

Návrh vícenásobné vstřikovací formy

Tomáš Hanáček

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš HANÁČEK**
Osobní číslo: **T06073**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Návrh vícenásobné vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Nakreslete model zadaného plastového dílce
3. Provedte analýzu navrženého řešení pomocí MoldFlow
4. Nakreslete 3D model vstřikovací formy v Catia V5
5. Vypracujte výkresovou dokumentaci vybraných dílů formy
6. Závěr

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Křůmal

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2011

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce vícenásobné vstříkovací formy pro technický výstřik jako řešení z již zkonstruované formy jednonásobné.

Při řešení a návrhu je využit program CATIA V5 a Moldflow. Celý návrh je doplněn výkresovou dokumentací.

Klíčová slova: vstříkování, vstříkovací forma, plast

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with design of multiple injection molds for technical solutions from a cum already designed forms schuko standart.

Solving and program design is used CATIA V5 and Moldflow. The entire design and documentation of in-drawing is completed by comparing the economic merits of the proposed solutions.

Keywords: injection, injection mold, plastic

PODĚKOVÁNÍ

Chci poděkovat za rady, připomínky, věnovaný čas a odborné vedení při vypracování bakalářské práce mému vedoucímu Ing. Martinu Křůmalovi.

Také chci poděkovat za vynaloženou pomoc, vstřícnost a čas panu dipl. Ing. Janu Pötchovi.

MOTTO

„První krok proto, abyste od života získali to, co chcete je rozhodnout se, co to je.“ (Ben Stein)

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ	10
1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ.....	10
1.2 PŘÍPRAVA MATERIÁLU	11
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	12
1.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ JAKOST VÝSTŘIKU	14
2 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY VSTŘIKOVÁNÍ	17
2.1 GAS INJECTION TECHNOLOGY.....	17
2.2 WATER INJECTION TECHNOLOGY.....	18
2.3 VSTŘIKOVÁNÍ SENDVIČŮ.....	19
2.4 VÍCEKOMPONENTNÍ NEBO VÍCEBAREVNÉ VSTŘIKOVÁNÍ.....	21
2.5 INTERVALOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ.....	22
2.6 MRAMOROVÉ VSTŘIKOVÁNÍ.....	23
2.7 NÍZKOTLAKÉ VSTŘIKOVÁNÍ.....	23
2.8 TECHNOLOGIE ZASTŘÍKÁVÁNÍ, HYBRIDNÍ TECHNOLOGIE	24
2.9 OSTATNÍ ZPŮSOBY VSTŘIKOVÁNÍ.....	25
3 FORMY PRO VSTŘIKOVÁNÍ	26
3.1 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY PRO NÁVRH VÝSTŘIKU	26
3.2 VADY VSTŘIKOVANÝCH DÍLCŮ.....	27
3.3 ROZDĚLENÍ FOREM.....	28
3.4 POPIS FORMY	29
3.5 NÁSOBNOST FORMY	30
3.6 MATERIÁLY FOREM.....	31
3.7 NORMALIZOVANÉ ČÁSTI FORMY	34
3.7.1 Výrobci normalizovaných částí forem	34
3.7.2 Desky.....	34
3.7.3 Středící části	35
3.7.4 Vodící části.....	35
3.7.5 Vyhazování	36
3.7.6 Vtokové systémy	36
3.8 VYHAZOVÁNÍ.....	39
3.9 TEMPERACE.....	39
3.9.1 Umístění temperančních kanálů.....	40
3.9.2 Tvary temperačních kanálů	41
3.9.3 Propojení temperančních kanálů.....	41
3.9.4 Těsnění	42
3.10 ODVZDUŠNĚNÍ.....	42
4 STROJE PRO VSTŘIKOVÁNÍ	44
5 ZHODNOCENÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	46
II PRAKTICKÁ ČÁST	47

6	CÍLY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	48
6.1	NÁSOBNOST FORMY	48
6.2	NÁVRH VÍCENÁSOBNÉ FORMY	48
6.2.1	Změny tvaru dílu	49
6.2.2	Konstrukční problémy při návrhu	49
6.2.3	Zaformování	50
6.2.4	Odformování – vyhození výstřiku	50
6.2.5	Původní řešení	51
6.2.6	Nové řešení	53
6.3	MATERIÁL PRO VSTŘIKOVÁNÍ DÍLU	56
6.4	MATERIÁLY FORMY	56
6.5	VÝSLEDKY MOLDFLOW ANALÝZY	57
	DISKUZE	59
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM TABULEK	65
	SEZNAM PŘÍLOH	66

ÚVOD

Při pohledu na současnou výrobu ve všech oblastech nalezneme vazbu na použití plastů. Mnohdy už si ani nelze představit nepoužití plastů pro své vlastnosti a použitelnost. Díky svým výhodným vlastnostem došlo a dochází k nahrazování různých materiálů právě plasty, aby se docílilo např. zmenšení hmotnosti, zvýšení přesnosti, zefektivnění velkosériových výrob apod.

Přestože je stále potřeba použití kovů v různých oblastech, neustálé zdokonalování materiálů, tvorba kompozitu a kombinace materiálů staví plastikářskou výrobu na přední místo ve všech oblastech výroby.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky.[3]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní doplňuje během cyklu.

Výhody vstřikování jsou:

- krátký čas cyklu,
- schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou,
- konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací.

Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem.[3]

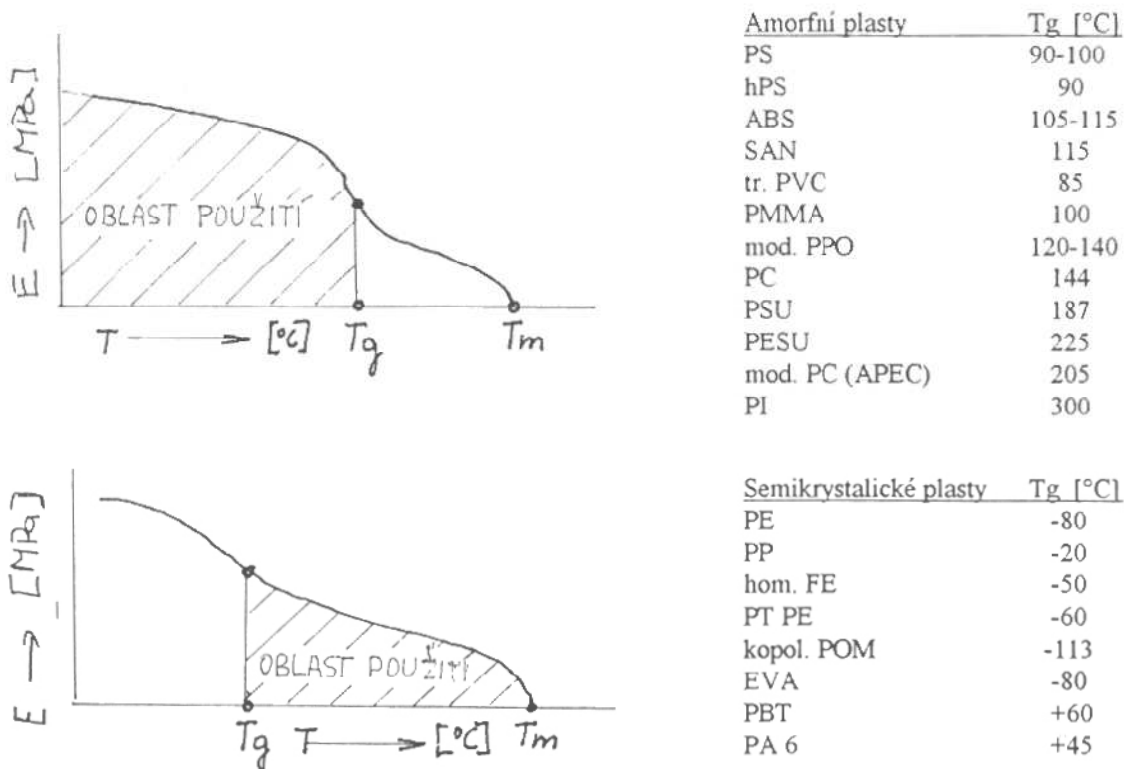
1.1 Základní rozdělení termoplastů

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězec tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny, nazýváme homopolymery. Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- amorfní, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány,
- semikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfní uspořádání.

Využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohezí síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvyšováním teploty současně narůstá i objem polymeru.[1]

U semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfni oblasti, potom i ostatní. To je doprovázeno značným objemovým nárůstem. Použití plastů tohoto typu je v oblasti nad teplotou T_g , protože mají výhodnou kombinace pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. Rozdíl obou typů je patrný z obr. 1.1.[1]



Obr. 1. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [1]

1.2 Příprava materiálu

Polymery obecně nelze bezprostředně zpracovávat v hotové výrobky, nejdříve musí projít technologiemi přípravného zpracování, kdy se do plastů přidávají různé přísady, nebo se odstraňují těkavé podíly, voda, apod. Dochází k ovlivnění fyzikální a chemické struktury plastů. Polymerům musí být také dán tvar pro další zpracování (granulát, prášek, kaše, atd.). Tyto technologie se potom označují jako technologie přípravného zpracování a před-

stavují mezistupeň mezi výrobou polymeru a vlastním zpracováním. Patří sem technologie míchání a hnětení, granulace, tabletování, recyklace a sušení a doprava materiálu. [3]

1.3 Vstřikovací cyklus

Vstřikovacím cyklem rozumíme sled pracovních procesů, které jsou potřebné k výrobě dílu. Pracovní procesy mohou následovat za sebou, příp. se překrývat. Cykly posuzujeme dle doby jejich trvání nebo počtu cyklů za danou časovou jednotku.

Uzavření formy

Vstřikovací cyklus začíná uzavřením formy. Přitom se pohybuje pravá strana formy při nastaveném profilu rychlosti a tlaku ve směru levé strany formy. Profily nastavených hodnot a průběhy dráhy mohou být pozorovány na obrazovce. Při dosažení pozice začátku ochrany formy se přepne hydraulika na nízký tlak ochrany formy, aby byla forma chráněna před poškozením, pokud např. nebyl vyhozen díl, vyrobený v předchozím cyklu. Po uzavření formy se přepne hydraulika opět na vysoký tlak, resp. dojde k prolomení kloubů. U dílů s velkými vnitřními průřezy, jako je tomu např. u tvarovek, najedou spolu s uzavřením do určitého místa formy jádra. [10]

Najetí trysky

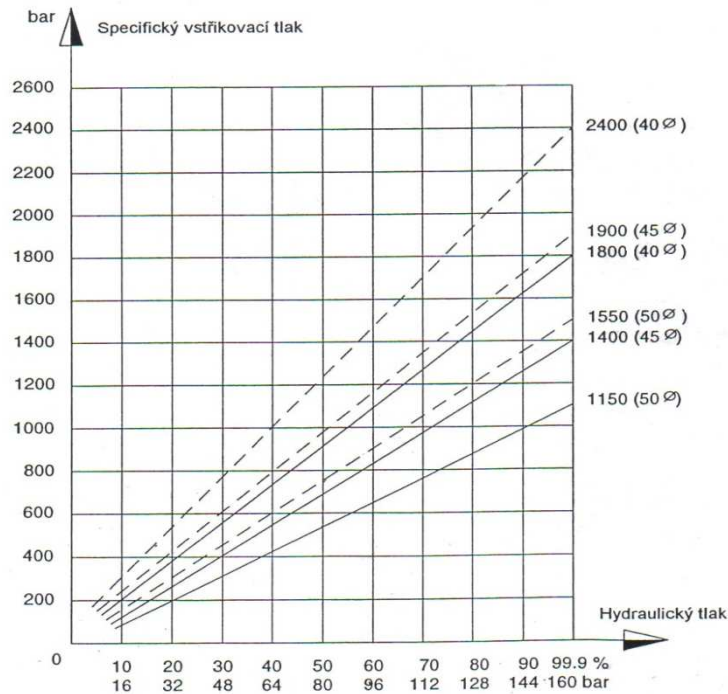
Po uzavření formy najede vstřikovací jednotka tryskou na vtokový otvor formy. U moderních vstřikovacích strojů se tato pozice u prvního automatického cyklu automaticky načte. [10]

Vstřikování a dotlak

Pomocí šneku působíme tlakem na taveninu, která je v prostoru válce před jeho špičkou (a plní funkci pístu) a ta je poté pod vysokým tlakem vstříknuta přes trysku a vtoky do dutiny formy.

Tlak v plastikačním válci může v závislosti na druhu stroje a zpracovávaného materiálu kolísat mezi 300 až 2500 bary. Jelikož má forma nižší teplotu než tavenina, začíná proces chladnutí již při jejím vstupu do formy. Z důvodu eliminování smrštění výstřiku či nevyplnění všech prostor ve formě a tím nepoužitelnosti výrobku, musí se po naplnění formy přepnout na tzv. dotlak, pomocí kterého se vyrovnají určitá objemová zmenšení, způsobená chladnutím taveniny. Dotlak má smysl pouze do té doby, dokud vtok do formy neztvrdne

(nezamrzne). Dotlak je určen jeho dobou a profilem. Po skončení dotlaku se začíná počítat chladící doba. [10]



Obr. 2. Kolísání tlaku v plastikačním válci [11]

Temperace

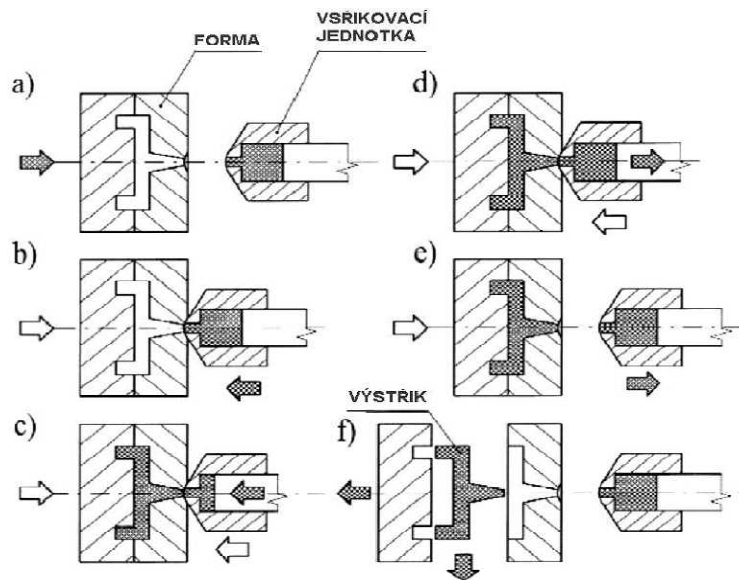
Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy nebo její části. [2]

Dávkování

Granulát padá do násypného prostoru plastikačního válce z trychtýře a je dopravován otáčením šneku ve směru trysky. Přitom jsou částičky materiálu, nacházejícího se v neustálém kontaktu s horkou vnitřní stěnou válce, šnekem neustále drceny a míšeny, takže před špičkou se nachází již homogenní tavenina. Po vytvoření dostatečného množství taveniny, potřebné k naplnění formy (zdvih dávkování), odjede šnek zpět do nastavené pozice, aby se odlehčilo stlačené tavenině v přední části válce (dekomprese). V daném případě zajistí uzavíratelná tryska, aby z ní nevytékala žádná část materiálu. [10]

Odjetí trysky

Po jisté prodlevě odjede tryska zpět. Toto je mnohdy důležité, aby se chlazený vtok příliš nezahřival tryskou, a naopak tryska neochlazovala vtokem. [10]



Obr. 3. Vstřikovací cyklus [3]

Na obr. 3. vidíme znázornění vstřikovacího cyklu a to počátkem, kdy se nám uzavře forma (ad a)), a následně dosednutím vstřikovací jednotky na uzavřenou formu (ad b)). Samotný proces vstřikování taveniny do dutiny formy (ad c)) je následně doprovázen dotlakem (ad d)). Po ukončení vstřikování a dotlaku následuje odjezd vstřikovací jednotky (ad e)) a následné otevření formy (ad f)). Po vyhození výstřiku s dutiny formy se celý cyklus opakuje.

