

Návrh a výroba vytlačovacího nástroje

Tomáš Režný

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Režný**
Osobní číslo: **T13954**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh a výroba vytlačovacího nástroje**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Vytvořte 3D model vytlačovaného dílu
3. Nakreslete výkresovou dokumentaci vytlačovacího nástroje
4. Vytvořte 3D model sestavy vytlačovacího nástroje
5. Proveďte výrobu vytlačovacího nástroje pro daný plastový díl

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

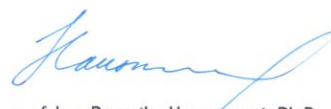
Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 29. ledna 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 1.5. 2016

.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou vytlačovacího nástroje dle výkresové dokumentace plastového výrobku. V teoretické části jsou obecně popsány polymerní materiály a metoda vytlačování. Praktická část je zaměřena na navrhování jednotlivých dílů vytlačovací hlavy a kalibračního ústrojí, výrobu těchto dílů a zkoušení vyrobeného nástroje.

Klíčová slova: polymery, vytlačování, vytlačovací hlavy

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with designing and production of an extrusive tool on the basis of technical documentation of a plastic product. In the theoretical part polymeric materials and the extrusion method are generally described. The practical part is focused on designing the component parts of the extrusion die and caliber, production of the component parts and testing of the tool.

Keywords: polymers, extrusion, extrusion dies

Poděkování:

Velice rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce, Ing. Michalu Staňkovi Ph.D., za odborné vedení, poskytnuté rady a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Bc. Petrovi Langerovi a Petrovi Lagovi za odborné rady.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval, dále prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 25. 5. 2016

.....

podpis

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 POLYMERY	13
1.1 DĚLENÍ POLYMERŮ	13
1.1.1 Dle aplikace a složitosti výroby plastových dílců	14
1.1.2 Dle teplotního chování	14
1.1.3 Dle nadmolekulární struktury.....	14
1.1.4 Dle druhu přísad	16
1.1.5 Dle původu	16
1.1.6 Dle druhu polymerních makromolekul	16
1.1.7 Dle polarity.....	17
1.1.8 Dle chemické struktury	17
1.2 SYNTÉZA MAKROMOLEKUL	17
1.2.1 Spojování monomerních molekul	17
1.2.2 Chemická reakce při vzniku makromolekul.....	18
1.3 VÝROBA POLYMERŮ	19
1.3.1 Bloková polymerace.....	19
1.3.2 Roztoková polymerace	19
1.3.3 Suspenzní polymerace.....	20
1.3.4 Emulzní polymerace.....	20
1.4 PŘÍSADY DO POLYMERŮ	20
1.4.1 Zpracovatelské přísady.....	20
1.4.2 Antidegradanty	21
1.4.3 Síťovací prostředky	21
1.4.4 Přísady ovlivňující další fyzikální vlastnosti.....	21
1.4.5 Zvláštní přísady	21
2 VYTLAČOVÁNÍ	22
2.1 PRINCIP VYTLAČOVÁNÍ.....	22
2.2 VYTLAČOVACÍ STROJE.....	23
2.3 ŠNEKY	27
2.3.1 Princip tavení polymeru ve šnekovém kanále	28
2.3.2 Konstrukce vytlačovacích šneků	29
2.3.3 Temperace šneků.....	29
2.4 PRACOVNÍ VÁLCE	30
2.5 VYTLAČOVACÍ HLAVY	30
2.5.1 Přímé vytlačovací hlavy	31
2.5.2 Příčné vytlačovací hlavy.....	32
2.5.3 Šikmé vytlačovací hlavy.....	33
2.5.4 Širokoštěrbinové vytlačovací hlavy	34
2.5.5 Sdružené vytlačovací hlavy.....	35
2.5.6 Vytlačovací hlavy na profily	35

2.6	KALIBRAČNÍ ÚSTROJÍ A CHLADICÍ VANA.....	38
2.6.1	Kalibrační ústrojí průvlastkové.....	39
2.6.2	Kalibrační ústrojí přetlakové.....	39
2.6.3	Kalibrační ústrojí podtlakové (vakuové).....	40
2.7	TAŽNÝ STROJ (ODTAH)	41
2.8	NAVÍJECÍ ÚSTROJÍ.....	41
2.9	ŘEZACÍ ÚSTROJÍ.....	41
2.10	VYTLAČOVACÍ LINKY	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	46
3	STANOVENÍ CÍLŮ	47
4	POUŽITÉ PROGRAMY	48
4.1.1	AutoCAD Mechanical 2016.....	48
4.1.2	Autodesk Inventor Professional 2016	48
4.1.3	OPTI-CT.....	48
5	SPECIFIKACE VÝROBKU	50
5.1	MATERIÁL VÝROBKU.....	51
5.2	UPŘESNĚNÍ ROZMĚRU A TVARU	51
5.2.1	Návrh č. 1 – upřesnění tvaru	52
5.2.2	Návrh č. 2 – upřesnění tvaru	53
5.2.3	Návrh č. 3 – upřesnění tvaru	53
5.2.4	Návrh č. 4 – upřesnění tvaru	54
5.2.5	Návrh č. 5 – upřesnění tvaru	54
5.2.6	Návrh č. 6 – upřesnění rozměrových tolerancí.....	55
6	VYTLAČOVACÍ LINKA.....	57
6.1	PARAMETRY VYTLAČOVACÍHO STROJE.....	57
6.2	PARAMETRY CHLADICÍ VANY	57
6.3	ODTAHOVACÍ ÚSTROJÍ.....	58
6.4	ŘEZACÍ ÚSTROJÍ.....	58
7	NÁVRH VYTLAČOVACÍ HLAVY.....	59
7.1	NÁVRH ŠTĚRBINY VE VYTLAČOVACÍ HLAVĚ	60
7.1.1	Návrh výstupní štěrbině – hubice.....	60
7.1.2	Návrh štěrbině – deska 3	61
7.1.3	Návrh štěrbině – deska 2	62
7.1.4	Návrh štěrbině – deska 1	63
7.1.5	Návrh základny vytlačovací hlavy – tělo vytlačovací hlavy	64
8	NÁVRH KALIBRAČNÍHO ÚSTROJÍ.....	65
8.1	NÁVRH KALIBRAČNÍ VLOŽKY 1 A 2.....	65
8.2	NÁVRH KALIBRAČNÍHO POUZDRA.....	66
8.3	NÁBĚHOVÝ DÍL.....	67
9	VÝROBA NÁSTROJE	68

9.1	VÝROBA DESKY 2, DESKY 3 A HUBICE	68
9.2	VÝROBA DESKY 1	70
9.3	VÝROBA TĚLA VYTLAČOVACÍ HLAVY	70
9.4	VÝROBA TRNU.....	71
9.5	VÝROBA ROZDĚLOVAČE.....	72
9.6	VÝROBA KALIBRAČNÍ VLOŽKY 1 A 2	73
9.7	VÝROBA KALIBRAČNÍHO POUZDRA	74
10	ZKOUŠENÍ A ODLADĚNÍ NÁSTROJE	75
10.1	ZKOUŠKA ČÍSLO 1.....	75
10.2	ZKOUŠKA ČÍSLO 2.....	76
10.3	ZKOUŠKA ČÍSLO 3.....	77
10.4	ZKOUŠKA ČÍSLO 4.....	77
11	DISKUSE VÝSLEDKŮ	78
	ZÁVĚR	79
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	80
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	82
	SEZNAM OBRÁZKŮ	84
	SEZNAM TABULEK.....	87
	SEZNAM PŘÍLOH.....	88

ÚVOD

Plasty byly objeveny na počátku 19. století, kdy se používaly především pro armádní účely. V současné době je jejich užití již mnohem pestřejší, pro své nízké výrobní náklady a různé možnosti zpracování jsou s oblibou využívány napříč odvětvími. Jednou z možností zpracování plastů je jejich vytlačování, což je způsob tváření polymerního materiálu, který se dodává ve formě granulí, vloček, anebo prášků. Vstupní materiál je dále za působení tlaku a vysoké teploty převeden na homogenní taveninu, ta se následně vytlačuje přes tvarovou hubici. Tato metoda se využívá pro výrobu desek, fólií, tyčí, profilů, trubek a jiných výrobků.

Bakalářská práce je zaměřena na návrh a výrobou vytlačovacího nástroje, který je určen pro zpracování polymerního materiálu ABS. V první části se bakalářská práce bude věnovat teoretickým poznatkům z oblasti teorie polymerních materiálů, ve druhé části pak samotnému návrhu, výrobě a odladění vytlačovacího nástroje. Práci doplnění autentické fotografiemi pořízené v průběhu jeho výroby.

Součástí bakalářské práce bude vytvoření 3D modelů, jednotlivých dílů a sestav v programu Autodesk Inventor Professional 2016 a následné zhotovení výkresové dokumentace. Mezi další programy, které budou použity, patří např. AutoCAD Mechanical 2016 nebo OPTI-CT.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Polymery jsou chemické látky s neobvyklým rozsahem vlastností, obsahující ve svých obrovských molekulách většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často dusíku, chloru i jiných prvků. Polymery jsou ve formě výrobků prakticky v tuhém stavu, ale v určitém stádiu zpracování ve stavu v podstatě kapalném, dovolujícím, většinou za zvýšené teploty a tlaku, udělit budoucím výrobkům nejrůznější tvar, podle předpokládaného použití.

Synonymem k pojmu polymer je pojem makromolekulární látka, a proto také základní stavební částice polymerů nazýváme makromolekulami. Vznikají spojováním molekul nízkomolekulárních látek - monomerů - chemickými vazbami. Z molekuly monomeru se jejím zabudováním do makromolekuly polymeru stane základní stavební částice makromolekuly, která je nazývána mer. Makromolekulu polymeru tedy může být přirovnána k řetězu, jehož článek je mer. [1]

1.1 Dělení polymerů

Polymery lze rozdělit podle několika kritérií:

- dle aplikace a složitosti výroby plastových dílců (komoditní, konstrukční, speciální),
- dle teplotního chování (termoplasty, reaktoplasty, kaučuky, termoplastické elastomery),
- dle nadmolekulární struktury (amorfní, krystalické),
- dle druhu přísad (plněné a neplněné plasty),
- dle původu (přírodní, syntetické),
- dle druhu polymerních makromolekul (lineární, rozvětvené, zesíťované a prostorové),
- dle polarity (polární, nepolární),
- dle chemické struktury (polyolefiny, styrenové plasty, polyamidy aj.).

1.1.1 Dle aplikace a složitosti výroby plastových dílců

- komoditní plasty - jsou plasty pro velký rozsah použití, vyrábí se ve velkých objemech. Patří sem: ABS, PS, ASA, SAN, PP, PE-LD, PE-HD, PE-LLD, a jiné,
- konstrukční plasty - jsou plasty, které jsou schopny vydržet namáhání v konstrukčních aplikacích. Patří sem: PC, POM, PET, PA6, PA66, a jiné,
- speciální plasty - jsou plasty pro špičkové aplikace, které mají především odolnost vůči vysoké teplotě. Patří sem: PES, PI, PTFE, PEEK.

1.1.2 Dle teplotního chování

- Termoplasty – jsou polymery, které lze zvýšením teploty uvést do stavu plastického, ze stavu tuhého. Tato změna je vratná.
- Reaktoplasty – jsou polymery, které nevratnou chemickou reakcí přecházejí z lineárního do síťovaného stavu, což se nazývá vytvrzování.
- Elastomery – jsou polymery, které se za běžných podmínek malou silou značně deformují bez porušení, přičemž deformace je převážně vratná. [1]

1.1.3 Dle nadmolekulární struktury

- Krystalický stav – látka je označována jako krystalická, jestliže se její elementární strukturální jednotky (např. též segmenty tvořené monomerními jednotkami), opakují v pravidelných vzdálenostech ve třech prostorových směrech, jež neleží v jedné rovině. Třemi nekomplanárními vektory je určena prostorová mřížka, jejímiž strukturálními body je možno proložit velký počet navzájem rovnoběžných mřížkových rovin.

1.1.4 Dle druhu přísad

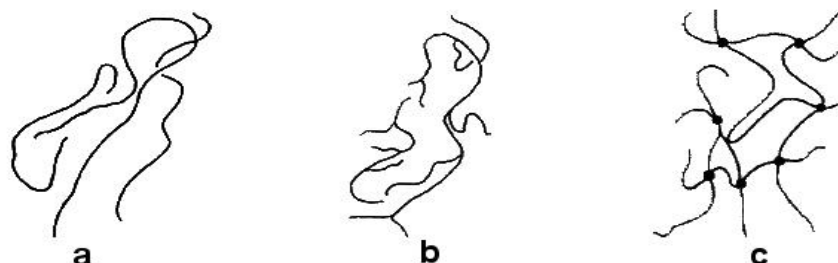
- Plněné plasty – plnivo ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Makromolekulární látka plní funkci pojiva a určuje základní fyzikální a mechanické vlastnosti hmoty. Přísadou mohou být plniva, stabilizátory, maziva, změkčovadla, apod.
- Neplněné plasty – neplněný plast je takový plast, u kterého množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice.

1.1.5 Dle původu

- Přírodní – jsou založeny na přírodních makromolekulárních látkách, např. na bázi celulózy, latexu, kaseinu, atd.
- Syntetické – k výrobě je použita chemická cesta [4]

1.1.6 Dle druhu polymerních makromolekul

- Lineární makromolekuly – lineární makromolekuly jsou dlouhé řetězce sestavené z jednotlivých článků. Vznikají z monomerů obsahujících dvě reaktivní skupiny schopné vytvořit chemické vazby. Jednotlivé řetězce nejsou rovné, nýbrž různě zkroucené a svinuté, bez zřetelné orientace v celé hmotě a více nebo méně pohyblivé.
- Rozvětvené makromolekuly - jsou tvořeny lineárními rozvětvenými řetězci, jejichž pohyblivost je zpravidla menší než u nerozvětvených řetězců lineárních.
- Zesíťované makromolekuly – je možno si je představit jako lineární řetězce, které jsou navzájem na různých místech hustěji nebo řidčeji spojeny můstky.



Obr. 3 Schematické znázornění makromolekul

lineárního (a), rozvětveného (b), a zesíťovaného (c) polymeru [1]

- Prostorové makromolekuly - vznikají narůstáním molekuly všemi směry do prostoru z monomerů majících nejméně 3 reaktivní skupiny schopné vytvořit chemickou vazbu. Prostorové molekuly jsou příčinou menší pevnosti a větší tvrdosti i křehkosti látek. [3]

1.1.7 Dle polarity

- Polární plasty – mají trvalý dipól. Mezi polární plasty patří PA, některé pryskyřice, apod.
- Nepochární plasty – nemají trvalý dipól. Do skupiny nepolárních plastů patří PE, PP, PS, apod.

1.1.8 Dle chemické struktury

Dle chemické struktury se odvodily chemické názvy, a poté se plasty rozdělily např. na polyolefiny, styrenové plasty, polyamidy, apod. [4]

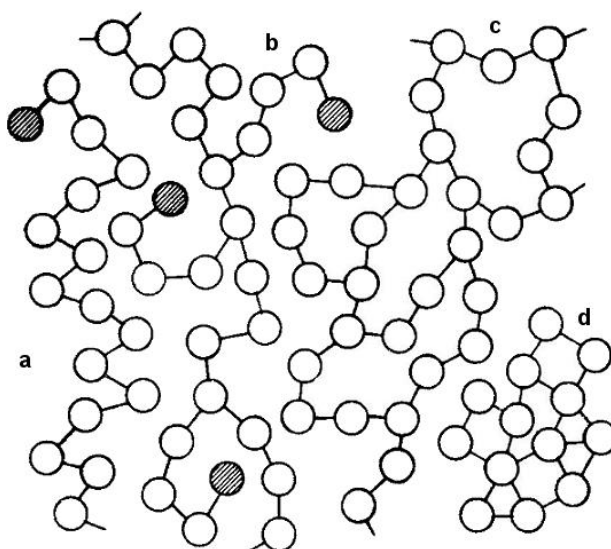
1.2 Syntéza makromolekul

Makromolekuly se z chemického hlediska vyznačují tím, že jsou složeny z mnoha stejných (nebo několika málo různých druhů) stavebních jednotek – základních molekul. Počet základních molekul, které makromolekula obsahuje, je nazýván polymerační stupeň. Existuje řada chemických reakcí, kterými lze spojovat nízkomolekulární látky a získat tak makromolekulu.

1.2.1 Spojování monomerních molekul

Slučování monomerních molekul může probíhat různými způsoby. Závisí to zejména na tom, s kolika jinými základními molekulami monomeru může tato molekula tvořit chemické vazby. Počet těchto vazeb je pak nazýván funkčnost molekuly. Je-li každá základní molekula bifunkční, tj. je spojena jen se dvěma sousedními, vznikají řetězovité molekuly (obr. 4a). Je-li tu a tam některá základní molekula spojena se třemi nebo více jinými molekulami monomeru (tri nebo polyfunkční), vznikají rozvětvené makromolekuly (obr. 4b) nebo zesíťované struktury (obr. 4c). Pokud může být každá základní molekula spojena s více než

dvěma jinými základními molekulami, pak vznikají trojrozměrné částice, sférokoloidy (obr. 4d). [2]



Obr. 4 Princip syntézy polymerů (schematicky) [2]

1.2.2 Chemická reakce při vzniku makromolekul

Jsou známy tři typy reakcí, kterými makromolekuly vznikají: polymerace, polykondenzace a polyadice.

Polymerace

Polymerací rozumíme slučování nenasycených (nebo cyklických) sloučenin v polymerní látku. Polymerace probíhá ve třech etapách: iniciace, růst a končení řetězce. Při iniciaci (aktivaci) vzniká velmi reaktivní útvar, který je schopen vyvolat celou řadu reakcí spojujících monomerní molekuly. Růst probíhá tedy řetězovou reakcí. Při růstové reakci zůstává zachován aktivní stav konce řetězce. Meziprodukty polymerace nejsou tedy molekulami, nýbrž rostoucími řetězci s nejméně jedním aktivním koncem (makromolekuly). Zánik aktivního stavu vede k přerušení řetězové reakce. Ve většině případů k tomu dochází vzájemnou dezaktivací dvou aktivních polymerních molekul. V jiných případech probíhá končení reakcí s jinými molekulami, aniž dochází k další aktivaci. Jsou známy dva druhy polymerace – radikálová a iontová, kterou dále dělíme na kationtovou a aniontovou.

