší. [6]



Obr. 6. Šneková vstřikovací jednotka [6]

1 – pracovní válec, 2 – šnek, 3 – zpětný uzávěr, 4 – vstřikovací uzávěr, 5 – topné těleso, 6 – násypka

- VJ - s předplastikací umožňuje dosáhnout vysoký plastikační výkon a dokonalou homogenizaci. Plastikační část homogenizuje taveninu a přepouští ji do vstřikovací komory, kde je nejčastěji pístem vstříknuta do dutiny formy. Toto uspořádání vede k značné úspoře času a zkrácení vstřikovacího cyklu. Jednotky rozdělujeme podle způsobu plastikace na pístové nebo šnekové. V obou případech je vstřík realizován pístem.



Obr. 7. Vstřikovací jednotky s předplastikací [6]

A – pístová předplastikace, B – šneková předplastikace

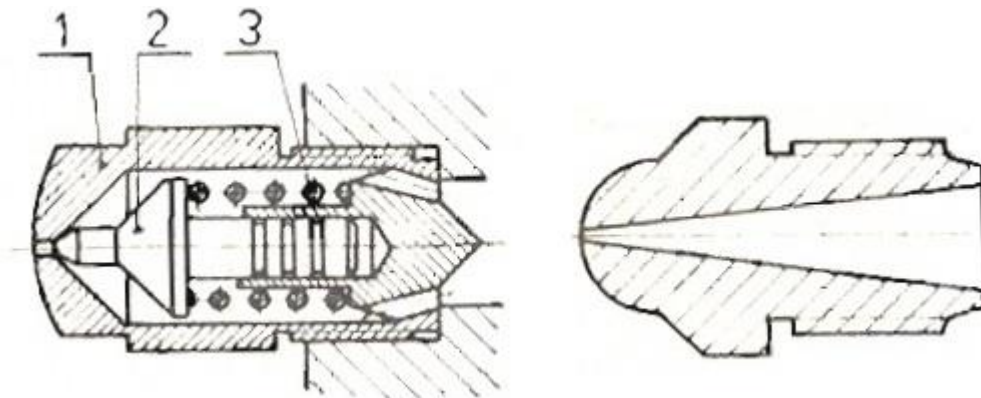
1 – tavicí komora, 2 – hlava tavicí komory, 3 – torpédo, 4 – plastikační píst, 5 – násypka, 6 – vstřikovací válec, 7 – vstřikovací píst, 8 – topení, 9 – uzávěr, 10 – vstřikovací tryska, 11,12 – upínací desky, 13 – forma, 14 – vyhazovače, 15,16 – doraz vyhazovače, 17 – plastikační šnek, 18 – pohon plastikačního šneku

- U pístové předplastikace se tavenina připravuje v tavicí komoře, opatřené torpédem a topnými pásy. Tavicí komora je zakončena hlavou, která je spojena se vstřikovacím válcem. Takto připravená tavenina je vedena vstřikovacím pístem do dutiny formy. Aby při vstříku nedošlo k přetlačení taveniny zpět do tavicí komory je mezi vstřikovacím válcem a hlavou tavicí komory umístěn zpětný ventil. Kulička ventilu se pohybuje v důsledku rozdílů tlaků ve vstřikovacím válci a tavicí komoře. [6]
- Šneková předplastikace, když složitější, vyskytuje se častěji. Takto uspořádaná vstřikovací jednotka umožňuje spojit výhody šnekové plastikace, hlavně s ohledem na dokonalou homogenizaci taveniny spolu

s výkonem šneku jako dodavatele materiálu do komory před vstřikovací píst a tak dosáhnout vysokých vstřikovacích tlaků a rychlostí. Nevýhodou tohoto uspořádání je složitost a vyšší nároky na seřízení a údržbu. Uplatňuje se zejména při vstřikování objemných výrobků. [6]

- **Vstřikovací trysky**

Vstřikovací tryska zajišťuje dočasné nýbrž dokonale těsné spojení vstřikovací jednotky a formou. Konstrukce trysky je závislá na druhu vstřikovaného materiálu, jejich řešení je jako volně průtočné nebo uzavíratelné. Volně průtočné trysky se používají při vstřikování s kratšími cykly a materiálů o vyšší viskozitě taveniny. Uzavíratelné trysky se používají při vstřikování nízkoviskózních tavenin, zejména při vertikálním uspořádání vstřikovací jednotky. Otevření trysky je realizováno při dosednutí na formu. [6]



Obr. 8. Uzavíratelná, volně průtočná vstřikovací tryska [6]

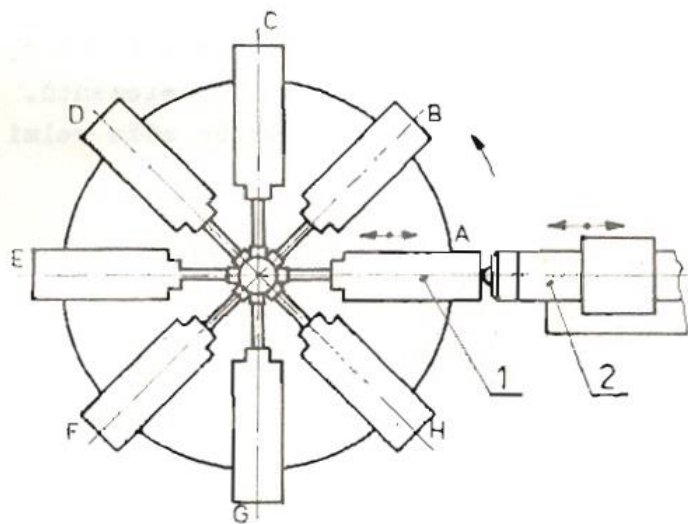
1 – hlava trysky, 2 – uzavírací jehla, 3 - pružina

2.2.2 Uzavírací jednotky

Podle velikosti vstřikovacího stroje mají nosnou konstrukci dvousloupovou čtyřsloupovou. Nosné sloupky spojují jednotlivé části stroje a zároveň slouží k vedení pohyblivých částí stroje. Uzavírací jednotka zajišťuje bezpečné zavření a otevření vstřikovací formy. Uzavírací síla se odvíjí od velikosti stroje, respektive velikosti průřezu výstřiku do dělicí roviny formy a na vstřikovacím tlaku. Těsnost formy je základním předpokladem pro výrobu kvalitních a přesných výrobků, to ovlivňuje uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu. Podle druhu pohodu je možné uzavírací jednotky rozdělit na hydraulické hydraulickomechanické a elektromechanické. [6]

2.2.3 Uspořádání vstřikovacích strojů

Vstřikovací stroje mohou mít různé uspořádání uzavírací a vstřikovací jednotky. Běžným uspořádáním je horizontální, případně vertikální. Pro hospodárnější využití výkonu plastikační jednotky je používat karuselové uspořádání vstřikovacích forem. Formy s uzavírací jednotkou pohybují přerušovaně po kruhové dráze. V poloze A se přisune vstřikovací jednotka k formě a forma se naplní. V poloze B až F chlazení výstřiku. V poloze G se forma otevírá a výstřik je vyhozen. V poloze H se forma připravuje na další cyklus a zavírá se. Přerušovaný pohyb karuselu zajišťuje maltézský kříž nebo hydraulický mechanismus s ozubeným hřebenem na pístnici. Netypické je zde uspořádání rozvodu temperačního systému.



Obr. 9. Karuselový vstřikovací stroj [6]

1 – uzavírací jednotka s formou, 2 – vstřikovací jednotka

Vstřikovací stroje lze rozdělit na tři základní typy: na termoplasty, na reaktoplasty a kaučukové směsi. Jejich celkové uspořádání se podstatně neliší. Avšak specifické vlastnosti vstřikovaného materiálu si vyžadují svoje charakteristické úpravy. Mohou se lišit konstrukcí šneku v plastikačním ústrojí, konstrukcí vstřikovací trysky. Patrně nejdůležitějším charakteristickým parametrem je temperační ústrojí a doba temperace. [6]

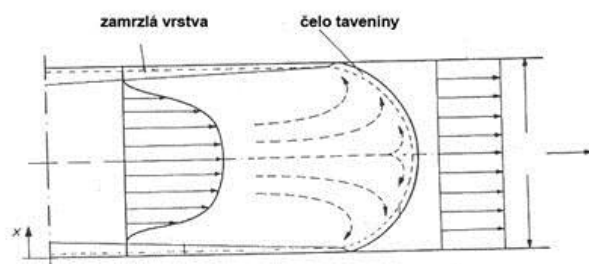
2.2.4 Řízení a regulace vstřikovacích strojů

Řízení a regulaci je nutno považovat za neoddelitelnou součást funkce vstřikovacího stroje. Pod tímto pojmem si můžeme představit sledování strojních a technologických parametrů spolu a jejich případnou korekci. Na strojích se obvykle nastavuje teplota jednotlivých

pásem na vstřikovacím válci a teplota formy, vstřikovací tlak, dotlak, časové úseky pracovního cyklu, otáčky šneku, vstřikovací rychlost, vstřikovaný objem, uzavírací a dosedací rychlost formy. Regulace vstřikovacího procesu umožňuje zpětně provádět korekce vzniklých odchylek. V procesu vstřikování je snaha omezit lidský faktor na minimum. U běžných vstřikovacích strojů je zajištěn automatizovaný sled operací, plastikace, uzavření formy, vstřik, dotlak, chlazení výstřiku, otevření formy, vyhození výstřiku. Veškeré ovládání moderních vstřikovacích strojů se děje v mikroprocesorech. Stroj řídí program uložený v centrální paměťové jednotce. Řídicí systém u vstřikovacích strojů umožňuje adaptivní regulaci vstřikovacího procesu, kdy je proces řízen podle stavu vstřikovací hmoty a hotového výrobku. V případech, kdy vstřikujeme výrobky složitých tvarů o různých tloušťkách stěn nebo výstřiky s vysokou přesností a tam, kde jsou požadavky na vysokou kvalitu povrchu, uplatňujeme programovatelné vstřikování, u kterého je možno v průběhu jednoho cyklu vstřikovat různými rychlostmi. Řídicí systémy značně zvyšují kvalitu výrobků, avšak je potřebné brát do úvahy, že výrazně zvyšují pořizovací náklady na stroj a samozřejmě čím sofistikovanější stroj tím dražší je jeho údržba, případné opravy. [6]

2.3 Tok taveniny

Mechanismus plnění formy vyvozený od pohybu šneku vpřed. Za předpokladem efektivního toku taveniny stojí spousta faktorů. Mezi hlavní z nich patří vstřikovací tlak a vstřikovací rychlost, nedílnou součástí je také teplota taveniny a teplota formy. Postupné plnění formy, laminární tok („fontánový“ tok), zajišťuje vtékání taveniny od vtokového ústí po konec formy. Jelikož má tavenina vyšší teplotu než forma, dochází při styku se stěnami formy k vytvoření nepohyblivé hmoty a zároveň i vrstvy tepelné izolace. Vnitřní plastické jádro s nízkou viskozitou, umožňuje další průtok taveniny plastu do dutiny formy, která se potom roztéká směrem ke stěnám, kde nedochází ke skluzu ale k „válení“ taveniny. Se zvyšující se viskozitou u stěn formy, dochází k zakřivení čela taveniny. [5]



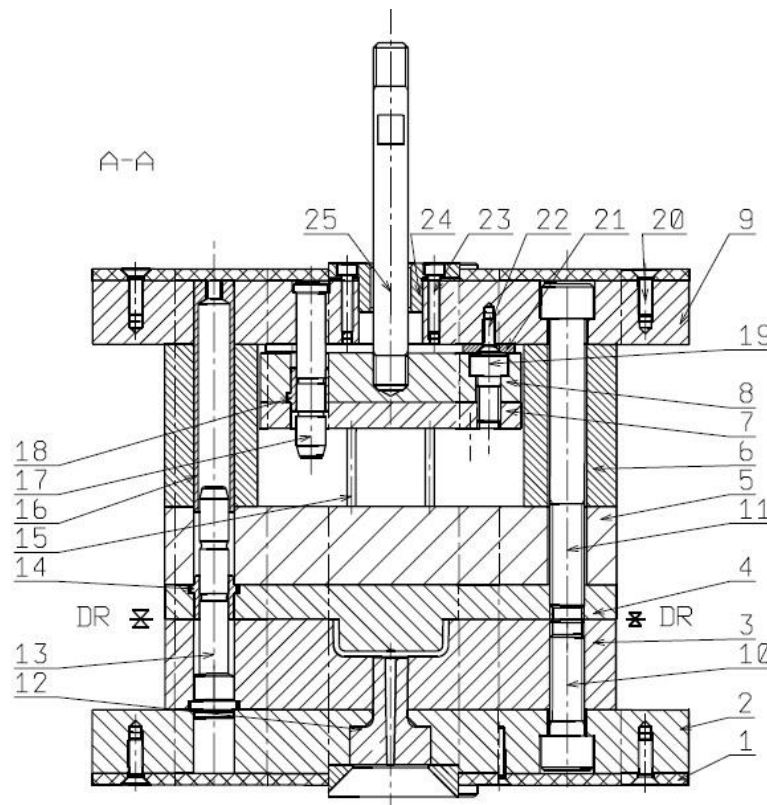
Obr. 10. Laminární tok taveniny [5]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma jako nástroj pro výrobu výstřiků, dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměr při zachování fyzikálních a mechanických vlastností. Kvalitní forma musí splňovat požadavky:

- Technické - zaručit správnou funkci při výrobě požadovaného počtu výrobků v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí.
- Ekonomické - zajištění nízké pořizovací ceny, vysokou produktivitu při výrobě dílů. Hospodárnost s využitím polymeru.
- Společenskoestetické - vytvořením vhodného prostředí s důrazem na bezpečnost práce. Při konstrukci, výrobě i provozu formy dodržet bezpečnostní zásady.