1.4 Faktory ovlivňující jakost výstřiku

Vstřikovací rychlost

Doba plnění, která má značný vliv na optimální vlastnosti výstřiku. Rychlé plnění zajišťuje termickou homogenitu dávky a tím vede i k částečnému vyrovnání odbourání vnesených orientací (anizotropie) taveniny. Toho se používá zvláště u výstřiku s malou tloušťkou stěn. [8]

Při vysoké vstřikovací rychlosti vzniká tzv. Deiselův efekt, což je vznik spálených míst na výstřiku. Omezit tento efekt můžeme účinným odvzdušněním. V opačném případě, kdy je vstřikovací rychlost nízká dochází ke zvýrazňování a umožnění vzniku studených spojů, které mají negativní vliv na mechanické vlastnosti výstřiku. Důvodem pro vznik je pomalé

plnění dutiny formy, tvoření a uvolňování ztuhlého polymeru ze stěn formy a jeho strhávání do proudící taveniny.

Vstříkovací tlak

V průběhu plnění tvářecí dutiny je tavenina dopravována do dutiny formy vstříkovacím tlakem, který na konci zdvihu (plnění) dosahuje maxima. Přitom je tavenina podrobena protitlaku stlačeného vzduchu. Jeho velikost je závislé na odvzdušnění. Je-li nutné zvyšovat vstříkovací tlak vlivem nedokonalého odvzdušnění, vnáší se tím zbytečně do výstříku vnitřní pnutí a roste i jeho hmotnost. [8]

Teplota, tlak, rychlost plnění

Při nižších teplotách taveniny (vyšší viskozitě), nedostatečném tlaku a rychlosti plnění, se soustřeďuje vzduch na protilehlou stranu od vtoku, Nemůže-li vzduch uniknout vlivem protitlaku, vznikne nedostatečný výstřík. Podobný jev může vyvolat odděleně každý technologický faktor při vstříkování, včetně nízké teploty formy i malého dávkování. [8]

Bubliny

Při určitém stavu technologických parametrů a větších tloušťkách stěn výrobku, může vzduch, který nemá možnost z formy uniknout, vniknout do taveniny a po zchladnutí ve výstříku zůstávají bubliny. Obvykle jsou ve výstříku rozloženy na protilehlé straně od vtoku. Mohou vzniknout také z jiného důvodu, např. špatně vysušený polymer (přílišná vlhkost polymeru) nebo přehřátá tavenina (rozklad polymeru). Takto vzniklé bubliny jsou oproti předchozímu případu různě rozloženy v celém objemu výstříků. [8]

Lunkry

Tzv. bubliny bez vzduchu, vznikají z důvodu smrštění, tzn. tvoří se následkem zmenšení objemu materiálu po ochlazení vnější vrstvy výstříků → nedostatečná objemová kompenzace dotlakem. Nalézají se uprostřed zesílených míst výstříků, především u vtokových ústí, tím se odlišují od vzniku bublin. [8]

Odvzdušnění

Odvzdušnění tvarových dutin zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstříku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. [8]

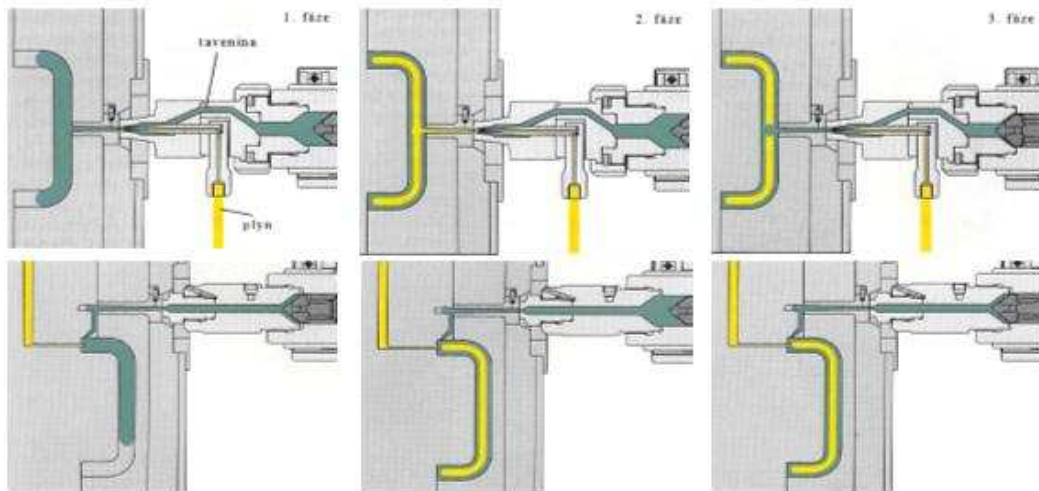
Do faktorů ovlivňujících jakost je nutné zařadit i lidský faktor. A to již při nastavování parametrů stroje, následném rozjetí výroby a v neposlední řadě správná kontrola kvality.

2 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY VSTŘIKOVÁNÍ

Pro výrobu dílů vstřikováním lze použít tzv. speciální způsoby. Ty se používají pro zvýšené nároky na kombinaci materiálů, příp. se mohou lišit tyto způsoby v parametrech nebo konstrukci stroje, pro zlevnění, zrychlení, úspore materiálu, tzn. zefektivnění výroby. Lze mluvit i o určitých barevných pestrostí např. zbarvení (viz. mramorové). Díky těmto speciálním způsobům vyrobíme i díl, který bychom běžným vstřikováním nevyrobili nebo vyrobili obtížněji, příp. za vyšších nároků na výrobu a cenu. Z rozvojem technologie vstřikování lze očekávat další technologie, které budou zlepšovat nebo zlevňovat výrobní proces.

2.1 Gas Injection Technology

GIT (Gas Injection Technology) je technologie vstřikování, u které se jedná o ekvivalent vstřikování termoplastů, vyvinutý v osmdesátých letech s možností vyrábět díly s uzavřenými dutinami. Ty jsou vytvořeny „ničím“, kdy se do určitých míst výstřiku za účelem vytvoření dutiny přivádí plyn (většinou dusík), tudíž mluvíme o technologii vstřikování s podporou plynu. Čímž se vytvoří vylisek o zdánlivě velkém průřezu, přičemž odpadne nutnost chladit velké množství roztavené plastické hmoty. Jako plynu je použito vysoce čistého dusíku (čistota min. 99,8%) s možností jeho stlačování v rozsahu 10 až 30 MPa. Výhodou je snížení uzavíracích sil, snížení smrštění, zkrácení délky cyklu (zkrácení doby chlazení vlivem zmenšení tloušťky stěny při zachování chladicí plochy nástroje), snížení hmotnosti výrobku, nízká deformace ploch výrobků, vysoký stupeň tuhosti u dílů s žebry a zachování požadovaných mechanických vlastností a minimalizace deformací výstřiku, vzniku staženin a snížení spotřeby plastů včetně zlepšení poměru hmotnost - tuhost při zachování vysoké kvality povrchu. Dochází k redukci hmotnosti až o 50% a ke zkrácení doby cyklu také až o 50%. Nevýhodou technologie GIT je vyšší cena nástroje a stroje, problematické chlazení v místech kanálů, řízení procesu. [3]

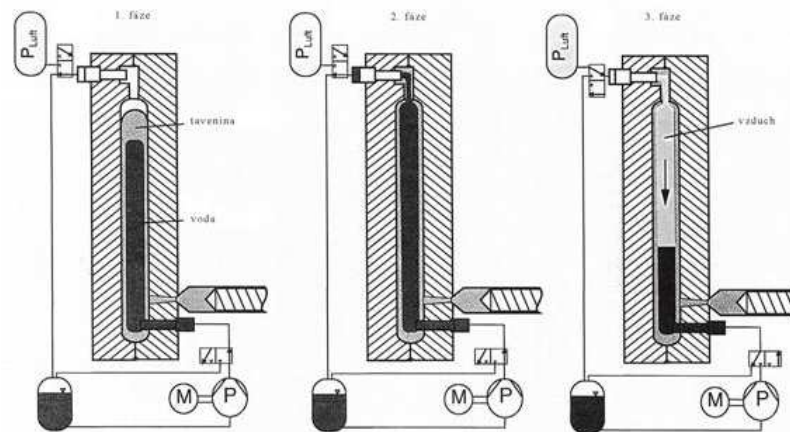


Obr. 4. Varianty přívodu plynu (nahore-tryskou, dole-jehlou, injektorem) [3]

2.2 Water Injection Technology

WIT (Water Injection Technology) technologie vstřikování s podporou vody. Kromě technologie vstřikování plastů s podporou plynu (dusíku) se v dnešní době začíná prosazovat technologie vstřikování, kdy k výrobě dutých těles se nepoužívá plyn, ale voda. Voda je vstřikována jednou nebo více pumpami do tekuté taveniny za účelem vytvoření dutiny. Vstřikování vody se provede tak, aby se voda neodpařovala. Tedy teplota přivedené vody musí být volena podle zpracovávaného plastu. Čelo vody pak působí na plastické jádro jako vlačovací píst. Účinek je navíc podpořen tím, že v oblasti (na čele) přechodu vody a taveniny ztuhne tenká plastová membrána. Nakonec může být voda vytlačena z dílce tlakovým vzduchem, nebo odsáta zpět a nebo se vylévá mimo formu a přes zásobník se vrací zpátky do oběhu. Vstříknutí plastu se musí provést dostatečně rychle, aby se zabránilo hydrolytickému rozkladu plastu. Technologické principy jsou obdobné jako u vstřikování plynu. [3]

V důsledku většího chladícího účinku vody oproti plynu se zkrátí doba chlazení i doba celého cyklu zhruba na 10 až 20% doby u klasické technologie vstřikování. Výhody technologie WIT jsou srovnatelné s výhodami technologie GIT a technologie WIT lze použít i na výrobu dílců, které metodou GIT nelze realizovat. Zároveň mají vnitřní stěny výrobků velmi hladký povrch. Na druhé straně je technologie WIT použitelná jen u určitých tvarů dílů. [3]

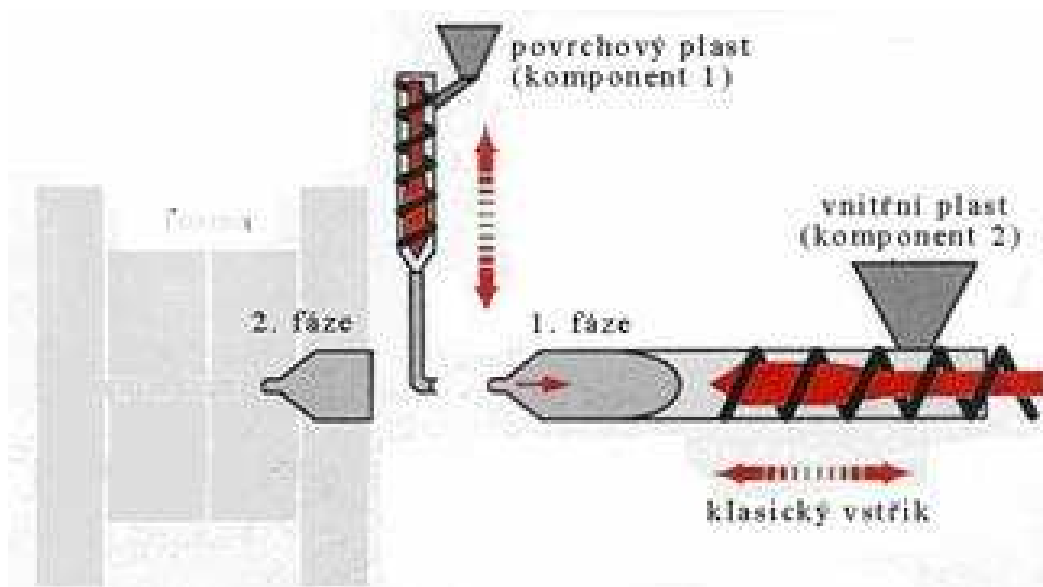


Obr. 5. Princip WIT technologie - krátký vstřík [3]

2.3 Vstřikování sendvičů

Vývojem a zavedením sendvičového vstřikování bylo možno zpracovávat recyklované materiály jako jádra vstřikovaných dílů. Sendvičové vstřikování dostalo název podle struktury vyráběných dílů – vnější stěny jsou z jednoho (prvního) materiálu a představují „slupku“, zatímco vnitřek dílu se skládá z druhého materiálu a představuje jádro. Tato struktura se vytváří v důsledku procesů proudění, při kterých se využívá laminárního proudění taveniny v dutině formy (technologie pomalého laminárního toku). Povrchová vrstva materiálu po prvním vstřiku se po ochlazení dotykem se stěnou formy již neposunuje a tím je vlastně uzavřen materiál povrchu. Materiál je však ještě dostatečně plastický na to, aby došlo ke spojení. [3]