Polykondenzace

Při polykondenzaci probíhá spojování monomerních molekul za vzniku nízkomolekulární látky jako např. vody, amoniaku, halogenvodíku. Při polykondenzaci vznikají makromole-

kuly postupně jako meziprodukty. Lze je izolovat a mají stejné koncové skupiny jako výchozí látka. To znamená, že meziprodukty mají ve všech stádiích růstu podstatně stejnou reakční schopnost jako výchozí látka.

Polyadice

Polyadice je stejně jako polykondenzace postupnou reakcí. Také zde jsou reakční stupně vzájemně nezávislé. Mezistupně, které lze izolovat, mají stejné reaktivní skupiny jako výchozí látka. Polyadici lze chápat jako zvláštní druh polykondenzace, při níž nedochází k odštěpování nízkomolekulárního produktu. [2]

1.3 Výroba polymerů

Průmyslově se polymery vyrábějí několika základními způsoby:

- bloková polymerace,
- roztoková polymerace,
- suspenzní polymerace,
- emulzní polymerace.

1.3.1 Bloková polymerace

Způsob výroby polymeru z pouhého monomeru. Blokovým způsobem se provádí iontová a radikálová polymerace. Technickou nevýhodou blokové polymerace je nesnadný odvod reakčního tepla. Polymerace je obecně doprovázena zmenšením objemu. Blokově se radikálovou polymerací vyrábějí např. desky z polymethylmethakrylátu, známé pod pojmem plexisklo. Monomer se nejdříve v reaktoru polymeruje na prepolymer, čímž se dosáhne menšího smrštění ve druhém polymeračním stupni. Druhý polymerační stupeň se provádí ve formě vyrobené obvykle ze dvou skleněných desek, jejichž vzdálenost se může během polymerace zmenšovat.

1.3.2 Roztoková polymerace

Způsob výroby polymeru z roztoku monomeru. Při roztokové polymeraci lze již reakční teplo odvádět snadněji. Je to také způsob provádění iontových a radikálových polymerací.

1.3.3 Suspenzní polymerace

Způsob výroby polymeru z monomeru rozptýleného ve vodě. Jejím produktem jsou částice o několik řádů větší než u produktů emulzní polymerace. Monomer obsahující iniciátor se rozptýlí mícháním ve vodě na malé částičky. S postupující přeměnou monomeru na polymer stoupá viskozita a lepkavost částiček a stoupá nebezpečí jejich slepení. Tomu se zabráňuje přidáním látek, které buď zvyšují viskozitu vodné fáze, nebo ulpívají na povrchu částic, a tím zabraňují jejich shlukování. Suspenzním způsobem se vyrábí např. polystyren nebo polyvinylchlorid.

1.3.4 Emulzní polymerace

Emulzní polymerace je způsob výroby polymeru z monomeru rozptýleného ve vodě v přítomnosti tzv. emulgátoru. Od suspenzní polymerace se odlišuje přítomností iniciátoru ve vodné fázi a skutečností, že každá částice monomeru, chráněna obalem emulgátoru, se při polymeraci mění na prakticky jedinou makromolekulu polymeru. Tím se zaručuje možnost jejího nepřerušovaného růstu.

1.4 Přísady do polymerů

Požadavky kladené na výrobky z polymerů jsou tak různorodé, že prakticky nepřichází v úvahu používání samotných čistých polymerů, ale jen upravených dalšími látkami - přísadami, které spolu s polymery tvoří polymerní směsi. Přísady jsou děleny na:

- zpracovatelské přísady,
- antidegradanty,
- síťovací prostředky,
- přísady ovlivňující další fyzikální vlastnosti,
- zvláštní přísady.

1.4.1 Zpracovatelské přísady

Pod tímto pojmem se rozumí přísady, které usnadňují nebo dokonce umožňují přípravu a zpracování polymerních směsí. Každá přísada více nebo méně ovlivňuje jak vlastnosti polymerní směsi, tak produktu, který je výsledkem jejího zpracování.

Zpracovatelské přísady se rozdělují na: plastikační činidla, maziva, separační činidla, pomocné zpracovatelské prostředky, změkčovadla a tepelné stabilizátory.

1.4.2 Antidegradanty

Jako antidegradanty se označuje skupina přísad, které dlouhodobě chrání výrobky před vnějšími vlivy během jejich používání. K těmto vlivům patří především účinek slunečního světla, atmosférického kyslíku a ozonu.

Antidegradanty se dělí na: světelné stabilizátory, antioxidanty, antiozonanty.

1.4.3 Síťovací prostředky

Do této skupiny přísad řadíme látky, které se účastní síťovacích reakcí, tj. spojování lineárních nebo rozvětvených makromolekulárních řetězců příčnými vazbami do struktury prostorové sítě.

Síťovací prostředky jsou rozlišovány na síťovací činidla, vulkanizační činidla, vytvrzovací činidla, aktivátory síťování, aktivátory vulkanizace sírou a donory síry, aktivátory síťování peroxidy, senzibilátory radiačního síťování, urychlovače síťování, urychlovače sírné vulkanizace a urychlovače vytvrzování.

1.4.4 Přísady ovlivňující další fyzikální vlastnosti

Jsou to běžně používané přísady, jejichž vliv na vlastnosti polymerních směsí a výrobků však nelze shrnout jednotícími názvy.

Přísady ovlivňující fyzikální vlastnosti dělíme na: plniva, vyztužovadla, nadouvadla, pigmenty a opticky zjasňující látky.

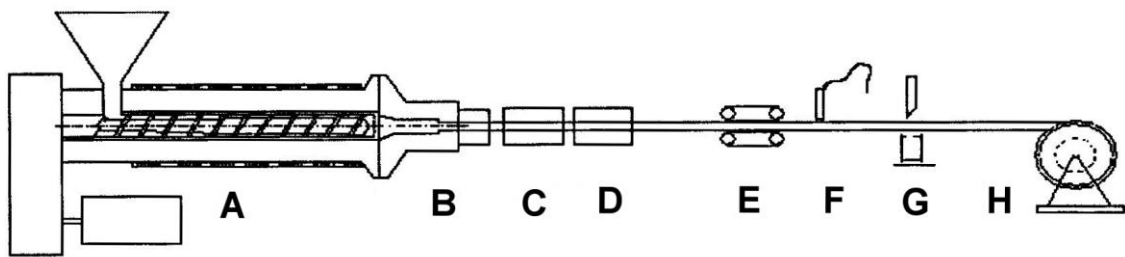
1.4.5 Zvláštní přísady

Do skupiny zvláštních přísad jsou zařazeny přísady, které propůjčují polymerním materiálům zvláštní speciální vlastnosti, a proto se přidávají jen do některých směsí.

Zvláštní přísady se dělí na: antistatické prostředky, hnědé faktisy, bílé faktisy, adhezní prostředky, prostředky snižující hořlavost, brusné prostředky, výbušniny a paliva. [1]

2 VYTLAČOVÁNÍ

Vytlačování je nepřetržitý (kontinuální) způsob tváření. Vytlačovací stroje jsou určeny k výrobě desek, fólií, tyčí, profilů, trubek a jiných výrobků z plastů nebo kaučukových směsí. Vytlačovací stroje nestojí zpravidla osamoceně, ale tvoří základ složitých výrobních linek. K sestavení jednotlivých linek je třeba dalšího doplňkového zařízení: kalibrační ústrojí, chladicí vana, odtah, řezací ústrojí, ukládací ústrojí nebo navíjecí ústrojí. [5]



Obr. 5 Schéma vytlačovací linky

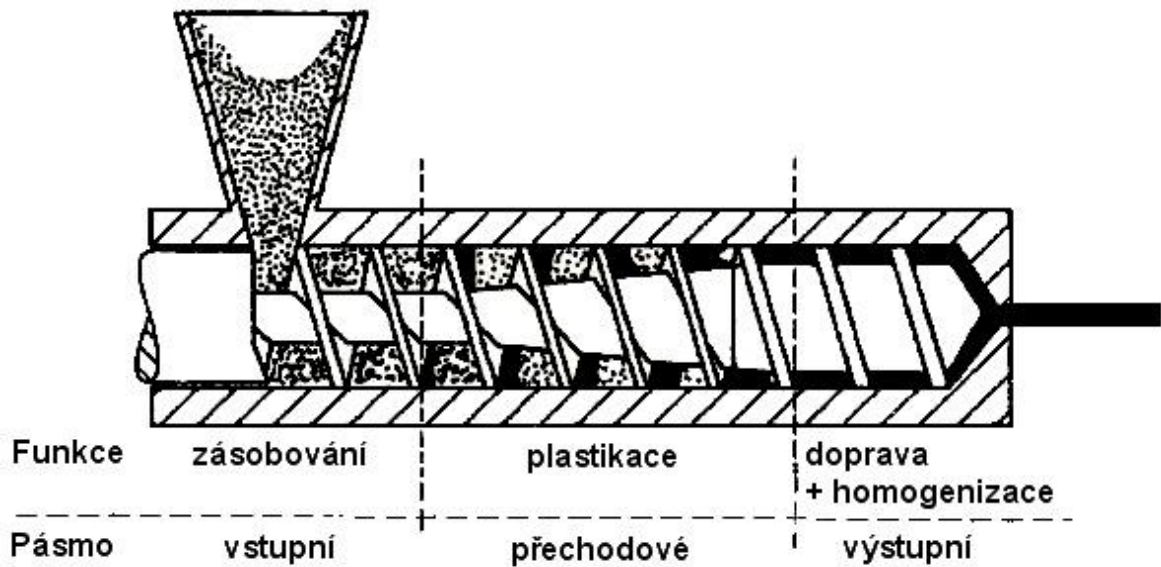
A – vytlačovací stroj, B – vytlačovací hlava, C – kalibrace, D – chlazení, E – odtah, F – měření, G – řezání, H – navíjení (ukládání) [9]

2.1 Princip vytlačování

Ve většině vytlačovacích strojů jsou polymery ve formě granulí, prášku, pásků nebo vloček vtahovány z násypky do štěrbiny mezi rotujícím šnekem a vyhřívaným válcem. Jsou dopravovány směrem dopředu, stlačovány, taveny a nakonec tavenina prochází hlavou. Jsou rozlišovány tři pásma ve vytlačovacích strojích: zásobovací, přechodové, a výstupní. [6]

Ve směru od násypky začíná pásmo vstupní, ve kterém materiál vstupuje do šnekového profilu. Potom následuje pásmo přechodové, v němž materiál zpravidla přechází do taveniny. Poslední pásmo je výstupní. Ve výstupním pásmu je obvykle materiál již ve viskózním stavu a dokončuje se homogenizace. Z výstupního pásma vystupuje materiál obvykle přes lamač se sadou sít do vytlačovací hlavy. [8]

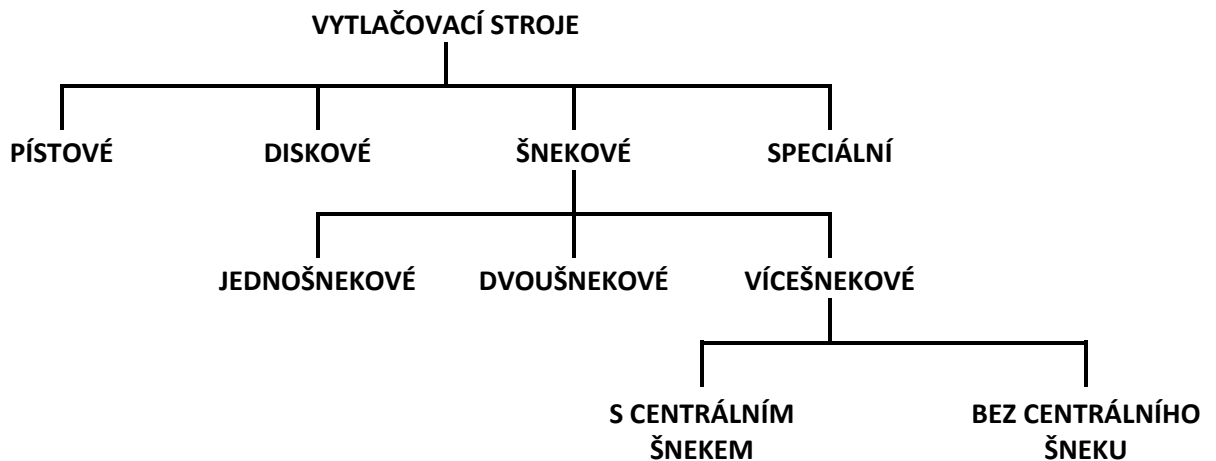
Po vytlačení následují další operace: fixace tvaru a rozměru (kalibrace), chlazení a řezání.



Obr. 6 Pracovní pásma šnekového vytlačovacího stroje [6]

2.2 Vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje se dělí podle hlavní pracovní části: pístové, diskové, speciální a šnekové.

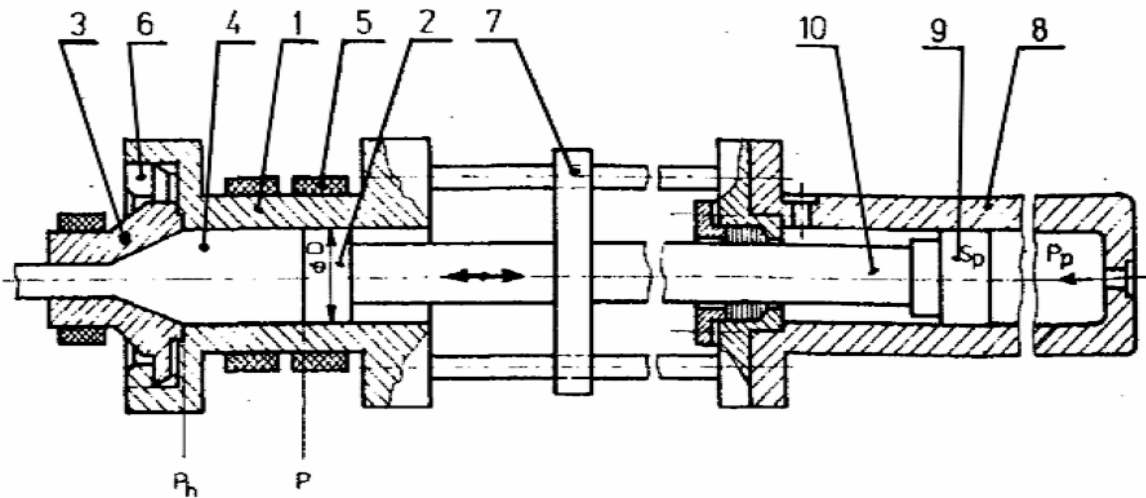


Obr. 7 Rozdělení vytlačovacích strojů [5]

Pístové vytlačovací stroje

Hlavním pracovním elementem těchto vytlačovacích strojů je vytlačovací píst s hydraulickým nebo mechanickým pohonem. Pracovní část je tvořena pracovním válcem a pístem s vytlačovací hlavou. Materiál pro vytlačování se vkládá do pracovního válce. Pracovní

válec i vytlačovací hlava jsou opatřeny topnými pásy. Pracovní tlak v hydraulickém obvodu musí zabezpečit potřebné poměry při vytlačování a překonat všechny odpory.

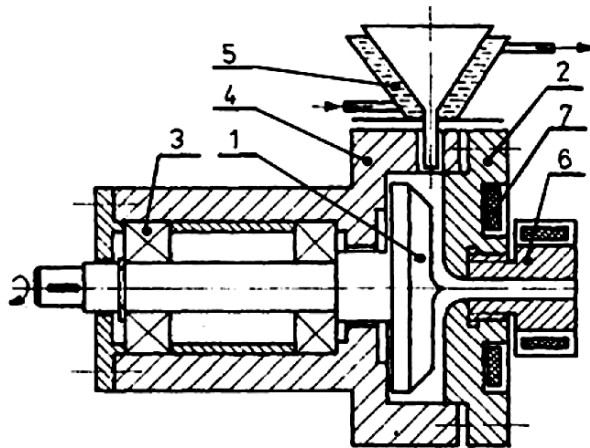


Obr. 8 Pístový vytlačovací stroj

- 1 - pracovní válec, 2 - pracovní píst, 3 - vytlačovací hlava, 4 - vytlačovaný materiál,
5 - topná tělesa, 6 - bajonetový uzávěr, 7 - vedení pístnice, 8 - hydraulický válec, 9 - píst,
10 - pístnice [5]

Diskové vytlačovací stroje

U diskových vytlačovacích strojů se využívá zvláštního chování zpracovávaného materiálu podmíněného jeho vizkoelastickými vlastnostmi (Weissenbergův efekt). Hlavní částí je disk uložený na ložiskách a otáčející se v tělese. Mezi přední deskou a čelem disku je vytvořena štěrbiná. Materiál vchází do štěrbině z chlazené násypky, natavuje se a dopravuje účinkem elastických napětí v radiálním směru k vytlačovací hubici. Nevýhodou diskových vytlačovacích strojů je dosažení velmi nízkých vytlačovacích tlaků. Jejich výhodou je dobrá homogenizace taveniny a snadné ovládání plastikace.



Obr. 9 Diskový vytlačovací stroj

1- rotor, 2- čelní deska, 3- ložisko, 4- těleso, 5- chlazená násypka, 6- vytlačovací hlava,
7- topné těleso [5]

Speciální vytlačovací stroje

Za speciální vytlačovací stroje se považují ty, které jsou vybaveny jiným pracovním prvkem než prostý šnek, píst nebo disk. Příkladem takového stroje je např. válcový vytlačovací stroj. Materiál vstupuje do disku, kde je vyvozen příslušný vytlačovací tlak. Dále je dopravován do vytápěné hlavy tvořené stíracími deskami a stavitelnými čelistmi.

