

Metodika konstrukčního návrhu externí vstřikovací jednotky pro vícekomponentní vstřikování plastů

Michaela Jirků*

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav výrobních strojů a zařízení, Horská 3, 128 00 Praha 2, Česká republika

Abstrakt

Tento článek se zabývá metodikou konstrukčního návrhu přídavné vstřikovací jednotky ke vstřikovacímu lisu na plasty Arburg Allrounder 270 C za účelem dvoukomponentního vstřikování. Dále technologií vstřikování plastů včetně vícekomponentního vstřikování, dostupnými periferiemi a také způsobem konstrukčního návrhu.

Klíčová slova: vstřikování plastů; vícekomponentní vstřikování; vstřikovací jednotka

1. Úvod

Plasty, které jsou nazývány materiálem 21. století, jsou jedním z nejvyužívanějších materiálů současnosti. Jejich význam a využitelnost neustále roste. Jejich vlastnosti se vyznačují velkou variabilitou, ať už se jedná o tepelnou odolnost, tvrdost, pružnost nebo možnost formování. Nespornou výhodou je i chemická odolnost, nízká hustota a malá energetická náročnost zpracování plastů. Díky rychlému vývoji lze plastikářský průmysl označit za pilíř ekonomiky. Výroba plastů a plastových výrobků je jedním z nejnovativnějších oborů s velkým potenciálem pro výzkum a inovace. Např. v letech 2003-2012 spadal jeden z 25 podaných patentů do tohoto oboru. [1]

Díky svým vlastnostem pronikají plasty do mnoha odvětví průmyslu. Odvětvím s vysokým růstem zastoupení plastových dílů je například automobilový průmysl. Tam plasty pronikají především díky své nízké hustotě a nahrazují tak ocelové díly zejména za účelem snižování hmotnosti. V současné době je podíl plastových dílů v osobním automobilu přibližně 20 %. Odhaduje se ovšem, že v nejbližších letech vzroste až na 30 %. [2]

Nejrozšířenější technologií pro zpracování plastů je vstřikování. Jedná se o komplexní tvářecí operaci, při které během několika vteřin vzniká z roztaveného materiálu hotový výrobek. Tento výrobek může mít velmi složitý tvar. Vstřikování plastů se vyznačuje vysokými vstupními náklady na vstřikovací stroj a formu, přičemž výsledná cena výtisku je nízká. Z toho důvodu se tato technologie využívá pro sériovou a hromadnou výrobu.

2. Motivace

Stále více využívanou formou vstřikování plastů je vstřikování vícekomponentní, které kombinuje na 1 výtisku více materiálů (např. tvrdý a měkký materiál, hladký a protiskluzový materiál atp.) nebo více barev téhož materiálu. Rozdíl mezi vícekomponentním a klasickým vstřikováním tkví v připojení více vstřikovacích jednotek k tomu uzpůsobené formě. Počet připojených jednotek není teoreticky nijak omezen, ale v průmyslu se nejčastěji setkáváme s vícekomponentním vstřikováním využívajícím

2, 3 nebo 4 vstřikovací jednotky. Dle tohoto počtu rozlišujeme dvoukomponentní (2 jednotky), tříkomponentní (3 jednotky) nebo čtyřkomponentní (4 jednotky) vstřikování. Vícekomponentní vstřikování nenachází své uplatnění pouze v průmyslových aplikacích, ale především u předmětů denní potřeby, jako je například kartáček na zuby (viz Obr. 1).



Obr. 1. Kartáček na zuby vyrobený dvoukomponentním vstřikováním plastů [3].

V ČR se vstřikování plastů opírá historii sahající až do období první republiky. Zpočátku docházelo k rozvoji v oblasti samotné technologie vstřikování stejně jako v oblasti konstrukce vstřikovacích strojů. V 80. letech 20. století byl však vývoj vstřikovacích strojů v TOS Rakovník politickým rozhodnutím přerušeno, zatímco vývoj technologie v početných lisovnách na území republiky pokračoval. Po roce 1989 došlo k vyrovnání úrovně v oblasti technologie vstřikování s ostatními zeměmi a s příchodem zahraničního kapitálu také k obnovení strojového parku (převážně však stroji z Německa a Rakouska). Výroba strojů v Rakovníku byla obnovena, na její tradici navazuje firma Invera, s.r.o., která úzce spolupracuje s japonskou společností Toshiba Machine. [4] V oblasti výzkumu a vývoje však zůstal trend ze druhé poloviny minulého století zachován, takže naprostá většina českých odborných publikací z oboru vstřikování plastů řeší samotný proces vstřikování plastů nebo konstrukci formy, a

* Kontakt na autora: Michaela.Jirku@fs.cvut.cz

nikoliv konstrukci stroje. Tento jev se týká i českých vysokých škol.

Fakulta strojní ČVUT v Praze disponuje vstřikovacím strojem s jednou vstřikovací jednotkou, uzavírací silou 400 kN a maximální velikostí formy 270 x 270 mm. Pro rozšíření možností výzkumu na daném stroji je vhodné ho doplnit o druhou vstřikovací jednotku tak, aby umožňoval dvoukomponentní vstřikování plastů.

Zřejmě nejobsáhlejší českou publikací o vstřikování plastů je kniha *Vstřikování plastů* Lubomíra Zemana z roku 2009, která shrnuje technologické a materiálové údaje týkající se technologie vstřikování plastů. Zahraničních knižních publikací je na toto téma celá řada, všechny jsou však koncipovány podobně – kladení důrazu na materiálové vlastnosti a technologický proces (např. *Engineering Plastic Handbook* od Jamese M. Margolise z roku 2006). Z hlediska konstrukce stroje se v těchto knihách nachází pouze základní charakteristika stroje, bez bližší specifikace konstrukce. Další knižní publikace se dopodrobna zabývají konstrukcí forem pro vstřikovací stroje (např. *Mold Engineering* od Herberta Reese z roku 2011).