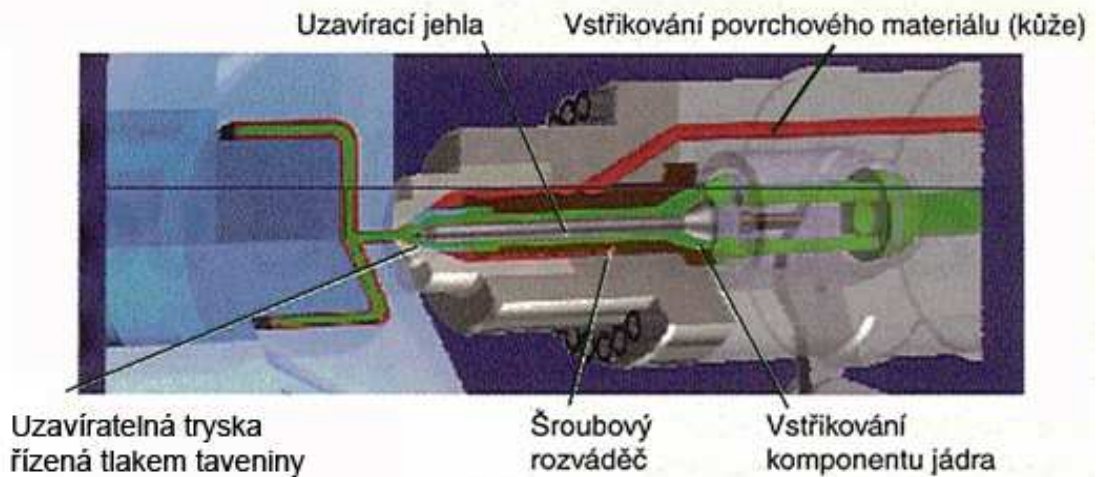
Postup, který je rozdělen do dvou nebo tří kroků, je následující: do vstřikovací formy je nejdříve vstříknuta hmota (přesně definované množství), která tvoří kvalitní povrchovou vrstvu výstřiku a vzápětí je do plastického jádra vstříknuta hmota, tvořící jádro výrobku (dvoustupňový proces) resp. nakonec hmota, která uzavře povrch plastového dílu (třístupňový proces). [3]



Obr. 6. Monosystém se dvěma plastikačními jednotkami [3]



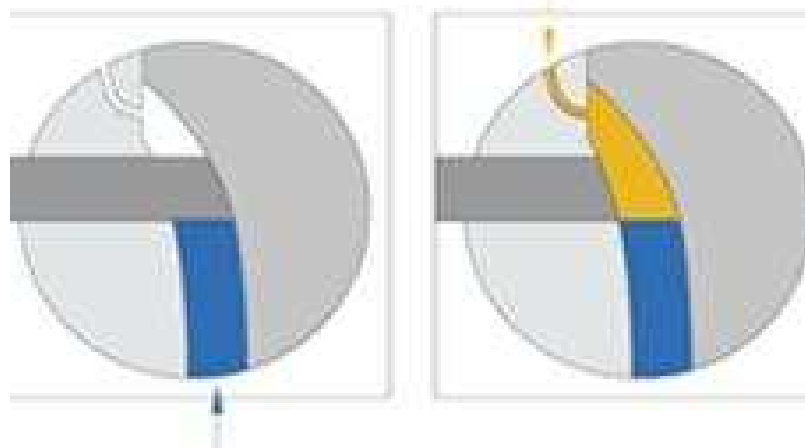
Obr. 7. Příklady sendvičového vstřikování [3]



Obr. 8. Schéma trysky vstřikovacího stroje při sendvičovém vstřikování [3]

2.4 Vícekomponentní nebo vícebarevné vstřikování

Technologie vícekomponentního nebo vícebarevného vstřikování umožňují jednomu výlisku kombinovat buď dva nebo více materiálů nebo dvě nebo více barev od jednoho druhu plastu. Tato technologie se rozvíjela postupně nejdříve od vstřikování více barev až po dnešní vstřikování dvou nebo více druhů polymerů, a to i nemísitelných. V případě nedostatečné adheze se musí provést úprava geometrie dílu tak, aby došlo „k zastříknutí“ spojovaných částí (závisí to na geometrii dílů). Technologie vícekomponentního vstřikování se liší od klasického vstřikování pouze tím, že ke vstřikovací formě jsou připojeny dvě nebo tři resp. čtyři vstřikovací jednotky. [3]



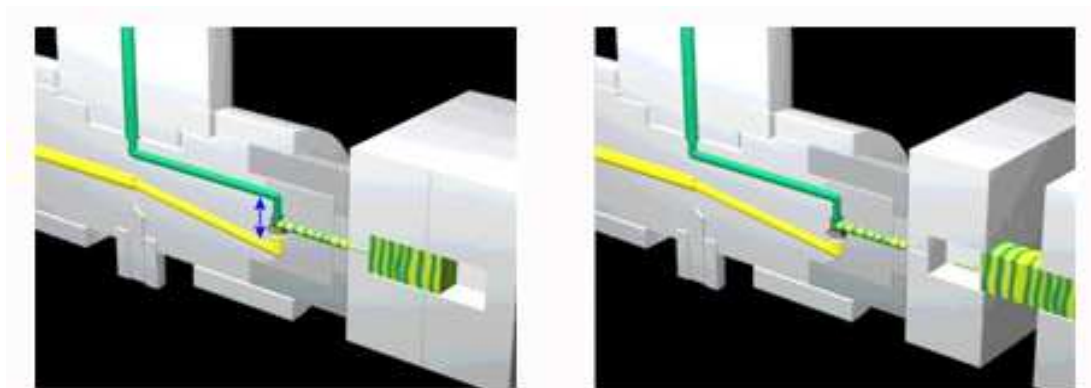
Obr. 9. Princip použití posuvné části formy – šoupátka [3]



Obr. 10. Princip použití robotů k překládání výlisků [3]

2.5 Intervalové vstřikování

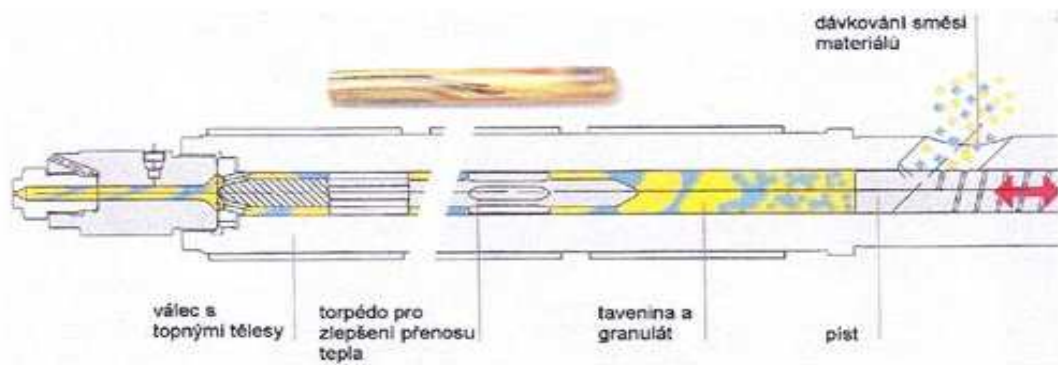
Zvláštním případem vícebarevného vstřikování je intervalové vstřikování, které je založeno na míchání dvou barevných odstínů ve speciální míchací trysce před vstřikem do dutiny stroje. Na rozdíl od dvoukomponentního vstřikování zde nejsou hranice mezi oběma odstíny, ale je docíleno smíchání dvou barev podle předchozích návrhů. Vstřikovací jednotky zde neústí přímo do vstřikovací formy, jako bylo u vícebarevného vstřikování, ale přímo do míchací trysky (obr. 11). Vstřikovací jednotky jsou spárovány dohromady pomocí speciální intervalové jednotky, uvnitř které je umístěna speciální míchací tryska (stroje bez intervalové jednotky jsou potom používány pro dvoubarevné vstřikování). Zbarvení (promíchání barev) je ovlivněno nastaveným sekvenčním cyklem, tvarem vstřikovaného dílu, umístěním vtokového systému a tokovými vlastnostmi vstřikovaného materiálu.[3]



Obr. 11. Princip intervalového vstřikování [3]

2.6 Mramorové vstřikování

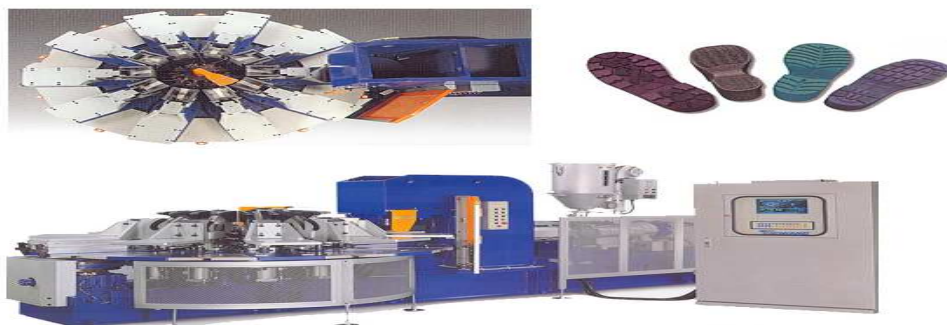
Mramorování je výroba multikomponentních nebo multibarevných výrobků nehomogenním mísením polymerů. Namísto klasické šnekové plastikace je zde použit speciální hnětačí člen, který má částečně tvar pístu, částečně tvar šneku. Plastikace je dosaženo postupným posouváním materiálu vpřed v tavicí komoře bez intenzivního promíchání. Kvůli nehomogenně jednotlivých tavenin se na výrobku objevují různě intenzivní barevné oblasti. Nejčastěji se používá více barev od jednoho druhu polymeru.[3]



Obr. 12. Konstrukce vstřikovací jednotky u mramorového vstřikování [3]

2.7 Nízkotlaké vstřikování

Je alternativou klasického vysokotlakého vstřikování. Nízký tlak je jak na straně vstřiku, tak i na straně uzavírací jednotky. Výhodou je snížení velikosti stroje, nízké napětí a vnitřní pnutí ve výrobku, dostatečná velikost dílů, nízká cena nástroje. S výhodou se používá vícepolohových nástrojů s několika samostatnými nástroji, které se otáčejí k jednotlivým pozicím. Každý nástroj má vlastní uzavírací systém. Použití je vhodné pro delší vstřikovací cykly. [3]

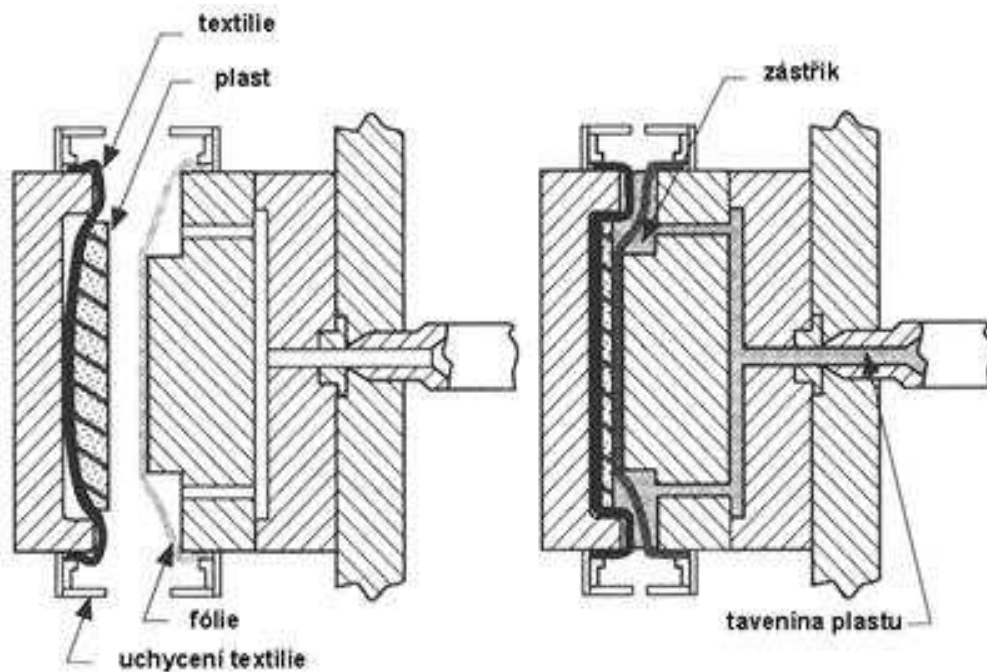


Obr. 13. Vícepolohový vstřik. stroj včetně výrobků pro nízkotlaké vstřik. [3]

2.8 Technologie zastříkávání, hybridní technologie

Principem hybridních technologií (in-mould technology) je ta skutečnost, že tavenina plasty je nastříknuta na jiný materiál (kov, textilie, aj.) a dojde ke spojení těchto dvou materiálů a ke vzniku jednoho výrobku s lepšími vlastnostmi. Zároveň dojde k úspoře hmotnosti materiálu plasty, ke zlepšení korozní odolnosti, vzhledu, apod. Technologie je založena na vkládání různých materiálů ve formě polotovaru nebo přetvarovaného dílu do dělicí roviny vstřikovací formy pro zlepšení vzhledových vlastností výrobku nebo pro výrobu dílů s vysokou kvalitou povrchu. Rozeznáváme několik technologických postupů vytváření povrchů:

- založení fólie, filmu, textilie do dělicí roviny vstřikovací formy a zastříknutí taveninou,
- lisování s možností ostříhnutí,
- vícekomponentní vstřikování. [3]



Obr. 14. Princip zastříkávání textilií [3]

2.9 Ostatní způsoby vstřikování

Speciálních způsobů, které ovšem mají spíše méně časté použití, je mnoho a využití je účelové na konkrétní druhy výroby, příp. získání specifických vlastností konkrétního výstřiku.