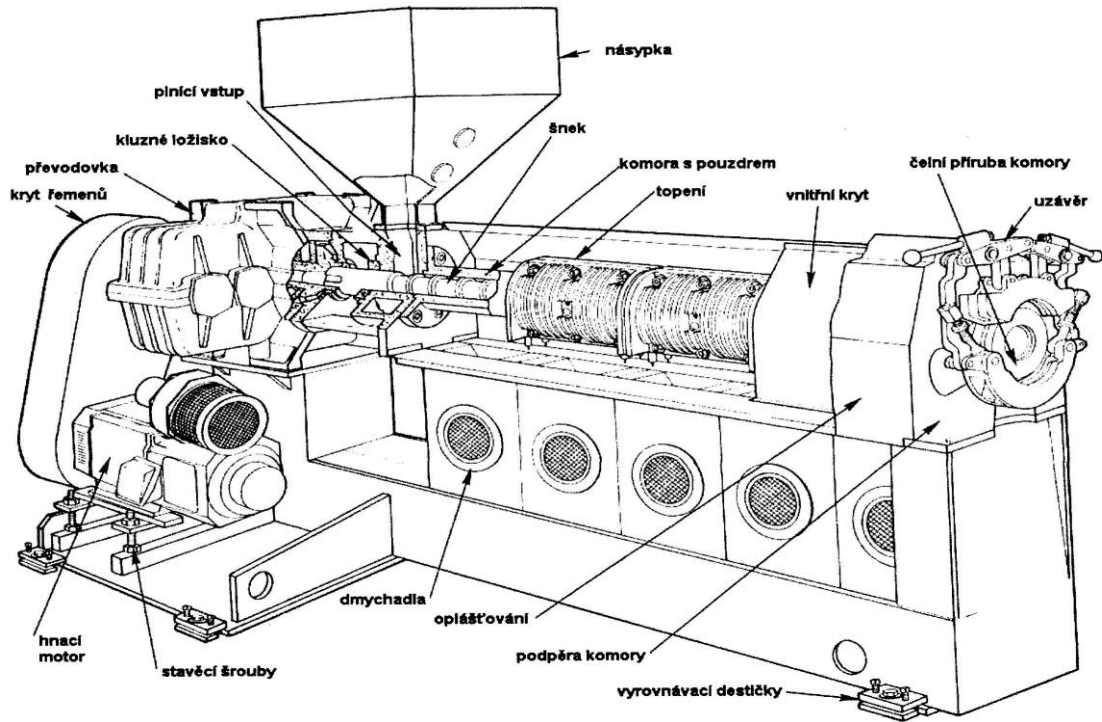
Šnekové vytlačovací stroje

Šnekové vytlačovací stroje se vyrábějí v mnoha rozmanitých provedeních, které se od sebe mohou lišit různým provedením pracovní komory a šneku a vybavením. [5]

Výkonnost menších strojů činí obvykle desítky kg/h, běžné vytlačovací stroje mají výkonnost řádově stovky kg/h. [7]

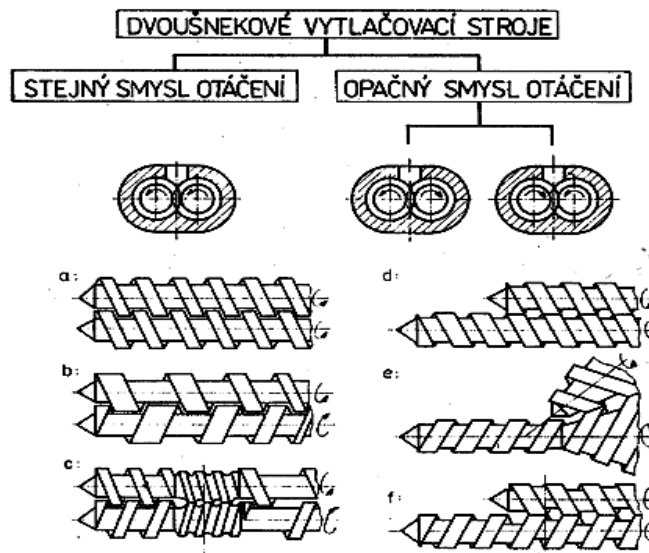
Jednošnekové vytlačovací stroje - surovina vstupuje do vytlačovacího stroje násypkou opatřenou chladicími kanály. Šnek dopravuje hmotu do pracovního válce. Průchodem pracovním válcem se materiál mísí, hněte, homogenizuje a plastikuje. Tavenina prochází dále vytlačovací hlavou a vytlačovací hubicí, kde získává tvar budoucího výrobku. [5]

Velikost vytlačovacího stroje bývá charakterizována průměrem šneku D a někdy i jeho délkou. [7]



Obr. 10 Jednošnekový vytlačovací stroj [9]

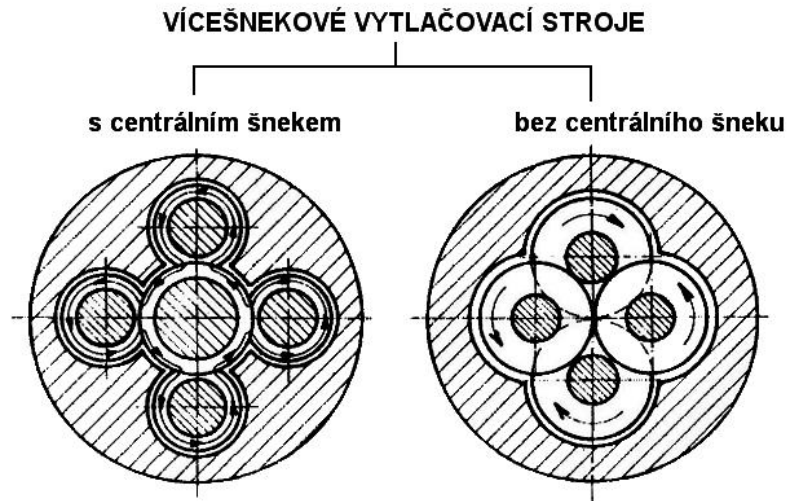
Dvoušnekové vytlačovací stroje - umožňují dosažení větších výkonů, snazšího zpracování sypkých materiálů. Lze je rozdělit podle smyslu otáčení a podle uspořádání. Šneky v normálním uspořádání spolu zabírají a jsou stejně dlouhé. Pokud je jeden ze šneků kratší, slouží k dokonalejšímu zaplňování šnekového kanálu hlavního šneku.



Obr. 11 Rozdělení dvoušnekových vytlačovacích strojů podle smyslu otáčení a uspořádání šneků

a, b, c - normální uspořádání, d, e, f - zvláštní uspořádání [7]

Vícešnekové vytlačovací stroje - mají tři a více šneků, obvykle se rozdělují na stroje s centrálním šnekem a bez něho.



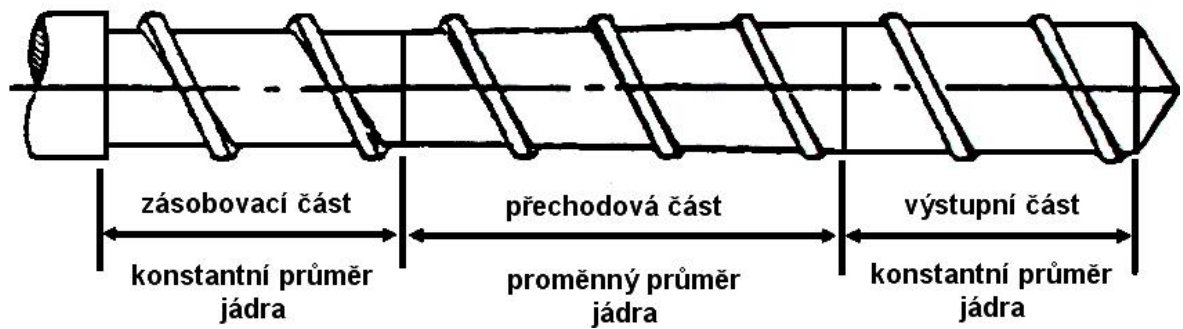
Obr. 12 Rozdělení vícešnekových vytlačovacích strojů [5]

2.3 Šneky

Šnek tvoří základní funkční prvek šnekového vytlačovacího stroje. Důležitou veličinou je kompresní poměr, který vyjadřuje poměr objemů šnekového profilu pro jedno stoupání ve dvou místech šneku, obvykle na konci šneku a pod násypkou. Provedení šneků a jejich zakončení se liší podle druhu zpracovávaného materiálu. [5]

Šnek je vymezen průměrem šneku D a jeho účinnou délkou L , vyjádřenou v násobcích jeho průměru, pro menší vytlačovací stroje se používají šneky $20-25D$ pro větší vytlačovací stroje pak $25-30D$. Bývá uložen ve válci s vůlí $0,1$ až $0,3$ mm na soustavě ložisek. [9]

Pro dopravování tuhých granulí nebo prášků směrem dopředu musí tření na válci být vyšší než na šneku, tzn. vnitřní povrch válce musí být drsný, zatímco povrch šneku velmi hladký. [6]

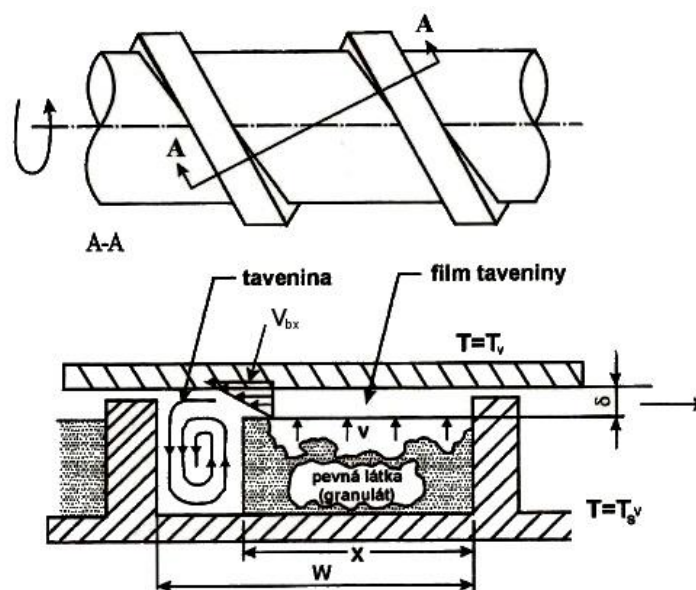


Obr. 13 Standardní šnek [6]

2.3.1 Princip tavení polymeru ve šnekovém kanále

Materiál zpracovávaný ve vytlačovacím stroji se ohřívá dvojím způsobem, jednak přeměnou mechanické práce šneku v teplo, jednak teplem, které přestupuje do hmoty ze stěny vyhřívané komory nebo šneku. [7]

Když dosáhne teplota bodu tání krystalického polymeru nebo teploty skelného přechodu amorfního polymeru, na povrchu válce se vytvoří vrstvička taveniny. Další smykové namáhání vyvolá více viskózního tepla, které je vedeno k tuhému loži a roztaví víc polymeru. Jakmile se vrstvička stane silnější než je vůle mezi lopatkou šneku a válcem, vytvoří se zásobník taveniny v zadní části šnekového kanálu. Pro účinné vytlačování musí být polymer zcela roztaven před tím, než vychází z vytlačovacího stroje, teplota taveniny musí být menší, při níž dochází k degradaci. [6]



Obr. 14 Princip tavení polymeru ve šnekovém kanále [6]

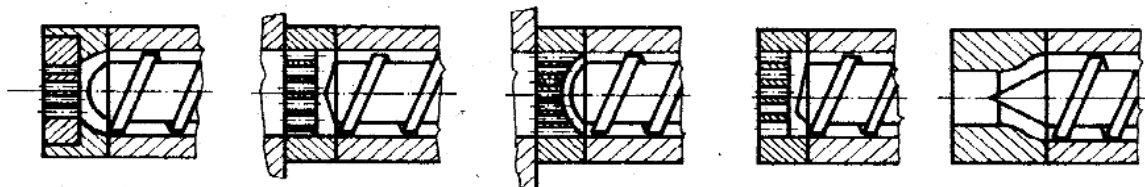
2.3.2 Konstrukce vytlačovacích šneků

Materiál šneku musí mít vysokou pevnost, vynikající odolnost vůči opotřebení, chemickou odolnost, a přitom musí být snadno obrobitelný. Běžně se používají nitridační oceli, které se po opracování nitridují nebo ionitridují na tvrdost 65 HRC. Zvýšení životnosti šneku lze docílit navařováním tvrdokovu. [5]

Šnek může mít závit jednochodý nebo dvouchodý se stejným nebo proměnlivým stoupáním. Závitová drážka může mít stejnou nebo proměnlivou hloubku. Takové šneky, u nichž se mění stoupání nebo hloubka závitové drážky, se nazývají diferenciální. Snadněji se vyrábějí šneky se stejným stoupáním. [7]

- Jednochodé šneky - úspěšné vytlačování závisí velkou měrou na konstrukci šneku, ke klasickému jednochodému šneku byla vyvinuta řada patentovaných konstrukcí.
- Vícechodé šneky (bariérové) - tuhé lože a tavenina jsou separovány bariérovou šroubovicí. Všechny konstrukce se vyznačují proměnlivým objemem šnekového kanálu jak pro taveninu, tak i tuhý materiál. Byla vyvinuta řada patentovaných konstrukcí. [6]

Zakončení šneků se liší podle druhu zpracovávaného materiálu.



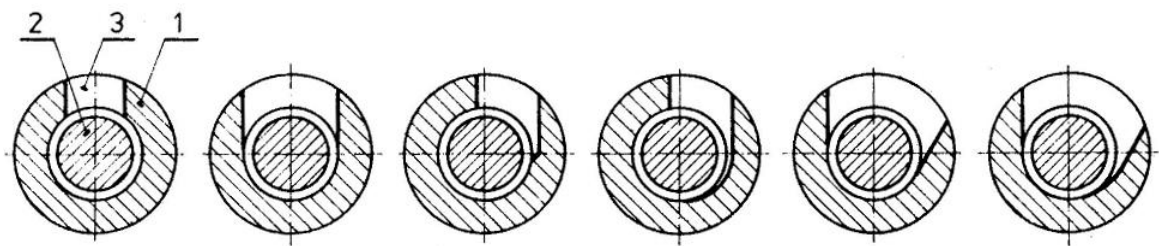
Obr. 15 Některé způsoby zakončení šneku [5]

2.3.3 Temperace šneků

Teplota šneku je důležitým činitelem a musí být nižší než teplota komory stroje. Má-li zpracovávání materiálu probíhat za optimálních podmínek, je nutné šnek temperovat, tj. udržovat na stálé, ale nižší teplotě. To je však možné jen u vrtaných šneků. Z výrobních a pevnostních důvodů lze vrtat šneky jen větších průměrů, zpravidla od průměru 60 mm výše. Takové šneky se udržují na vhodné teplotě cirkulací kapalného média, jako vody nebo oleje. [7]

2.4 Pracovní válce

V pracovním válci se otáčí šnek. Je to tenkostěnný nebo tlustostěnný, prostý nebo vyvložkovaný válec. Po délce bývá rozdělen na jednotlivá pracovní a temperační pásma. Ve vstupním pracovním pásmu je umístěn násypný otvor s násypkou, který umožňuje zásobování stroje. Správné provedení násypného otvoru zabezpečuje plynulé zaplňování pracovního válce. Ke zlepšení dopravní účinnosti se někdy část pracovního válce pod násypkou drážkuje. Pracovní válec je upraven pro temperaci. Bývá rozdělen do několika topných pásem se samostatnou regulací. Může být ohříván vodní parou nebo je opatřen topnými tělesy a má vytvořeny chladicí kanály, kterými proudí studený vzduch a odvádí přebytečné teplo. Topením a ochlazováním je udržována teplota na požadované hodnotě. Teplota ve vstupním pásmu se požaduje zpravidla nízká, aby se materiál nezačal předčasně natavovat. Pracovní válec je velmi namáhanou funkční částí stroje. Pracovní válce se běžně zhotovují z nitridační oceli. Materiál válců musí být snadno obrobitelný, přitom však vysoce pevný a odolný proti opotřebení i vůči chemickému působení zpracovávanému materiálu. [5]



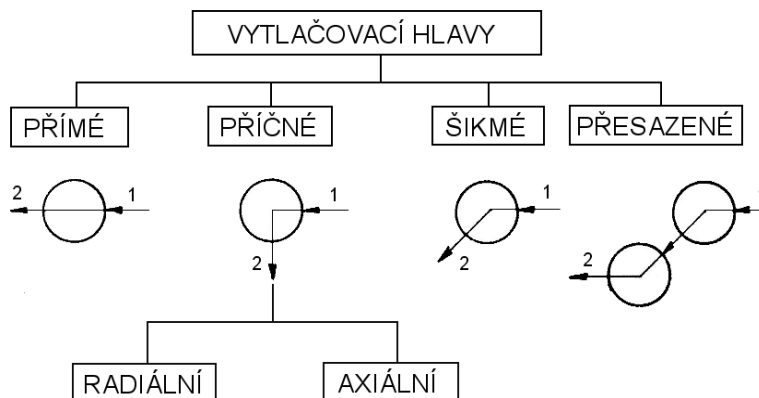
Obr. 16 Provedení plnicích otvorů

1 - pracovní válec, 2 - šnek, 3 - plnicí otvor [5]

2.5 Vytlačovací hlavy

Hlava s hubicí je upevněna k výstupnímu konci komory stroje a formuje vytlačovanou hmotu na požadovaný tvar. Musí být konstruována tak, aby se dala snadno od stroje odpojit, když se má stroj čistit, nebo když se mění druh výrobku. S komorou je spojena závitovou, prstencovou nebo bajonetovou objímkou, otočnými šrouby apod. Vytlačovací hlava a některé její části jsou vyhřívány odporovými pásy nebo indukčně. [7]

Vzhledem k rozsáhlému sortimentu výrobků, které lze na vytlačovacích strojích vyrábět, budou konstrukce vytlačovacích hlav velmi rozmanité. [5]



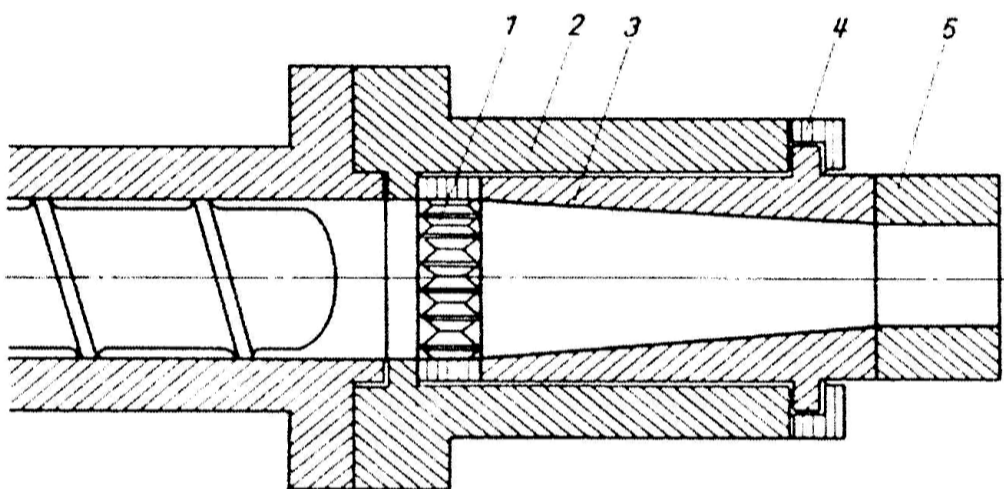
Obr. 17 Rozdělení vytlačovacích hlav

1 - osa šneku, 2 - osa vytlačovací hubice [5]

2.5.1 Přímé vytlačovací hlavy

Přímá vytlačovací hlava na plný průřez

Je konstrukčně nejjednodušší, její osa je pokračováním osy šneku, hlava neklade odpor při průchodu taveniny a proto se v ní dosahuje rovnoměrných tlaků v celém průřezu. Obvykle se hlava skládá ze tří pásem: 1. – náběhové pásmo, kde se směs usměřňuje z drážky šneku do průřezu tvarovací části hlavy s obvykle nárůstem tlaku vlivem zmenšování objemu, 2. – přechodové pásmo ve kterém se obvykle mění tvar průřezu do výstupní podoby, 3. – hladicí pásmo které bývá objemově o 10 až 20% menší než skutečný průřez výtlačku z důvodu nárůstu objemu vlivem elastických a viskoelastických sil.