[1]



Obr. 11. Řez formy

1 - izolační deska, 2 – upínací deska pravá, 3 – tvárnice, 4 – tvárník, 5 – opěrná deska tvárníku, 6 – rozpěrná deska, 7 – vyhazovací deska kotevní, 8 – vyhazovací deska opěrná, 9 – upínací deska levá, 10 – M šroub, 11 – M šroub, 12 – vtoková vložka, 13 – vodící čep,

14 – vodící pouzdro, 15 – vyhazovače, 16 – vodící trubka, 17 – vodící čep, 18 – vodící pouzdro, 19 – M šroub, 20 – M šroub se zápusťnou hlavou, 21 – doraz, 22 – M šroub se zápusťnou hlavou, 23 – M šroub, 24 – středící kroužek, 25 – táhlo

3.1 Konstrukce formy

Výroba dílů vstříkovaním probíhá na vstříkovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývá úzká souvislost mezi požadavky na stroj a formu. Konstrukční řešení forem se týká:

- Přesnosti, jakosti funkčních ploch tvarové dutiny formy a ostatních dílů.
- Maximální tuhosti a pevnosti jednotlivých dílů, tak celé sestavy formy k zachycení tlaků, které vznikají při vstříkovaní.
- Správné funkce formy, vhodného vtokového systému, vyhazování, odvzdušnění, temperování apod.
- Použití vhodných materiálů a technologií k zajištění optimální životnosti

Vysoké nároky na přesnost a jakost forem se projevují v pracnosti při konstrukci i výrobě. Z pohledu na robustnost formy můžeme nabývat dojmu milné nerozbitnosti, to však bývá častým důvodem poruch a snížení životnosti. Proto je nezbytné dodržovat platné regule při konstrukci, výrobě a manipulaci s formami.

Postup při konstrukci formy začíná u výkresu součásti. Z výkresu součásti konstruktér odvodí potřebné tvarové úpravy výrobku (úkosy stěn, zaoblení hran a rohů, rozdíly v tloušťkách stěn, přídavek na smrštění). Z pohledu estetiky a funkčnosti určit zaformování. Vyjasní dimenzování tvarové dutiny a uspořádání ve formě. Volí vhodný typ vtokového systému, tvar a velikost vtokového kanálu i ústí vtoku. Vybere efektivní vyhazovací systém, temperování, případně odvzdušnění. Konstrukčně vyřeší upínání a středění formy na stroji, s ohledem na bezpečnost práce.

Koncepční konstrukce formy je úzce spjatá s ekonomickou stránkou technologie výroby.

[1]

3.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování součásti a vhodná volba polohy dělicí roviny patří k základním zásadám na konstrukci formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Rovina vychází z konstrukčního řešení dílu. Dělicí plocha bývá zpravidla

rovnoběžná s upínáním formy, není to však pravidlem, dělicí rovina může být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory dělicí rovinu hlavní a vedlejší. Taková koncepce značně stěžuje vyrobitelnost formy, výrobní náklady rostou úměrně s obtížností výroby. Snahou konstruktéra je se těmito variantám vyhnout. Případné nepřesnosti v dělicí rovině způsobí nedovření formy, které může mít za následek otřepy na výstřiku, zvětšení rozměrů ve směru otevření formy. Pozitivní úlohu hraje dělicí rovina při odvodu vzduchu z formy, kdy přes ni přebytečný vzduch odchází. [1]

3.3 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů umístěných v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření jeden celek a to dutinu formy. Dimenzování tvarové dutiny je velice důležitým krokem z pohledu na celkovou konstrukci formy. Při chybě dimenzované dutiny, není možné obdržet výstřik v požadovaných tolerancích. V případě rozměru nezávaného tolerancí je možné chybu napravit změnou technologických parametrů, v opačném případě je nutné provést nákladnou korekci dutiny formy. Z toho vyplývá, že povrch dutiny formy je obrazem výstřiku. Dutina formy je tvořena tvárnici, tvárníkem, jádry a tvarovými vložkami. Přesnost dutiny se pohybuje v rozmezí IT8 až IT10 a ovlivňují ji tři činitele:

- Smrštění plastu,
- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny formy.

Nejčastějším důvodem chybně dimenzovaných rozměrů je špatný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření plastu. Správným odhadem provozního smrštění pro konkrétní rozměry je někdy obtížné zjistit, protože výpočetní smrštění se jen zřídka shoduje se smrštěním udávaným výrobcem. Velikost smrštění ovlivňuje tvar výstřiku, konstrukce formy, technologie vstřikování. Způsob výroby formy, především dutiny určuje její přesnost i výrobní tolerance. Opotřebení dutiny se odhaduje na 10 až 40% z celkové tolerance výrobku. [1]

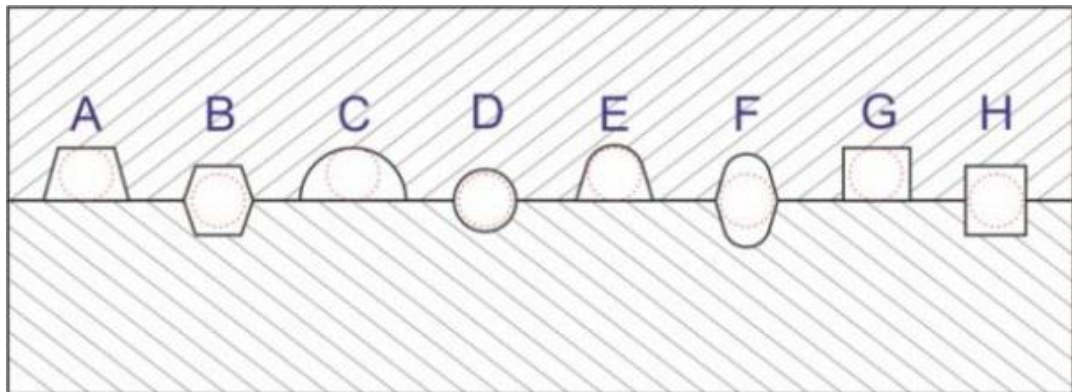
3.4 Studené vtokové systémy

Vtokový systém zajišťuje přívod roztaveného plastu do dutiny formy, s požadavkem na co nejkratší čas plnění. Průtok taveniny vtokovým systémem je složitý termo-hydraulický poměr. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňuje:

- Rozměr, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- množství taveniny na jeden výstřik,
- náročnost opracování na začistění výstřiku,
- spotřebu energie při výrobě.

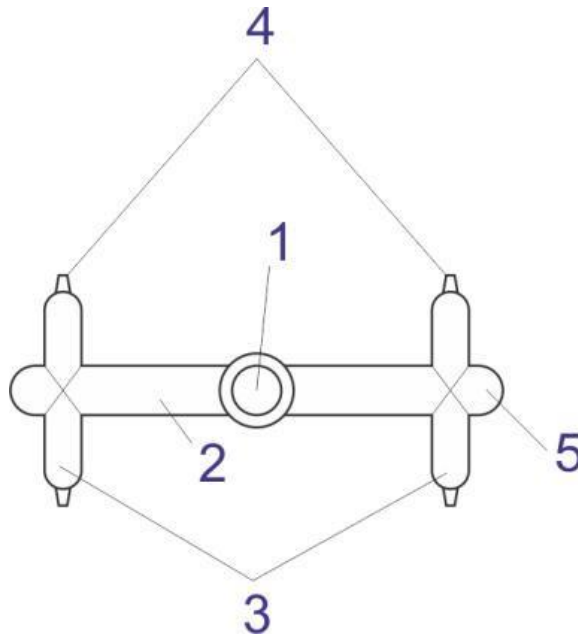
Zásadní rozdíly v umístění vtoku a vtokových ústí na výstřiku jsou dány násobností formy. U vícenásobných forem však vyvstává problém, který je nutný vyřešit, roztavený plast musí zaplnit všechny dutiny v jeden okamžik a za stejného tlaku.

Při výběru vtokového systému je nutné brát na zřetel, že tavenina vstupuje do formy relativně studená a vysokou rychlostí. Průtokem studeným vtokovým systémem se tavenina ochlazuje a osazuje se na vnějším povrchu, tím roste její viskozita, naopak uprostřed je stále nízká. Vysoká viskozita vyžaduje použití mělkých vstřikovacích tlaků. Tok plastu přírodními kanály vytváří tření, při kterém dochází k nárůstu teploty. Nárůst bývá nejmarkantnější v místech koncentrace vysokého smykového napětí, takový to nárůst teploty, v některých případech až o 200°C, ačkoli je tento výkyv krátkodobý, může u materiálů s nízkou teplotní odolností způsobit degradaci. Tepelná vodivost plastů je nízká, a proto ohřátí formy v těchto místech není velké. [1]



Obr. 12. Průřezy vtoků [11]

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



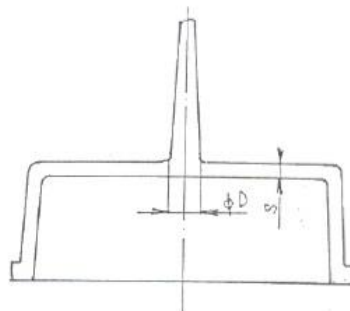
Obr. 13. Studený vtokový systém [11]

1 – kuželový vtok, 2 – hlavní kanál, 3 – rozváděcí kanály, 4 – ústí vtoku, 5 – prodloužené čelo

3.4.1 Plný kuželový vtok

Přivádí roztavený plast do dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Je vhodný pro tlustostěnné výstřiky jednonásobných forem se symetrickým uložením dutiny. Působení dotlaku je u tohoto vtoku příznivý, protože zamrzá jako poslední.

Odstranění vtoku následuje až po vyhození výstřiku z formy. Ústí vtoku je vždy větší o 1 až 1,5 mm než je tloušťka stěny výrobku. Po odštížení zůstává na výrobku viditelná stopa. Výstřiky tenkostěnné vyžadují čočkovité zahloubení naproti vtoku, aby byla zaručena požadována tloušťka stěny na všech místech výrobku. Konstrukce vtoku se vždy umísťuje na nepohledovou část. [1]



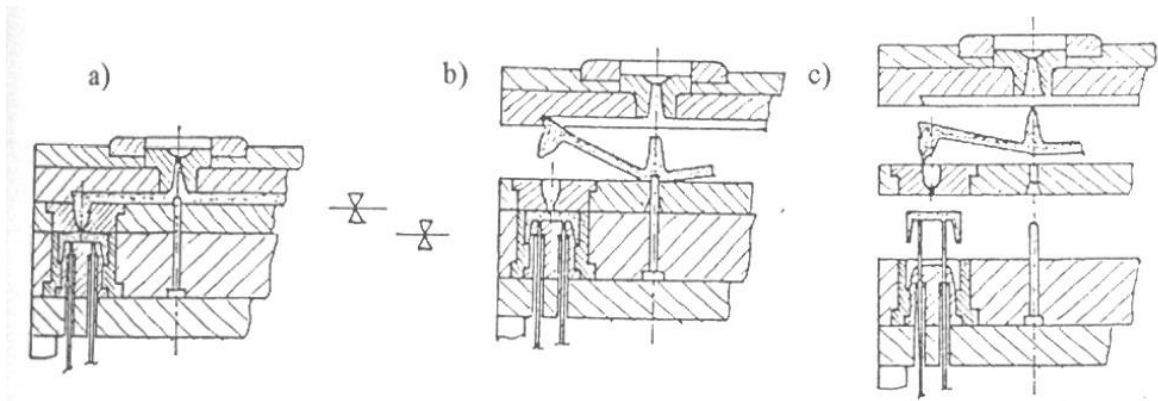
Obr. 14. Kuželový vtok [1]

3.4.2 Bodový vtok

Bodový vtok vyžaduje třídeskovou konstrukci formy. Jedná se o nejznámější typ zúženého vtokového ústí, zpravidla kruhového průřezu, které leží mimo dělicí rovinu, případně i v ní. Vtok vychází přímo z kuželového ústí, z předkomůrky případně z rozvodného kanálu. Systém třídeskové formy je založen na předpokladu, že se ústí oddělí od výrobku před otevřením formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou.

U tenkostěnných výstřiků se umístění vtoku volí s ohledem na pozici nejužšího místa na výrobku, aby nedošlo k vytržení materiálu z povrchu.