Závěrečné práce psané na českých vysokých školách na téma vstřikování plastů se téměř všechny zabývají optimalizací vstřikovacího procesu, nastavením technologických podmínek vstřikování nebo konstrukcí formy. Jedná se například o práce z UTB ve Zlíně pod vedením doc. Staňka nebo o práce z TUL Liberec pod vedením prof. Lenfelda. Výjimku mezi těmito pracemi tvoří práce *Zařízení pro vstřikování plastů z VUT v Brně* pod vedením Ing. Pavlíka Ph.D., která se zabývá kompletní konstrukcí vstřikovacího stroje.

Odborné články, které se k tématu vstřikování plastů dají nalézt na citačních databázích SCOPUS a Web of Science se zabývají především ekonomikou, optimalizací procesu a vývojem nových technologií.

3. Teorie

3.1. Vstřikování plastů

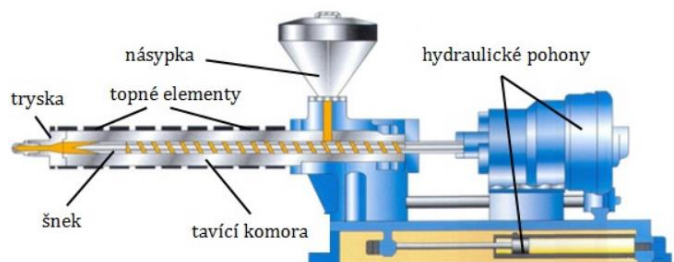
Vstřikování plastů je v dnešní době nejrozšířenější technologií zpracování plastů. Na lisech pro vstřikování plastů je možné zpracovávat nejen termoplasty, ale také elastomery, polymery, kompozity, reaktoplasty a pryže. Jedná se o technologii, kterou je možno vytvořit výrobky od mikro velikostí (Obr. 2) po několikakilogramové kusy (Obr. 3). Všechny vstřikované díly je možno vyrábět s vysokou rozměrovou i tvarovou přesností. Dále tato technologie zaručuje vysokou míru opakovatelnosti. Technologii vstřikování plastů je vhodné použít pro sériovou a hromadnou výrobu. Pro kusovou výrobu je nevhodná kvůli vysokým nákladům na vývoj a výrobu forem pro vstřikování. [5]



Obr. 2. Mikrovstřikování.

Obr. 3. Velký vstřikovaný díl.

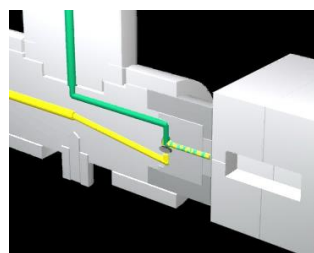
Část vstřikovacího stroje zajišťující plastifikaci a vlastní vstřik materiálu se nazývá vstřikovací jednotka. Převážná většina strojů pro vstřikování plastů dnes využívá šnekové vstřikovací jednotky. Jak je vidět na Obr. 4, jednotka se skládá z několika částí, kterými jsou: Tavicí komora, násypka, šnek, tryska, topné elementy a hydraulické pohony.



Obr. 4. Řez vstřikovací jednotkou [6].

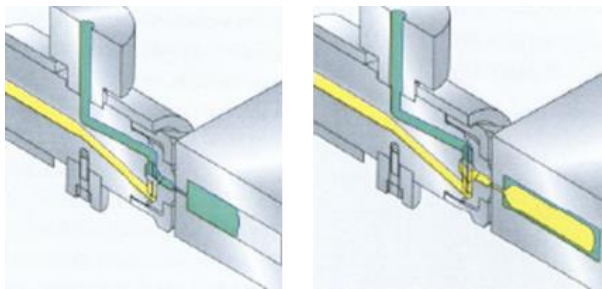
Šnek koná rotační a posuvný pohyb. Rotační pohyb zajišťuje plastifikaci materiálu, posuvným pohybem plní šnek funkci pístu při vstřiknutí taveniny do formy. Pohony mohou být buď hydraulické (Obr. 4) nebo elektrické, případně kombinace obou (tzv. hybridní stroje). Šnek je uložen v tavicí komoře jednotky. Polymer je do tavicí komory dodáván pomocí násypky. Plastifikace materiálu je cca ze 70 % zajištěna tepelnou energií vznikající vnitřním třením polymeru a třením polymeru mezi stěnami komory a šnekem. Zbylá potřebná energie je dodávána topnými elementy. Tavicí komora je zakončena tryskou, která zajišťuje spojení vstřikovací jednotky se vstřikovací formou. [6]

V průmyslu jsou hojně využívány také stroje, které umožňují vstřik různých materiálů nebo barev v průběhu jednoho cyklu. Jedná se o stroje pro vícekomponentní vstřikování, které je řešeno použitím více (zpravidla do 4) vstřikovacích jednotek. Dvě jednotky je možné kombinovat se speciálně upravenou tryskou pro intervalové (Obr. 5 a Obr. 6) nebo sendvičové (Obr. 7) vstřikování. [7]



Obr. 5. Proces intervalového vstřikování.