Další příklady speciálních způsobů vstřikování jsou:

- vstřikování plněných plastů,
- vstřikování reaktoplastů,
- vstřikování pryží, elastomerů,
- reakční vstřikování,
- vstřikování s dolisováním, kompresní vstřikování,
- tandemové vstřikování,
- vstřikování taveninou o vysokém tlaku,
- vstřikování strukturních pěn,
- střídavé, cyklické vstřikování. [3]

3 FORMY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Formy pro vstřikování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti a finanční náklady. Volba materiálu formy závisí na:

- druhu zpracovávaného plastu,
- použité technologii,
- velikosti a jeho složitosti,
- velikosti série,
- tepelné odolnosti a odolnosti proti opotřebení a korozi,
- ceně, apod.

Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování tvarových částí nástroje. Dalším důležitým úkolem při konstrukci forem je stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí. Pro určení a výpočet těchto rozměrů jsou důležité smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů výlisků a opotřebení činných částí nástroje. Nejdůležitější je však smrštění. [3]

3.1 Konstrukční zásady pro návrh výstřiku

Konstrukce výrobku musí zohledňovat vhodnou polohu dělicí roviny → způsob zaformování, vtokový a vyhazovací systém, odvodušnění, úkosy, přesnost, vzhled apod. Tloušťka stěn musí zohledňovat dráhu toku polymeru i případně vady (hromadění mat., vnitřní pnutí, propadliny, lunkry). [8]

Při konstrukci dáváme pozor na:

- ostré hrany,
- náhlé přechody v tloušťkách stěn,
- „tlusté stěny výrobku, pokud jsou nutné, tak využít lehčení,
- tloušťka bočních stěn nebo žeber, by neměla překročit 0,8 násobek tloušťky hlavní stěny. [8]

3.2 Vady vstříkovaných dílců

Deformace – nedostatečná doba chlazení, příliš velký podkos, orientace plniv, špatné vyhazovací kolíky, špatný výběr materiálu, příliš vysoká teplota formy.

Křehkost dílce (lámavost) – degradace materiálu, špatně vysušený materiál.

Delaminace (štípání) – nesnášenlivé polymery - znečištění stroje, příliš nízká teplota formy, nevhodná (nízká) rychlost při vstříkování.

Bublíny (lunkry) – příliš nízký vstříkovací tlak, těžké složky a plyn v dílci - špatně odvzdušnění, příliš nízká teplota formy, náhlý přechod ze slabé do silné stěny, přehřátá hmota, nesprávná konstrukce výrobku.

Černé skvrny – příliš dlouhý prostoje stroje (degradace materiálu), vtažené nečistoty, degradace způsobená cizím materiálem, nahromadění přilnavého degradovaného materiálu z prostor plastikací jednotky.

Propadliny – příliš nízký vstříkovací tlak, příliš vysoká zpracovací teplota (teplota formy), nedostatečné odvzdušnění, malý vtok, příliš velká délka toku taveniny.

Stříbrné pruhy – příliš vysoká teplota taveniny, přehřátí vlivem tření - složky špatně odvzdušnění, vlhkost - nedostatečně vysušený materiál.

Spálená místa – příliš vysoká teplota taveniny, přehřátí vlivem tření při ústí vtoku nebo ve stroji, nedostatečné odvzdušnění (zachycený plyn), poškozené vstříkovací zařízení.

Plastické švy (studené spoje) – nízká teplota zpracovávaného materiálu, nízká vstříkovací rychlost, nízká teplota formy, poměrně značná délka toku taveniny.

Přetok – příliš vysoká teplota materiálu při zpracování nízká uzavírací síla, příliš vysoký vstříkovací tlak, špatné upnutí formy, povrch dělicí roviny je znečištěn.

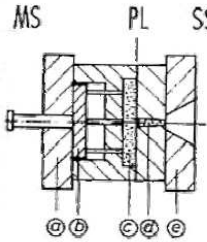
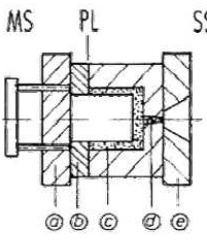
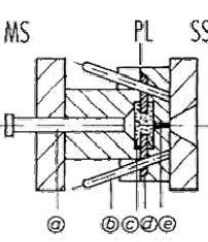
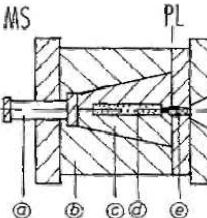
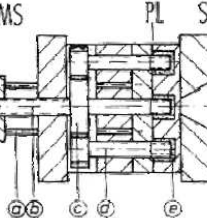
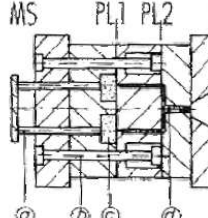
Viditelný paprsek taveniny – příliš nízká teplota materiálu při zpracování, teplota formy je příliš nízká, ústí vtoku je příliš malé, rychlost vstříkování je příliš vysoká, špatné umístění vtokového ústí, příliš dlouhý vtok.

Vzhledové vady plastu – příliš vysoká vstříkovací rychlost, příliš nízká teplota formy, studený materiál, nesprávné umístění vtoku, ostrý úhel vtoku na dílci, malé ústí vtoku. [8]

3.3 Rozdělení forem

Způsobů jak lze dělit vstřikovací formy je více dle různých parametrů a vlastností, které formy mají. Proto nelze uvádět univerzální rozdělení pro všechny, vzhledem k velké variabilitě konstrukce vstřikovacích forem.

Tab. 1. Základní typy vstřikovacích forem [12]

Standardní vstřikovací forma s jednou dělicí rovinou	Vstřikovací forma se stírací deskou	Vstřikovací forma ze šikmými čepý (čelist'ová)
		
<p>a) upínací deska levá, b) vyhazovací systém c) výstřík, d) vtok, e) upínací deska pravá.</p>	<p>a) upínací deska levá, b) stírací deska (kroužek) c) výstřík, d) vtok, e) upínací deska pravá.</p>	<p>a) upínací deska levá, b) šikmé čepý c) výstřík, d) vodící lišty, e) vtok.</p>
Klínová vstřikovací forma	Vstřikovací forma s vyšroubovatelnými jádry	Třidesková vstřikovací forma
		
<p>a) vyhazovací systém, b) pevný klín, c) dělená čelist, d) výstřík, e) vtok.</p>	<p>a) vyhazovací systém, b) hlavní ozubení, c) ozubenný převod, d) tvárník, e) výstřík.</p>	<p>a) vyhazovací systém, b) tažný otvácí čep, c) výstřík, d) vtok.</p>

Jak je vidět v tab 1., lze dělit formy na standardní formu s jednou dělicí rovinou a na další typy dle způsobu odformování. Těmi jsou vstřikovací formy:

- se stírací deskou,
- se šikmými čepy,
- klínové,
- s vyšroubovatelnými jádry,
- třídeskové.

Další rozdělení lze také provést dle jiných faktorů, jako jsou např. násobnost a to na jedno-násobné či vícenásobné. Možným pohledem pro rozdělení je také způsob zaformování a konstrukční řešení, dle něhož plyne rozdělení na dvoudeskové, třídeskové, etážové, čelisťové, vytáček a další. Na vstřikování kolmo na dělicí rovinu příp. do dělicí roviny dělíme formy podle konstrukce stroje.

3.4 Popis formy

Popisování forem provádíme z důvodu zjednodušení a přehlednosti. Jelikož jsou formy skladovány a je s nimi manipulováno v uzavřeném stavu, není nutné formu rozevírat, či dohledávat základní údaje jinde než na formě samotné. Důležitou roli také hraje označení vzájemné polohy desek a to jak při výrobě vstřikovací formy, tak i následně při běžné údržbě a opravách. Tím se zamezí záměna desek, kvůli které je možné i dokonce zničení formy při výrobě.

Popis formy má obsahovat:

- základní výrobní údaje o výstřiku a formě,
- označení vzájemné polohy jednotlivých dílů a desek formy,
- označení přívodu o odvodu temperančního média, příp. tlakového vzduchu,
- u vyhřívaných vtokových soustav údaje o potřebných elektrických hodnotách.

Všechny informace se uvádějí na výkrese. Vypisují se na výkres sestavy vlevo od rohového razítka, nebo nad ním. [2]

Jejich výčet je následující:

- číslo dílce nebo dílců, které se ve formě vyrábí (uvádí se i na formě),
- označení formy (podle klasifikace),
- označení druhu použitého plastu zkratkou s jeho obchodním označením,
- označení vstřikovacího stroje, na kterém se forma bude provozovat,
- hmotnost formy s tolerancí +5% v kg (uvádí se i na formě),
- předpokládané smrštění dílce,
- opracování tvarových dutin a jiné zvláštní úpravy. [2]

U forem s vytápěnými tryskami:

- napětí a výkon jednotlivých topných těles,
- způsob propojení elektrických obvodů (jednoduché schéma zapojení),
- druh a průřez vodičů (uvádí se i na formě),
- celkový příkon topení (uvádí se i na formě). [2]

Označování na sestavách vstřikovací formy provádíme na její horní části (vzhledem k upnutí) do boku a pohledově k obsluze. Dalším označením na formách je označení vzájemné polohy desek, které zabraňuje nesprávnému sestavení formy za pomoci číslic (1,2,3,4...) a rovněž se umísťuje tak, aby bylo viditelné při upnutí na stroji.

Jedním z dalších značení bývá umístěno na tvarových vložkách u vícenásobných forem pomocí číslic nebo písmen, a to pro snadnou orientaci ve vkládání tvarových vložek do kotevní desky. Poloha těchto označení bývá přímo na tvarové dutině, pokud není nevhodné z hledisek funkčních nebo jiných důvodů. V takovém případě je umístěno na vtokových kanálech, příp. se neuvádí.

3.5 Násobnost formy

Při posuzování výhodnosti, příp. nevýhodnosti, volby vícenásobné formy namísto jednonásobné, musíme brát ohled na vícero aspektů, aby došlo k efektivní a ekonomické výrobě.

Nejdříve posuzujeme „co“ budeme vyrábět, tím je myšlena velikost výstřiku. Z tohoto důvodu musíme přihlížet na velikost stroje, na kterém by výroba měla probíhat, zda se na něj forma, z hlediska rozměrů, může vejít. Tedy jestli je vůbec možné uvažovat o této variantě.

Dále nás zajímá, o jakou výrobu se jedná, resp. „kolik“ kusů máme vyrobit. Proto v případě hromadné či sériové výroby se nám vyplatí uvažovat a následně použít vícenásobnou formu. U těchto tisícových, desetitisícových, atd. zakázek je vysoká pravděpodobnost návratnosti investice vložené do nákupu nástroje, protože výrobu výstřiku ukončíme mnohem dříve než s jednonásobnou formou.

Již zmiňovanou výhodou vícenásobné formy je čas výroby a tím rychlejší dokončení zakázky. Použitím vícenásobných forem totiž můžeme docílit rychlejší návratnosti finančních prostředků vložených do nákupu stroje a tím i efektivnější vytížení strojů.

Z pohledu samotného procesu výroby je nákladnější forma vícenásobná, jelikož je potřeba větších rozměrů formy a tudíž dražších. U výroby tvarových vložek však lze počítat i s jejich nižší cenou, protože výroba jednoho kusu je zpravidla dražší než cena kusu vyrobeného vícekrát.

Důležitou roli při rozhodování hraje i volba vtokového systému. Vyhřívaný vtokový systém je výhodný pro úsporu materiálu, nevzniká totiž žádný odpad z vtokového systému. Toto uspořádání však nese i nevýhody jako jsou umístění uvnitř formy, což sebou nese větší rozměry vstřikovací formy a ohřívání vlivem vyhřívaného vtokového systému. Studený vtokový systém neovlivňuje výrobu zahříváním a velikost vstřikovací formy je menší než u vyhřívaného, avšak nevýhodou je vznik odpadu z vtoku.

Zmíněná nevýhoda studeného vtokového systému, tj. odpad z vtoku, lze z finančního pohledu redukovat. Možností je recyklace odpadu a následné přimíchání k materiálu používaného na výrobu. Tahle varianta je však možná jen v případě existence drtícího zařízení u stroje. Přimíchání drceného odpadového materiálu u pevnostně či mechanicky lze provést jen maximálně z 15% (výjimečně až 25%), v opačném případě materiál ztrácí své vlastnosti a nelze poté očekávat stejné vlastnosti výstřiku jako v případě použití pouze materiálu bez drceného odpadového materiálu.

3.6 Materiály forem

Volba materiálu na jednotlivé díly formy a jejich tepelné zpracování má značný vliv na jejich funkci → na funkci formy. [8]

Pro výrobu forem se používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. Takové druhy představují:

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

Oceli jsou nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to všechno má vliv na kvalitu forem. [8]

Tab. 2. Rozdělení materiálů dle použití [8]

Použití	Materiál
Desky (rám formy) Dorazy Táhla Podpůrné elementy Středící elementy	11 373, 11 375, 11 500, 11 600, 11 700, 12 020, 12 050, 12 060
Tvarové vložky Tvarové desky Vtokové vložky Vyhazovače	14 340, 15 230, 15 330, 15 340, 17 029, 19 083, 19 191, 19 312, 19 314, 19 421, 19 436, 19 437, 19 452, 19 486, 19 487, 19 550, 19 572, 19 573, 19 574, 19 581, 19 642, 19 662, 19 663, 19 665, 19 652, 19 665, 19 732, 19 786
Vodící a kluzné elementy	14 220, 14 221
Spojovací elementy	11 109, 11 600
Izolační desky	PA + 30% skla, syntetická pryskyřice, sklotextit

Další materiály, které lze při konstruování použít jsou slitiny různých materiálů, díky kterým získáme lepší vlastnosti a tím kvalitnější konstrukci formy, než máme u ocelí.

Slitiny mědi se používají z důvodu výhodných vlastností:

- velmi dobrá tepelná vodivost,
- dobrá chemická odolnost,
- dobré kluzné vlastnosti.

Slitiny mědi lze použít na chladicí trny tenkých tvárnků, tvarové vložky, vytáčeční matice, vyhazovací kolíky, vodící a středící pouzdra apod. [8]

Slitiny hliníku se používají z důvodů výhodných vlastností:

- velmi dobrá tepelná vodivost,
- korozivzdornost.

Lze je použít také na formy pro strukturní pěny z důvodů:

- intenzivního chladícího účinku,
- dobré chemické odolnosti proti korozi i ostatním činidlům,
- nižších vstřikovacích tlaků (až 10x nižší).