Obdobně se řeší vtokové ústí u předkomůrky, kde při odformování musí být společně s výstřikem vytažen i všechen zbylý materiál z vtokového ústí. K zabránění vzniku oslabených míst po odtržení se vytvoří čočkovité zahloubení naproti ústí. Konstrukce čočkovitého nálitku výrazně zlepšuje plnění formy. Velikost průřezu bodového vtoku se volí s ohledem na hmotnost výstřiku a korekci na tekutost plastu. U plastů méně tekutých a výstřiků větších rozměrů se plnění bodovým vtokem nedoporučuje. [1]



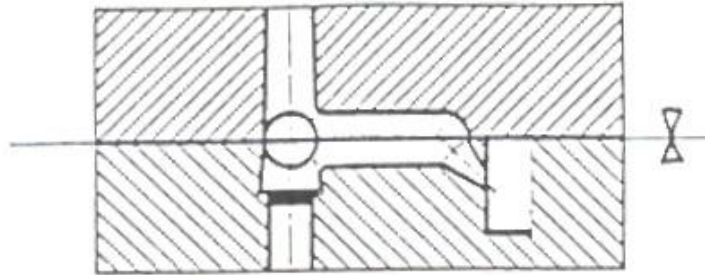
Obr. 15. Zaformování bodového vtoku, třídesková forma [1]

a) po vstřiku b) utržení vtoku c) vyhození vtoku a výstřiku

3.4.3 Tunelový vtok

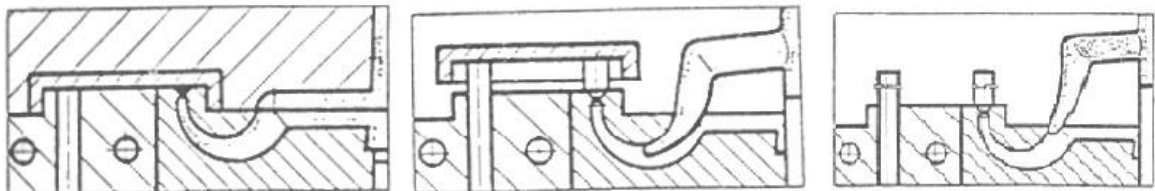
Rozměry ústí jsou shodné s hodnotami pro bodový vtok. Při konstrukci tunelového vtoku se nesmí zapomenout na přidržovač vtokového kanálu, obvykle kombinovaný s vyhazovačem. Vzdálenost přidržovače od vtokového ústí je v rozmezí 12 až 15 mm. Ve vtokovém kanále nesmí být ostré hrany, aby nedošlo k zalomení vtokového zbytku.

Z pohledu výroby je tunelový vtok náročný. Vyrábí se elektrojiskrovým hloubením. Tato metoda však umožňuje přesné dodržení rozměrů kanálu. Volba tunelového vtoku se nedoporučuje při použití křehkých materiálů, jako jsou např.: PS, SAN. Výhoda použití je při tenkostěnných výstřicích bez viditelné stopy po ústí vtoku na pohledových plochách výrobku.



Obr. 16. Tunelový vtok [1]

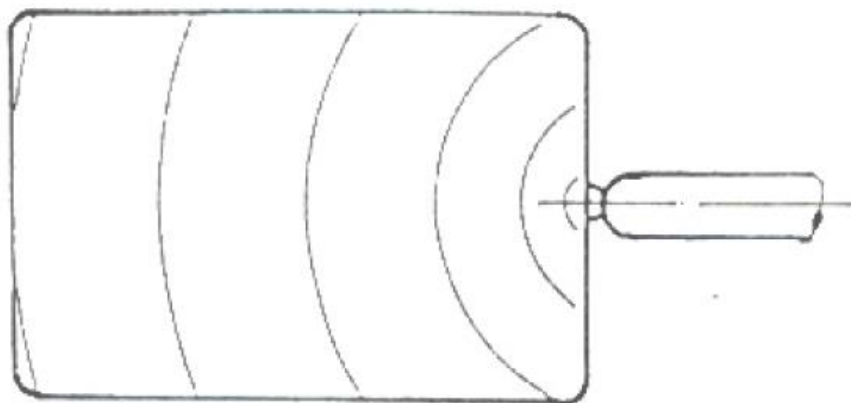
Zvláštním případem tunelového vtoku je srpkovitý vtok, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve kterém nepůsobí rušivě. Tento typ vyžaduje použití materiálů s vysokou elasticitou. [1]



Obr. 17. Srpkovitý vtok, princip oddělení vtoku [1]

3.4.4 Boční vtok

Boční vtok je také zástupce zúžených vtokových ústí. Jeho průřez bývá většinou obdélníkový. Boční vtok je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Po odformování zůstává vtok neoddělený od výrobku. Oddělování vtoku provádí obsluha nebo při automatickém režimu odřezává ústí přípravek při otevření formy. Vtokové ústí je napojeno na rozvodný kanál zúženého průřezu, kde nastává vlivem tření ke zvýšení teploty. Pokud by ke zvýšení teploty nedošlo, je velice pravděpodobné, že by se na výstřiku mohly projevit vady. [1]



Obr. 18. Boční vtok [1]

3.4.5 Filmový vtok

Je nejpoužívanějším ze skupiny bočních vtoků hlavně k plnění kruhových a trubcových dutin s vyššími požadavky na kvalitu.

Od použití filmového vtoku se vyžaduje:

- Dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výstřiku,
- malé vnitřní pnutí,
- odstranění studených spojů,
- vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra,
- snížení rychlosti taveniny vstupující do dutiny.

Rozvádění taveniny do dutiny formy není rovnoměrné, tlak můžeme regulovat proměnnou tloušťkou ústí. Pro konstrukci rozměrů vtokového ústí platí stejná pravidla jako u bočních vtoků. Problematické je však odřezávání vtokového zbytku, proto se volí co nejmenší tloušťka. Minimální hodnota bývá 0,3 mm u plněných polymerů 0,5 mm. [1]

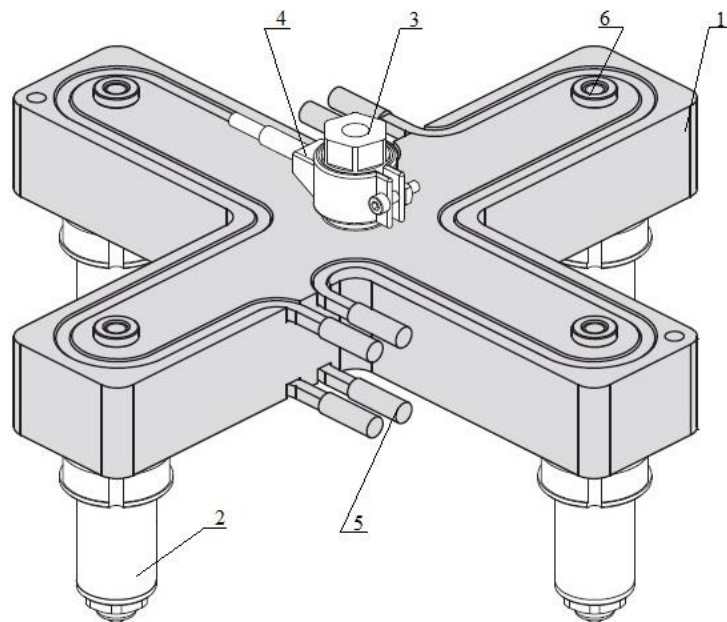
3.5 Vyhřívání vtokových systémů (VVS)

V některých případech je vtokový zbytek několikanásobně objemnější než samotný výstřik, to je značně neekonomické z hlediska spotřeby materiálu. Spotřeba materiálu je hlavním důvodem vývoje vyhřívání vtokových soustav. Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami s předkomůrkami. Současné vyhřívání vtokových soustav jsou tvořeny vyhříváními tryskami, které jsou

charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny.

Vyhřívané trysky jsou katalogizované součásti, které se nakupují od výrobců. Konstrukční řešení trysek je různé. Při montáži trysek do formy je nutné použít postupy usazení dané výrobcem.

Technologie vstřikování za použití vyhřívaných vtokových soustav spočívá v tom, že tavenina po naplnění dutiny formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít bodové ústí jen malého průřezu, přestože rozměry vtokového vyústění jsou malé, bez problému je možno pracovat s dotlakem. U všech typů bez vtokového vstřikování je výhodné v oblasti ústí provést malé zahloubení, aby případný nepatrný zbytek nevystupoval z výrobku. Součástí systému je regulace teploty vyhřívaného vtokového systému i formy. Systémy s vyhřívanými vtokovými soustavami vyžadují podstatně složitější a výrobně nákladnější formy. Dále je třeba zajistit VVS včetně regulátoru a snímačů. Tyto prvky výrazně zvyšují energetickou náročnost výroby. Ekonomickou výhodnost vstřikování bez vtokového zbytku je nutné posuzovat v celém výrobním procesu. [1]



Obr. 19. Vyhřívaný rozvodný blok X [8]

1 – blok, 2 – vyhřívaná tryska, 3 – centrální vtoková vložka, 4 – vyhřívání vtokové vložky, 5 – topné patrony, 6 – distanční kroužky

3.6 Vyhazování výstřiků

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z tvárníku otevřené formy vytlačí zhotovený výstřik. K tomuto úkonu je forma opatřena vyhazovacím ústrojím, které má zajistit automatický výrobní cyklus.

Podmínkou správného vyhození výstřiku je jeho hladký povrch a úkosy na jeho stěnách. Úkosy by neměly být menší než 30°. Vyhazovací systém musí zajistit plynulý a rovnoběžný chod, aby nedošlo k přičení a vzniku deformací výstřiku. Umístění a tvar vyhazovačů může být velmi rozmanitý. Je možné je využít k vytvoření dutin nebo jako část tvárníku.

Po vyhazovacích kolících zůstávají na výstřiku stopy. Pokud stopy po vyhazovačích vadí estetice výrobku, je možné stopy opravit nebo umístit vyhazovače na místa, kde stopy nebudou vadit. Změna polohy vyhazovačů většinou způsobí i změnu zaformování, případně změni typ vyhazovacího systému.

Po otevření formy zůstává výstřik vlivem smrštění na tvárníku. Avšak může zůstat i v tvárnici, to je ovšem nepříjemná situace pro konstruktéra, protože obecně chce, aby výstřik zůstal na straně vyhazovačů. V takovém to případě musíme nuceně udělat úpravu tvárníku, tak aby při otevření formy výstřik zůstal na tvárníku. Taková to úprava se nazývá podkos. Vhodný vyhazovací systém, který je třeba použít, musí vyvodit potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstřiku z formy. Vyhazovací síla musí zajistit vyhození výstřiku, avšak nesmí jej poškodit. [2]

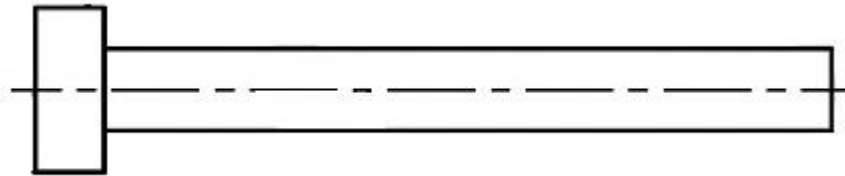
3.6.1 Válcové vyhazovače

Nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výrobků z formy. Tento systém je možné použít na místech, kde můžeme vyhazovače umístit naproti ploše výstřiku určené k vyhození. Správná volba tvaru a umístění kolíků zaručuje bezproblémové vyhození.

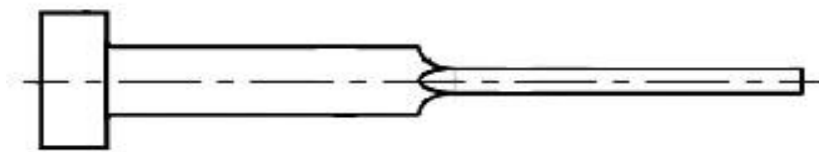
Válcové vyhazovače se opírají o plochu nebo žebro výstřiku. Je nepřípustné, aby se při vyhazování výrobek bortil. Po kolících zůstává na výstřiku stopa, proto umístitujeme vyhazovače na místa, která nejsou pohledová.

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem vyhazovacích systémů. Musí být tuhé a snadno vyrobitelné. Průřez je obvykle válcový, avšak kolíky mohou mít jakékoli jiné průřezy. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. Vůle v uložení působí pozitivně na odvzdušnění.

Vyhazovací desky slouží u ukotvení a ovládání kolíků. Desky jsou vedeny vodící čepy. U desek s většími průměry vyhazovačů vedení není nutné. [2]



Obr. 20. Válcový vyhazovač [9]

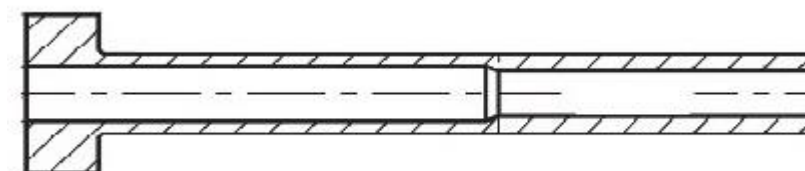


Obr. 21. Prizmatický vyhazovač [9]

3.6.2 Stírací deska

Představuje stírání výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu, vzhledem k jeho styčné ploše nezanechává na výrovku žádné stopy. Při stírání jsou deformace minimální, ale stírací síla je velká. Stírací deska se používá u výstřiků tenkostěnných, kde je nebezpečí deformace nebo u rozměrných, které vyžadují velké vyhazovací síly. Stírání je vhodné, jen tehdy dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině. Tento způsob je vhodný i pro vícenásobné formy, někdy se doplňuje systémem oddělování výstřiku od stírací desky.