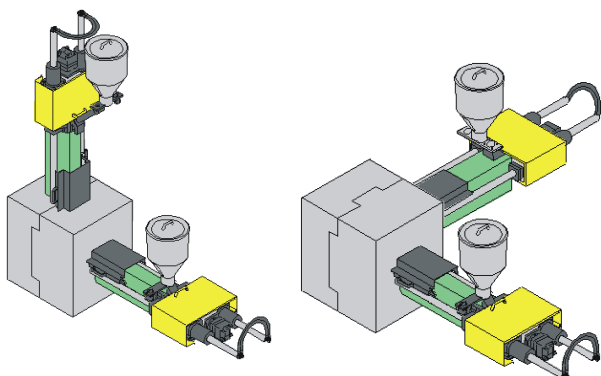
Obr. 6. Intervalové vstřikování - výlisky.



Obr. 7. Proces sendvičového vstřikování.

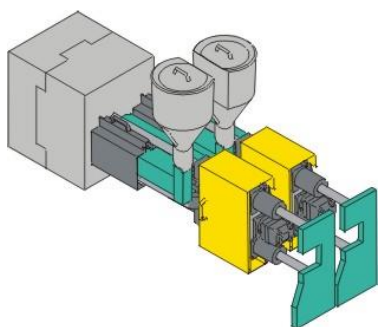
3.2. Dvoukomponentní vstřikování

Dvoukomponentní vstřikování je v dnešní době hojně využíváno pro výrobu součástí, které kombinují dvě různé barvy jednoho plastu (ostře ohraničené), nebo součástí ze dvou různých polymerů (i nemísitelných). Stroj je osazen dvěma vstřikovacími jednotkami. Nejčastěji je jedna umístěna vertikálně a jedna horizontálně (Obr. 8). Další možností je umístění obou jednotek horizontálně do tzv. „L“ pozice (Obr. 9) nebo horizontální umístění jednotek paralelně vedle sebe (Obr. 10).



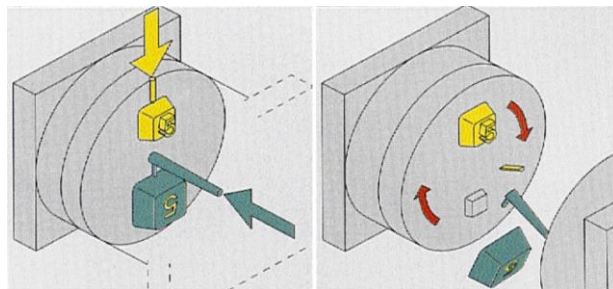
Obr. 8. Horizontální/vertikální umístění jednotek [8].

Obr. 9. Horizontální „L“ pozice jednotek [8].



Obr. 10. Horizontální paralelní umístění jednotek [8].

Jak je vidět na Obr. 11, výroba dvoukomponentního vylisku se skládá ze dvou částí. V první fázi cyklu se vstříkne první materiál, po přemístění vylisku do druhé pozice se vstříkne druhý materiál a dochází k jejich spojení.



Obr. 11. Princip dvoukomponentního vstřikování [9].

Přemístění výrobku může být provedeno [9]:

- rotací poloviny formy kolem vodorovné osy
 - rotací desky formy kolem svislé osy
 - rotací části formy (vločka nebo indexová deska) kolem vodorovné osy
 - zatažením jader
 - přemístění vylisku ručně nebo manipulátorem
- Volba metody záleží vždy na možnostech stroje a konstrukci formy.

Ne všechny kombinace materiálů jsou při dvoukomponentním vstřikování možné. Je třeba dát pozor na vzájemnou adhezi materiálů, které mají být spojeny a zohlednit ji při konstrukci formy. Základní přehled vzájemné spojitelnosti některých materiálů je vidět na Obr. 12, kde zelená pole znamenají dobré spojení, žlutá pole špatné spojení a červená pole žádné spojení. Tato tabulka je určena pro prvotní návrh, výsledná soudržnost materiálů reálného vylisku může činit potíže. Kromě volby materiálů je závislá také na technologických podmínkách vstřiku a konstrukci spojení. V této oblasti je prostor pro výzkum.

	ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 6.6	PC	PE-HD	PE-LD	PMMA	POM	PP	PPO	PS-GP	PS-HI	PBTP	TPU	PVC-W	SAN	TPR	PETP	PVAC	PPSU	PC-PBTP	PC-ABS
ABS	+	+	+																						
ASA	+	+	+																						
CA	+	+	+																						
EVA	+	+	+																						
PA 6																									
PA 6.6																									
PC																									
PE-HD																									
PE-LD																									
PMMA																									
POM																									
PP																									
PPO																									
PS-GP																									
PS-HI																									
PBTP																									
TPU																									
PVC-W																									
SAN																									
TPR																									
PETP																									
PVAC																									
PPSU																									
PC-PBTP																									
PC-ABS																									

Obr. 12. Tabulka spojitelnosti materiálů [8].

4. Návrh jednotky

Návrh jednotky je proveden pro vstřikovací lis od firmy Arburg (Obr. 13) za účelem umožnění dvoukomponentního vstřikování na daném stroji. Specifikace stroje je uvedena v tabulce 1. Nezbytnou součástí práce je také návrh dvouvstřikové formy pro daný stroj.



Obr. 13. Arburg Allrounder 270 C Golden edition.

Tabulka 1. Specifikace stroje.