Obr. 18 Přímá vytlačovací hlava na plný průřez

1 – lamač, 2 – hlava, 3 – těleso hubice, 4 – stavěcí kroužek, 5 – ústí hubice [9]

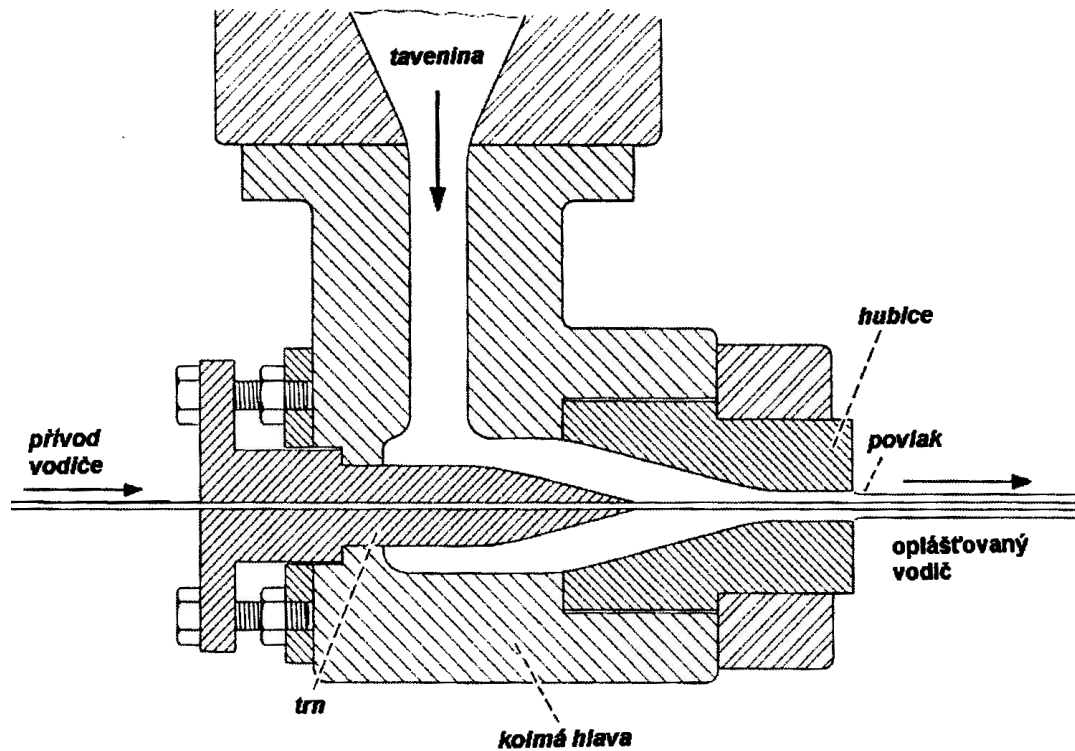
Přímá vytlačovací hlava na dutý průřez

Je složitější konstrukce, obsahuje uprostřed své dutiny trn, který obvykle vyčnívá za hubicí. Trn je držen v hlavě přes rozdělovač, jehož žebra směs rozdělují na prameny a ruší točivý účinek směsi od šneku. Prostor za rozdělovačem je obtékán směsí, která se musí spojit v jednotlivý homogenní celek a vytvořit tak budoucí průřez. [9]

Hlavy bývají používány v kombinaci s vnitřním chlazením, nebo s vnitřní kalibrací. Z toho důvodu je přívod ze strany omezen. Obvyklý průměr vytlačených trubek se pohybuje od několika milimetrů až do 1,6 metrů s tloušťkou stěny do 60 mm. U vytlačovacích hlav na trubky mohou být hubice a trny vyměněny, tak získáme rozdílné venkovní průměry a tloušťky stěn, které mohou být vyráběny. Některé hlavy umožňují výrobu trubek s různou tloušťkou stěn pomocí mírně kuželovité hubice a trnu, trn se posouvá v axiálním směru pneumaticky nebo hydraulicky dokonce i během provozu. [10]

2.5.2 Příčné vytlačovací hlavy

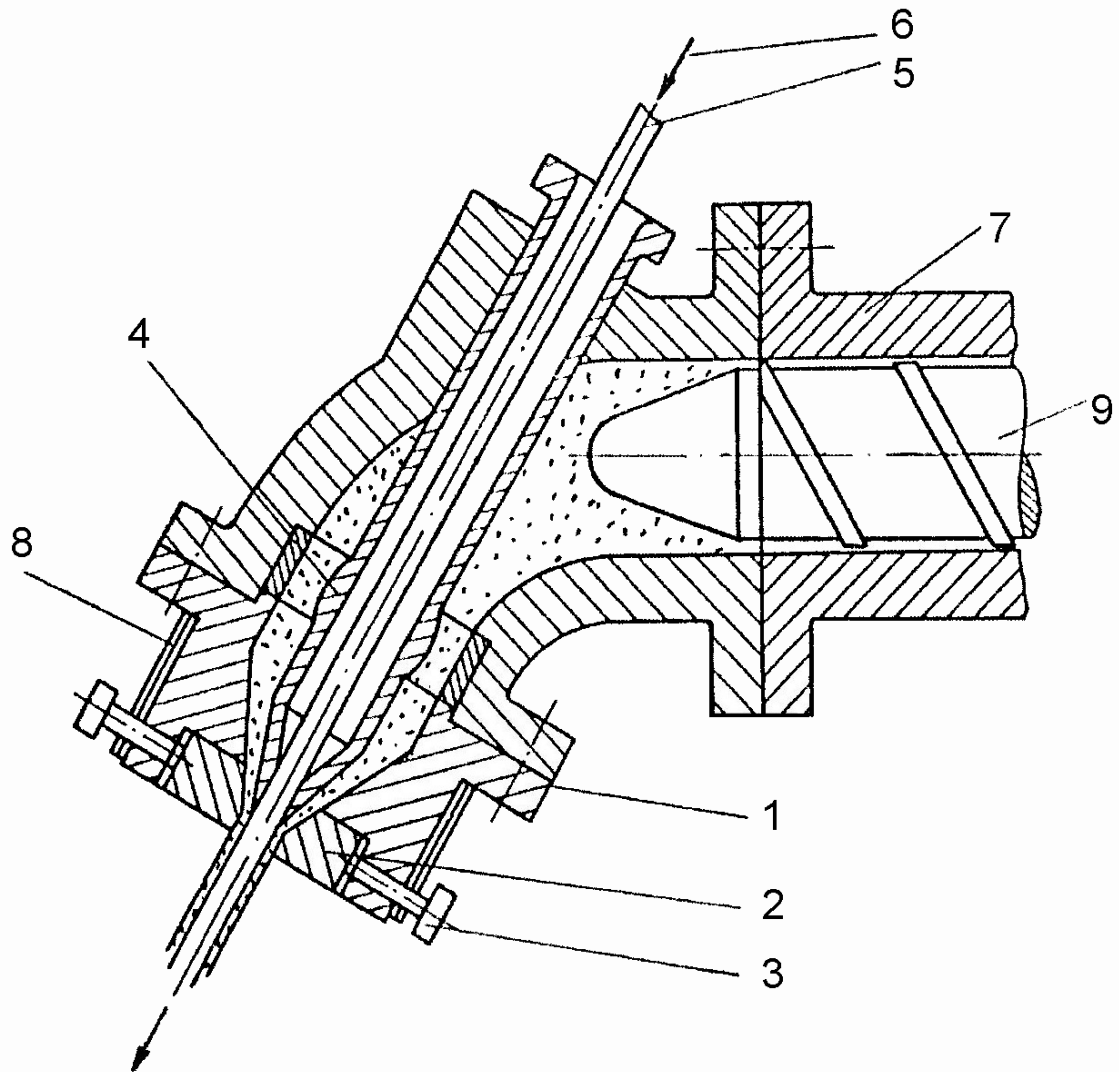
Nachází uplatnění u vyfukování fólií a oplášt'ování. Je kolmá k ose šneku vytlačovacího stroje, čímž se s'těžují tokové poměry. Zlepšení toku se řeší zvýšeným ohřevem této části a také složením směsi, která musí být dostatečně tekutá. Oplášt'ovaný předmět se zavádí přes dutý trn kolmo k ose vytlačovacího stroje a vytváří na jeho povrchu povlak – obal. Tloušťka povlaku je určována průměrem hubice po odečtení průměru předmětu před oplášt'ováním. [9]



Obr. 19 Příčná vytláčovací hlava na opláštění drátů [9]

2.5.3 Šikmé vytláčovací hlavy

Jsou konstruovány podobně jako příčné vytláčovací hlavy. Vzhledem k lepším tokovým poměrům se jich používá u méně tekutých směsí, takže tok je plynulejší a výkonnost stroje je větší. Používají se k opláštění a výrobě tenkých fólií. [9]



Obr. 20 Šikmá vytlačovací hlava na oplášťování

1 – těleso hubice ve spojení se šikmou vytlačovací hlavou, 2 – ústí hubice, 3- stavěcí šrouby, 4 – dutý trn, 5 – vodič, 6 – směr přívodu vodiče, 7- pouzdro vytlačovacího stroje, 8 – ohřev hubice, 9 – šnek [9]

2.5.4 Širokoštěrbinové vytlačovací hlavy

Používají se pro vznik velkoplošných útvarů v podobě fólií či desek nebo i složitějších dutých tvarových výtlačků a to jak v jednoduchém provedení pro jednojakostní výtlaček, tak i pro vícejakostní, nebo i s lehčenou strukturou. Jejich konstrukční řešení vyžaduje dokonalou znalost tokových vlastností a chování zpracovávaného plastu. Patří ke konstrukčně náročnějším vytlačovacím hlavám. Pro jejich stavbu se v současnosti využívá i různých

simulačních počítačových programů, které jsou schopny znázornit tokové závislosti navrhovaných součástí. [9]

2.5.5 Sdružené vytlačovací hlavy

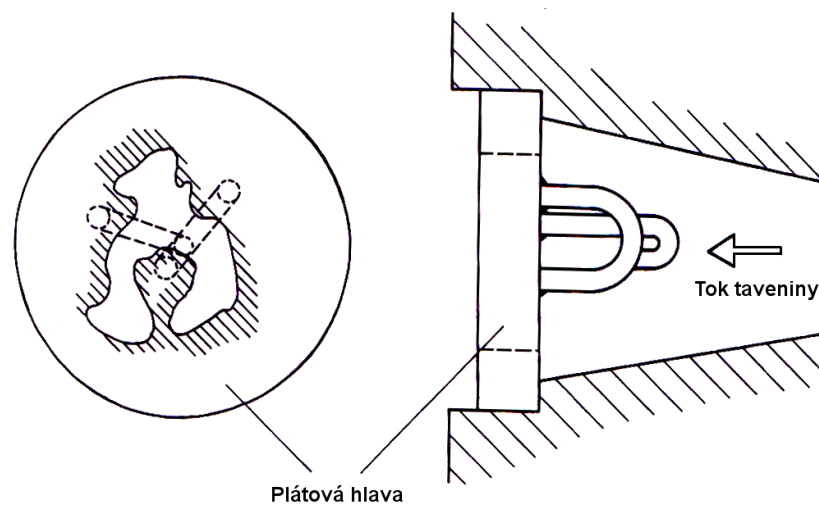
Využívají se při vzniku několikavrstvých výtlačků. Využívá se zde několika vytlačovacích jednotek napojených na společnou vytlačovací hlavu, ve které se postupně připojují jednotlivé vrstvičky v konečný proud taveniny obalující, nebo tvořící výtlaček o daném počtu vrstev. Základní podmínkou vzniku takto vzniklých vrstev je zamezení vířivého toku taveniny, který by jinak vrstvičky promíchal. [9]

2.5.6 Vytlačovací hlavy na profily

Mezi profily patří všechny tvary kromě tvaru kruhového nebo obdélníkového. Výroba profilů, které mají přesný tvar a rozměry, je nejnáročnější v technologii vytlačování. Důvodem je takřka neomezená škála profilů různých tvarů a velikostí. Téměř všechny vytlačovací hlavy jsou v axiálním směru. Obecně platí, že hlavy na profily bývají rozděleny do tří skupin: plátové hlavy, stupňovité hlavy, hlavy s postupnou změnou průřezu.[10]

Plátová hlava

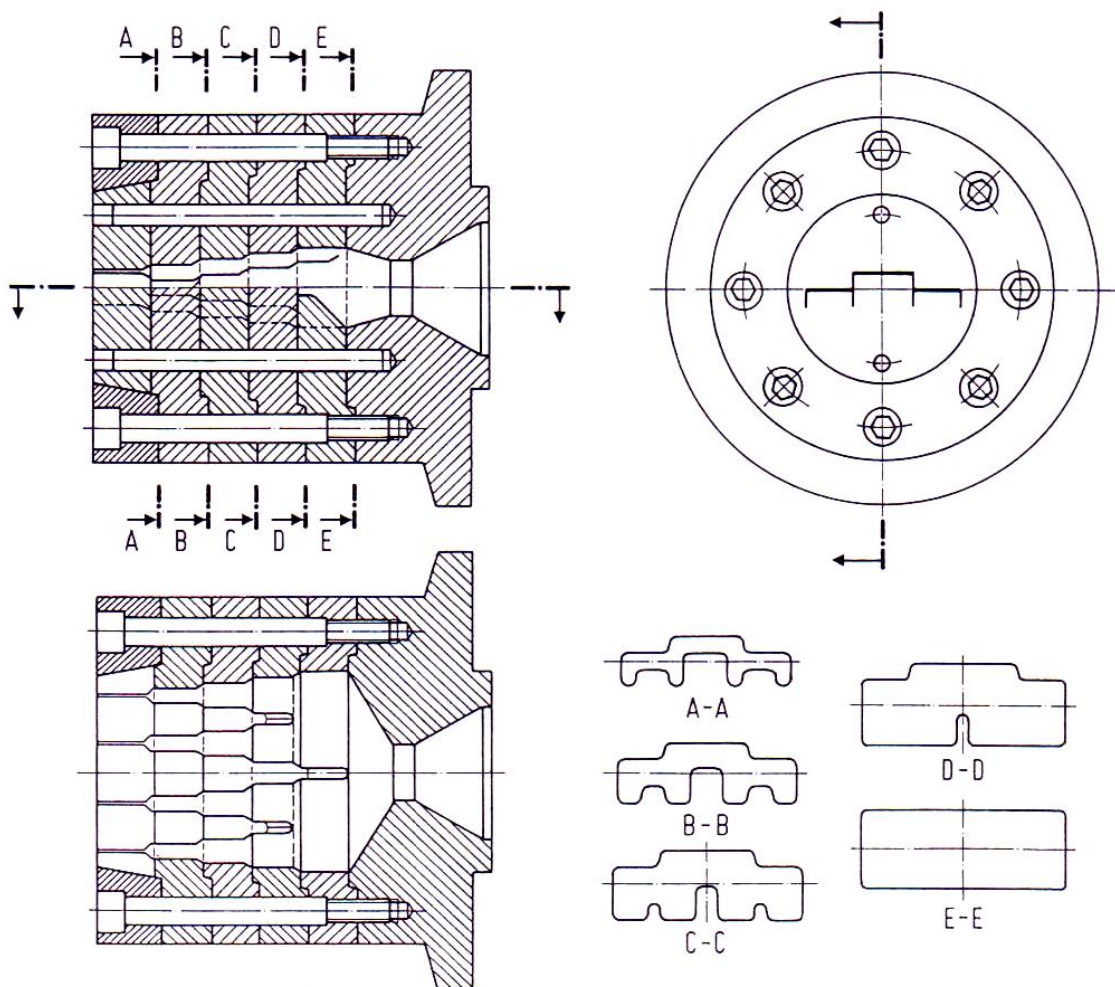
Plátová hlava se skládá ze základní hlavy a průvlatku, který bývá jednoduše a rychle vyměnitelný. Tyto hlavy jsou většinou používány pro malé profily. V hlavě jsou velmi výrazné změny geometrie průtokového kanálu. To může vést ke vzniku mrtvých zón, které mohou zejména v oblasti zpracování tvrdého PVC vést k degradaci polymeru. Hlavy neumožňují dosáhnout vysoké rychlosti vytlačování a dosažení vysoké rozměrové přesnosti kvůli strmému zúžení průřezu. Z tohoto důvodu, i když jsou snadno vyrobitelné s nízkými náklady, se tyto hlavy používají jen zřídka. Použití těchto hlav je omezeno především na vytlačování měkčeného PVC nebo nejjednodušších profilů z tvrdého PVC. Široce používané jsou pro zpracování kaučuku. Průvlatk musí být dostatečně široký, a to tak, aby na něm byla možná úprava toku, která je realizována tím, že se mění délka oblasti s největším odporem. Aby se zabránilo deformaci průvlatku tlakem taveniny, bývá průvlatk posílen svařovanými můstky. Vzhledem k tomu, že celková koncepce plátových hlav je poměrně špatná z hlediska proudění, musí být věnována velká pozornost přesné regulaci teploty.