Tak i pro chladící trny odlévané chladící bloky s měděnými trubkami, části tvarových dutin, tvárníky a tvárnice pro malosériové formy apod. [8]

Tepelné zpracování součástí forem

Tepelné zpracování provádíme pro dosažení požadovaných vlastností a to např. zvýšením odolnosti, tvrdosti apod. Výhodou je použitelnosti materiálu s horšími mechanickými nebo pevnostními vlastnostmi, které díky tepelnému zpracování získají vlastnosti námi požadované.

Nejdůležitějšími způsoby tepelného zpracování jsou:

- žíhání (odstranění vnitřního pnutí, na měkko, normalizační),
- kalení (zvýšení tvrdosti a pevnosti),
- popouštění v návaznosti na kalení,
- chemicko-tepelná zpracování (cementace, nitridování atd.). [8]

Tab. 3. Rozdělení ocelí dle tepelného zpracování [8]

Tepelné zpracování	Materiál
Kalitelné oceli	12 060, 19 083, 19 191, 19 312, 19 314, 19 421, 19 436, 19 437, 19 452, 19 550, 19 572, 19 573, 19 574, 19 642, 19 652, 19 662, 19 663, 19 665, 19 732, 19 581
Cementační oceli	12 010, 12 020, 14 220, 14 221, 19 015, 19 486, 19 487, 19 552
Nitridační oceli	14 340, 15 230, 15 330, 15 340, 19 436, 19 550,

	19 573
Antikoroziční oceli	17 029

3.7 Normalizované části forem

Z hlediska konstruování forem pro vstřikování je výhodou výroba již normalizovaných částí firmami, které se na to specializují. Z toho důvodu při navrhování můžeme vybírat z katalogů firem, zabývajících se jejich výrobou (jako například HASCO, DME a další), a urychlit tak délku návrhu a výroby formy. Díky této jednotnosti je možné u kusové výroby (nebo také u malovýrobců) použít následně tyto části forem pro další výrobu jiného výrobku. U postupu opětovného používání „normálií“ je ovšem nutné brát ohled na životnost a opotřebení při předchozím vstřikování.

3.7.1 Výrobci normalizovaných částí forem

Jak je uvedeno v bodě 3.7, normalizované části forem objednávané od výrobců těchto normálií. Na českém trhu je celá řada těchto výrobců.

Výrobci normálií pro vstřikovací formy:

- HASCO, - GÜNTHER, - MOLDMASTER, - HEITEC,
- DME, - EWIKON, - LUGAND, - SYNVENTIVE,
- STRACK, - OEC, - PLASTHING, - MASTIP další.
- UNITEMP, - Dsp ROGA, - JETFORM,

3.7.2 Desky

Desky rozlišujeme dle svého použití, o kterém už nám vypovídá jejich název. Základním typem je deska upínací, kterou upínáme na stroj a zároveň je na ni pevně přišroubována levá (pravá) strana formy.

Další typ desky může mít dva názvy podle svého využití a to v případě, že je v ní vyrobena dutina formy, nazýváme ji tvarová nebo pokud je vyrobena s otvorem pro ukotvení tvárníku (tvárnice) se jedná o desku kotevní.

Vyhazovací systém tvoří desky vyhazovací kotevní a opěrná, popř. též stírací deska (třídeskový systém). Funkci vymezení prostoru pro vyhazovací systém plní rozpěrné desky

tzv. rozpěrky, které podle tvaru vyhazovacích desek mohou být 2 nebo 4. Celou formu pak tepelně izolují na každé straně izolační desky.

3.7.3 Středící části

K zajištění důležité přesnosti jak jednotlivých částí formy, tak i jako celku slouží středící elementy. Středící kroužky, ať na pravé či levé straně, slouží k vystředění celé vstřikovací formy na stroji, aby nedošlo k přesahům a nepřesnostem již při upínání formy.



Obr. 15. Středící kroužky [7]

Pro vystředění jednotlivých částí (desek) formy používáme čepy. Ty spolu se středícími kroužky umožňují přesné překrytí desek.



Obr. 16. Středící čep [7]

3.7.4 Vodící části

Vzhledem k potřebě hladkého otevírání a zavírání vstřikovací formy s minimálním opotřebením, tudíž minimálním vlivem na kvalitu výstřiku, využíváme pro tento účel vodící elementy, kterými jsou vodící čep a vodící pouzdro. Pouzdro, ve kterém se pohybuje čep, je vždy upevněno v otvoru v desce. Čep je opatřen několika drážkami z důvodů lepšího mazání, aby se více předešlo opotřebenému čepu.



Obr. 17. Vodící čep [7]

3.7.5 Vyhazování

Pro zajištění vyhození dílu z dutiny formy používáme normalizovaných dílů jako jsou vyhazovače. Ty můžeme mít prizmatické, příp. trubkové podle výhodnosti použití.



Obr. 18. Prizmatické a trubkové vyhazovače [7]

Pro přenos vyhazovací síly stroje na vyhazovací systém slouží táhlo, které je pevně spojeno s vyhazovací deskou, a do které jsou ukotveny vyhazovače.



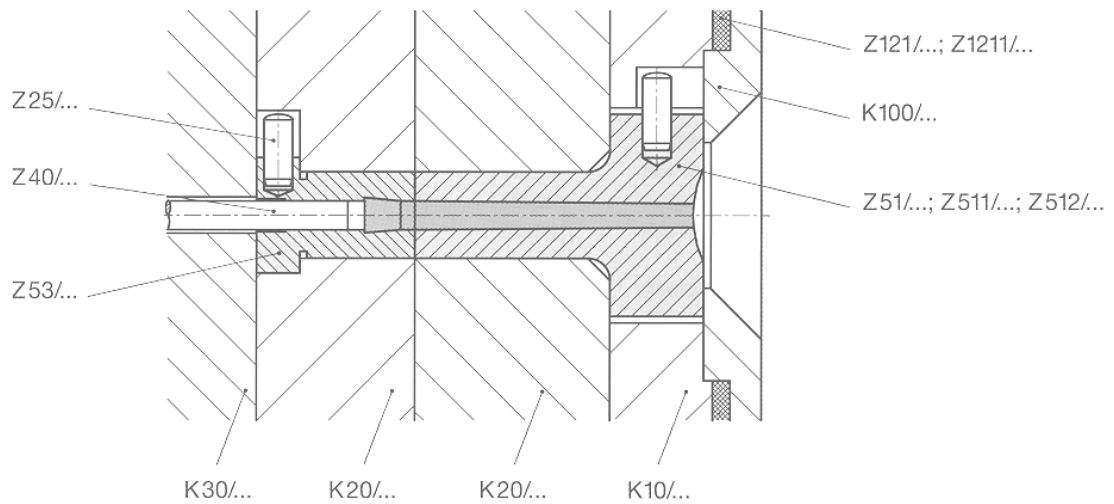
Obr. 19. Táhlo [7]

3.7.6 Vtokové systémy

Studený vtokový systém (SVS)

Slouží k přivedení taveniny do dutiny formy a to v co nejkratším čase a s nejmenším odporem. Celá vtoková soustava se po otevření formy stává obvykle odpadem a je nutné odstranit z výrobku stopy po vtokovém ústí při odtržení vtokové soustavy. Při konstrukci

vícenásobných forem je nezbytné pamatovat na to, aby měla vtoková soustava vyvážený vtokový systém, což jednoduše znamená, že tavenina musí ke všem dutinám dorazit současně. Taktéž je důležité umístění vtokového ústí, aby nedocházelo ke vzniku studených spojů.



Obr. 20. Schéma studeného vtokového systému [7]

Vyhříváný vtokový systém (VVS)

Soustava VVS vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy, obslužný personál i strojní zařízení (konstruktér, technolog, pracovník ve vstřikovně) musí být na příslušné technické úrovni. Dále je třeba zajistit VVS včetně regulátoru a snímačů. To všechno zvyšuje energetickou náročnost výroby. Důvodem používání VVS je bezodpadová výroba, nepřetržitý provoz, dokonalé zpracovatelské vybavení i vhodné zpracovatelské vlastnosti plastů jsou určujícími faktory. [1]

Odlišností od SVS je, že VVS je nutné nakupovat od specializovaných výrobců. Jsou rozdílné svým konstrukčním provedením a rozsahem použití. Z těchto důvodů je vhodné používat výrobce zastoupené na domácím trhu, od kterých je nutností vyžádání potřebných podkladů pro posouzení vhodného použití.

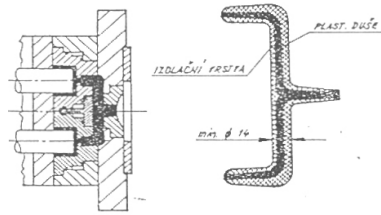
Pomocí konstrukčních úprav na trysce lze přizpůsobit použití pro daný polymer, např. se špičkou (hrotem) – pro polymery, které táhnou vlas (PS,PP), otevřené – pro polymery netáhnoucí vlas (PE), s uzavírací jehlou a jinak speciálně tvarované.



Obr. 21. Různá konstrukční provedení u trysek VVS [7]

Izolovaný vtokový systém (IVS)

Principem vstřikování pomocí izolovaných vstřikovacích soustav je vlastní termoplastická izolace a tryska u tohoto systému nemá vlastní vytápění. I přes to, že jsou nejjednodušší, málo se využívají pro vstřikování. Použití je u krátkých vstřikovacích cyklů (cca 10s) a u dílů málo pevnostně náročných a nepohledových. [8]



Obr. 22. Schéma IVS [8]

3.8 Vyhazování

Úkolem vyhazovacího systému je vyhození výstřiku z dutiny formy a umožnění pokračování v cyklu výroby dalšího výstřiku. Při špatném nebo neúplném vyhození výrobku může dojít v dalším cyklu k vyrobění špatného kusu příp. až v nejhorším případě k poškození formy nebo stroje.

Při vstřikování je možné i ruční vyjímání výstřiku, ale je nutné počítat s časovou prodlevou a užitím signálu, který musí dát pracovník stroji pro pokračování dalšího cyklu.

3.9 Temperace

Pomocí temperace formy zajišťujeme udržování rovnoměrného teplotního pole formy a tím i požadované vlastnosti konkrétního výstřiku, které vznikají právě špatnou temperancí. Samotnou temperancí rozumíme chlazení, příp. ohřívání dutiny formy na optimální (požadovanou) teplotu.

Faktory ovlivňující chlazení formy:

- zvýšení teploty chladicí kapaliny,
- tok chladicí kapaliny,
- chemické složení chladiva,
- tepelná rovnoměrnost dílů ve formě,
- pokles teploty plastu mezi vstřikovací a vyhazovací,
- typ systému (velikost, uspořádání),
- typ oběžného systému (horký, studený),
- chladicí kanály (uspořádání, velikost),
- dimenzování chlazení kanálů vstřikovacích desek,

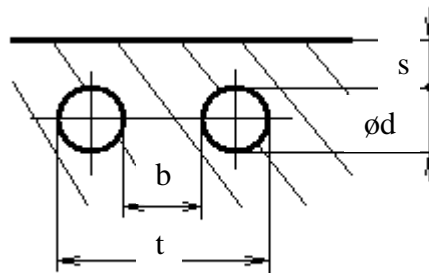
- velikost a počet zpětných vedení. [6]

3.9.1 Umístění temperančních kanálů

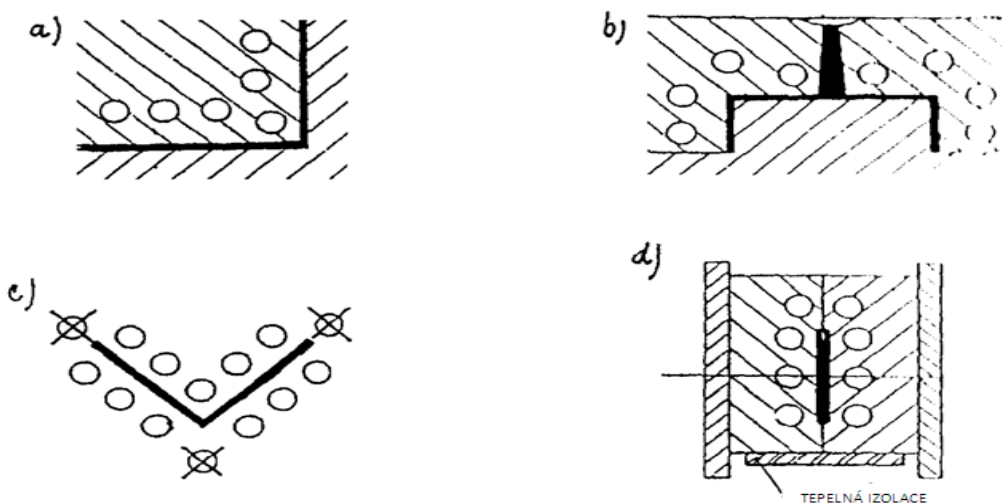
Vhodným umístěním temperančních kanálů docílíme efektivnější temperance formy a tím i zvýšení kvality výrobku. Umístění těchto kanálů má ale svá pravidla, jak je uvedeno v následující tabulce (tabulka 4.).