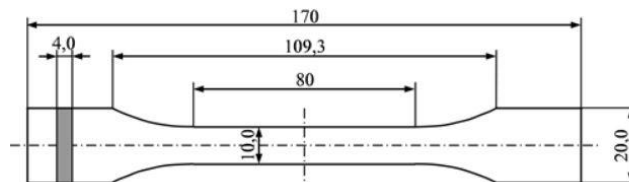
Typ stroje	Arburg Allrounder 270 C Golden edition
Vzdálenost mezi vodicími sloupky	270 x 270 mm
Uzavírací síla	400 kN
Pohon	Plně hydraulický
Velikost vstřikovací jednotky	70
Průměr šneku	22 mm
Poměr šneku L/D	20:1
Krouticí moment šneku	110 Nm
Maximální objem zdvihu	34 cm ³
Maximální vstřikovací tlak	2000 bar

4.1. Požadavky na navrhovanou jednotku

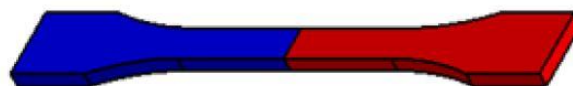
Navrhovaná přídavná vstřikovací jednotka má být plně elektrická, vertikální. Přídavné vstřikovací jednotky je běžně možno připevnit přímo na formu nebo na pevnou desku stroje. Vzhledem k rozměrům strojem a s nimi souvisejícím rozměrem formy bude navrhovaná externí jednotka připevněna na pevnou desku lisu. K připevnění budou využity závity, které se na pevné desce lisu nachází pro případnou montáž manipulátoru.

4.2. Návrh velikosti navrhované jednotky

Návrh velikosti přídavné vstřikovací jednotky vychází z návrhu vstřikovaného dílu. Jako vstřikovaný díl bylo vybráno zkušební těleso pro tahovou zkoušku (dle normy ČSN EN ISO 527-2) vstřikované ze dvou materiálů se spojem v polovině dílu (viz Obr. 14 a Obr. 15). Velikostně je zkušební těleso výliskem, pro jehož výrobu je dostatečná uzavírací síla a prostor pro umístění formy daného stroje. Navíc se jedná o výlisek dále využitelný pro materiálový výzkum. Pro tento výlisek byla také navržena vstřikovací forma (viz. kap. 4.3.).



Obr. 14. Zkušební těleso dle EN ISO 527-2.

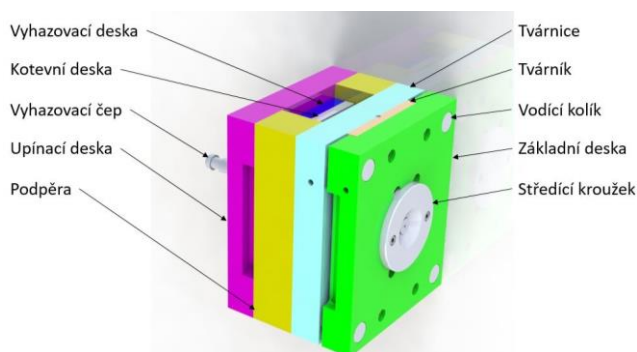


Obr. 15. Zkušební těleso – dvoukomponentní vstřikování.

Vzhledem k tomu, že vstřikovaný díl je symetrický, bude se dutina formy z obou vstřikovacích jednotek plnit přibližně stejným objemem. Z toho vyplývá, že velikost navrhované přídavné jednotky by měla přibližně odpovídat velikosti hlavní vstřikovací jednotky stroje. Zpravidla se přídavná jednotka volí o něco menší.

4.3. Návrh vstřikovací formy

Vstřikovací formu bylo třeba navrhnout, protože se stávající jednovstřikovou formou by nebylo možné externí vstřikovací jednotku využít. Navržená vstřikovací forma je s ohledem na nekomplikovaný tvar požadovaného výlisku velmi jednoduchá oproti formám běžně se vyskytujících v průmyslu. Forma je jednonásobná – v jednom pracovním cyklu je vyroben pouze jeden díl. Koncepce formy je zvolena tzv. dvoudesková, čelní. To znamená, že zkompletovaná forma sestává ze dvou částí – pevné a pohyblivé poloviny formy, které se připevňují na pevnou a pohyblivou desku lisu. Tyto poloviny se dotýkají v tzv. dělicí rovině. Forma se skládá z několika desek pevně spojených šrouby. Jedná se o upínací desky, tvárnice, tvárnici, podpěry, vyhazovací a kotevní desku (viz Obr. 16). Jejich funkce bude popsána v následujících podkapitolách.



Obr. 16. Celkový pohled na vstřikovací formu.

4.3.1. Upnutí formy

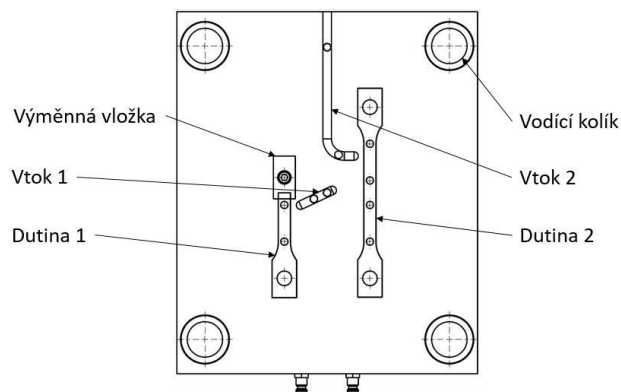
K upínání formy na desky lisu slouží upínací deska a základní deska (viz. Obr. 16). Upnutí může být provedeno buď pomocí upínek nebo pomocí kotevních šroubů. Upínací kapsy, které lze vidět v upínací a základní desce na Obr. 16 značí, že u navržené formy je zvoleno upínání

pomocí upínek. Přesná poloha formy vůči stroji je zajištěna středícími kroužky.