Stírací deska je ovládaná tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být také vyvozena pružinami, hydraulickým nebo pneumatickým zařízením. V místech styku stírací desky s roztaveným plastem je opatřena vložkou z kalené oceli. [2]



Obr. 22. Trubkový vyhazovač [9]

Zvláštním případem stírací desky je trubkový vyhazovač. Vyhazovač s otvorem pracuje na stejném způsobu jako stírací deska, avšak vyhození dodržuje principy prizmatických

vyhazovačů. Zatím co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [2]

3.6.3 Šikmé vyhazovací kolíky

Jedná se o speciální formu mechanického vyhazování. Kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou upevněny pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. Nahrazují náročné posuvné čelisti s klikovým mechanismem.

Při vyhazování výstřiků se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen na přímo na vyhazovači nebo s šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci. Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné jej kombinovat i s přímým vyhazováním. Je snahou, aby byl způsob funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [2]

3.6.4 Dvoustupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se navzájem ovládají. Toto řešení vyhazovacího systému, umožňuje nastavení jednotlivých zdvihů i jejich načasování. Proto se s výhodou používá například k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci – stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem.

Tohoto způsobu je možné využít při odstříhování vtokových zbytků od výstřiku spolu s jejich vyhozením. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou zdvojených vyhazovačů se odstříhnou vtoky a druhou se zpožděným zdvihem vyhodí výstřik. [2]

3.6.5 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Pneumatické vyhazování zavádí vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku. Na výstřiku nevznikají stopy to vyhození. Vzduch se do dutiny formy přivádí přes ventil talířový, jehlový nebo různé kolíky.

Vlastní vzduchové vyhození je ovládáno mechanismem formy nebo vstřikovacího stroje. Tlak vzduchu má tak velký, aby vyhodil výstřik a neznečišťoval svým působením prostředí vstřikovny. Použitý způsob vyžaduje přesnou výrobu formy v oblasti vedení vzduchu. [2]

3.6.6 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Se zabudovanými hydraulickými jednotkami na formě se setkáváme jen zřídka. Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. [2]

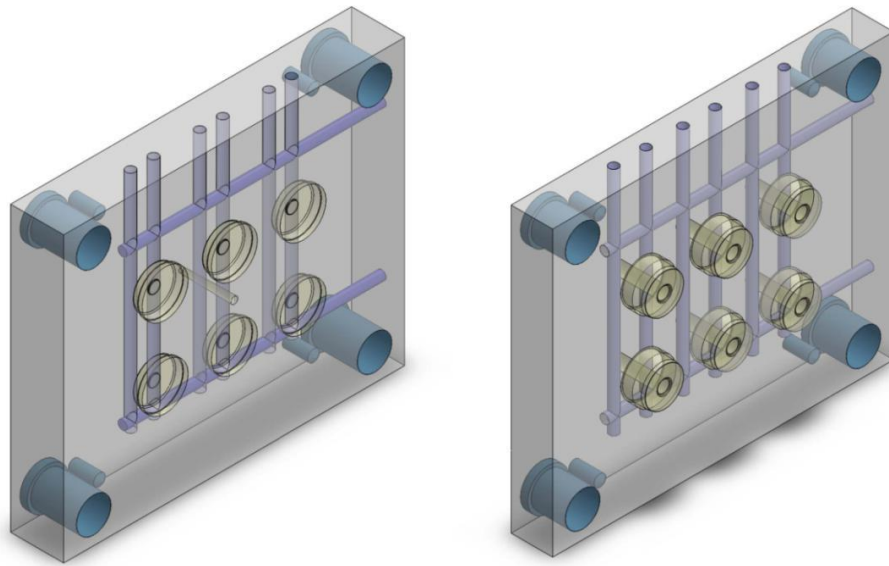
3.7 Temperování forem

Temperace slouží k udržení konstantního teplotního pole formy. Cílem je dosažení optimálně krátkého cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků. Mechanismem je ochlazování, případně vyhřívání celé nebo je části formy.

Při vstřikování se do dutiny formy přivádí roztavený plast s teplotou vyšší než je teplota formy. Při každém vstřiku se tedy forma ohřívá taveninou. Pro vyjmutí výstřiku z formy je nutné, aby byl ochlazen na teplotu vyhození. Temperace tedy vyrovná tyto teplotní skoky při každém vstřikovacím cyklu, aby před začátkem vstřikování byla forma temperována stejně.

Lokální nerovnoměrné rozložení teplot formy má za následek zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. V některých případech se však temperují některé části formy rozdílně, aby se eliminovaly tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění plasty.

Temperační systém je tvořen soustavou vrtaných kanálů a komor, kterými proudí vhodné temperační médium. Pozice kanálů je třeba důkladně promyslet, vzhledem k často náročným konstrukcím forem. Temperační systém může být umístěn jak v pevné, tak i pohyblivé části formy. Každý z okruhů se může řešit zvlášť, podle způsobu zaformování výstřiků i ostatních konstrukčních a technologických podmínek. Teplosměnná plocha kanálů slouží jako přestupová plocha pro odvod nebo přívod tepla. Kanály nesmí snížit celkovou tuhost formy, avšak musí být v optimální vzdálenosti od dutiny formy, aby temperování mělo požadovaný účinek. Konstruktor raději volí větší počet menších kanálů než menší počet větších kanálů. [2]



Obr. 23. Soustava chladících kanálů [11]

3.8 Odvzdušnění

Odvzdušnění tvarové dutiny formy zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Problémy s odvodem uzavřeného vzduchu ve formě mohou nastat až při zkoušení nového nástroje, kdy špatně řešené odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku nebo ovlivní jeho mechanické vlastnosti. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je jeho řešení obtížné.

Dutina formy je před vstřikem naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Na odvzdušnění má výrazný vliv rychlost vstřikování, protože čím větší je rychlost vstřiku, tím musí být odvzdušnění účinnější. Nejčastějším problémem spojeným s nedostatečným odvzdušněním je takzvaný Dieselův efekt. Tento jev lze popsat, jako vznícení nahromaděného stlačeného vzduchu v dutině formy.

Volba místa pro odvod vzduchu je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je obtížně zjistitelná. Při hledání optimálního místa pro odvzdušnění je třeba se řídit způsobem a směry plnění dutiny taveninou. Tato úvaha souvisí s umístěním vtoku, tloušťce stěny a na kvalitativních podmínkách, které jsou kladeny na výstřik a jeho požadovanou funkci.

Viskozita vstřikované taveniny, která vstupuje do formy, je proměnlivá. Závisí na druhu polymeru, nastavených technologických podmínkách a délce toku taveniny. Zhotovené

průřezy odvodu vzduchu musí spolehlivě odvádět vzduch, ale nesmí docházet k zatékání taveniny do kanálků. [2]

3.9 Materiály forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při vstřikování se od nich očekává kvalita, životnost a nízké pořizovací náklady. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je výběr vhodných materiálů, ze kterých je forma sestavena. Tyto materiály ovlivňují provozní podmínky výroby. Pro výrobu forem používáme materiály, které tyto provozní podmínky splňují v optimální míře. Široký sortiment nabízených materiálů se tak zúží na požadované jakosti a rozměry. Tento výběr je dále redukován na přednostní materiály univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností.

Takové druhy představují:

- Oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al ...),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé).

Oceli zaujímají ve výrobě forem téměř monopolní postavení. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. I přes komoditní zastoupení ocelí při výrobě forem jsou i ostatní druhy materiálů vhodné k použití. Některé jejich fyzikální a tepelně izolační vlastnosti je předurčují ke speciálnímu určení na díly forem.

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. S ohledem na opotřebení, životnost a zejména odpovídající funkci jednotlivých dílů formy se volí třída použité oceli.

Z širokého sortimentu jakosti ocelí se současně pro výrobu forem používají následující skupiny:

- Oceli konstrukční k použití v přírodním i zušlechtěném stavu,
- oceli k snadnému opracování a tváření, pro cementování a zušlechtování,
- oceli uhlíkové k zušlechtování,
- oceli nástrojové legované se sníženou i velkou prokalitelností a odolností proti otěru,
- oceli k nitridování,
- oceli antikorozi, používané při zpracování plastů, které chemicky ovlivňují ocel,

- ocel martenziticky vytvrditelné s malou deformací při tepelném zpracování a velkou stálostí rozměrů.

[2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ

Tato bakalářská práce je zaměřena na návrh vstřikovací formy, která je určena k výrobě podvozku in-line brusle. V úvodu praktické části práce bude objasněna funkce výrobku, použitý materiál a volba vstřikovacího stroje s ohledem na velikost rámu formy a požadovaný plastikační výkon. Stěžejní částí práce bude bezesporu samotná konstrukce formy, které bude provedena za pomoci softwarové podpory a možností přístupu k normálím. Všechny konstrukční prvky budou voleny z pohledu pevnosti kompletní sestavy formy, avšak se zřetelem na ekonomickou stránku výroby. Ze zhotoveného 3D modelu formy bude v závěru sestavena technická dokumentace sestavy.

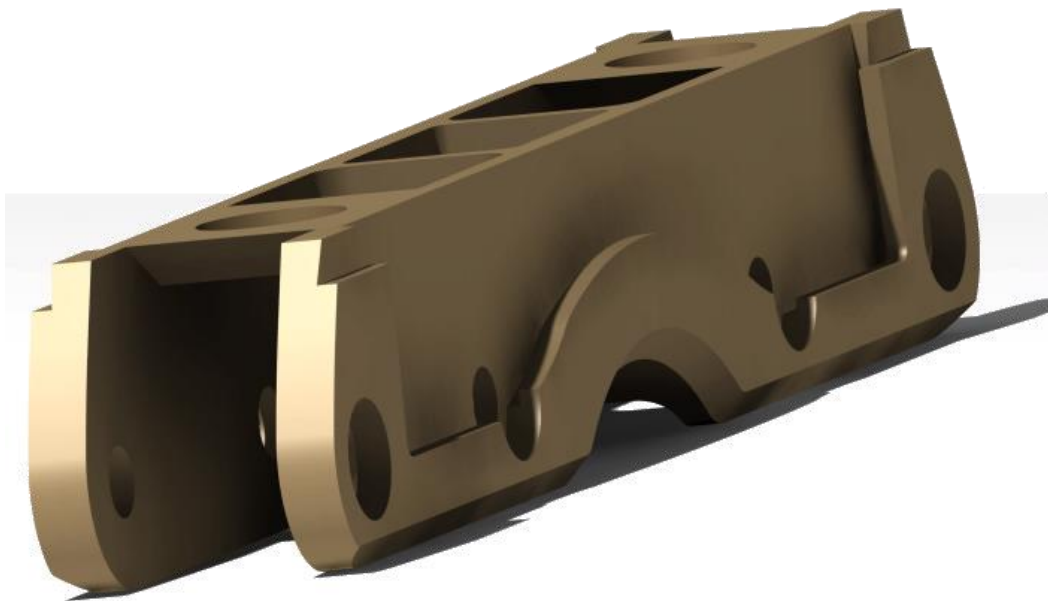
5 PODVOZEK IN-LINE BRUSLE

Z historického hlediska brusle pro aggressive in-line prošly velkým vývojem, jak po designové, funkční, tak materiálové stránce. U podvozků tomu nebylo jinak. Mezi velký pokrok by se mimo použité materiály slušelo zařadit hlavně řešení třecích ploch a celková vizualizace jedinečného designu, jakožto charakteristikou výrobce.



Podvozek

Obr. 24. Vlevo foto kompletu in-line aggressive brusle, vpravo foto bruslaře v akci



Obr. 25. Renderovaný 3D model podvozku

Základní věcí, kterou funkční podvozky musí splňovat je především upevnit kolečka. Tento podvozek ovšem není určen pouze k samotné fixaci koleček, ale je uzpůsoben pro speciální odnož in-line bruslení a to aggressive in-line. Je nutné si uvědomit, že tento sport je založen na zdolávání překážek ve skateparcích a hlavně na ulici. Překážkami je myšleno jízda po zábradlí, patnicích nebo všemožné skoky. Z toho důvodu jsou podvozky vyrobeny z polymerních materiálů, na rozdíl od hliníkových podvozků pro klasické in-line bruslení.

5.1 Charakteristika tvaru

Součást je hranolovitého tvaru s hlavními rozměry 270 x 45 x 46 mm a celkovým objemem 121,5 cm³. Jedna z hlavních funkčních ploch se nachází ve středu na spodní straně podvozku, je tvořena rádiusovým vybráním o poloměru 40 mm. Po celé délce podvozku je zhotoveno vybrání, které nese lichoběžníkový profil o hloubce 5 mm. Toto vybrání je na dílu vyrobeno z důvodu snížení třecí plochy podvozku. Ve středu vybrání je promítnuta rádiusová plocha ze spodní strany podvozku. Po obvodu tohoto vybrání se nachází drážka o šířce 2 mm, tato drážka je zde z designových důvodů, charakteristický znak.