Obr. 21 Svařované můstky na průvlaku [10]

Stupňovitá hlava

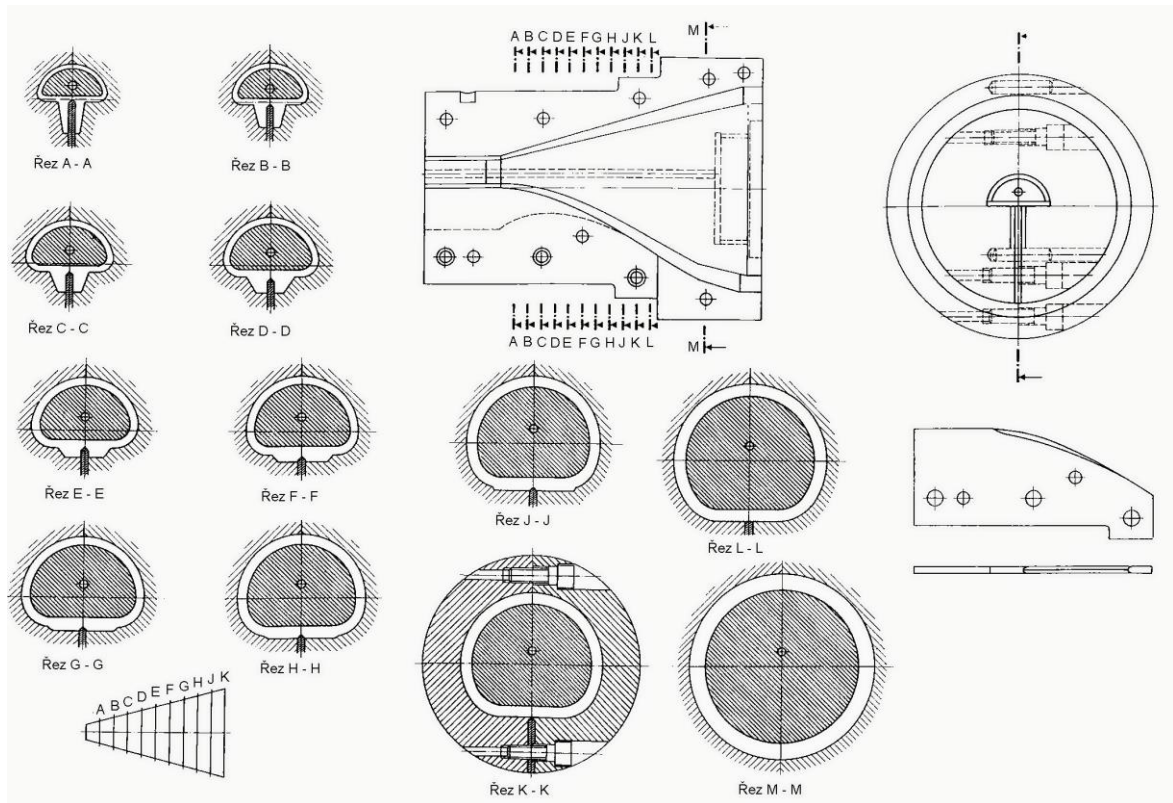
Stupňovitá hlava má postupnou změnu průtočného kanálu. Vzniká spojením několika průvlakových desek do série. Kontura se zpracovává v každém plátu, vstup do každého plátu má zkosené okraje. Tyto přechody jsou kritické při zpracovávání tvrdého PVC, proto jsou tyto hlavy používány pouze pro jednoduché profily.



Obr. 22 Vícestupňová hlava [10]

Hlava s postupnou změnou průřezu

Tyto hlavy jsou používány při výrobě profilů s vysokou přesností a rychlostí vytlačování. Proto je třeba správně stanovit geometrii průtokového kanálu, nesmí zde vznikat žádné mrtvé zóny. Konstrukce hlavy by měla být jednoduchá a mělo by být možné ji snadno rozebrat buď pro čištění, nebo úpravy průtokového kanálu v případě potřeby. Vytlačovací hlava s postupnou změnou průřezu se skládá ze tří základních částí, a to ze spojovací části, přechodové části a paralelní části. Obrys paralelní části hlavy přibližně odpovídá profilu. U dutých profilů je trn pevně spojen s hlavou, nejde jej tedy centrovat jako u hlav na trubky. Trnem se přivádí vzduch, aby nedošlo u dutých profilů ke zborcení. [10]



Obr. 23 Profilová hlava s postupnou změnou průřezu [10]

2.6 Kalibrační ústrojí a chladicí vana

Dochází zde k zafixování tvaru a rozměru výrobku. Po výstupu z hubice je výrobek tvárný a musí se ochladit v kalibračním pouzdru. [7]

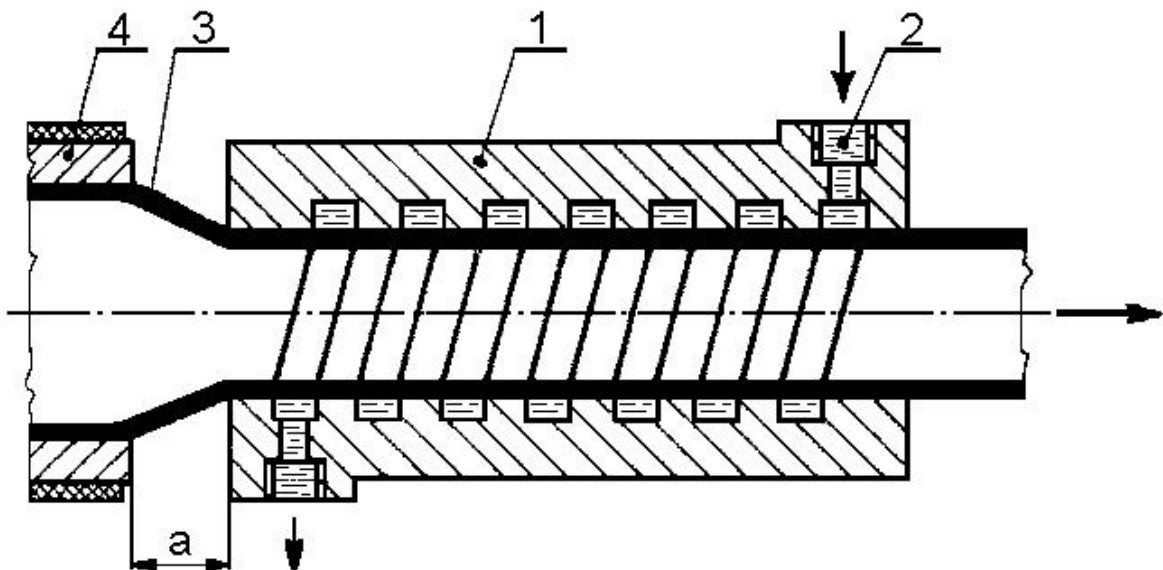
Kalibrační pouzdro musí být dostatečně dlouhé, aby byl zajištěn potřebný účinek chlazení při dosažení doladěného tvaru. Na druhou stranu však nemůže být délka pouzdra zbytečně dlouhá, neboť se tím nepříznivě zvyšuje nutná odtahová síla. [9]

Na kalibrovací pouzdro navazuje vana, jíž protéká chladicí voda. Vana má ve spodní části stojanu skříň s vodovodní armaturou a vývěvou pro kalibrovací vakuum. [7]

Ve vaně se dokončuje chlazení výtlačku, aby jeho teplota přibližně dosáhla teploty pracovního prostředí k jeho další manipulaci a uskladnění. Pro výtlačky menších rozměrů je možné dochlazování ve vodní lázni, u větších rozměrů je vhodnější vodní sprcha. Chladicí lázně jsou s nuceným oběhem a tvarovka ji opouští přes utěsněný otvor, nebo je výstup řešen s vývěvou, nebo s přepadem, kdy se přebytečná voda vrací zpět do oběhu. Za výstupem z vany bývá zařazeno vysušování, nebo ofuk výtlačku. [9]

2.6.1 Kalibrační ústrojí průvlakové

Kalibrační pouzdro průvlakového kalibračního ústrojí je opatřeno šroubovou drážkou. Trubka procházející pouzdrem vytvoří šroubovicový kanál, kterým protéká protiproudá chladicí voda. Ochlazení povrchu trubky je natolik intenzivní, že si zachová svůj tvar a rozměr daný kalibračním pouzdrem. Kalibrační ústrojí se umísťuje v přiměřené vzdálenosti od vytlačovací hubice.

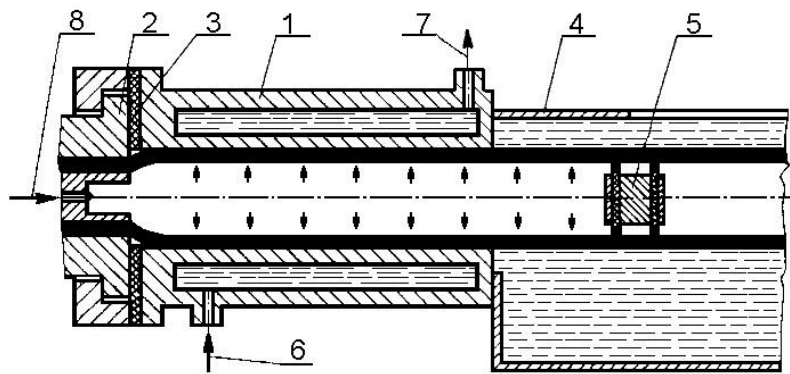


Obr. 24 Průvlaková kalibrace

1 - kalibrovací pouzdro, 2 - chladicí voda, 3 - kalibrační trubka, 4 - vytlačovací hubice [5]

2.6.2 Kalibrační ústrojí přetlakové

Přetlakové kalibrační ústrojí pracuje s přetlakem vzduchu uvnitř trubky, který přitlačí trubku ke stěnám kalibračního pouzdra. Vzduch se přivádí do trubky přes vytlačovací trn. Pouzdro je chlazeno vodou. Zátka umístěná uvnitř trubky je zavěšena na lanku nebo řetízku. Umožňuje malý únik tlakového vzduchu, čímž se docílí ochlazení trubky i zevnitř. Kalibrační ústrojí se umísťuje přímo na vytlačovací hlavu. Teplotní spád mezi kalibračním pouzdrem a vytlačovací hubicí se kompenzuje vhodnou izolační vložkou.



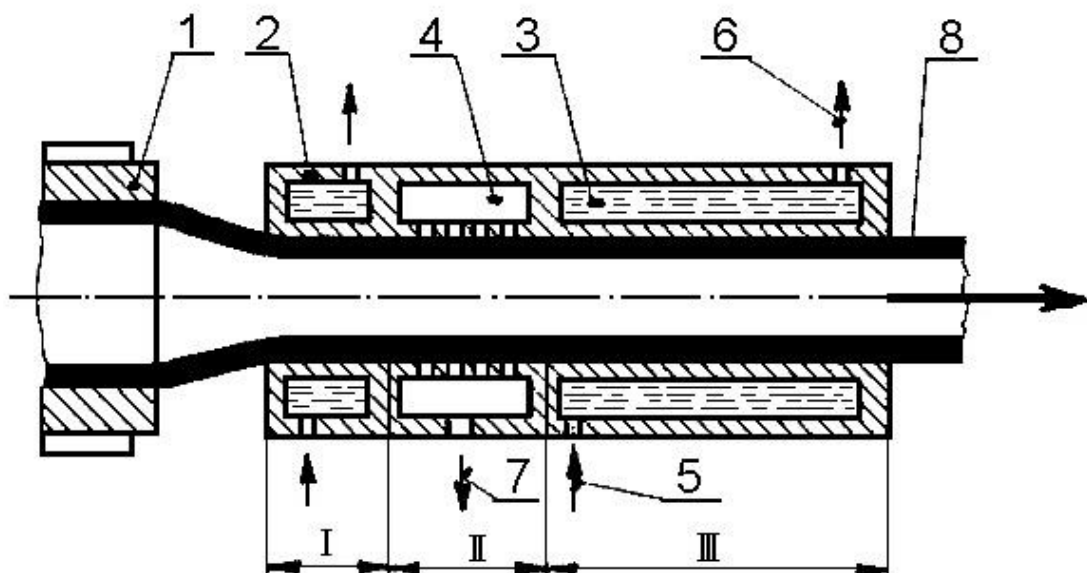
Obr. 25 Přetlaková kalibrace

1 - kalibrační pouzdro, 2 - vytlačovací hubice, 3 - tepelná izolace, 4 - chladicí vana,
5 - zátka, 6 - přívod chladicí vody, 7 - odvod chladicí vody, 8 - přívod tlakového vzduchu

[5]

2.6.3 Kalibrační ústrojí podtlakové (vakuové)

Kalibrační pouzdro je rozděleno do tří pásem, z nichž obě krajní jsou chlazena vodou protékající chladicími komorami. Střední pásmo je napojeno na podtlak. V důsledku rozdílu tlaků nad a pod stěnou dolehne trubka na chladné stěny a přiměřeně se ochladí. Kalibrační ústrojí se umísťuje v přiměřené vzdálenosti od vytlačovací hubice. [5]



Obr. 26 Vakuová kalibrace

1 - vytlačovací hlava, 2 - kalibrační pouzdro, 3 - chladicí komora, 4 - podtlaková komora,

5 - *přívod chladicí vody*, 6 - *odvod chladicí vody*, 7 - *odsávání*, 8 - *trubka* [5]

2.7 Tažný stroj (odtah)

Tažný stroj protahuje polotovar kalibrovacím ústrojím určitou, velmi jemně říditelnou rychlostí. Rychlost odtahu se přesně přizpůsobuje rychlosti vytlačování. Tato rychlost se nastavuje až po seřízení vytlačovacího stroje. Tažnými orgány stroje jsou tažné řetězy, kotouče, článkové pásy nebo dopravní pásy.

- Tažné řetězy - bývají umístěny rovnoměrně kolem trubky. Jsou to Gallovy řetězy, jejichž články jsou opatřeny pryžovými polštářky. Řetězy jsou nastavitelné, což umožňuje použít tohoto typu odtahu pro různé průměry trubek.
- Dopravní pásy - používají se pro ploché profily. Pásy mohou být textilní nebo pryžové.
- Článkové pásy - jsou univerzálním tažným orgánem, každý článek pásu je opatřen na činné ploše tlustou vrstvou pryže.

2.8 Navíjecí ústrojí

Ohebné trubky malého průměru a tyče plochých průřezů se navíjejí na dopravní cívku nebo buben. Cívka je poháněna od tažného stroje přes třecí spojku, aby se skluzem vyrovnávala obvodová rychlost. Před cívkou je polotovar veden vodičem, který ho ukládá v závitech těsně vedle sebe. [7]

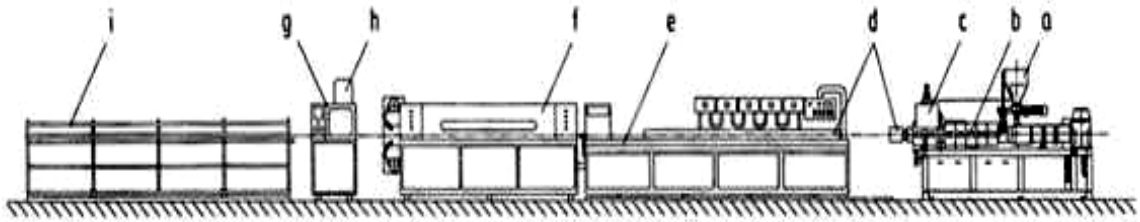
2.9 Řezací ústrojí

Řezací ústrojí bývá obvykle tvořeno kotoučovou pilou s vlastním pohybem. Činnost řezacího ústrojí je však funkčně spojena s odtahovým ústrojím a měřidlem délky, na jehož impuls je uváděno do činnosti. Nosič řezacího ústrojí se při řezání pohybuje současně s vytlačovaným profilem. Po ukončení řezu se vrací do výchozí polohy. [5]

2.10 Vytlačovací linky

Linka na vytlačování trubek a profilů

Linka na vytlačování uzavřených i otevřených profilů a trubek se skládá ze šnekového vytlačovacího stroje, vytlačovací hlavy a ze zařízení měřicího, kalibračního, chladicího, odtahovacího, dělicího a navíjecího resp. odkládacího. Běžně se používají jednošnekové vytlačovací stroje.