4.3.2. Tvarová dutina

Tvarová dutina je vytvořena ve dvou deskách, které se stýkají v dělicí rovině. Jedná se o tvárník a tvárnici. Tyto desky přicházejí do přímého kontaktu s materiálem, tudíž je u nich zvýšený nárok na mechanickou odolnost. Z toho důvodu jsou kalené (pozn.: u větších forem se používají pouze kalené vložky). Tvarová dutina má pro zajištění odformování vylisku úkos 2° a je oproti žádané velikosti vylisku zvětšena o smrštění materiálu.

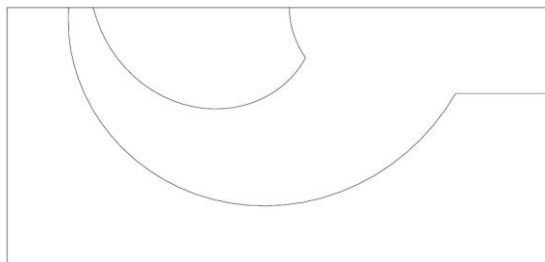
Protože forma je navrhovaná pro tvarově jednoduchý díl, celá dutina je vytvořena pouze v tvárnici. Protože se jedná o formu pro dvoukomponentní vstřikování, obsahuje tvárnice dvě dutiny s oddělenými vtokovými soustavami. Vstřík z hlavní vstřikovací jednotky stroje do dutiny 1 (Obr. 17) vytvoří polovinu zkušebního tělíska. Tento vylisek se poté přendá do dutiny 2 (Obr. 17) a z externí vstřikovací jednotky je vtokem 2 vstříknut druhý materiál, čímž vznikne finální vylisek. První tvarová dutina disponuje výměnnou vložkou, jejíž pomocí lze změnit tvar stykové plochy obou materiálů vylisku, aby mohl být následně proveden výzkum jejího vlivu na kvalitu spoje.



Obr. 17. Rozložení dutin v tvárnici.

4.3.3. Vtoková soustava

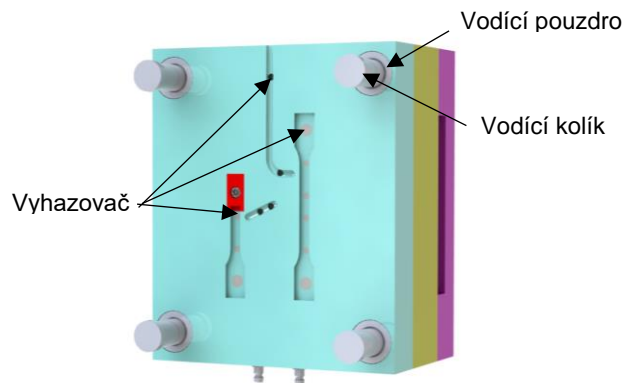
Ve formě byl navržen systém studeného vtoku. To znamená, že při odformování zchlazeného vylisku je třeba z formy vyjmout také zchladlý vtok, který tvoří odpad vstřikovacího procesu. Vtokové kanály jsou umístěny v dělicí rovině a ústí obou vtokových soustav je tvořeno tzv. banánovým vtokem (viz Obr. 18). Výhodou banánového vtoku je skutečnost, že k oddělení vtokové soustavy od vylisku dochází již při jejich odformování.



Obr. 18. Tvar vtokové vložky – banánový vtok.

4.3.4. Odformování

K odformování vylisku i vtokové soustavy dochází pomocí tzv. vyhazovačů (Obr. 19). Vyhazovače jsou ve fromě upevněny v kotevní desce a jejich pohyb ovládá vyhazovací deska, jejíž pohyb řídí přes vyhazovací čep stroj. K pohybu vyhazovačů a odformování vylisku může dojít až po dostatečném otevření formy, aby byl zajištěn dostatečný prostor pro vyjmutí vylisku a vtokové soustavy. Při opětovném zavření formy je správné dosednutí obou polovin formy zajištěno pomocí vodících kolíků, které se zasouvají do vodících pouzder (Obr. 19).



Obr. 19. 3D poled na pohyblivou polovinu formy.

4.3.5. Chlazení

Důležitou funkcí vstřikovací formy je kromě tvarování materiálu také odvod tepla z dutiny formy. Aby mohlo dojít ke správnému a zchlazení vylisku ze vstřikovací teploty taveniny na teplotu odformování vylisku, musí být forma vybavena chladicími kanály. U navržené formy se jedná o systém vrtaných kanálů rozmístěných kolem dutiny formy v tvárnici a upínací desce přiléhající tvárníku.

4.3. Volba koncepce navrhované jednotky

Externí vstřikovací jednotky mohou mít buď šnekovou nebo v případě malých vstřikovaných objemů pístovou konstrukci. U šnekové jednotky plní šnek funkci dávkování i vstřikování, u pístové jednotky jsou tyto funkce zajištěny kombinací dvou pístů. Vzhledem ke skutečnosti, že navrhovaná jednotka se s objemem zdvihu pohybuje pod 34 cm^3 , bylo by v dané situaci možné použít levnější a na zástavbové prostory méně náročnou pístovou konstrukci jednotky. S ohledem na další využitelnost práce a možnému rozvoji do budoucna je ovšem třeba, aby navržená koncepce nebyla omezena malým vstřikovaným objemem a dala se použít i pro větší stroje. Z toho důvodu bude navrhovaná jednotka šneková.