Tab. 4. Parametry temperačních kanálů

Vzdálenosti temperačních kanálů [mm]								
ød	6	8	10	12	14	16	18	20
s	4	6	8	12	15	20	25	30
t	10	14	17	20	24	27	30	34
b	4	6	7	8	10	11	12	14



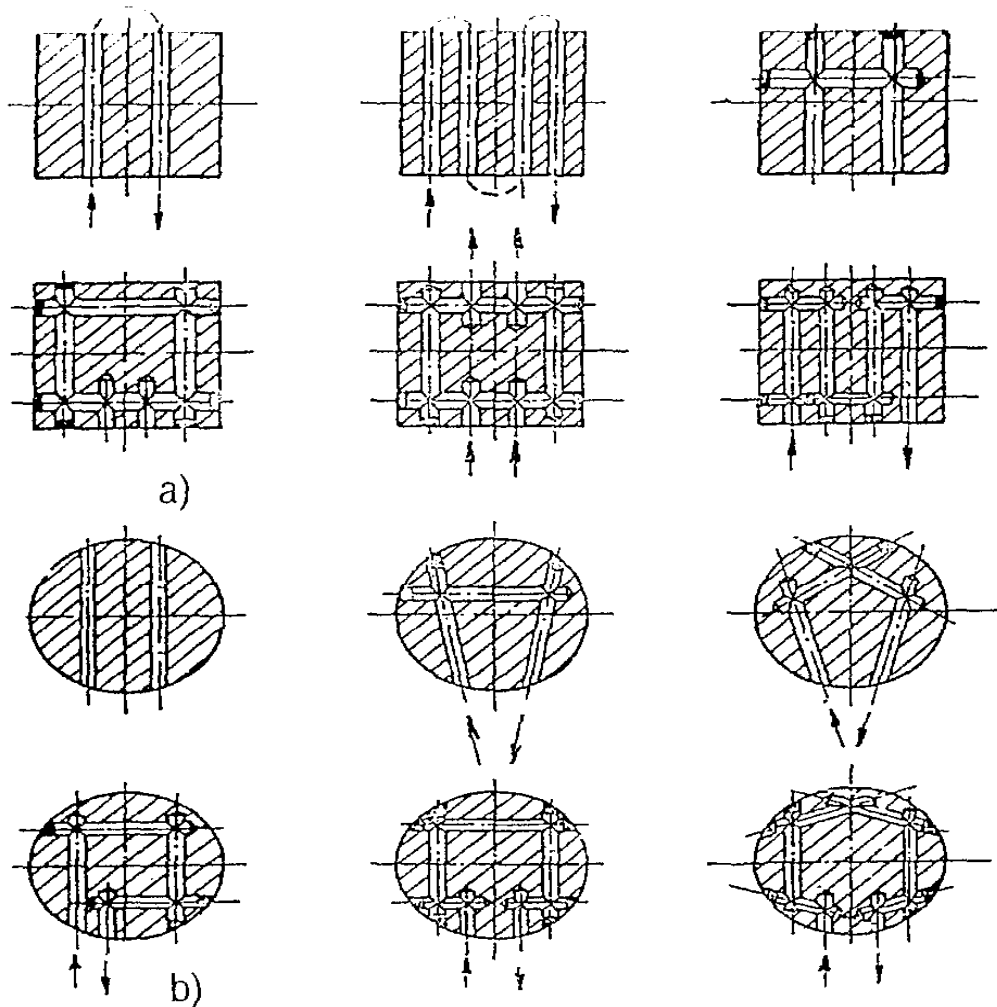
Obr. 23. Obrázek k tab. 4.



Obr. 24. a) tvárník, b) tvárnice, c,d) zaformovaný tvar [8]

3.9.2 Tvary temperačních kanálů

Tvar temperačních kanálů volíme podle možností umístění, přesněji řečeno dle prostoru, který můžeme využít pro temperační systém.



a) hranatých desek, b) kruhových desek

Obr. 25. Tvary temperačních kanálů u hranatých a kruhových desek [8]

3.9.3 Propojení temperačních kanálů

Propojení temperačního systému mimo formu se provádí přívodními hadicemi napojenými a utěsněnými na koncovkách. Propojení mezi jednotlivými kanály se provádí také hadicemi nebo pomocí kovové trubice. Ve všech případech musí být propojení dokonalé, bezpečné a s minimálními ztrátami. Vyústění na formě bývá z bezpečnostních i provozních důvodů na odvrácené straně obsluhy. [8]



Obr. 26. Příklady koncovek, přemostění pro temperační systém a hadic [7]

3.9.4 Těsnění

Utěšňování funkčních vložek s temperačními kanály slouží k zamezení úniku temperačního média do prostoru formy. [8]



Obr. 27. Těsnění

3.10 Odvzdušnění

Ovlivňuje mechanické vlastnosti a nekvalitní vzhled výstřiku, obvykle vyjde najevo až při zkoušení stroje. Účelem je unik vzduchu a případných zplodin z tvarové dutiny. Při řešení odvzdušnění formy musíme postupovat podle zákonitostí plnění forem. Jeho účinnost musí být úměrně velká vůči rychlosti plnění dutiny formy. Rychlé plnění se využívá hlavně u tenkostěnných výstřiků. Nedokonalé odvzdušnění lze eliminovat zvýšením tlaku, avšak nevýhodou je vznik vnitřních pnutí a taktéž vyšší hmotnost. Nutnost návrhu odvzdušnění je dokonalost těsnění novějších forem, protože u starších forem bylo možné dobré odvzdušnění vlivem úniku vzduchu dělicími rovinami a pohyblivými částmi. [8]

Vlivem vysoké vstřikovací rychlosti vzniká tzv. Dieselův efekt, jehož následkem je spálené místo na výstřiku. Vznik této spáleniny je v rychlém stlačení vzduchu taveninou, která plní dutinu a čelo taveniny se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá.

Opačným extrémem je nízká vstřikovací rychlost, jejímž vlivem dochází ke strhávání ztuhlého polymeru proudící taveninou ze stěn formy. Tato nízká rychlost také umožňuje vznik studených spojů nebo je zvýrazňuje, které snižují mechanické vlastnosti výstřiků, příp. i k lomovým poruchám v místech jejich vzniku.

4 STROJE PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu.

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky, řízení a regulace. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací na obrázku. Každý výrobce vstřikovacích strojů je schopen vybavit vstřikovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště, tj. dovybavit stroj manipulátory, roboty, temperančním zařízením, dávkovacím a mísícím zařízením, sušárny, dopravníky pro výrobky a vtoky, mlýny, atd. [3]

Stroje rozlišujeme dle uspořádání jejich konstrukce a to na vstřikování do dělicí roviny nebo kolmo na dělicí rovinu.



Obr. 28. Vstřikování do dělicí roviny [3]



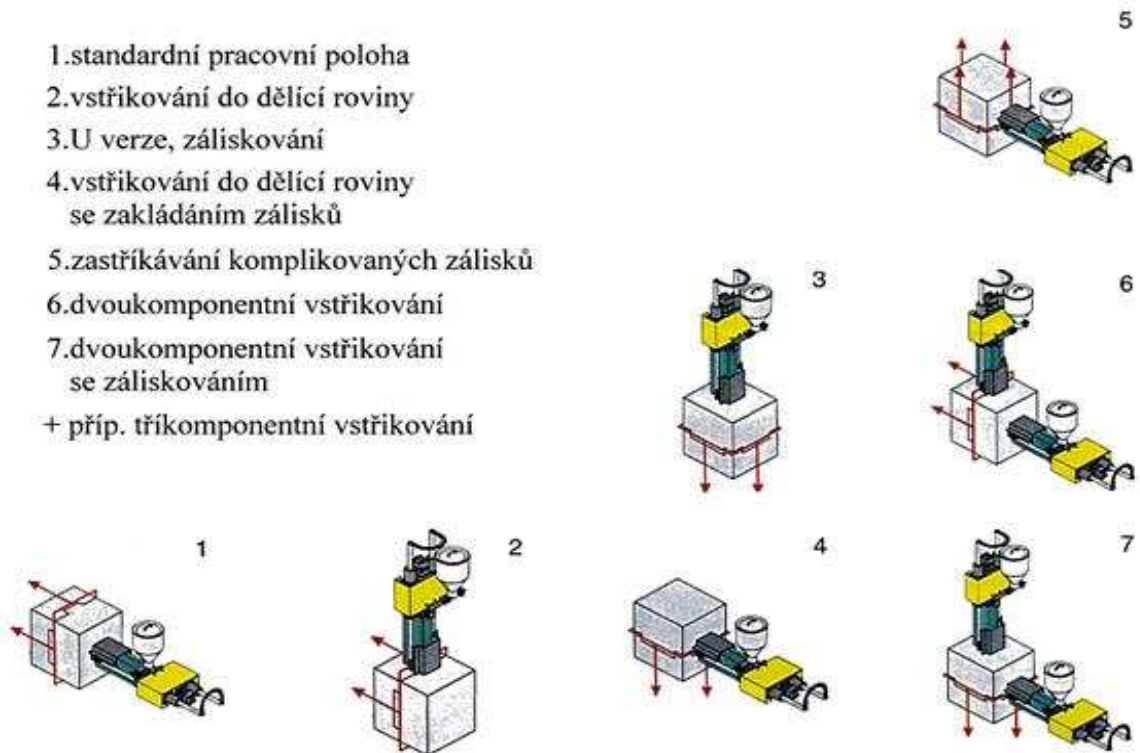
Obr. 29. Vstřikování kolm na dělicí rovinu [3]

Vstřikovací jednotky máme pístové a šnekové, ale použití pístových je dnes už jen výjimečné. [3]

Uzavírací jednotka se skládá z těchto hlavních částí: opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu.[3]

Vstřikovací stroje používají v současné době různé uzavírací systémy, které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu (závorování) a v poslední době se používají i elektrické systémy. [3]

Tyto jednotky (vstřikovací a uzavírací) mají u vstřikovacích strojů vůči sobě určitou polohu. Za nejčastější se považuje horizontální poloha obou jednotek, tzn. že vstřikování je prováděno kolmo na dělicí rovinu. Avšak z důvodů reologického chování taveniny, zakládání zálisků, dvoukomponentního vstřikování, mohou být tyto polohy jiné.



Obr. 30. Vzájemná poloha mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou [3]

5 ZHODNOCENÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Pro sepsání bakalářské práce jsem použil zdroje jak písemné tak internetové, skripta, odbornou literaturu, technologickou příručku a firemní katalog.

Informace, které jsem se při zpracování teoretické části dozvěděl, pro mě budou potřebné i nezbytné v praktické části bakalářské práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dle dostupných materiálů a informací o jednonásobné formě pro daný díl navrhnout vícenásobnou formu pro předání z malovýroby do většího výrobního podniku a vyčíslit náklady na nový nástroj.

6.1 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska:

- Charakteru a přesnosti výstřiku
- Požadovaného množství výrobků
- Velikosti a kapacity vstřikovacího stroje
- Požadovaného termínu dodávky
- Ekonomiky výroby.

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Výroba rozměrově přesných součástí vedle nepřesností jednotlivých tvarových dutin, zavádí také do produkce další, nikoliv zanedbatelný faktor chyb. Nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod. způsobují další rozměrové nepřesnosti. [1]

6.2 Návrh vícenásobné formy

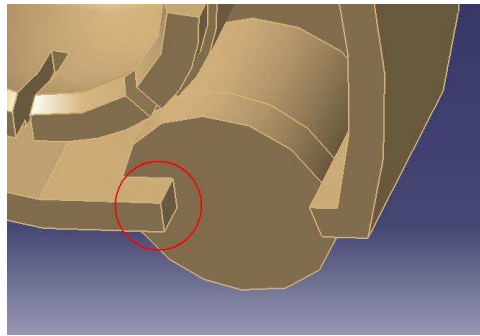
Návrh vychází z informací o předchozí formě a výrobě a měl by směřovat k ušetření financí a času při následné výrobě. Zatím bylo vyrobeno 500ks na jednonásobné formě a plán další výroby je 80.000 ks. Násobnost formy je zvýšena na dvojnásobnou.

Vzhledem k plánovanému množství vyráběných kusů, zvyšování násobnosti nemusí být výhodné, avšak z důvodu rychlé výroby požadovaného množství je tato možnost nutná.

6.2.1 Změny tvaru dílu

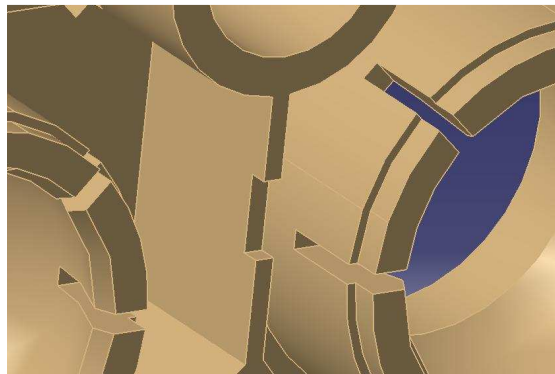
Z důvodů změn na navrhovaném dílci pro úsporu materiálu a financí byly provedeny tyto úpravy:

- odstranění části žebra pro jednodušší výrobu tvarové části formy a samotné odformování



Obr. 31. Detail žebra

- odstranění přerušení žebra pro jednodušší výrobu dutiny.



Obr. 32. Detail přerušení žebra

6.2.2 Konstrukční problémy při návrhu

Při navrhování řešené formy bylo nutné odstranit několik problémů, které vycházely z předchozí výroby, jak výroby plastových výstřiků, tak výroby nástroje, kvůli složitosti na výrobu určitých prvků na výstřiku.

Prvním z nich byla samotná konstrukce, jelikož se jednalo o výrobu na vlastním (v domácí dílně) vstřikovacím stroji, byla forma vyráběna co nejvíce z vlastních zdrojů (materiál z předchozí výroby) a také samotná výroba částí formy přizpůsobena jak již dříve používaných desek a normalizovaných částí formy, tak i samotným možnostem obrábění při výrobě na dostupných strojích (soustruh, frézka, vrtačka).

Proto jsem postupoval s využitím všech dostupných možností dnešních strojírenských firem (5ti osé frézky, drátové řezačky, erozivní obrábění apod.) a zároveň co nejjednodušeji.

6.2.3 Zaformování

Prvním problémem u navrhované formy bylo samotné zaformování výstřiku. Vzhledem ke složitosti dílu jsem zvolil zaformování, kdy většina dílu je v levé části formy.

Jedním z konstrukčních problémů byly také kulové plochy na výstřiku, pro které jsem zvolil pohyblivá jádra v levé části formy.

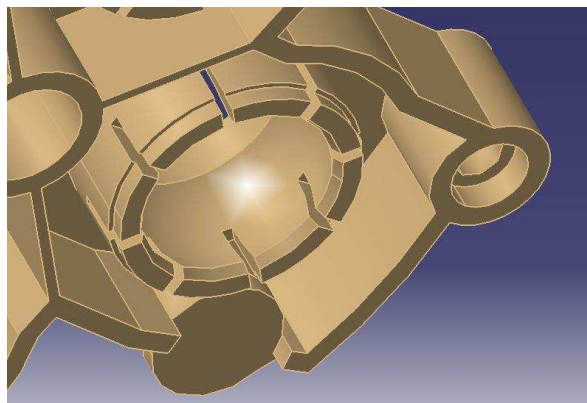
V pravé části formy byly přišroubovány malé elementy z důvodu úspory materiálu a jednoduší výroby.

6.2.4 Odformování – vyhození výstřiku

Samotné odformování a vyhození výstřiku jsem navrhl ve třech krocích z důvodů řešení problémových částí dílu.