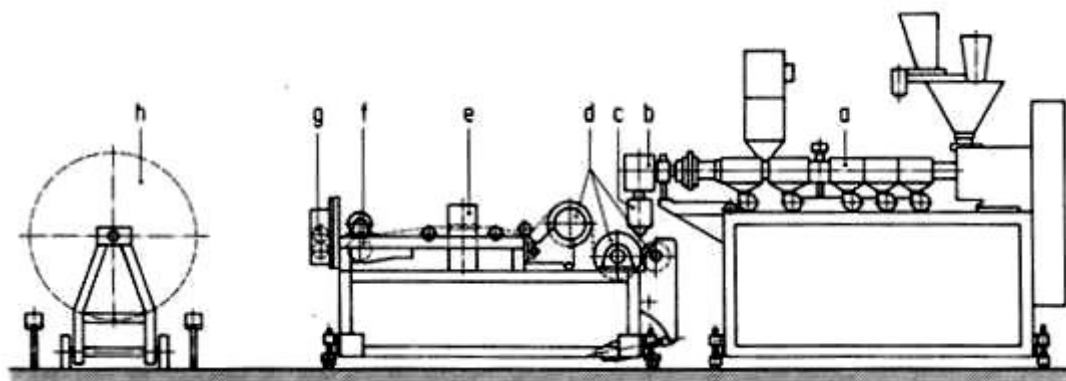
Obr. 27 Vytlačovací linka na výrobu profilů

a - násypka, b – šnekový vytlačovací stroj, c - kontrola, d – vytlačovací hlava a kalibrace, e – chlazení, f – měřicí zařízení, g – dělicí zařízení, h – kontrola, i – odkládací zařízení [4]

Linka na vytlačování fólií

Linka na vytlačování fólií se skládá z vytlačovacího stroje s širokoštěrbinovou vytlačovací hlavou a vytlačovaný pás je dále odtahován tříválcovým chladicím strojem. Fólie se vytlačuje na chladicí válec. Podle polohy vytlačovací hlavy k chladicímu válci lze měnit délku chladicí dráhy. Povrch válců je leštěn nebo chromován. Válce jsou temperovány na teplotu, která je závislá na druhu zpracovávaného materiálu. Vnitřní vestavba chladicích válců se řeší různými způsoby, které musí zajistit rovnoměrné rozložení teplot po délce válce.

Rychlost ochlazování má vliv na kvalitu fólie, tj. na mechanické vlastnosti, lesk, optické vlastnosti, apod. Proto je nutné zajistit dobrý kontakt mezi plastem a válcem. Deska se dále dochlazuje na válečkovém dopravníku. Ochlazená fólie prochází měřicím zařízením. Okraje fólie se ořezávají kotoučovými ořezávacími noži a fólie nebo desky se buď navíjejí, nebo sekají. Oříznuté okraje se vracejí zpět ke zpracování. Měření tloušťky je mechanické nebo bezkontaktní. Navíjecí zařízení musí umožňovat změnu otáček při narůstajícím objemu navinuté fólie. Všechna zařízení za vytlačovacím strojem se obvykle ukládají na kolejnice z důvodu snadné údržby jednotlivých strojů, snadného čistění vytlačovací hlavy a demontáže šneku.



Obr. 28 Vytlačovací linka na výrobu fólií

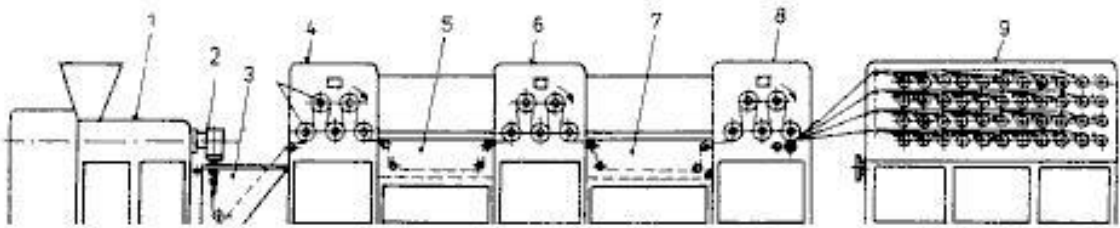
a – vytlačovací stroj, b – adaptér, c – vytlačovací hlava, d – chladicí válce s odtahem, e – měření tloušťky, f – úprava povrchu, g – řezací zařízení, h – navíjení, [4]

Linky na vytlačování desek

Linka pro výrobu desek je svou konstrukcí blízka linkám na výrobu fólií. Vytlačovaný pás je odtahován většinou tříválnovým chladicím strojem. Povrch válců je přizpůsoben požadované kvalitě povrchu desek (leštěný nebo leskle chromovaný, dezénovaný, atd.). Válce jsou obvykle temperovány horkou tlakovou vodou na teplotu, která je závislá na druhu zpracovávaného materiálu. Režim chlazení musí být přísně řízen kvůli minimálnímu vnitřnímu pnutí. Deska se dále dochlazuje na válečkovém dopravníku, před odtahem ořezává, a za ním příčně dělí a ve stohovacím zařízení ukládá na paletu.

Linky na vytlačování vláken

Linky na výrobu vláken vytlačováním jsou rozdílně sestavovány, a to především podle typu zpracovávaného materiálu. Vytlačovací stroj je osazený vytlačovací hlavou na vlákna. Z ní se vlákna vytlačují do chladicí lázně, za kterou následuje první odtahovací zařízení. Potom vlákna vstupují do temperační jednotky, kde se temperují na teplotu vhodnou k jejich orientaci (dloužení) mezi válci orientačního zařízení. Těchto temperačních a dloužících jednotek může být do linky zařazeno i několik. Orientační poměr se dá nastavovat. Běžně se pohybuje až do hodnoty 1:9. Před navíjením se musí zorientované vlákno rozměrově stabilizovat. Stabilizace se dosahuje ve stabilizační lázni, ve které jsou vlákna udržována pod napětím druhým odtahovacím zařízením. Za ním už následuje navíjecí zařízení na cívky.

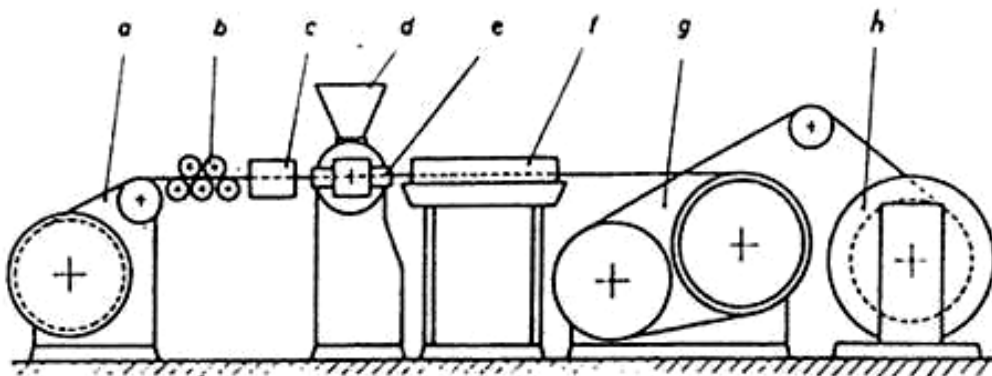


Obr. 29 Vytlačovací linka na výrobu vláken

1 - vytlačovací stroj, 2 – vytlačovací hlava, 3 - chladicí lázeň, 4 – první odtahovací zařízení, 5 – temperační lázeň, 6 – orientační zařízení, 7 – stabilizační lázeň, 8 – druhé odtahovací zařízení, 9 - cívky [4]

Vytlačovací linka na opláštění

Uspořádání linky na opláštění se řeší s ohledem na druh zpracovávaného materiálu a typ opláštěvaného předmětu. Většinou se opláštějí vodiče a kabely, ale i ocelové trubky pro rozvody plynu, kovová nebo polyamidová lanka jako prádelní šňůry nebo struny do žacích strojků. Vodič je z cívky odvíjen přes vodící kladky do předehřivacího zařízení. Nahřátý vodič vstupuje do příčné opláštěvací hlavy. Vzniklý plášť se kalibruje, ochlazuje v chladicí vaně, měří a kontroluje se soustřednost pláště, průměr a jeho izolační vlastnosti. Opláštěvaný vodič je odtahován synchronizovanými odtahovacími válci a přes vodící kladky je navíjen na cívku v navíjecím ústrojí.



Obr. 30 Vytlačovací linka na opláštění

a – odvíjení, b – vodící kladky pro vedení a rovnání drátu, c – předehřev drátu, d – vytlačovací stroj, e – opláštěvací hlava, f – chladicí vana, g – odtah, h – navíjení [4]

Linka na vytlačování povlaků

Povlaky z plastů lze nanášet i na rozličné materiály, jako např. kovové fólie, textilie, jiné plastové fólie, papír, apod. Stejně jako u vytlačování fólií nebo vícevrstevných fólií i tady se využívá současného vytlačování (koextruze) taveniny plastu na povrch nosného materiálu, který má být povlakován. Následně je vytlačená tavenina plastu slisována s nosným materiálem mezi chlazeným bubnem a přítlačným pryžovým válcem. Předehřátý nosný materiál je ve styku s přítlačným válcem, zatímco tavenina plastu je chlazená na povrchu leštícího válce. [4]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 STANOVENÍ CÍLŮ

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a vyrobit vytlačovací nástroj pro daný plastový díl, který je z materiálu ABS. Návrh spočívá v dimenzování tvarové dutiny ve vytlačovací hlavě a kalibračním ústrojí vzhledem k zvolenému polymernímu materiálu. Z vytvořeného 2D nákresu se vytvoří 3D modely jednotlivých dílů a celých sestav. Následuje vytvoření výkresové dokumentace, která zaručuje přesnou výrobu součástí. Výroba jednotlivých dílů se provede na obráběcích strojích. Následné doladění vytlačovacího nástroje se provede na vytlačovacím stroji za účasti technologa.

Cíle práce:

- Vytvořte literární studii na dané téma.
- Vytvořte 3D model vytlačovaného dílu.
- Nakreslete výkresovou dokumentaci vytlačovacího nástroje.
- Vytvořte 3D model sestavy vytlačovacího nástroje.
- Proveďte výrobu vytlačovacího nástroje pro daný plastový díl.

4 POUŽITÉ PROGRAMY

Pro konstrukční část práce byly použity počítačové programy AutoCAD Mechanical 2016, Autodesk Inventor Professional 2016 a OPTI-CT.

4.1.1 AutoCAD Mechanical 2016

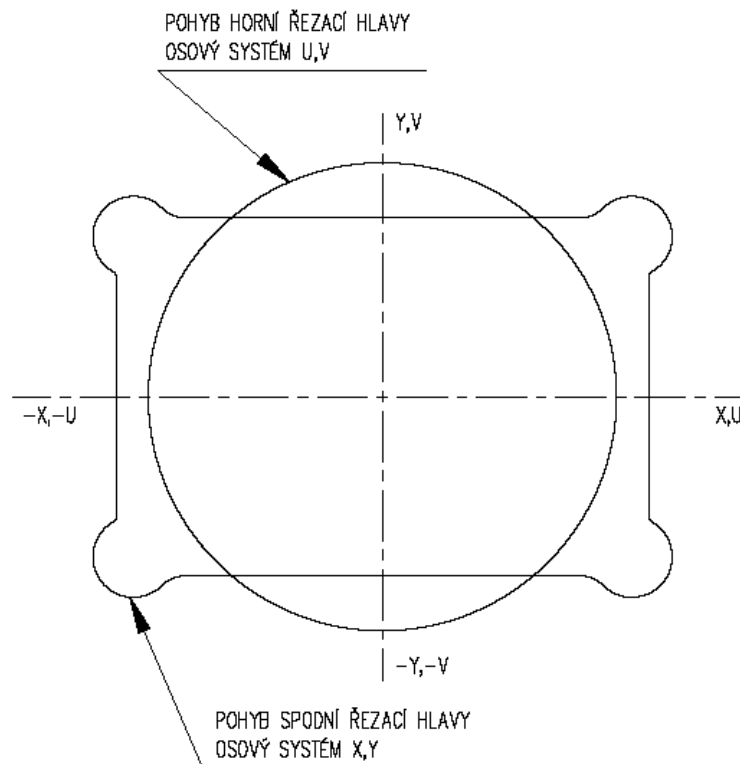
Program AutoCAD Mechanical 2016 (dále jen "AutoCAD") je produktem firmy Autodesk. Oproti softwaru AutoCAD, je obohacen o knihovny normalizovaných součástí a nástroje, které pomáhají urychlit strojírenské CAD navrhování. Umožňuje 2D a 3D projektování a konstruování. Nativním formátem výkresů je souborový formát DWG. [11]

4.1.2 Autodesk Inventor Professional 2016

Autodesk Inventor Professional 2016 (dále jen "Inventor") je produktem firmy Autodesk. 3D modelář obsahuje funkce pro adaptivní a parametrické 3D navrhování, tvorbu 2D výkresové dokumentace, prezentace, fotorealistické vizualizace a animace. Základem konstruování je tvorba jednotlivých dílů, které se dají snadno spojovat do sestav pomocí vazeb. [12]

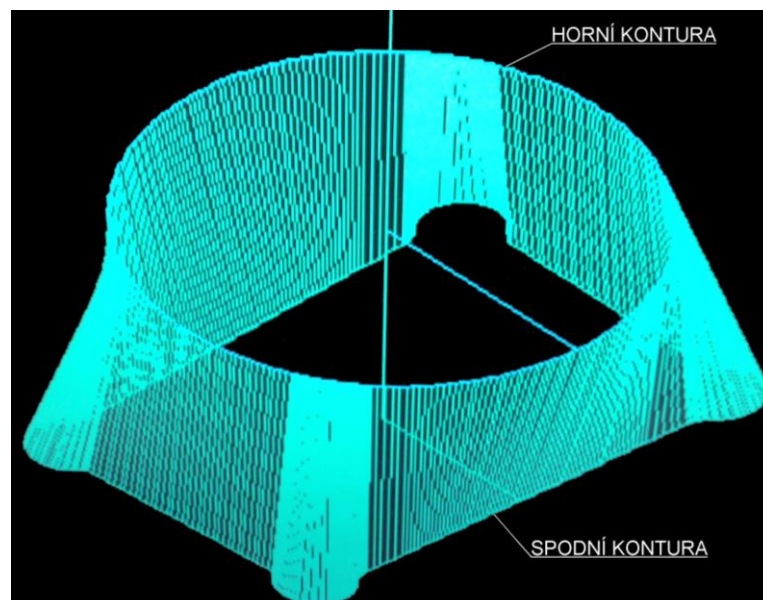
4.1.3 OPTI-CT

OPTI-CT je počítačový software vynalezený švýcarskou firmou Charmilles Technologies S. A., který umožňuje snadnou a rychlou přípravu NC programu pro drátovou řezačku ROBOFIL 310. Software má celkem 8 aplikací, a to Geomax, Simfil, Gears, Pocket, Profil, Ppfil, Tabcyl, Mathec. Při výrobě vytlačovací hlavy budou využity aplikace Geomax a Simfil. Aplikace Geomax umožňuje vytvořit ze dvou NC programů jeden a to nezávisle na tvaru navržených kontur pro obrábění. Využívá tedy toho, že horní řezací hlava a spodní řezací hlava se mohou pohybovat nezávisle na sobě, spodní řezací hlava se bude pohybovat v osovém systému X a Y, horní řezací hlava se bude pohybovat v osovém systému U a V.



Obr. 31 Využití aplikace Geomax

Aplikace Simfil umožňuje 3D zobrazení simulace obrábění za přesně definovaných podmínek obrábění. Vzniklá simulace včas odhalí případné chyby v NC programu.



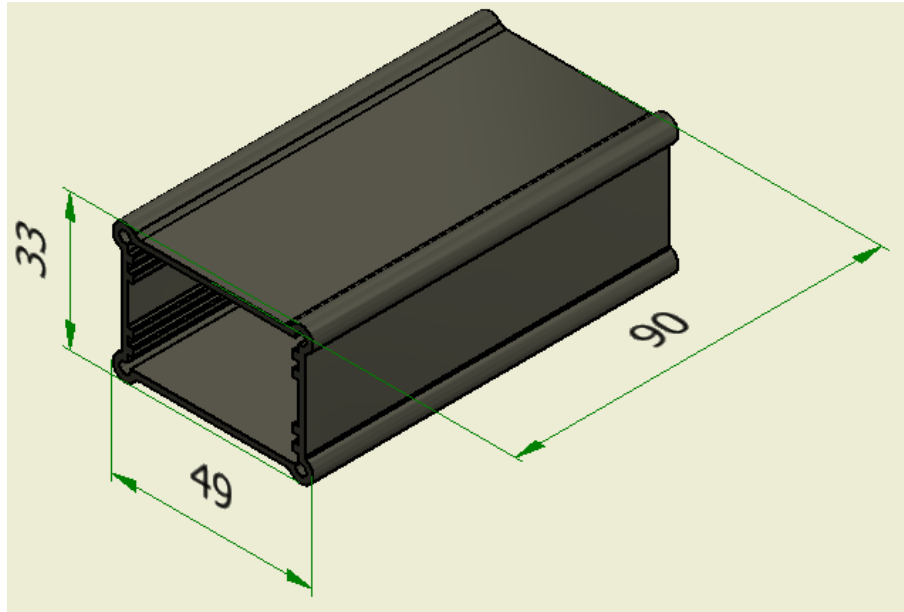
Obr. 32 Aplikace Simfil

5 SPECIFIKACE VÝROBKU

Vytlačovaný výrobek slouží jako kryt vysílače pro monitorování spotřeby energie v domácnosti. Profil má tvar jeklu, v dutině je osm výstupků, které slouží k ustavení snímače. V rozích jsou kruhové otvory, do těchto otvorů se zašroubují šrouby, které budou z obou stran výrobku uchycovat záslepky.



Obr. 33 Renderovaný model sestavy vysílače



Obr. 34 Renderovaný model vytlačovaného dílu

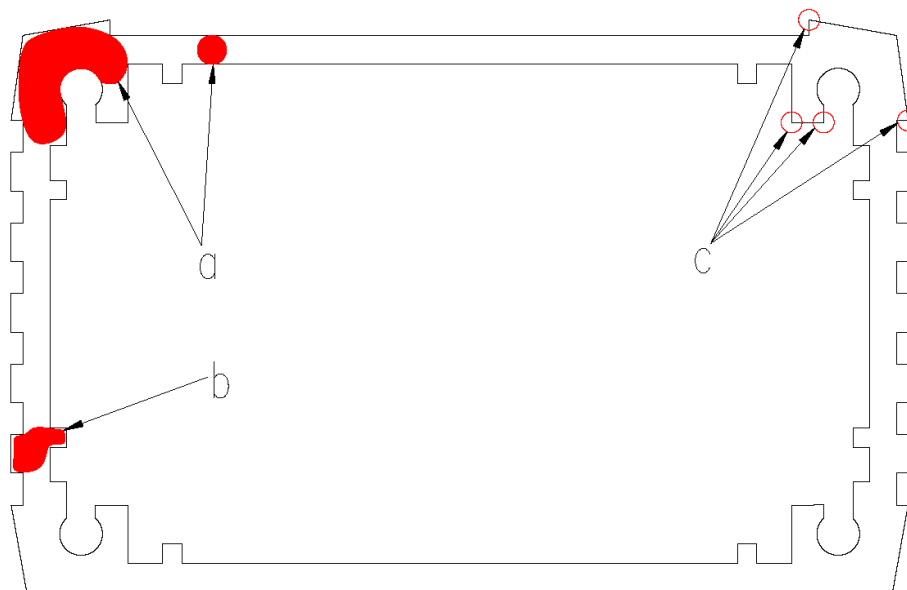
5.1 Materiál výrobku

Materiálem výrobku bylo zvoleno ABS. Materiál je pevný a houževnatý s vysokou odolností proti vysokým rázům i za nízkých teplot. Dobře odolává kyselinám, olejům, tukům a tlumí zvuk. Jeho velkou výhodou je nízká tepelná vodivost a zdravotní nezávadnost. Vzniká kombinací tří monomerů a to akrylonitrilu, butadienu a styrenu. Využívá se především pro výrobu potrubí, počítačů, kufrů, kuchyňských spotřebičů a jiných.