Jelikož je podvozek z větší části tvořen prakticky čtyřmi žebry, která jsou spojena ve středu a symetricky na krajích horní části podvozku montážními vzpěrami, které umožňují šroubové spojení s celkem brusle. Podvozku dodává potřebnou tuhost až montáž koleček, která jsou zde usazena spojovacími šrouby. Pro šrouby je na podvozku zhotoveno 8 zápusných otvorů, přičemž menší otvor je průměru 10 mm a zápusný otvor průměru 17 o hloubce zapuštění 5 mm.

5.2 Vstříkovaný materiál

Jako materiál podvozku byl vybrán polypropylen (PP) plněný z 30% skleněnými vlákny. Je to semikrystalický termoplast, který patří do skupiny polyolefinů. Vyznačuje se odolností vůči organickým rozpouštědlům, alkoholům a olejům. Přidáním anorganických plniv do materiálu můžeme značně ovlivnit jeho vlastnosti. V případě skelných vláken zaznamenáváme nárůst modul modulu pružnosti, pevnosti, houževnatosti a také hodnotu smrštění.

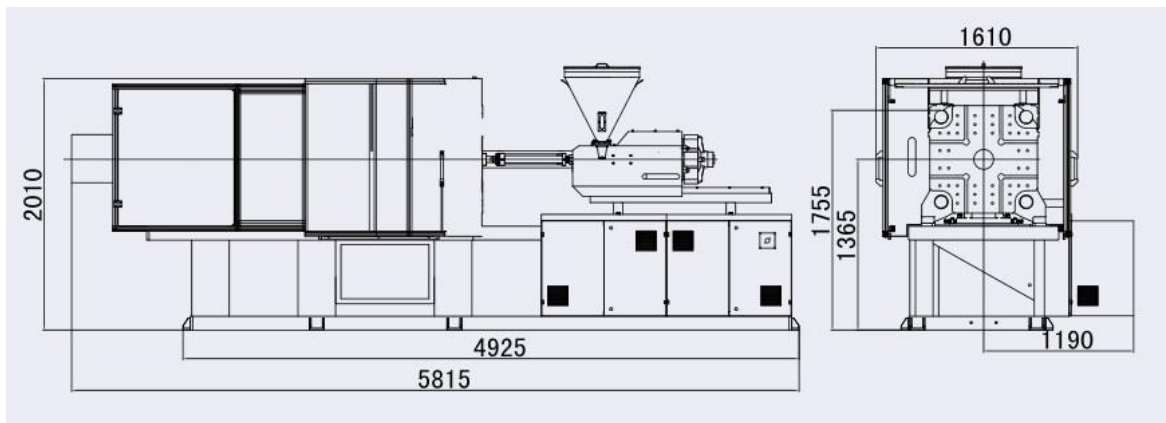
Výrobce polymerních materiálu firma RTP Company, byla zvolena jako dodavatel granulátu.

Tab. 1. Parametry vybraného materiálu [12]

Název	RTP PP 30GF
Hustota	1,12 g.cm ⁻³
ITT (230 °C/2,16 kg)	5 g/10 min
Smrštění	0,20 - 0,40 %
Pevnost v ohybu	117 MPa
Pevnost v tahu	76 MPa
Vstřikovací tlak	69 - 103 MPa
Teplota formy	32 - 66 °C
Teplota tání	191 - 232 °C
Doba sušení	2 hod při 79 °C

6 VOLBA STROJE

Velikost vstřikovacího stroje je nutně spjata s rozměry rámu formy, objemem tvarové dutiny. Rozměr rámu formy je vždy limitní pro vzdálenost mezi vodícími sloupy a maximální světlost mezi upínacími deskami. Plastiční výkon musí splnit bezproblémové dávkování taveniny do dutiny formy. Stroj musí zajistit těsnost formy v průběhu vstřikovacího cyklu.



Obr. 26. 2D vizualizace vstřikovacího stroje INVERA Intec – D 250/1100B [13]

Po zhodnocení vlivů nutných ke specifikaci stroje byl zvolen horizontální vstřikovací stroj od českého výrobce z Rakovníka INVERA model Intec – D 250/1100B.

Tab. 2. Parametry vybraného stroje [13]

Průměr šneku	55 mm
Poměr šneku	20 -
Maximální objem vstřikované dávky	601 cm ³
Maximální vstřikovací tlak	185,1 MPa
Maximální uzavírací síla	2500 kN
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	580 x 580 mm
Maximální výška formy	600 mm
Minimální výška formy	250 mm
Maximální zdvih vyhazovacího systému	160 mm
Průměr otvoru pro středící kroužek	100 mm
Hmotnost	8,2 t

7 POČÍTAČOVÁ PODPORA KONSTRUKCE

7.1 DS Catia V5R19

Catia je software pro 3D počítačové konstruování od společnosti Dassault Systemes sídlící ve Francii. Jelikož je software vybaven rozsáhlým počtem modulů a pracovních prostředí, je schopen osobě znalé poskytnout komplexní pohled na zpracovávaný projekt. Návrh designu, samotná konstrukce, analýzy, simulace, tvorba dokumentace a NC programů, to jsou znaky takřka univerzálního použití a je velice pravděpodobné, že se s tímto softwarem potkáte v mnoha odvětvích průmyslového procesu. [14]

7.2 HASCO DAKO Modul

Jak je již z názvu patrné, tento softwarový doplněk je prací německé společnosti Hasco a firmy Dako. Modul je takzvanou free verzí, která nabízí kompletní soubor normálií společnosti Hasco. Umožňuje snadnou práci v oblasti konstrukce forem z normalizovaných dílů, jelikož normálie jsou poskytovány ve všech rozměrových velikostech. Rovněž je tento software schopen převést geometrii dílů do takřka všech CAD programů.

7.3 Autodesk Simulation Moldflow Insight 2014

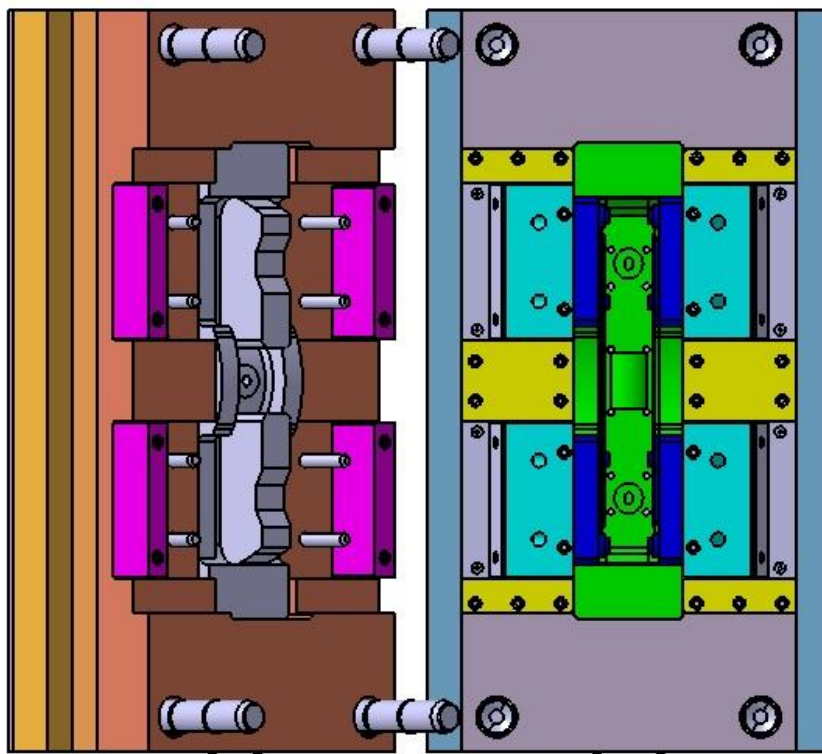
Software Autodesk Simulation Moldflow Insight jako součást řešení Autodesk pro digitální prototyping, je nástrojem pro simulaci vstřikovacího procesu v digitální podobě. Software Autodesk Moldflow Insight poskytuje možnost hloubkově řešit, vyhodnocovat a optimalizovat polymerní díl i vstřikovací formu. Tento software využívají přední světoví výrobci v mnoha odvětvích průmyslu z důvodů efektivní a ekonomické výroby. [15]

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

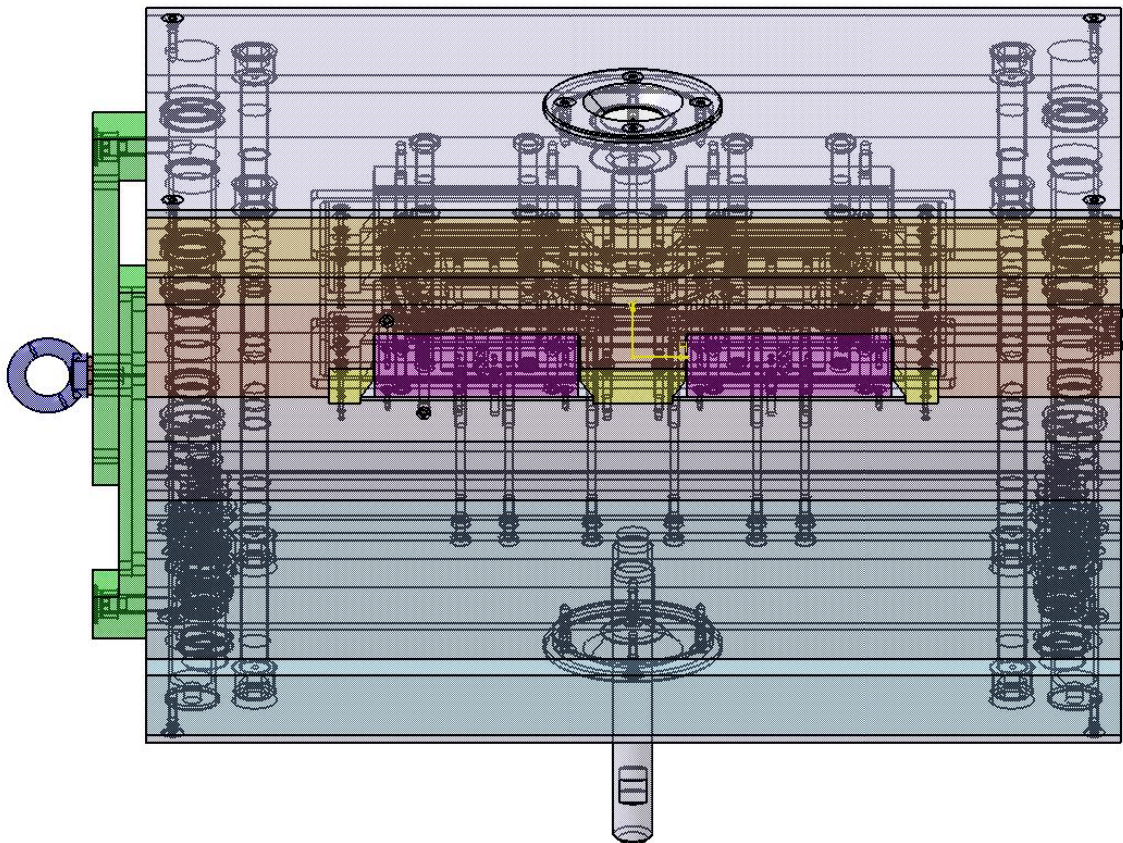
Vstřikovací forma obsahuje velké množství komponentů, které spolu tvoří jeden funkční celek, tyto komponenty proto nutně podléhají velkému tlaku z pohledu jakosti. Z toho je jasné, že jakákoli konstrukce či koncept podléhá určitým finančním nárokům. Tento jednoduchý, avšak důležitý fakt je nutné brát na zřetel, proto ke konstrukci formy bylo použito mnoho normálií od společnosti Hasco, které jsou dostupné v modulu Mold Tooling Design v 3D parametrickém programu Catia V5R19. I když byl použit stavebnicový systém firmy Hasco, konstrukce se neobešla bez nenormalizovaných dílů, které se objevují u všech typů forem a jsou jejich nedílnou součástí. Tyto díly byly navrhovány rovněž v systému Catia V5 za použití modulů Part Design a Assembly Design.

8.1 Rám vstřikovací formy

Rám vstřikovací formy byl navržen s ohledem na rozměr součásti a celkovou tuhost soustavy. Jako základ rámu byl zvolen normalizovaný set K-desek společnosti Hasco s označením MBA 1 s rozměry 546 x 296 mm. Výška jednotlivých desek byla volena individuálně v závislosti na konstrukčních prvcích. Výsledná výška rámu v tomto případě činí 324 mm.