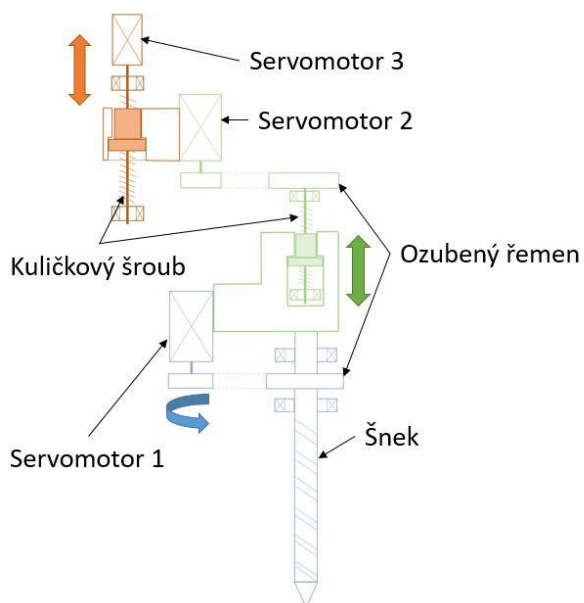
4.4. Koncepční návrhy dle rozložení pohybů jednotky

Při procesu vstřikování koná vstřikovací jednotka tři základní pohyby. Prvním z nich je přísuv jednotky ke vstřikovací formě a vyvození přítlaku. Další dva pohyby, které

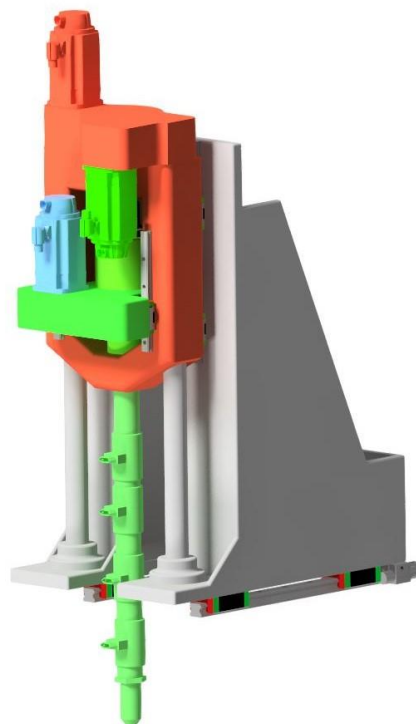
je třeba zajistit jsou axiální posuv šneku a rotace šneku. Z návrhu typů a uspořádání pohonů pro tyto pohyby poté vychází konstrukční uspořádání jednotky. Jedná se zejména o vedení posuvných pohybů a umístění násypky. Dále je třeba rozhodnout, zda bude jednotka na pevnou desku lisu umístěna do pevné polohy dle navrhované formy nebo na lineárním vedení. Toto vedení umožní ruční manipulaci s jednotkou v ose rovnoběžné s vodičnými sloupky lisu. Výhodou tohoto posuvného připevnění je možnost výměny vstřikovací formy bez nutnosti odmontování externí jednotky ze stroje a její využití pro více forem s různou polohou vtoku.

Na základě výše uvedeného byly navrženy tři koncepční uspořádání jednotky.

První uspořádání (viz. Obr. 20 a Obr. 21) využívá pro pohon přísuvu jednotky jeden kuličkový šroub poháněný servomotorem umístěný ve vodičném sloupku mimo osu jednotky. Vedení je zajištěno dvěma vodičnými sloupky a dvojicí lineárních vedení. Axiální posuv šneku je zajištěn jedním kuličkovým šroubem v ose šneku. Přenos krouticího momentu ze servomotoru na matici kuličkového šroubu je zajištěn ozubeným řemenem. Vedení posuvu zajišťuje dvojice lineárních vedení. Rotace šneku je poháněna servomotorem přes ozubený řemen. Jednotka je ke stroji připevněna přes ručně manipulovatelné lineární vedení. Násypka je umístěna v zadní části jednotky.

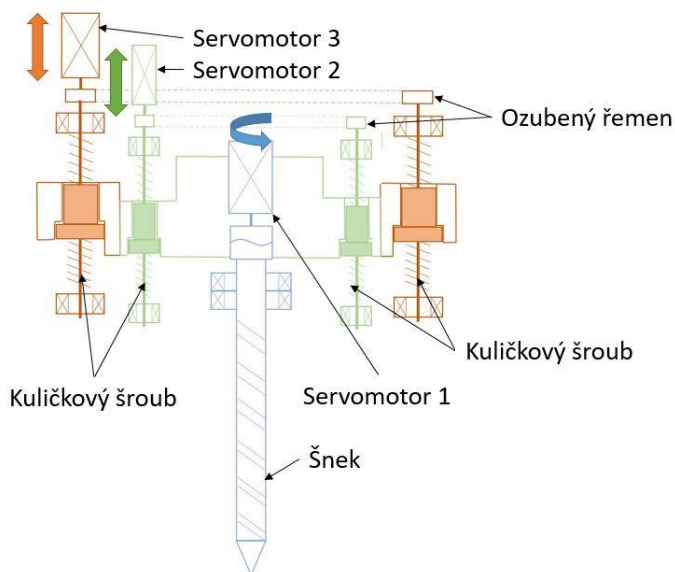


Obr. 20. Kinematické schéma uspořádání 1.