5.2 Upřesnění rozměru a tvaru

Ne všechny tvary, rozměry a tolerance jsou vhodné pro výrobu vytlačovaných výrobků, proto je důležité nejprve všechny tyto okolnosti vyhodnotit a vzniklé problémy předem konzultovat se zákazníkem.

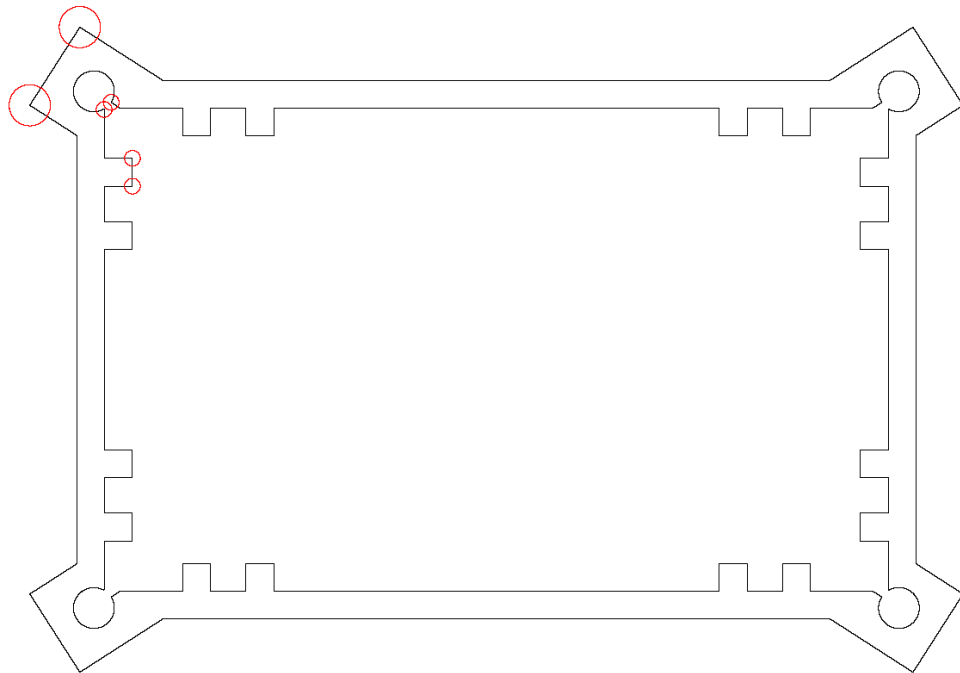
5.2.1 Návrh č. 1 – upřesnění tvaru



Obr. 35 Návrh tvaru výrobku č. 1

Prvotní návrh zákazníka je poměrně tvarově složitý. Bod *a* je místo s velkým rozdílem tloušťky stěny, při odladování nástroje by se velice špatně korigoval tok taveniny. V rozích by tavenina tekla mnohem více, než v ostatních místech. Bod *b* je místo, kde se sbíhají tři štěrby do jedné, v tomto místě by se hromadilo také více materiálu. Body *c* jsou místa s ostrými rohy, zde by docházelo k nedostatečnému toku taveniny. S ohlednutím na všechny výše uvedené body je výrobek pro nás nevhodný pro výrobu vytlačovacího nástroje.

5.2.2 Návrh č. 2 – upřesnění tvaru



Obr. 36 Návrh tvaru výrobku č. 2

Návrh č. 2 je již tvarově vhodnější, ale ve vyznačených místech jsou ostré rohy, v těchto místech by tavenina špatně proudila. Vhodnějším řešením by bylo ostré rohy zaoblit.

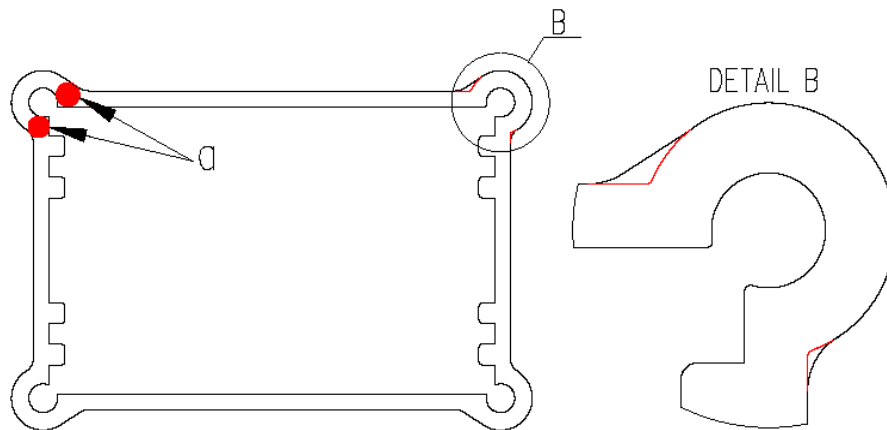
5.2.3 Návrh č. 3 – upřesnění tvaru



Obr. 37 Návrh tvaru výrobku č. 3

V zakulacených rozích vznikají nerovnoměrné tloušťky stěn, což by vedlo k horšímu odladění vytlačovacího nástroje. Pro vytlačování je nejvhodnější stejná, nebo alespoň přibližně stejná tloušťka stěn.

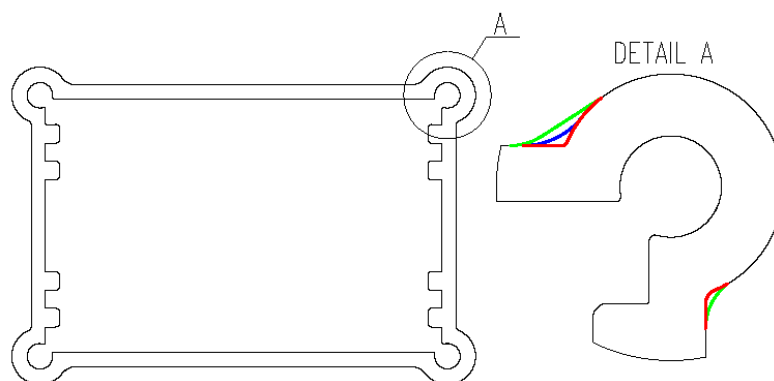
5.2.4 Návrh č. 4 – upřesnění tvaru



Obr. 38 Návrh tvaru výrobku č. 4

V bodě **a** vzniká místo, kde je stále větší průřez než v ostatních místech navrhovaného profilu. Vzniklý problém by odstranilo zúžení kritického místa, jak je zakresleno v **DETAILU B**. Detail B znázorňuje optimální řešení nejproblémovějších míst na výrobku.

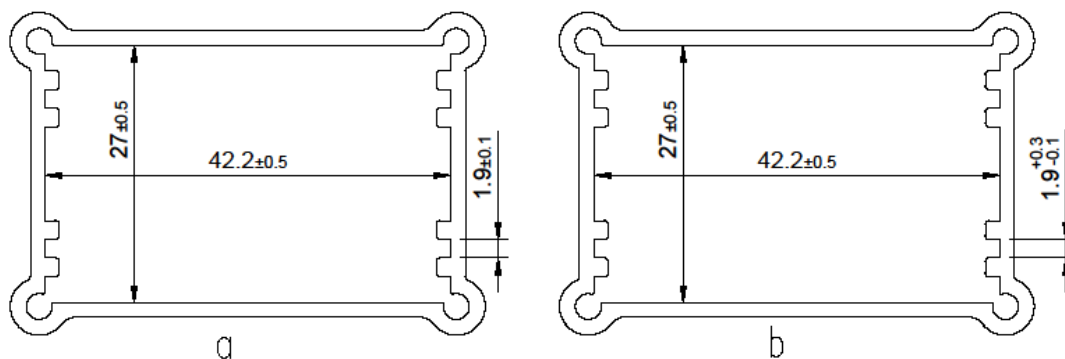
5.2.5 Návrh č. 5 – upřesnění tvaru



Obr. 39 Návrh tvaru výrobku č. 5

Návrh číslo 5 znázorňuje poslední návrh. Zelená barva naznačuje původní návrh zákazníka, červená barva naznačuje optimální navrhnutí, modrá barva naznačuje přijatý návrh zákazníkem. Vzhledem k tomu, že je upravovaný tvar na pohledové ploše, tak se zákazník rozhodl pro kompromis mezi optimálním řešením a původním návrhem.

5.2.6 Návrh č. 6 – upřesnění rozměrových tolerancí

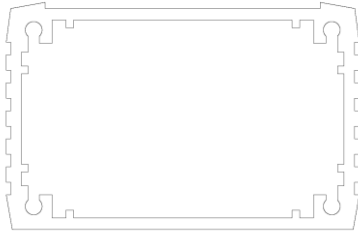
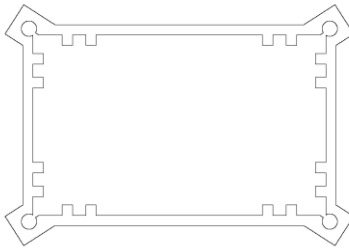

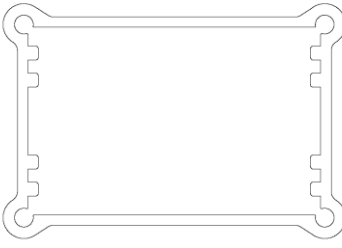



Obr. 40 Návrh rozměrových tolerancí výrobku

a – navrhované tolerance zákazníkem, *b* – konečné tolerance

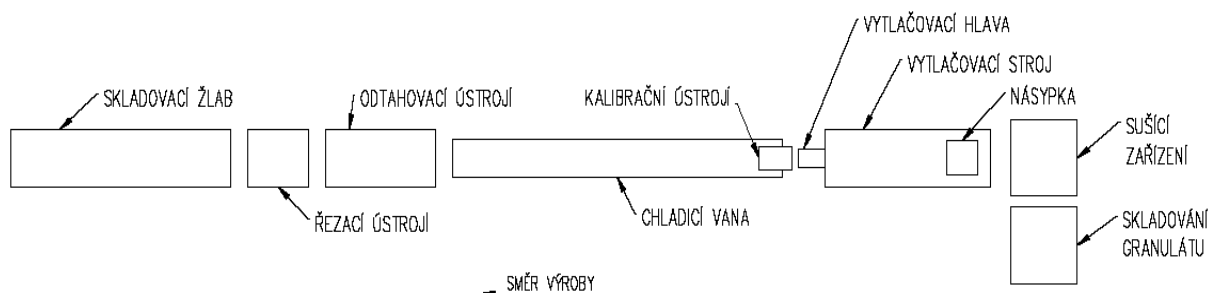
Tolerance důležitých rozměrů zůstaly stejné, jak zákazník navrhoval. Pouze u rozměru 1,9 mm není vhodná tolerance $\pm 0,1$ mm z toho důvodu, že měřený rozměr se nachází v dutině, kde jej nebude možno v kalibračním ústrojí zachovat. Kalibrace totiž nebude z vnitřní strany, ale jen z vnější strany výrobku.

Tab. 1 Postup úprav tvaru výrobku

Obrázek tvaru	Provedené úpravy
	zúžení tloušťky stěn zaoblení ostrých rohů odstranění sbíhavosti kanálů
	zaoblení ostrých rohů
	zmenšení rozdílu v tloušťce stěn
	zmenšení rozdílu v tloušťce stěn
	úprava pohledových ploch

6 VYTLAČOVACÍ LINKA

Vzhledem k materiálu výrobku byl zvolen vytlačovací stroj od německé firmy IDE s označením ME 45/4 x 25D. Linka se skládá z chladicí vany s označením ME 14/6.1, odtahovacího ústrojí s označením ME 30/6.2, řezacího ústrojí s označením ME 50/6.2 a skladovacího žlabu. K vytlačovací lince je ještě připojeno sušící zařízení od firmy Maguire, s označením LPD 200.



Obr. 41 Schéma vytlačovací linky

6.1 Parametry vytlačovacího stroje

Tab. 2 Parametry vytlačovacího stroje

Parametr	Hodnota	Jednotka
Průměr šneku D	45	mm
Délka šneku	25D	mm
Maximální otáčky šneku	115	ot/min
Připojovací závit pro vytlačovací hlavu	M70x2	
Počet topných zón pracovního válce	8	ks
Počet topných zón vytlačovacího nástroje	4	ks
Počet chladicích ventilátorů	4	ks
Výkon	25	kg/hod

6.2 Parametry chladicí vany

Chladicí vana slouží k upínání kalibračního ústrojí, umožňuje optimální ustavování kalibračního ústrojí vůči vytlačovací hlavě během procesu vytlačování. Chladicí vana obsahuje vakuové a vodní připojení.

Tab. 3 Parametry chladicí vany

Parametr	Hodnota	Jednotka
Délka chladicí vany	2,5	m
Teplota vody	5-18	°C
Maximální průtok vody	300	l/hod

6.3 Odtahovací ústrojí

Odtahovací ústrojí slouží k odtahování vytlačovaného profilu. Stroj obsahuje dva horizontálně uspořádané obíhající dopravní pásy, které jsou poháněny elektromotorem, rychlost odtahování se může měnit nezávisle na rychlosti vytlačování. Při odtahování leží vytlačovaný profil na spodním pásu a horní pás je na vytlačovaný profil přitlačován vzduchem. Aby nedošlo ke zborcení profilu, působí na horní pás zpětný tlak, který kompenzuje tíhu horního pásu.

Tab. 4 Parametry odtahovacího ústrojí

Parametr	Hodnota	Jednotka
Odtahovací rychlost	0,5-25	m/min
Teplota vody	2-6	bar

6.4 Řezací ústrojí

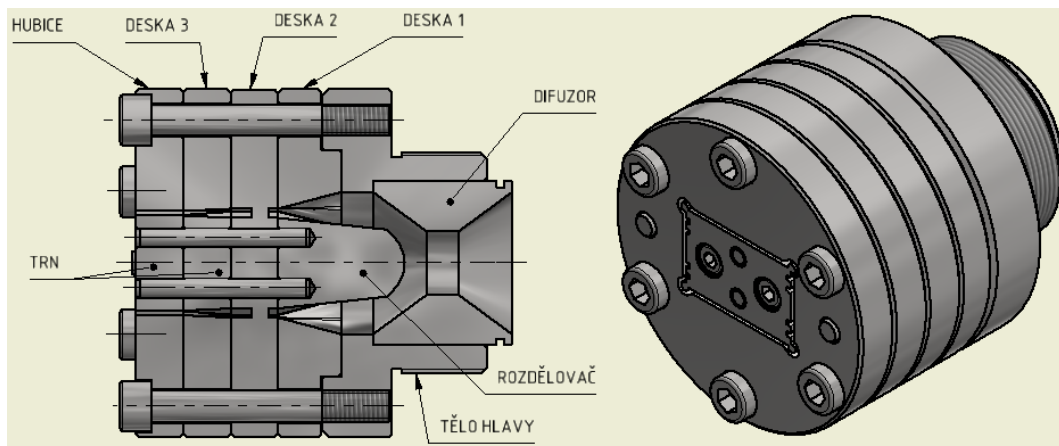
Řezací ústrojí slouží ke krácení nekonečného profilu na požadovanou délku. Řezání se provádí pomocí kotoučové pily o průměru 300 mm. Po dosednutí vytlačovaného profilu na koncový lopatkový spínač dojde k sevření čelistí, pohybu čelistí ve směru vytlačování a odřezání vytlačovaného výrobku. Po odřezání dojde k uvolnění čelistí a vrácení čelistí a řezacího kotouče do startovací polohy.



Obr. 42 Řezací ústrojí

7 NÁVRH VYTLAČOVACÍ HLAVY

Před samotným dimenzováním vytlačovací štěrbiny je nutno rozhodnout, jaká koncepce vytlačovací hlavy bude pro daný výrobek nejvhodnější. Vzhledem ke tvaru výrobku bude zvolena stupňovitá hlava, která umožní plynule měnit průřez průtočného kanálu, a tím lépe rozvést tok taveniny. Hlava bude složena z těla hlavy, tří desek a hubice. Tělo vytlačovací hlavy slouží ke spojení vytlačovacího stroje s vytlačovací hlavou. V těle vytlačovací hlavy je zasunut difuzor, který zaručuje plynulý přechod taveniny ze stroje do vytlačovací hlavy. Jednotlivé desky budou poskládány do série tak, aby tvar dutiny v nich vyřezaný plynule přecházel přes jednotlivé díly a na výstupní hubici měl požadovaný tvar a rozměry. Pro přesné složení budou desky usazeny pomocí středících kolíků a uchyceny šrouby. Dutina se vytvoří pomocí trnu, který bude pevně spojen s jednou z desek. V hlavě bude k trnu uchycen rozdělovač, který poslouží k rozdělení toku taveniny.