Při prvním kroku dojde k otevření formy a následně k pohybu obou dvojic vyhazovacích desek. Dojde tedy k vysunutí výstřiku mimo dutinu formy. A na konec posunem první dvojice vyhazovacích desek jsou oba výstřiky i s vtokovým systémem vyhozeny z formy.

Při řešení vyhazování jsem řešil způsob odformování kulových ploch na dílu. Vzhledem k charakteru velikosti poloměru oblouku jsem zvolil výsuvná jádra ukotvená ve vyhazovací desce. Proto lze použít zvolenou variantu – nedojde k narušení nebo mechanickému poškození výstřiku při vyhazování. Vzhledem k vysunovacím jádrům jsem zvolil dvoustupňový vyhazovač s dvěma páry vyhazovacích desek.



Obr. 33. Detail kulové plochy výstřiku

6.2.5 Původní řešení

Stávající výroba probíhala na jednonásobné formě a stroji ARBURG. Jelikož se jedná o malou soukromou dílnu, desky byly použity z předešlé výroby jiného dílu, příp. nefunkční části z jiné výroby.

Výroba tvarových částí probíhala ve stejné soukromé dílně na soustruhu, frézce a vrtačce. Proto i samotná myšlenka původní konstrukce vycházela z tohoto předpokladu.

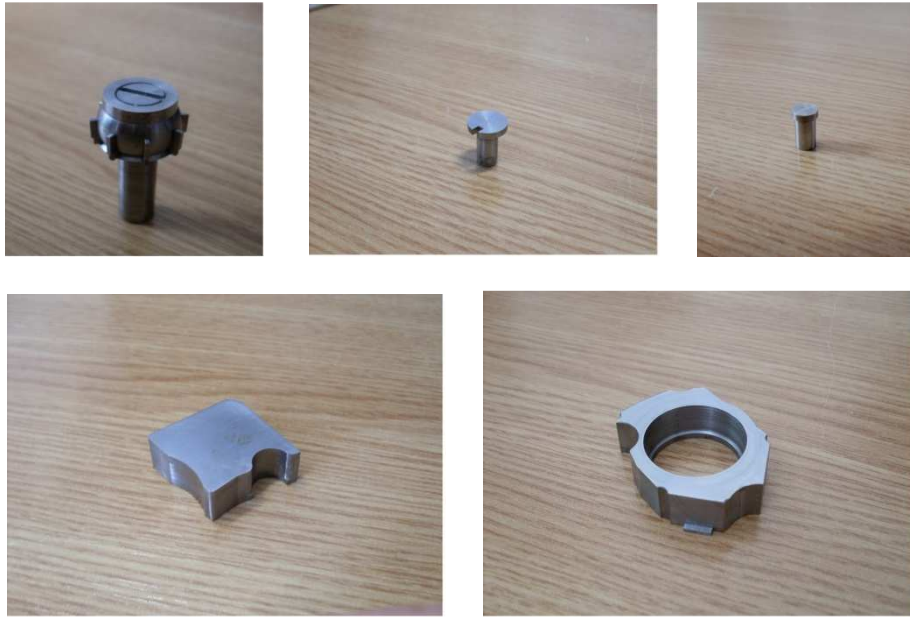


Obr. 34. Vstřikovací stroj



Obr. 35. Tvarová část

Tvarová část byla složena z několika elementů, přesněji řečeno každá čtvrtina dutiny tvarovníku měla 5 dílů. Což mělo nespornou výhodu dobrého odvzdušnění.



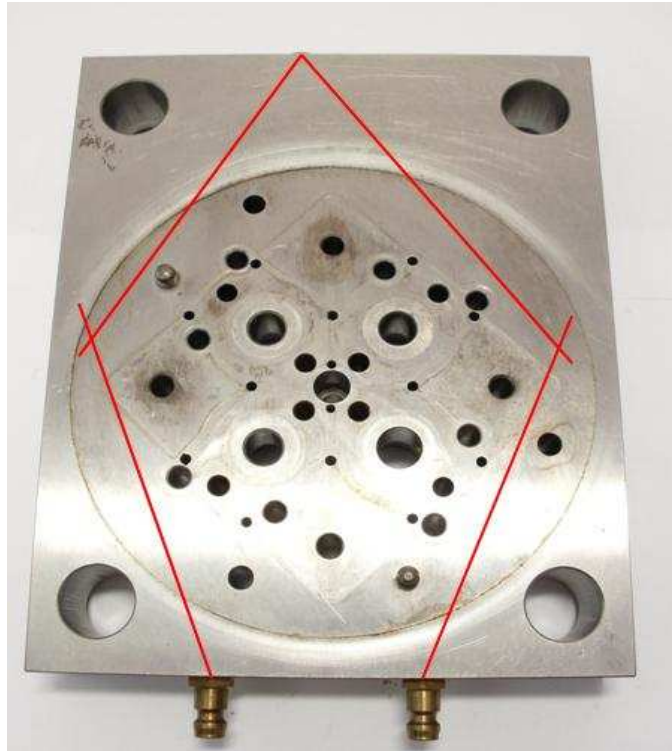
Obr. 36. Segmenty tvarové části

Všechny tyto části jsou přišroubovány k desce uvnitř tvarového prstence, který je k desce vystředěn pomocí 2 kolíků. Ve středu tvarové části je ještě umístěn poslední element.



Obr. 37. Tvarový prstenece a středový element

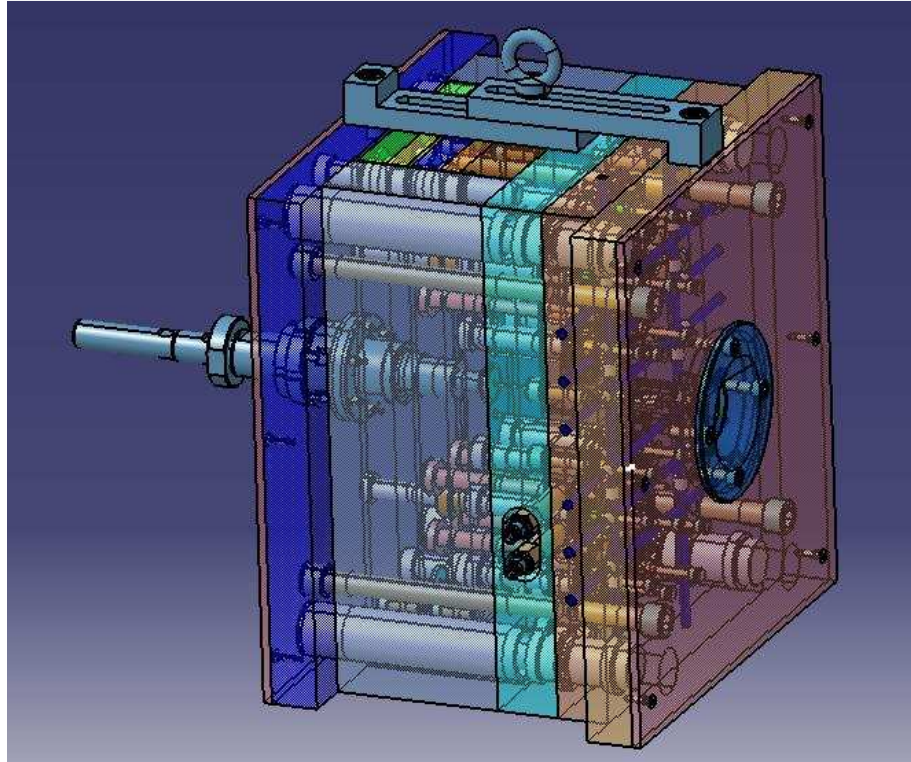
Jelikož byla montáž řešena pomocí šroubů k jedné desce bylo zvoleno jednoduché chlazení skrze nevrtané části (viz. obr. 38).



Obr. 38. Chlazení tvarové části

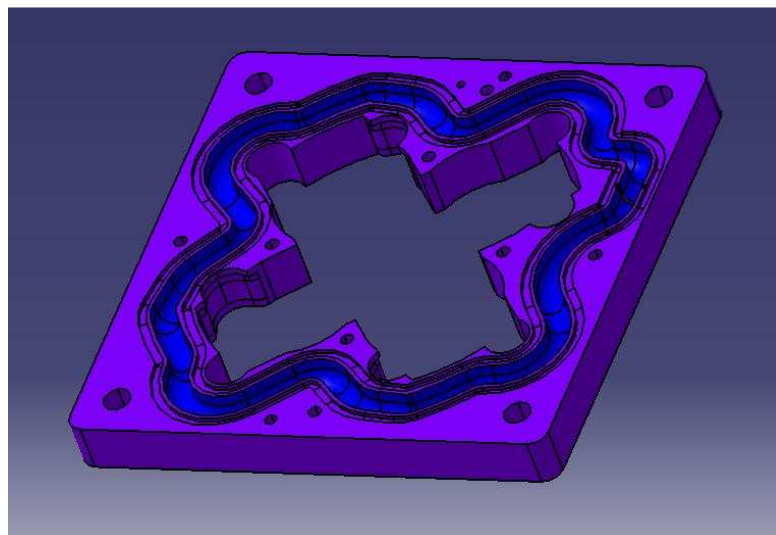
6.2.6 Nové řešení

Dle požadavků byla navržena dvojnásobná forma se studeným vtokem. Celá byla zpracována v programu Catia V5 na 3D model.



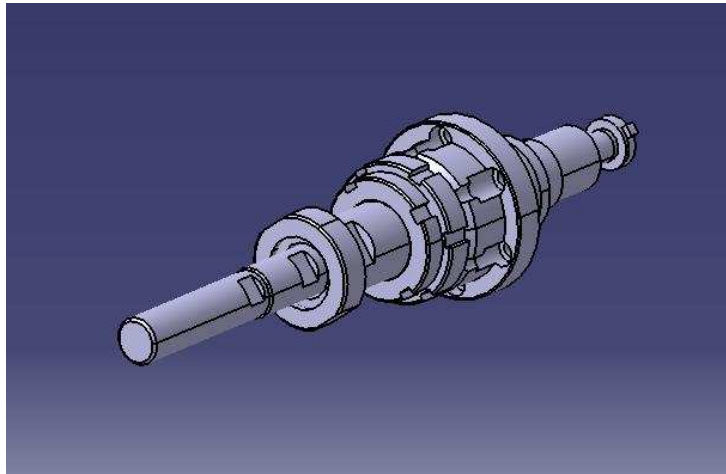
Obr. 39. 3D model navrhovaného nástroje

Z prostorových důvodů byly temperanční kanály navrženy vrtanými děrami prostorem mezi šrouby na pravé straně a frézovanou drážkou na straně levé.

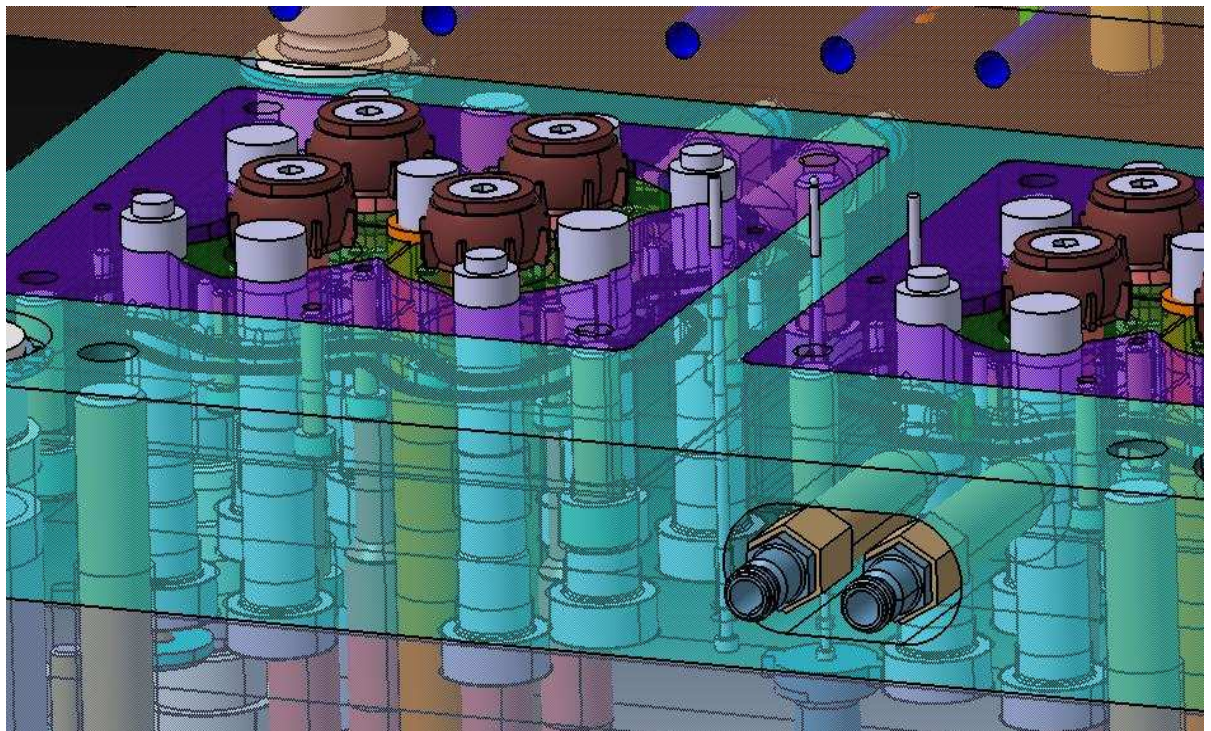


Obr. 40. Chlazení v tvárníku 1

Vyhazování ve dvou krocích řešeno dvoustupňovým vyhazovačem.



Obr. 41. Dvoustupňový vyhazovač



Obr. 42. Pohled do otevřené formy a vyjetých jader

6.3 Materiál pro vstřikování dílu

POM je vysoce krystalický termoplast s vysokou pevností a tuhostí, jakož i s dobrými kluznými vlastnostmi a odolností proti opotřebení, s malou absorpcí vlhkosti. Dobrá rozměrová stabilita a zvláště dobrá únavová pevnost, jakož i vynikající obrobiteľnosť činí z polyacetátu mnohostranně použitelný konstrukční materiál i pro komplexní stavební díly. Vyhovuje vysokým požadavkům na kvalitu povrchových ploch. Pevnost, tuhost a rozměrovou stabilitu lze ještě zlepšit přidáním skleněných vláken jako plniva, čímž však dojde ke zhoršení kluzných vlastností. [13]

Zpracovatelská teplota pro POM je v rozmezí $180^{\circ} \div 220^{\circ}$ a teplota formy v rozmezí $50^{\circ} \div 120^{\circ}$.