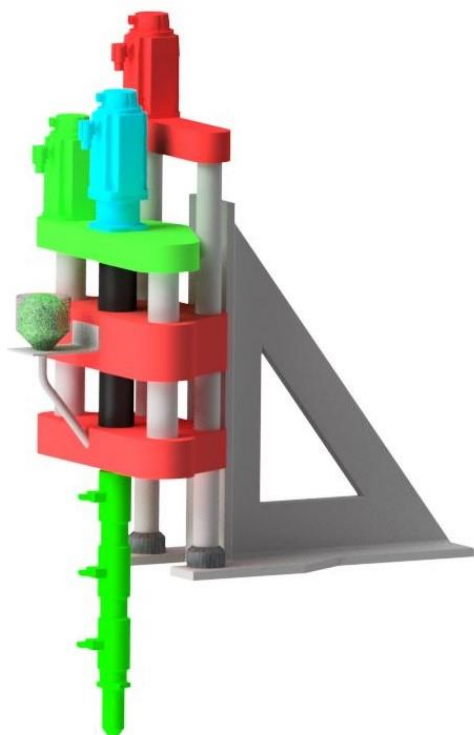


Obr. 21. Koncepční 3D model uspořádání 1.

U druhého uspořádání (viz. Obr. 22 a Obr. 23) zajišťují přísuv jednotky dva kuličkové šrouby poháněné jedním servomotorem. Tyto šrouby jsou umístěny ve vodičích sloupech symetrických vůči ose jednotky. Vodičí sloupy jsou doplněny o jednu kolejnici lineárního vedení v ose jednotky. Posuv šneku je rovněž zajištěn dvěma symetricky umístěnými kuličkovými šrouby poháněnými jedním servomotorem. Posuv je veden dvěma vodičnými sloupky. Servomotor zajišťující rotaci šneku je ke šneku připojen napřímo. Tato varianta je navržena s pevným připojením na pevnou desku lisu. Násypka je umístěna v přední části jednotky.

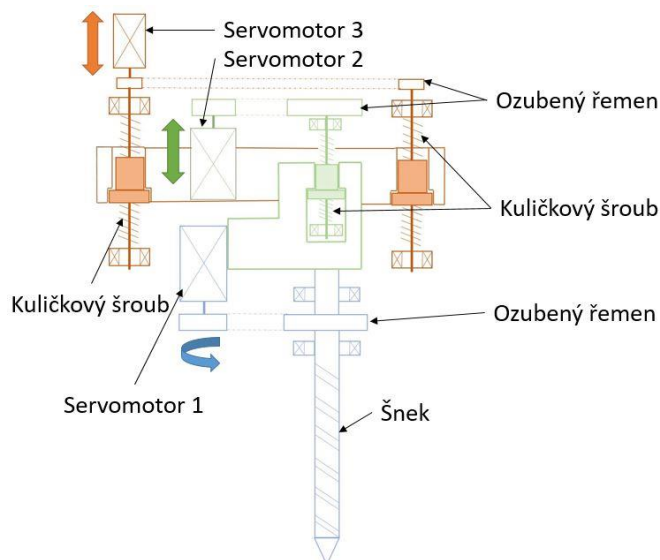


Obr. 22. Kinematické schéma uspořádání 2.

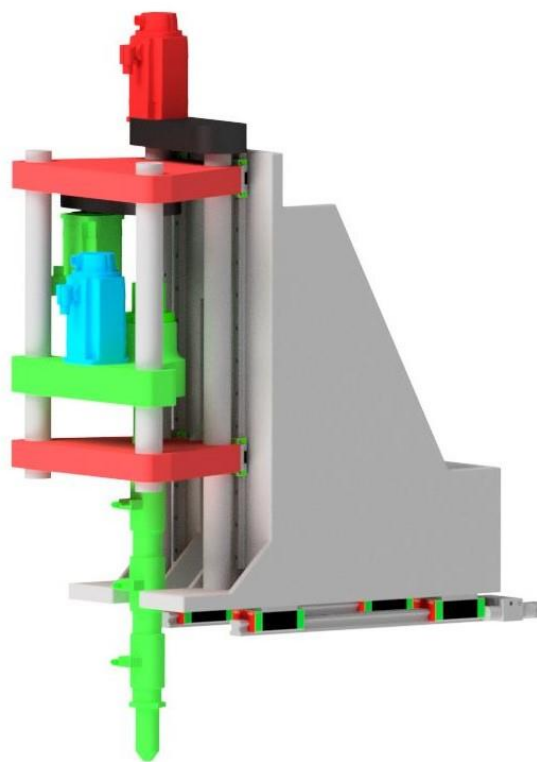


Obr. 23. Konceptní 3D model uspořádání 2.

Třetí uspořádání jednotky (viz. Obr. 24 a Obr. 25) vybrané k dalšímu rozpracování kombinuje obě předchozí. Přísuv jednotky je realizován pomocí dvou kuličkových šroubů poháněných jedním servomotorem. Osově souměrným umístěním šroubů je zajištěno rovnoměrné namáhání při vyvození přítlaku (v porovnání s variantou jedna, která pracuje s jedním kuličkovým šroubem). Vedení zajišťují dva vodící sloupy a dvojice lineárních vedení. Axiální posuv šneku je realizován pomocí jednoho kuličkového šroubu v ose šneku, který je poháněn servomotorem přes ozubený řemen. Vedení dvěma vodícími sloupy je v tomto případě dostatečné, protože polohování nemusí být tak přesné, aby bylo nutné použít lineární vedení. Rotace šroubu je poháněna servomotorem přes ozubený řemen. Z hlediska kompaktnosti jednotky se tato varianta jeví vhodnější než motor umístěný v ose šneku. Jednotka je umístěna na ručně manipulovatelném lineárním vedení. Násypka se nachází v zadní části jednotky, což se jeví jako výhodnější z hlediska přístupnosti formy při externí jednoce umístěné na stroji.



Obr. 24. Kinematické schéma uspořádání 3.