Obr. 27. Pohled do pravé a levé části formy

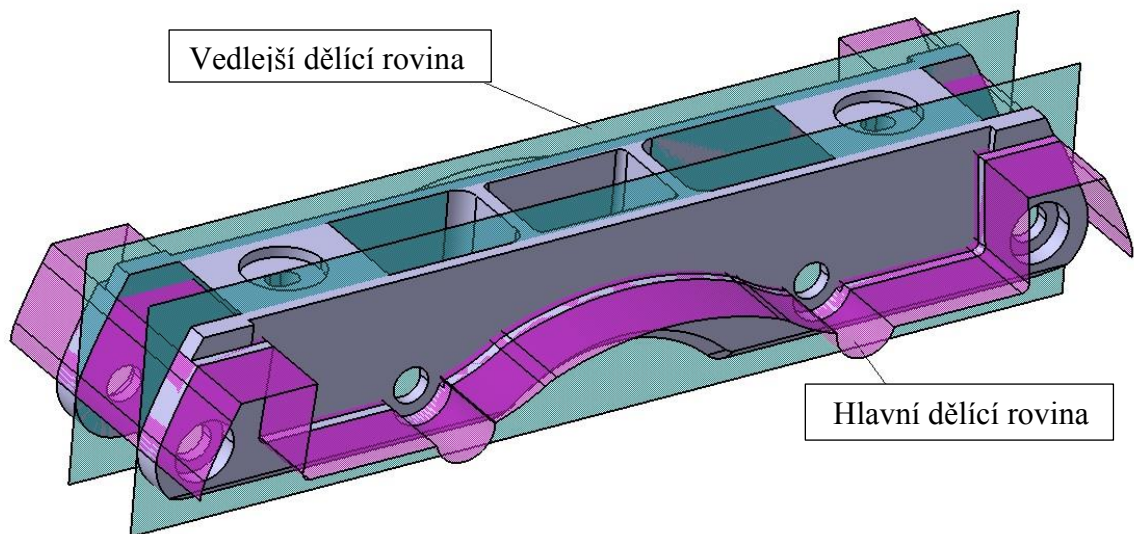


Obr. 28. 3D model vstřikovací formy

Všechny desky byly vystředěny ve čtyřech bodech formy. V pravé části formy byly jako středící členy zvoleny vodící čepy. Levá strana je ustavena vodícím pouzdrům a vodící trubkou. Spojení jednotlivých desek pravé a levé strany formy je zajištěno šroubovým spojením. Odnímatelnou částí rámu formy je transportní můstek, který zde byl situován v horní části rámu, umožňuje manipulaci s formou.

8.2 Zaformování

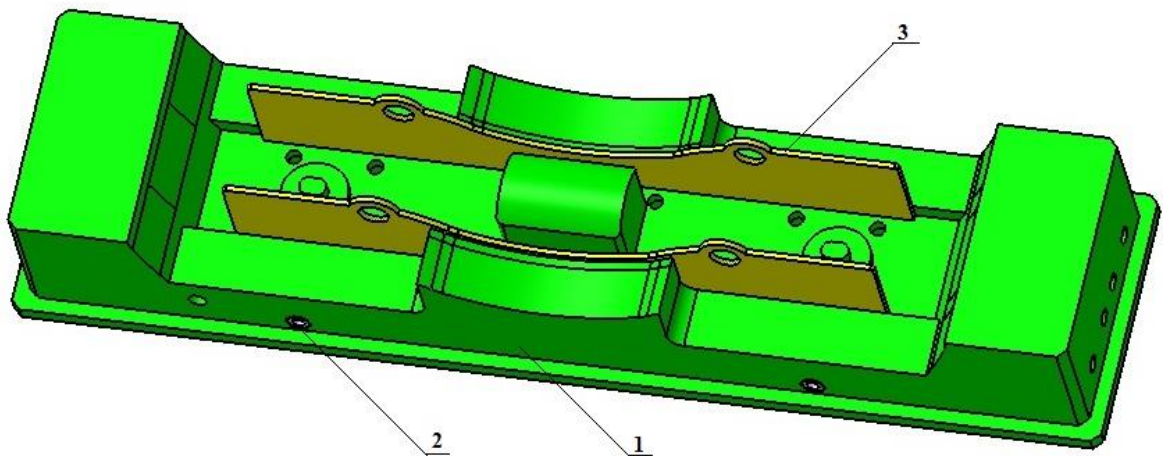
Geometrický tvar výstřiku, neumožnil zaformování do jedné dělicí roviny. Z tohoto důvodu bylo nutné rozdělit zaformování na jednu hlavní a dvě vedlejší dělicí roviny. Hlavní dělicí rovina bylo nutné provázat s tvarem podvozku, jelikož nebylo možné volit dělicí roviny, která by byla rovinná. Avšak hlavní dělicí rovina a levé tvarová část byla dimenzována tak, aby výstřik zůstal na straně vyhazovacího systému. Jak již bylo uvedeno, tvar výstřiku si vyžádal použití vedlejších dělicích roviny. Dělicí roviny byly umístěny na bocích podvozku, rovnoběžně s osou formy. To řešení umožnilo problematické odformování šikmého vybrání ve spojení s otvory pro šrouby.



Obr. 29. Zaznačení hlavní a vedlejší dělicí roviny na podvozku

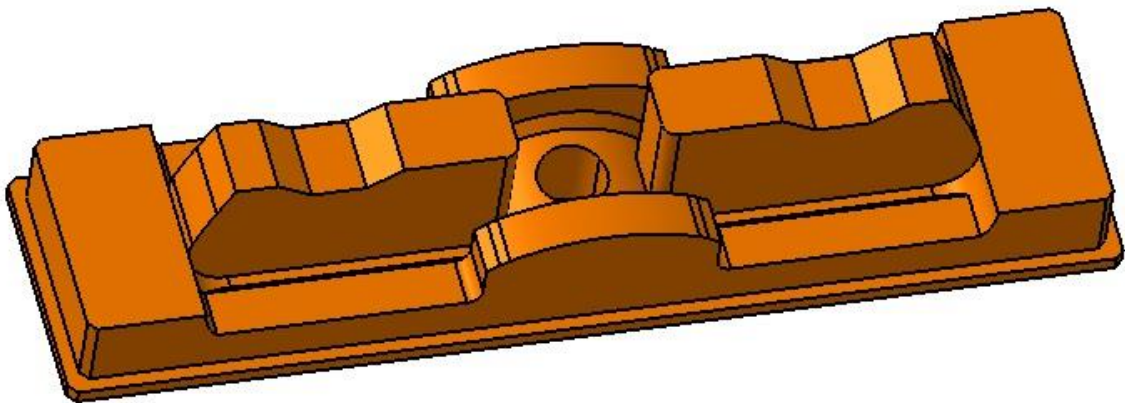
8.2.1 Tvárnice - Tvárník

Jedná se o tvarové prvky, které jsou negativem výrobku. Dutina, kterou tyto tvarové prvky spolu tvoří je zvětšena o hodnotu smrštění. Jelikož v tomto konceptu, tvárník a tvárnice nejsou součástí tvarových desek, byly pro ně vyfrézovány kapsy, ve kterých jsou uloženy. Tvárník i tvárnice jsou vyrobeny z nástrojové oceli, následně nauhličeny a kaleny. Tvárnice je umístěna na pravé, pevné straně formy. V ose tvárnice je zhotoven otvor pro umístění vtokové vložky. Po stranách tvárnice jsou vrtány otvory pro přívod temperačního média. Tvárník je na rozdíl od tvárnice sestaven z pěti dílů a je uložen v levé, pohyblivé straně formy. Sestavu tvoří tělo tvárníku s jeho nejdůležitějšími tvarovými částmi. Do těla tvárníku byla vložena dvě identická žebra, která na podvozku tvoří zapuštěnou drážku. Žebra jsou usazena v drážkách, které prochází celým tvárníkem. Z boční strany, kolmo na umístění žebor, jsou vyvrtány průchozí otvory, ve kterých jsou vloženy čepy, které upevní a vystředí žebra do požadované polohy. Na těle tvárníku byly zhotoveny čtyři plochy se záporným úkošem, které při otevření formy přidrží výstřik na tvárníku. Rovněž jsou zde zhotoveny otvory pro umístění vyhazovacích kolíků a vrtané díry k připojení temperace.



Obr. 30. Sestava tvárníku

1 – tvárník, 2 – čep, 3 – žebro

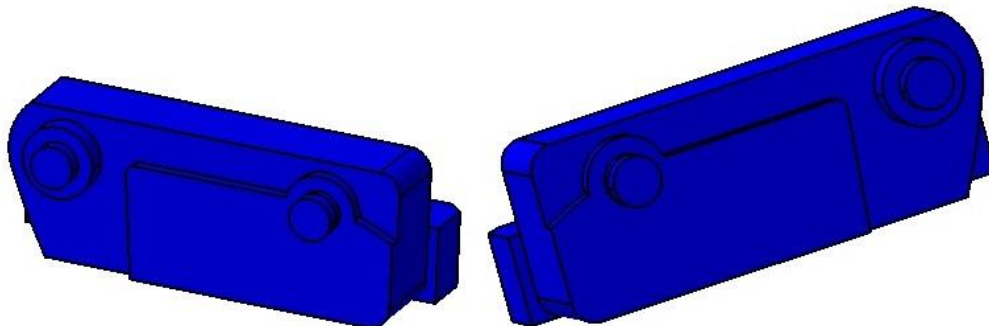


Obr. 31. Tvárnice

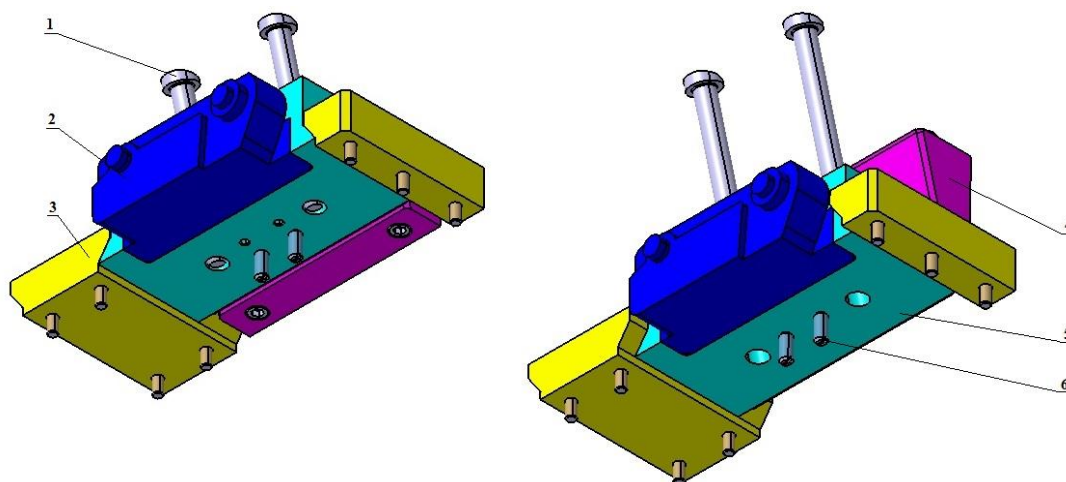
8.2.2 Posuvné čelisti

Posuvné čelisti slouží k odformování či zaformování vedlejších dělicích roviny na výstřiku. Pro tento koncept byl zvolen systém, kdy jsou čelisti nuceny k pohybu vlivem šikmo uložených čepů na pravé straně formy. Tyto čepy jsou na levé straně formy uloženy v otvorech táhel, které se při otevírání nebo zavírání pohybují axiálně. Čelisti jsou šroubovým spojením připevněna k táhlům. Při odformování výstřiku bylo nutné zajistit, aby se táhla tvarových čelistí zastavila v poloze, která zamezí samovolnému pohybu, když šikmo uloženy čep opustí otvor v táhlech. Tohoto bylo docíleno instalací zámku (pojistky), tj. kuličky s pružinou, která zaskočí do připraveného otvoru. Celý princip táhla je veden v rybinovitém vedení na straně tvárníku. Při procesu vstřikování dochází v dutině formy

k velkým výkyvům tlaků, které by mohly způsobit samovolné otevření vedlejších dělicích rovin. Tomuto problému bylo zamezeno přidáním zámků umístěných na pravé straně dělicí roviny.