6.4 Materiály formy

U nefunkčních částí nástroje byla volena konstrukční ocel.

Pro lepší odvod tepla z netemperovaných jader byl zvolen materiál s lepší tepelnou vodivostí – slitina mědi.

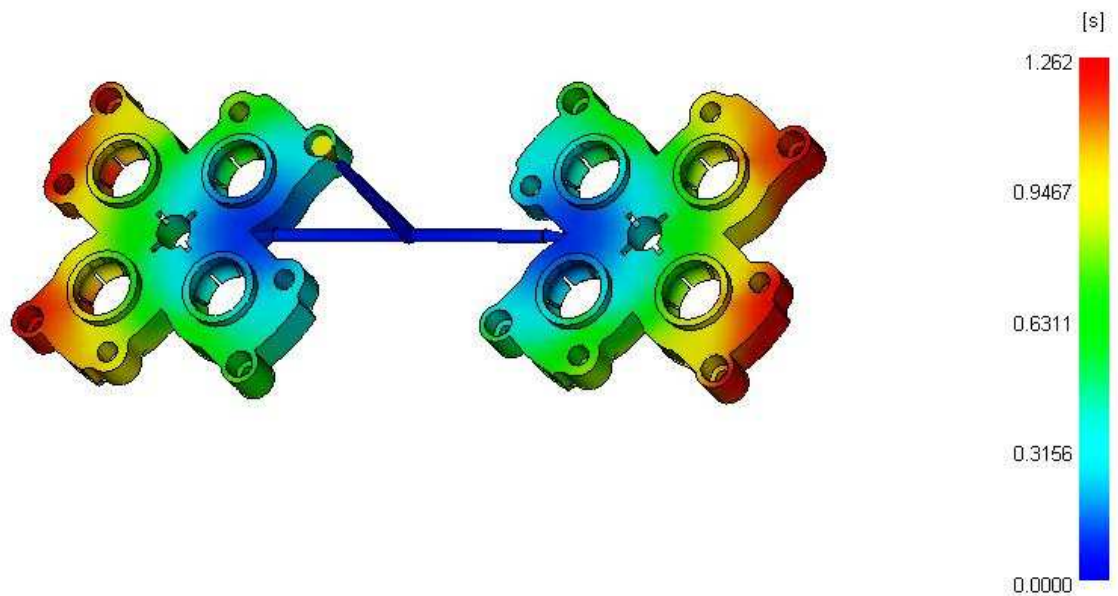
Vodící a středící prvky jsou vyrobeny ze zušlechtěných cementačních ocelí.

Materiál pro funkční části je volen s prokalitelností a vysokou pevností.

6.5 Výsledky moldflow analýzy

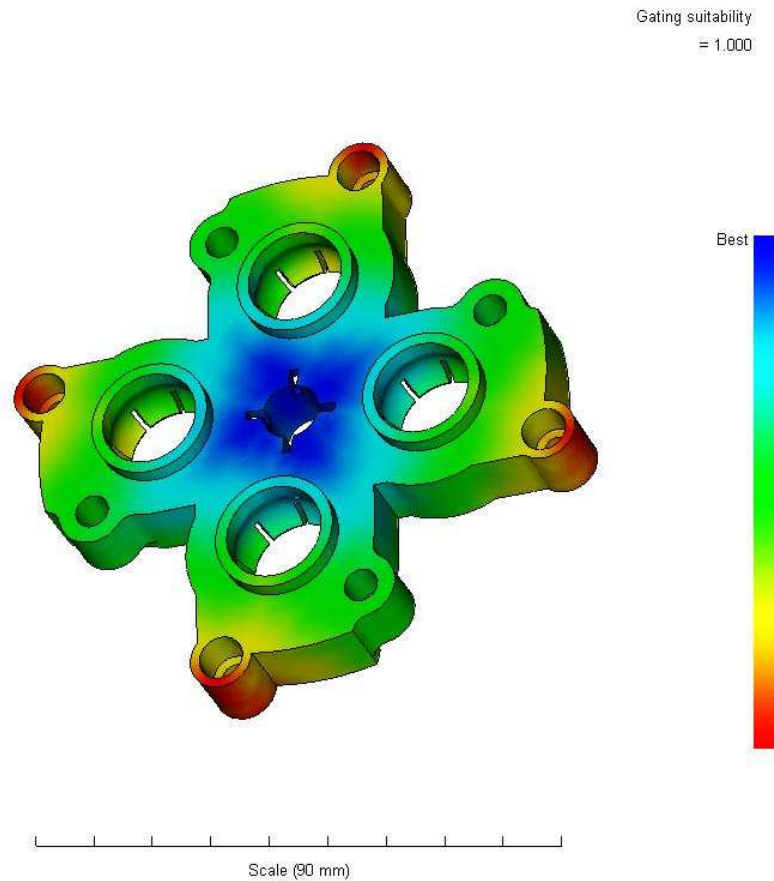
Z dat o navrhované formě byla vytvořena analýza v programu moldflow.

Teplota formy byla zvolena 85° a teplota materiálu 200°. Temperační médium je voda o teplotě 60°. Délka vstřikovacího cyklu zvolena 30s.



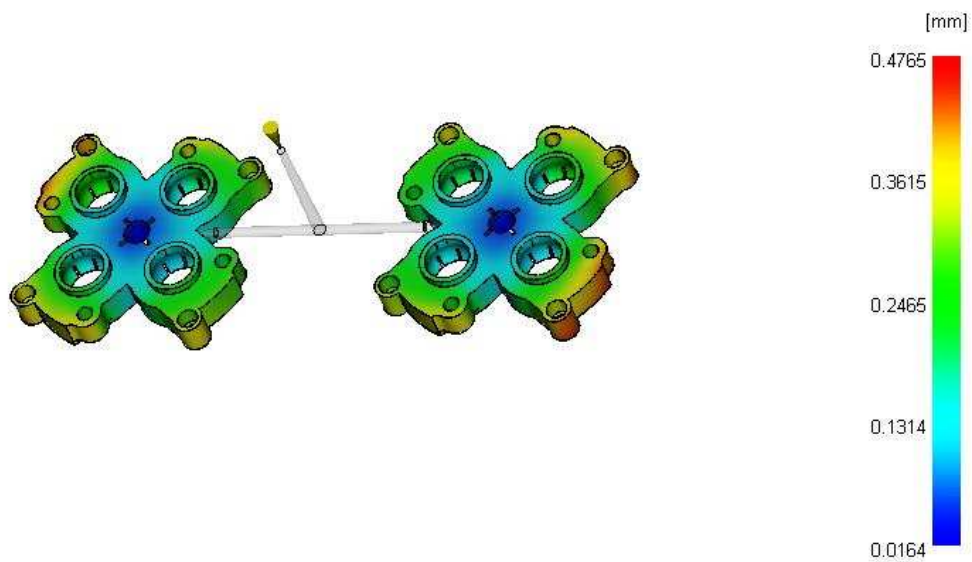
Obr. 43. Čas plnění dutiny formy

Dle zjištěných dat z analýzy je ideální místo vtoku uprostřed výrobku (viz. obr. 44). Skutečný vtok byl z konstrukčních důvodů jinak, ale je volen blízko tohoto ideálního místa.



Obr. 44. Analýza vhodného místa vtoku

Díky analýze bylo zjištěno také maximální smrštění, které má hodnotu 0,4756 mm.



Obr. 45. Hodnota smrštění výstřiku

Celá analýza konstrukčního dílu je k dispozici jako příloha na CD.

DISKUZE

Pro novou variantu byl zvolen studený vtokový systém, jelikož by u množství dílů nebylo možno zaručit finanční návratnost a to koupí komponentů pro vyhřívaný vtokový systém.

Násobnost vstřikovací formy byla zvolena dvojnásobná vzhledem k potřebnému počtu kusů.

Úpravy na výstřiku nevedly k vyšší spotřebě materiálu, proto větší množství materiálu souvisí pouze s vtokovým systémem.

Temperace navrhované formy byla navržena optimální z hlediska místa ve formě, jelikož při použití upevněných elementů nebylo možné vytvoření více ideální temperance. Kanály vytvořené v tvárníku jsou vhodné díky možnosti frézování, jelikož je možné přesně kopírovat tvar. Pro efektivnější odvod tepla z jader je eventuální možnost použití chlazení uvnitř jader, avšak použití slitiny měďi je v tomto případě dostatečné.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh vícenásobné vstřikovací formy pro daný plastový díl. Obsahem teoretické části je popis procesu vstřikování, používané speciální metody vstřikování, nástroje a stroje pro tento způsob výroby plastových dílů.

V praktické části je uveden popis změny výroby výstřiku z jednonásobné formy na vícenásobnou.

Celý návrh je zpracován v programu Catia V5, který je doplněn analýzou v programu Moldflow. V příloze je výkresová dokumentace k dané formě.

Bakalářská práce byla pro mě přínosem z hlediska aplikace dosavadní znalostí i získaných díky nestandardnímu výstřiku vůči probíraným při studiu. Výsledek byl taktéž přínosem pro dipl. Ing. Jana Pötche. Pro kterého byl daný návrh zpracován.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I.díl – Vstřikování plastů, UNIPLAST, 1999, Brno
- [2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů II.díl – Vstřikování plastů, UNIPLAST, 1999, Brno
- [3] LENFELD, P. Technologie II : tváření kovů, zpracování plastů, 2005, http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm
- [4] MAŇAS, M., VLČEK, J.: Aplikovaná reologie Vyd.1. – Zlín , Univerzita Tomáše Bati, 2001, 144 s. ISBN 80-7318-039-1.
- [5] <http://www.mmspektrum.com/clanek/zdokonalene-postupy-vstrikovani-plastu-a-automatizace-pri-vyrobe>
- [6] Rees, H.: Mold Engineering, 2. Vyd. – Carl Hanser Verlag, 2002, Mnichov
- [7] HASCO katalog
- [8] STANĚK, M.: Přednášky předmětu KF – Konstrukce forem
- [9] VAŠÍŘ, J.: Diplomová práce, 2008
- [10] HANÁČEK, T.: semestrální práce, 2006
- [11] Technologická příručka Engel
- [12] MENGES, Georgie. MICHAELL, Walter., MOHREN, Paul. *How to make Injection Molds*. 3rd edition. Munich: Carl Hanser Verlag, 2001. 612 s., ISBN 3-446-21256-6.
- [13] <http://ne.polyplasty.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
GIT	Gas Injection Technology
WIT	Water Injection Technology
POM	Polyacetál

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [1]</i>	11
<i>Obr. 2. Kolísání tlaku v plastikačním válci [11]</i>	13
<i>Obr. 3. Vstřikovací cyklus [3].....</i>	14
<i>Obr. 4. Varianty přívodu plynu(nahoře-tryskou, dole-jehlou, injektorem) [3]</i>	18
<i>Obr. 5. Princip WIT technologie - krátký vstřík [3]</i>	19
<i>Obr. 6. Monosystém se dvěma plastikačními jednotkami [3]</i>	20
<i>Obr. 7. Příklady sendvičového vstřikování [3]</i>	20
<i>Obr. 8. Schéma trysky vstřikovacího stroje při sendvičovém vstřikování [3]</i>	21
<i>Obr. 9. Princip použití posuvné části formy – šoupátka [3].....</i>	21
<i>Obr. 10. Princip použití robotů k překládání výlisků [3]</i>	22
<i>Obr. 11. Princip intervalového vstřikování [3]</i>	22
<i>Obr. 12. Konstrukce vstřikovací jednotky u mramorového vstřikování [3]</i>	23
<i>Obr. 13. Vícepolohový vstřík. stroj včetně výrobků pro nízkotlaké vstřík. [3]</i>	23
<i>Obr. 14. Princip zastříkávání textílií [3]</i>	24
<i>Obr. 15. Středící kroužky [7]</i>	35
<i>Obr. 16. Středící čep [7]</i>	35
<i>Obr. 17. Vodící čep [7]</i>	36
<i>Obr. 18. Prizmatické a trubkové vyhazovače [7]</i>	36
<i>Obr. 19. Táhlo [7].....</i>	36
<i>Obr. 20. Schéma studeného vtokového systému [7]</i>	37
<i>Obr. 21. Různá konstrukční provedení u trysek VVS [7].....</i>	38
<i>Obr. 22. Schéma IVS [8].....</i>	39
<i>Obr. 23. Obrázek k tab. 4.....</i>	40
<i>Obr. 24. a) tvárník, b) tvárnice, c,d) zaformovaný tvar [8].....</i>	40
<i>Obr. 25. Tvary temperačních kanálů u hranatých a kruhových desek [8]</i>	41
<i>Obr. 26. Příklady koncovek, přemostění pro temperační systém a hadic [7]</i>	42
<i>Obr. 27. Těsnění.....</i>	42
<i>Obr. 28. Vstřikování do dělicí roviny [3]</i>	44
<i>Obr. 29. Vstřikování kolm na dělicí rovinu [3]</i>	44
<i>Obr. 30. Vzájemná poloha mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou [3]</i>	45
<i>Obr. 31. Detail žebra</i>	49
<i>Obr. 32. Detail přerušení žebra.....</i>	49

<i>Obr. 33. Detail kulové plochy výstřiku</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 34. Vstřikovací stroj</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 35. Tvarová část</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 36. Segmenty tvarové části</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 37. Tvarový prstenece a středový element.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 38. Chlazení tvarové části</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 39. 3D model navrhovaného nástroje</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 40. Chlazení v tvárníku 1</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 41. Dvoustupňový vyhazovač</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 42. Pohled do otevřené formy a vyjetých jader</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 43. Čas plnění dutiny formy</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 44. Analýza vhodného místa vtoku</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 45. Hodnota smrštění výstřiku.....</i>	<i>58</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Základní typy vstřikovacích forem [12].....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 2. Rozdělení ocelí dle použití [8].....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 3. Rozdělení ocelí dle tepelného zpracování [8]</i>	<i>33</i>

SEZNAM PŘÍLOH

CD s bakalářskou prací a výkresovou dokumentací