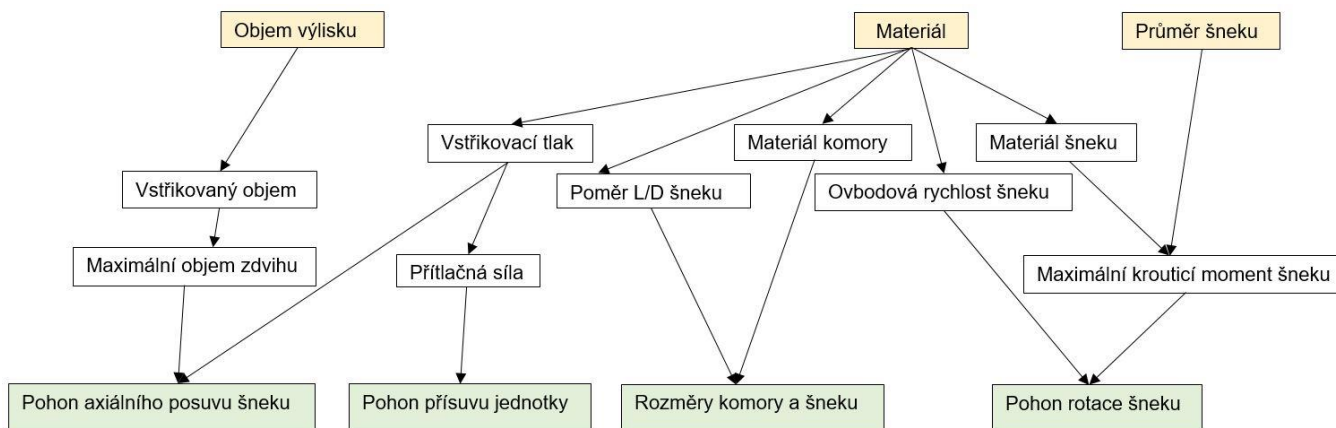
Obr. 25. Konceptní 3D model uspořádání 3.

4.5. Metodika výpočtů pro návrh jednotky

Metodika postupu při stanovení jednotlivých paramterů pro návrh jednotky vyplývá ze schématu uvedeného na Obr. 26.

Mezi vstupní parametry pro návrh vstřikovací jednotky patří vstřikovaný materiál, objem vstřikované součásti a s ním úzce související průměr šneku.

Dle vstřikovaného materiálu je třeba zvolit (tabulkové hodnoty) obvodovou rychlost šneku, poměr L/D šneku, materiál šneku a komory a vstřikovací tlak.



Obr. 26. Schéma návrhového výpočtu jednotky.

Z objemu vstřikované součásti přímo plyne vstřikovaný objem, ze kterého lze dopočítat jeden ze základních parametrů vstřikovací jednotky – maximální objem zdvihu.

Z výše uvedených parametrů dokážeme určit veličiny důležité pro návrh pohonů jednotlivých pohybů jednotky.

Pro návrh pohonu axiálního posuvu šneku je důležité znát maximální objem zdvihu a sílu, která na šnek při vstřiku působí. Požadovanou sílu získáme výpočtem ze vstřikovacího tlaku.

Návrh pohonu rotačního pohybu šneku provedeme z otáček šneku získaných z jeho ovboďové rychlosti a maximálního krouticího momentu na šneku, který vypočteme z rozměru a materiálu šneku.

Pro návrh pohonu přísuvu jednotky k formě je třeba ze vstřikovacího tlaku určit přítlačnou sílu, která je třeba vyvodit, aby nedocházelo k úniku taveniny mezi tryskou a formou.

5. Závěr

Tento článek obsahuje stručný úvod do teorie vstřikování plastů včetně vícekomponentního vstřikování, návrh velikosti a konstrukčního řešení externí vstřikovací jednotky a popis navržené formy pro vybraný výlisek.

V další fázi návrhu jednotky bude třeba spočítat dynamiku jejích pohybů a navrhnout vhodné řízení pohybů. Nedílnou součástí návrhu bude rovněž ekonomické zhodnocení volby nakupovaných/vyráběných komponent jednotky.

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Tomáši Krannichovi, PhD. za cenné rady a připomínky.

Seznam symbolů

- D průměr šneku (mm)
 L délka šneku (mm)

Literatura

- [1] ZIKA, Martin. Plast, materiál 21. století [online]. Export Journal, 2016 [cit. 19. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/plast-material-21-stoleti-76108.html>
- [2] ŠIDLÁK, Martin. Auta na dietě: speciální materiály šetří kila a litry paliva [online]. iDNES, 2017 [cit. 19. 11. 2017]. Dostupné z: https://auto.idnes.cz/hmostnost-material-vysokopevnostni-ocel-karbon-plast-pg2-/automoto.aspx?c=A160915_183208_automoto_fdv
- [3] Zdravotní péče [online]. ENGEL [cit. 19. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.engelglobal.com/cs/cz/obory/medical/zdravotni-pece.html>
- [4] NEUHÁUSL, Emil. Historie a rozvoj vstřikování plastů v ČR. MM Průmyslové spektrum. 2010, 2010/1, s. 17
- [5] LENFELD, Petr. Technologie vstřikování [online]. Code Creator s.r.o., 2016 [cit. 9. 11. 2017]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Cover.html>
- [6] SEIDL, Martin. Stroje pro zpracování polymerních materiálů [online]. Code Creator s.r.o., 2016 [cit. 9. 11. 2017]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [7] LENFELD, Petr. Technologie II [online]. TUL Liberec [cit. 9. 11. 2017]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm
- [8] Multi-component injection moulding, Diverse technologies for the production of complex injection mouldings. ARBURG GmbH, 2004. 26 s.
- [9] Examples of multi-component mould designs. ARBURG GmbH, 2004. 38 s.