Obr. 32. Tvarové čelisti



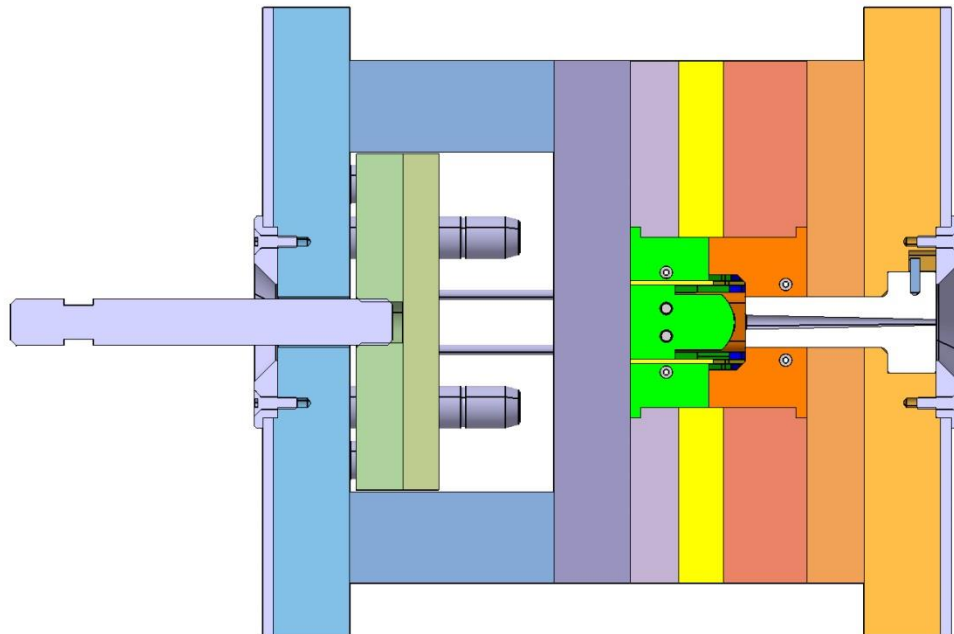
Obr. 33. Vizualizace mechanismu posuvných čelistí, vlevo uzavřený stav, vpravo otevřený stav

1 – vodící čep, 2 – tvarová čelist, 3 – rybinovité vedení posuvného mechanismu, 4 – zámek, 5 – táhlo posuvné čelisti, 6 – šroub s pojistnou kuličkou

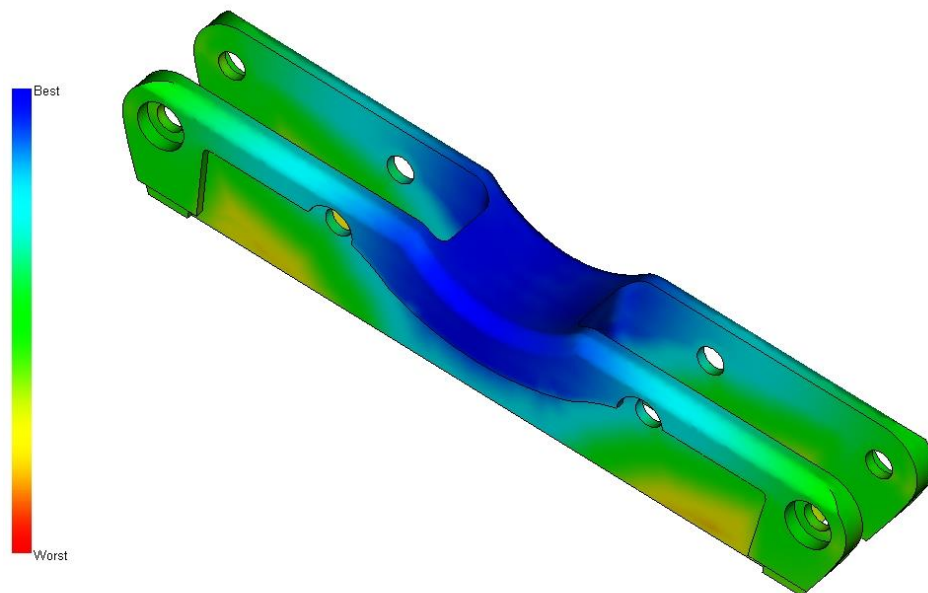
8.3 Vtokový systém

S ohledem na násobnost formy a masu materiálu nutného k zaplnění dutiny formy, byl zvolen kuželový vtok, umístěný do středu výstřiku. Kuželový vtok zde umožňuje dobrou práci s dotlakem a rovněž snižuje ekonomické nároky na formu a následně i cenu podvozku. Jelikož vtok neústí v rovinné ploše, byla vtoková vložka opatřena kolíkem, který zamezuje samovolnému pootočení vtokové vložky. Volba vtokového ústí, byla potvrzena analýzou plnění provedenou v programu Autodesk Simulation Moldflow

Insight. Odstranění vtokového kužele bude provedeno odštipnutím a následným zabroušením.



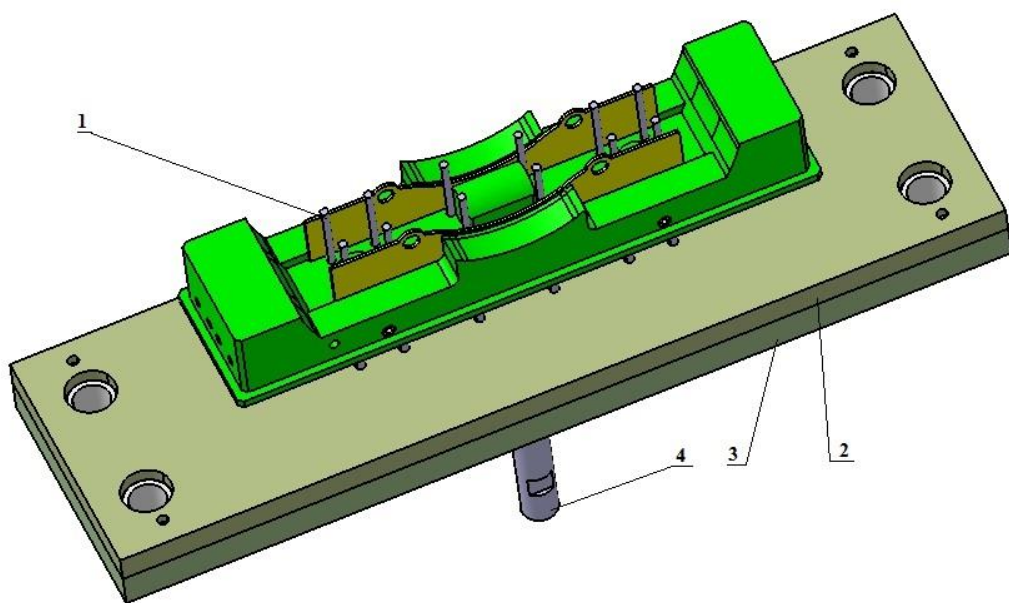
Obr. 34. Průřez rovinou vtokového ústí



Obr. 35. Analýza vhodnosti umístění vtokového ústí, provedeno v Autodesk Simulation
Moldflow Insight 2014

8.4 Vyhazovací systém

Přidržení výstřiku na levé straně formy zajišťuje nasmrštění výrobku na tvárník ve spojení se čtyřmi plochami na tvarové části, které mají záporný úkos. Po odformování hlavní i vedlejší dělicí roviny může nastat samotné vyhození, které je realizováno sadou válcových vyhazovacích kolíků průměru 5 mm. Jedná se opět o normalizované díly od firmy Hasco. Tyto normalizované kolíky byly následně upraveny na požadovanou délku, která činí 128 mm. Ukotvení vyhazovacích kolíků je provedeno ve vyhazovací desce kotevní, která je šroubovým spojením spojena s vyhazovací deskou opěrnou. K vyhazovací desce opěrné je připevněno táhlo vyhazovacího systému. Táhlo vede do stroje, kde je připojeno k vyhazovacímu ústrojí, které vyvozuje vyhazovací sílu a potřebný zdvih systému, který působí na výstřik. Vedení desek je provedeno vodícími čepy a vodícími pouzdry v deskách. Čepy byly ukotveny v levé upínací desce.



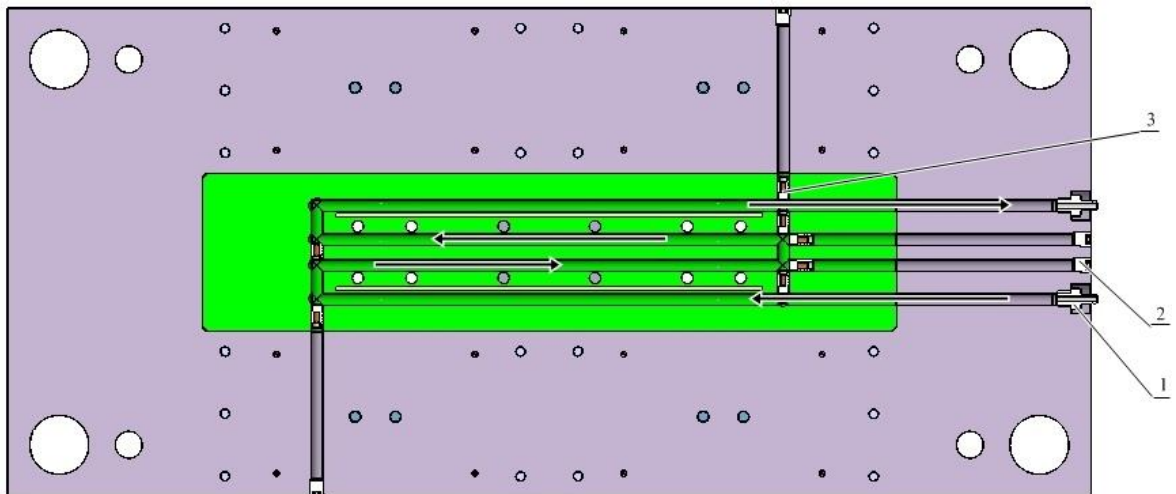
Obr. 36. Vizualizace vyhazovacího systému

1 – vyhazovací kolík, 2 – vyhazovací deska kotevní, 3 – vyhazovací deska opěrná, 4 – táhlo vyhazovacího systému

8.5 Temperace

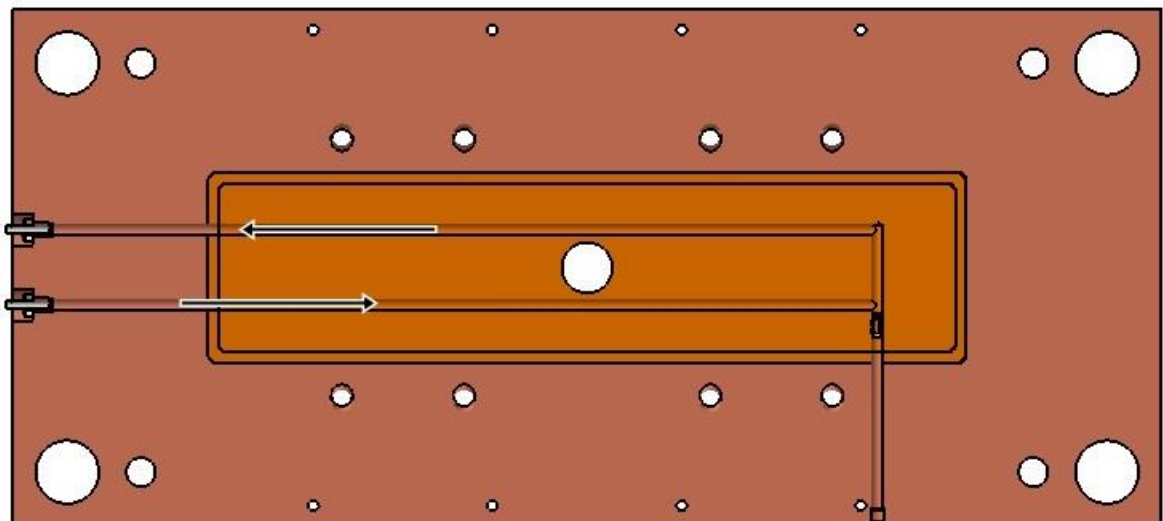
Temperování formy zajišťuje konstantní teplotní pole tvarových částí. Temperační systémy tvárníku i tvárnice obsahují vždy jednu větev. V obou případech byly použity rovinné vrtané kanály průměru 6 mm. Temperační okruh byl utěsněn vnitřními zátkami, slepé

otvory byly pojištěny proti úniku média vnější zátkou společnosti Hasco. Přípojky obou okruhů mají vstup i výstup situován z bezpečnostních důvodů na spodní straně formy. Přípojky byly rovněž voleny jako normálie od Hasco. Jako médium kolující v kanálech byla volena voda s přidavkem aditiv.



Obr. 37. Temperace v levé tvarové desce

1 – přípojka, 2 – vnější zátká, 3 – vnitřní zátká

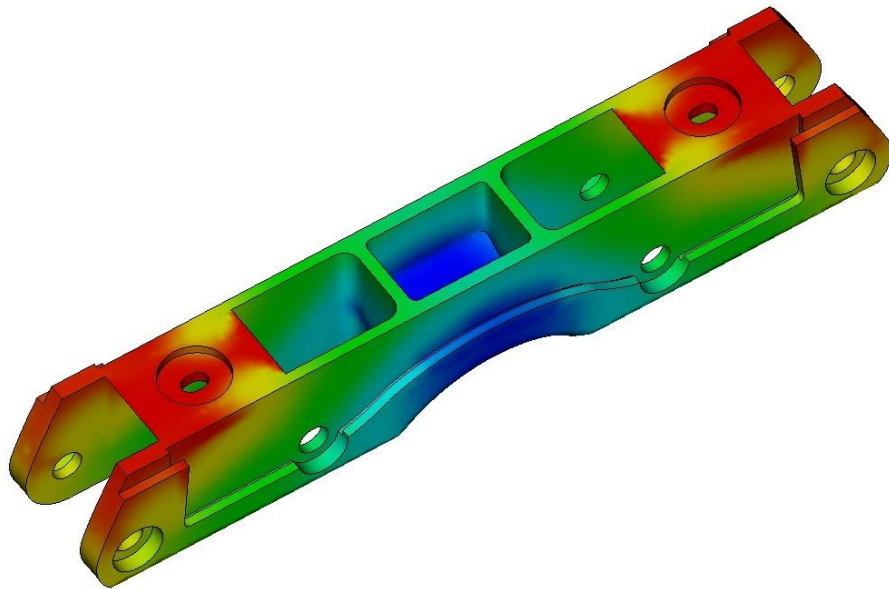


Obr. 38. Temperace v pravé tvarové desce

8.6 Odvzdušnění

Toto konstrukční řešení formy nepočítá s přidavnými odvzdušňovacími kanálky. Zde bylo uvažováno, že uzavřený vzduch uvnitř formy, který by při stlačování způsobil poškození

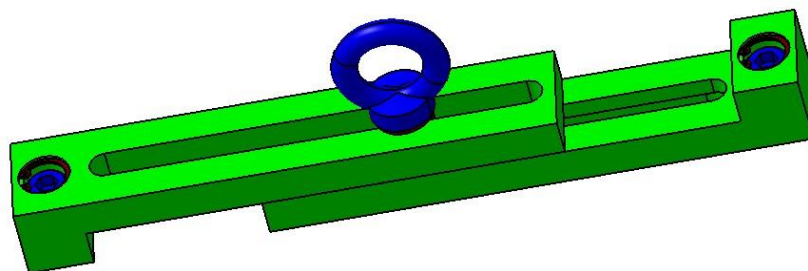
výstřiku, odejde přes vzniklé minimální vůle mezi vyhazovacími kolíky a tělem tvárníku nebo vůlemi mezi posuvnými čelistmi a tvárníkem. V druhém pořadí zmíněný způsob odvedení vzduchu je pravděpodobnější, protože tímto směrem se budou pohybovat tavenina, která bude jako píst vzduch tlačit. Tato úvaha byla podpořena analýzou rychlosti zaplnění formy v programu Autodesk Simulation Moldflow Insight.



Obr. 39. Analýza rychlosti plnění, červené místa označují oblasti, které budou zaplněny poslední. Analýza, byla provedena v Autodesk Simulation Moldflow Insight 2014

8.7 Manipulace

V kotevních deskách rámu formy byly zhotoveny závity M10, do kterých byl následně šroubovým spojením připevněn transportní můstek, rovněž od společnosti Hasco. Tento můstek umožňuje jeřábovou manipulaci s formou. Buď při osazení vstříkovacího stroje formou, vystředění formy na středících kroužcích a následné upevnění formy na upínací desku upínkami nebo následnou demontáž a převoz do skladovacích prostor.



Obr. 40. Transportní můstek

ZÁVĚR

Zaměření bakalářské práce spočívá v propojení znalostí z oblasti vstřikování polymerních materiálů a osobního volného času stráveného na bruslích. Jako předmět pro tvorbu formy byl tudíž zvolen podvozek in-line brusle. Tento díl sestavy in-line bruslí musí odolávat náporu zatížení, které vyvodí samotný bruslař, ale také dalším rázům a odírání. A je tak nejvíce opotřebovávaným díly brusle.

Zásady a pravidla, které se uplatňují při konstrukci vstřikovacích forem, jsou popsány v teoretické části práce. Tyto pravidla byla aplikována na konstrukci formy pro podvozek in-line brusle. Všechny konstrukční specifika, byly dopodrobna popsány v praktické části. Každá z kapitol praktické části práce se věnuje samostatnému okruhu sestavy vstřikovací formy. Konstrukce probíhala za podpory 3D parametrického programu Catia V5R19 v kooperaci s Hasco Dako Modul. Výhoda tohoto spojení spočívala v použití normalizovaných prvků, které přinesly do konstrukce formy ekonomickou a výrobní úlevu. Model sestavy formy byl následně použit ke tvorbě výkresové dokumentace, jejichž soupis je proveden v seznamu příloh. Technická dokumentace byla rovněž provedené v programu Catia V5R19.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2.vyd. – Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1.vyd. – Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [3] ZEMAN, L. *Vystřikování plastů: úvod do vstřikování plastů*. 1.vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [4] 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>
- [5] Vstřikování Plastů [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupný z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>
- [6] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X
- [7] Mmspektrum [online]. [cit.2015-01-28]. Dostupný z WWW:
<<http://mmspektrum.com/novinka/energeticky-usporne-vstrikovaci-lisy-systec.html>>
- [8] Hasco [online]. [cit.2015-01-15]. Dostupný z WWW: <http://hasco.com>
- [9] HASCO DAKO Modul
- [10] Smugmug [online]. [cit.2015-01-28]. Dostupný z WWW: <http://need-media.smugmug.com/Graphics/Graphics/17024036_Bdmf8C#!i=3658490712&k=VDTmm7C>
- [11] 14220 [online]. [cit.2015-01-28]. Dostupný z WWW:
14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii
- [12] RTP Co. [online]. [cit.2015-05-04]. Dostupný z WWW:
<<http://www.rtpcompany.com>>
- [13] Intera [online]. [cit.2015-05-04]. Dostupný z WWW:
< http://www.invera.cz/images/pdf/INTEC_D.pdf>
- [14] Technodat [online]. [cit.2015-05-04]. Dostupný z WWW:
<http://www.technodat.cz/CATIA-V5>
- [15] Smartplast [online]. [cit.2015-05-04]. Dostupný z WWW:
<www.smartplast.cz/ami.php>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Two dimensions (dvourozměrný).
3D	Three dimensions (trojrozměrný).
AL	Chemický prvek: Hliník.
CAD	Computer aided design (počítačem podporované projektování).
CU	Chemický prvek: Měď.
E	Youngův modul pružnosti v tahu [MPa].
IT	Třída přesnosti.
ITT	Index toku taveniny [g/10 min].
K-desky	Kirchhoffovy desky (tuhé desky).
NC	Numerical control (číslicově řízený).
PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PET	Polyethylentereftalát
PMMA	Polymethylmethakrylát
POM	Polyoxymetylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid.
RAL	ReichsAusschuss fuer Lieferbedingungen (Říšský výbor pro dodací podmínky), označení vzorníku barev.
SAN	Styrén akrylonitril
T _g	Teplota skelného přechodu [°C].
T _m	Teplota tání [°C].

TPE-A	Termoplastický polyamid.
TPE-O	Termoplastické polyolefiny.
UV	Ultrafialové záření.
VJ	Vstřikovací jednotka.
VVS	Vyhřívaný vtokový systém.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Monomer, polymer [10]	12
Obr. 2. Oblast využití amorfních a semikrystalických polymerů [1]	13
Obr. 3. Vstříkovací cyklus [5]	17
Obr. 4. Vstříkovací stroj [7]	19
Obr. 5. Pístová vstříkovací jednotka [6]	20
Obr. 6. Šneková vstříkovací jednotka [6]	20
Obr. 7. Vstříkovací jednotky s předplastikací [6]	21
Obr. 8. Uzavíratelná, volně průtočná vstříkovací tryska [6]	22
Obr. 9. Karuselový vstříkovací stroj [6]	23
Obr. 10. Laminární tok taveniny [5]	24
Obr. 11. Řez formy	25
Obr. 12. Průřezy vtoků [11]	28
Obr. 13. Studený vtokový systém [11]	29
Obr. 14. Kuželový vtok [1]	29
Obr. 15. Zaformování bodového vtoku, třídesková forma [1]	30
Obr. 16. Tunelový vtok [1]	31
Obr. 17. Srpkovitý vtok, princip oddělení vtoku [1]	31
Obr. 18. Boční vtok [1]	32
Obr. 19. Vyhřívaný rozvodný blok X [8]	33
Obr. 20. Válcový vyhazovač [9]	35
Obr. 21. Prizmatický vyhazovač [9]	35
Obr. 22. Trubkový vyhazovač [9]	35
Obr. 23. Soustava chladících kanálů [11]	38
Obr. 24. Vlevo foto kompletu in-line aggressive brusle, vpravo foto bruslaře v akci	43
Obr. 25. Renderovaný 3D model podvozku	43

Obr. 26. 2D vizualizace vstříkovacího stroje INVERA Intec – D 250/1100B [13]	46
Obr. 27. Pohled do pravé a levé části formy	48
Obr. 28. 3D model vstříkovací formy	49
Obr. 29. Zaznačení hlavní a vedlejší dělicí roviny na podvozku	50
Obr. 30. Sestava tvárníku	51
Obr. 31. Tvárnice	51
Obr. 32. Tvarové čelisti	52
Obr. 33. Vizualizace mechanismu posuvných čelistí, vlevo uzavřený stav, vpravo otevřený stav	52
Obr. 34. Průřez rovinou vtokového ústí	53
Obr. 35. Analýza vhodnosti umístění vtokového ústí, provedeno v Autodesk Simulation Moldflow Insight 2014	53
Obr. 36. Vizualizace vyhazovacího systému	54
Obr. 37. Temperace v levé tvarové desce	55
Obr. 38. Temperace v pravé tvarové desce	55
Obr. 39. Analýza rychlosti plnění, červené místa označují oblasti, které budou zaplněny poslední. Analýza, byla provedena v Autodesk Simulation Moldflow Insight 2014	56
Obr. 40. Transportní můstek	56

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Parametry vybraného materiálu. [12]	45
Tab. 2. Parametry vybraného stroje. [13]	46

SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 Materiálový list RTP PP 30GF
- P 2 Parametry vstřikovacího stroje INVERA Intec – D 250/1100B
- P 3 Výkresová dokumentace:
- Forma pro podvozek brusle
 - Pravá strana dělicí roviny
 - Levá strana dělicí roviny
 - Podvozek in-line brusle
 - Kusovník (1/2 ; 2/2)
- P 4 CD s obsahem:
- Bakalářská práce (doc/pdf)
 - Model formy, výrobku a výkresová dokumentace

PŘÍLOHA P 1: MATERIÁLOVÝ LIST RTP PP 30GF



*Product Data Sheet &
General Processing Conditions*

**RTP PP 30 GF
Polypropylene (PP)
Value Product
Glass Fiber
Chemically Coupled**

PROPERTIES & AVERAGE VALUES OF INJECTION MOLDED SPECIMENS

PERMANENCE	English	SI Metric	ASTM TEST
Primary Additive	30 %	30 %	
Specific Gravity	1.12	1.12	D 792
Melt Flow Rate @ 230 °C, / 2.16 kg	5.00 g/10 min	5.00 g/10 min	D 1238
Molding Shrinkage 1/8 in (3.2 mm) section	0.0020 - 0.0040 in/in	0.20 - 0.40 %	D 955

MECHANICAL

Impact Strength, Izod notched 1/8 in (3.2 mm) section	1.5 ft-lbs/in	80 J/m	D 256
unnotched 1/8 in (3.2 mm) section	11.0 ft-lbs/in	587 J/m	D 4812
Tensile Strength	11000 psi	76 MPa	D 638
Tensile Elongation	4.0 - 5.0 %	4.0 - 5.0 %	D 638
Tensile Modulus	1.00 x 10 ⁶ psi	6895 MPa	D 638
Flexural Strength	17000 psi	117 MPa	D 790
Flexural Modulus	0.75 x 10 ⁶ psi	5171 MPa	D 790

THERMAL

Ignition Resistance* Flammability**	HB @ 1/16 in	HB @ 1.5 mm	D 635
--	--------------	-------------	-------

PROPERTY NOTES

Data herein is typical and not to be construed as specifications.

Unless otherwise specified, all data listed is for natural or black colored materials. Pigments can affect properties.

* This rating is not intended to reflect hazards of this or any other material under actual fire conditions.

** Values per RTP Company testing.

GENERAL PROCESSING FOR INJECTION MOLDING

	English	SI Metric
Injection Pressure	10000 - 15000 psi	69 - 103 MPa
Melt Temperature	375 - 450 °F	191 - 232 °C
Mold Temperature	90 - 150 °F	32 - 66 °C
Drying	2 hrs @ 175 °F	2 hrs @ 79 °C

**PŘÍLOHA P 2: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE INVERA
INTEC – D 250/1100B**

		D250/1100	
		Company	B
Injection Unit	Screw Diameter	mm	55
	Screw L/D Ratio	L/D	20.0
	Theoretical Shot Volume	cm ³	601
	Injection Weight(Ps)	g	547
	Injection Pressure	MPa	185.1
	Injection Rate Into Air	cm ³ /s	236.3/271.0
	Injection Stroke	mm	253
	Injection Speed	cm/s	10.0/11.4
	Screw Speed	rpm	199/228
Clamping Unit	Clamping Force	KN	2500
	Clamping Stroke	mm	550
	Space Between Tie Bar	mm	580x580
	Max.Mold Height	mm	600
	Min.Mold Height	mm	250
	Eject Stroke	mm	160
	Eject Force	KN	67
	No.Of Ejector Pins	Piece	9
Others	Max.Pump Pressure	MPa	17.5
	Pump Motor Power	KW	22/30
	Heater Power	KW	17.1
	Hopper Capacity	Kg	50
	Oil Tank Capacity	L	550
	Weight	T	8.2