Obr. 43 Návrh vytlačovací hlavy

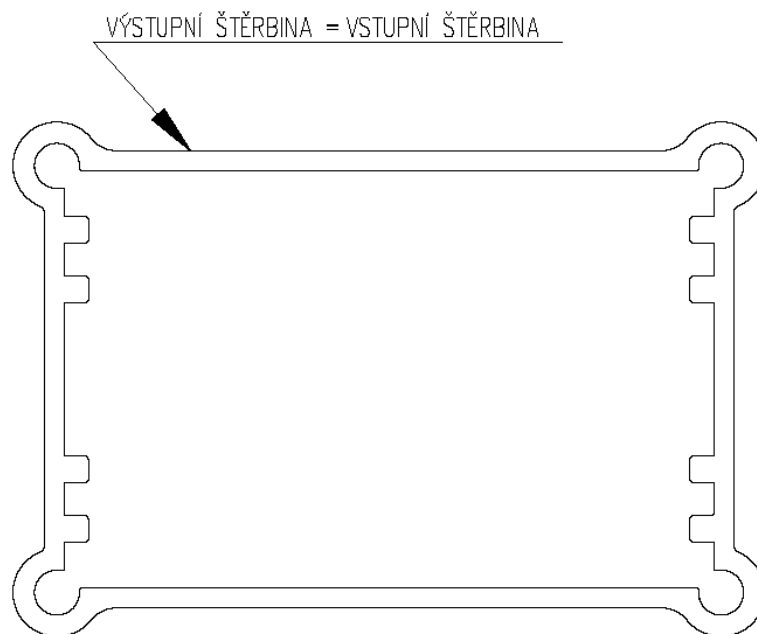
Tavenina vystupující ze stroje bude nejprve procházet přes difuzor. Difuzor má vstupní průměr 45 mm a plynule přechází do průměru 20 mm, tím dojde ke zvýšení tlaku a lepší homogenizaci taveniny, dále zde dochází k tomu, že difuzor rovnoměrně usměrní tok taveniny, která vychází z pracovního válce. Difuzor dále přechází z průměru 20 mm zpět na průměr 45 mm, tím dojde k částečnému uvolnění tlaku taveniny. Po výstupu taveniny z difuzoru se tavenina dostane do dutiny v desce 1. Zde znovu dojde ke zvýšení tlaku vlivem zmenšujícího se průřezu, za zvyšujícího se tlaku dochází k orientaci taveniny. Tavenina dále prochází přes desky 2 a 3, kde dochází k plynulé změně průřezu až po hubici, která má po celé své délce konstantní průřez.

7.1 Návrh štěrbin ve vytlačovací hlavě

Při návrhu štěrbin ve vytlačovací hlavě nebude použit žádný software, který by simuloval tok taveniny, pouze budou využity znalosti a zkušenosti získané v praxi. Pro dimenzování jednotlivých částí vytlačovací hlavy bude pouze využit počítačový program AutoCAD. Vzhledem k tomu, že každý materiál se při vytlačování chová jinak, bude zvolená úprava štěrbin při jejím navrhování vhodná pouze pro zvolený materiál. Pokud by na vytlačovací hlavu vyráběnou v této bakalářské práci byl použit jiný polymerní materiál, nebylo by možno dosáhnout požadovaného rozměru výrobku. To je způsobeno především tím, že polymerní materiály mají rozdílné narůstání a smrštění po vytlačení z vytlačovací hlavy.

7.1.1 Návrh výstupní štěrbin – hubice

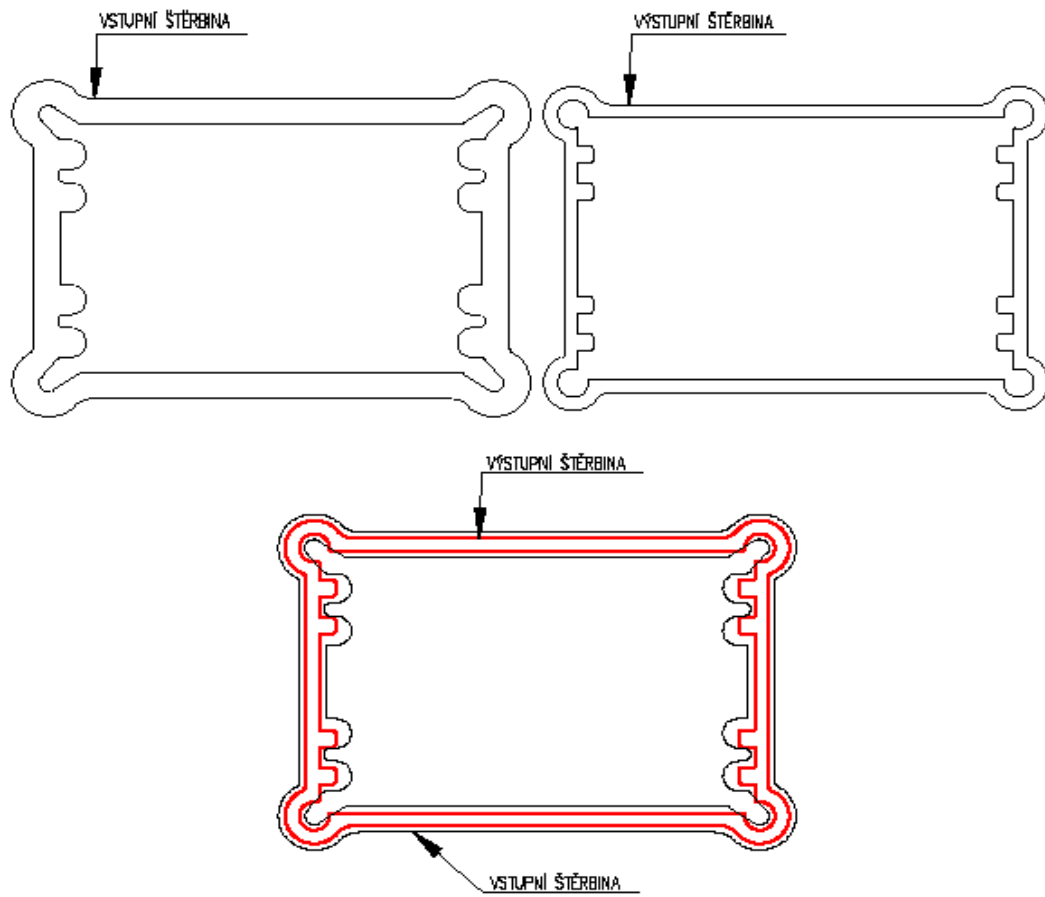
Hubice bude mít po celé délce konstantní průřez, ten zajistí, že se polymerní materiál natvaruje do požadovaného tvaru a po vytlačení z vytlačovací hlavy si jej částečně zachová. Při návrhu štěrbin se vychází z 2D nákresu výrobku v měřítku 1:1. Vzhledem ke zvolenému materiálu a smrštění si nákres zvětší o 10%. Jelikož je tloušťka stěny výrobku 1,5 mm, po zvětšení se rozměr štěrbin zvětší na rozměr 1,65 mm. Pokud by se tato tloušťka štěrbin zachovala, po vytlačení polymeru z vytlačovací hlavy by nastalo narůstání, to znamená, že k tloušťce stěny 1,65 mm by se musel přičíst nárůst o cca 10%. Po protažení taveniny chladicí vanou z takto navržené štěrbin by se výrobek vyznačoval příliš velkou tloušťkou stěny. Zvětšené tloušťky stěn profilu se z tohoto důvodu musí zmenšit. Tloušťka stěny se zmenší na původní rozměr 1,5 mm, ale zachová se šířka a výška štěrbin po zvětšení, tím se docílí toho, že polymerní materiál po vytlačení z vytlačovací hlavy naroste, ale jeho následné protažení pomocí odtahovacího stroje jednotlivé stěny produktu zmenší.



Obr. 44 Hubice – tvar štěrbin

7.1.2 Návrh štěrbin – deska 3

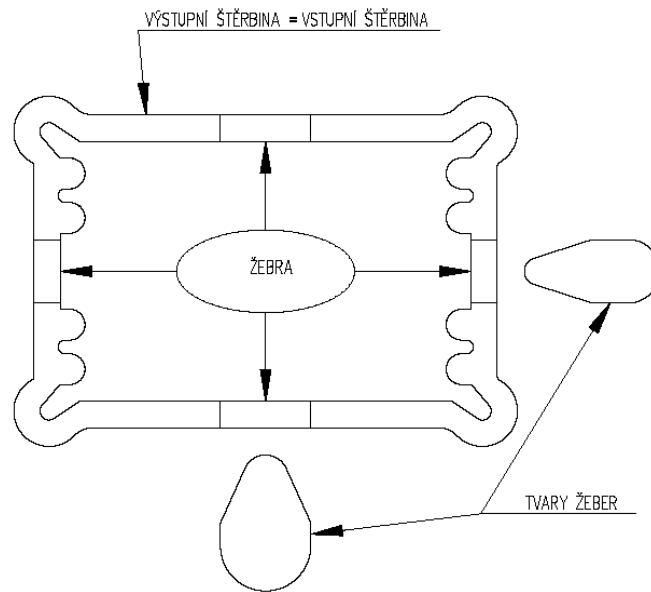
Štěrbina v desce 3 bude mít průřez, který se bude plynule zmenšovat na průřez shodný se štěrbinou v hubici. Vstupní štěrbina bude tedy oproti výstupní štěrbině zvětšena na dvojnásobnou šířku, tím se docílí toho, že se k výstupní štěrbině bude dostávat dostatečné množství polymerního materiálu, který se bude zmenšujícím se kanálem plynule rozvádět do celého průřezu.



Obr. 45 Deska 3 – tvar štěrby

7.1.3 Návrh štěrby – deska 2

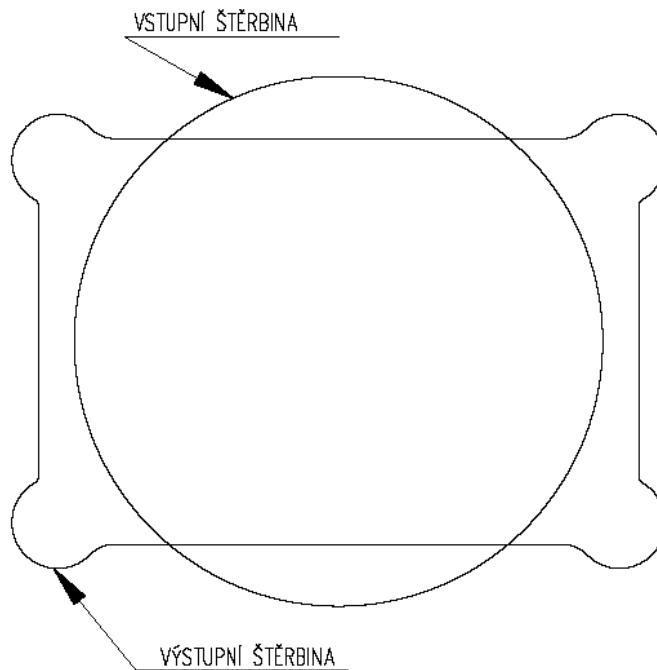
Štěrbina v desce 2 bude mít po celé své délce stejný průřez a budou v ní umístěna čtyři žebra, která budou sloužit k uchycení středového sloupku. Na sloupek se upevní trn a rozdělovač. Rozdělovač usměrní tok taveniny tak, aby obtekla středový sloupek. Rozdělovač vytvoří dutinu hotového výrobku. Aby tavenina dobře obtékala žebra, tak se žebřům vytvoří špice, která bude ze strany od přítoku taveniny, vzniklé ostré rohy se zaoblí.



Obr. 46 Deska 2 – tvar štěrbin

7.1.4 Návrh štěrbin – deska 1

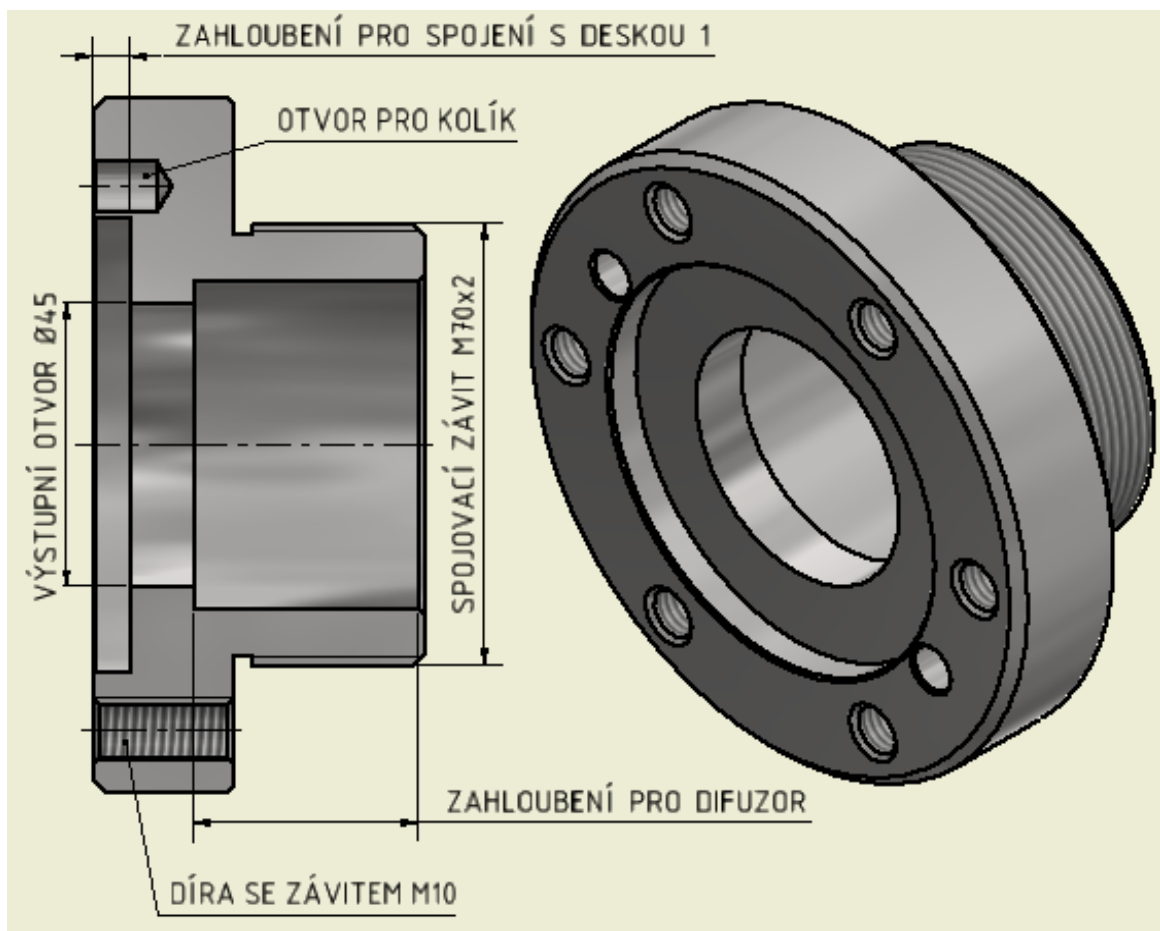
Deska 1 bude sloužit k tomu, aby se vytvořil přechod mezi vstupní štěrbinou ve tvaru kruhu a štěrbinou ve tvaru výrobku. Vstupní štěrbina ve tvaru kruhu má průměr 45 mm, tvar výstupní štěrbin se bude shodovat s tvarem štěrbin v desce 2.



Obr. 47 Deska 1 – tvar štěrbin

7.1.5 Návrh základny vytlačovací hlavy – tělo vytlačovací hlavy

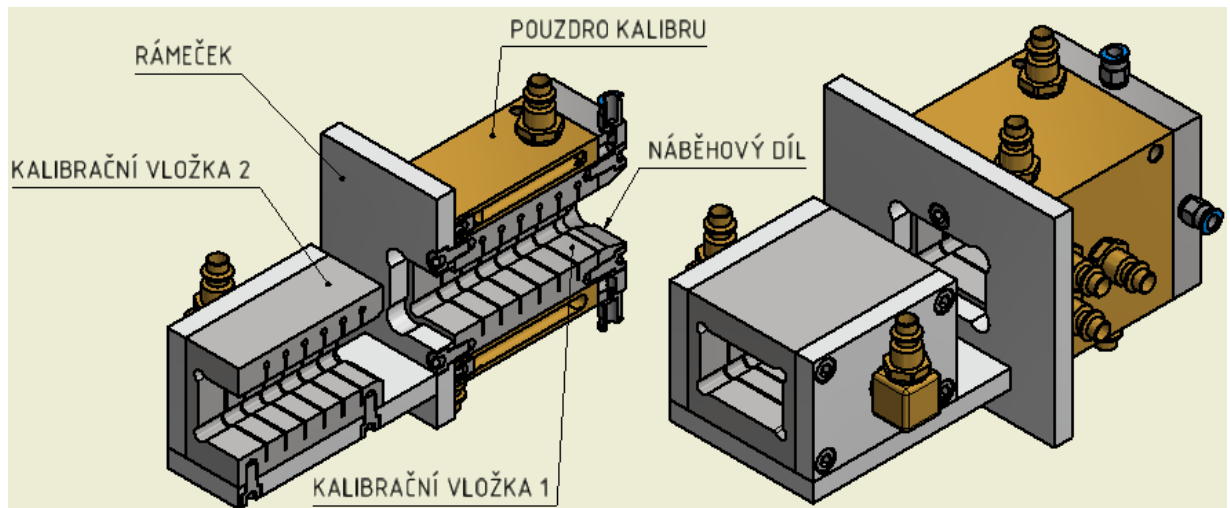
Hlavní funkcí tohoto dílu je spojení jednotlivých desek vytlačovací hlavy, jejich správné ustavení a spojení vytlačovací hlavy s vytlačovacím strojem. Spojení se strojem se zajišťuje pomocí závitu M70x2 s délkou 27 mm. Délka závitu je zvolena tak, aby dílec mohl být zašroubován do stroje v co největší délce a zajistil tak plnohodnotné uchycení. Do těla vytlačovací hlavy musí být vložen difuzor a to ze strany od závitu M70x2, je potřeba počítat s tím, že difuzor musí trčet z přechodového dílu a to v délce 7,5 mm až 8,5 mm, a to proto, aby po upevnění k vytlačovacímu stroji došlo k přilehnutí čelní plochy difuzoru na čelní plochu pracovního válce. Dolehnutí těchto dvou ploch musí zajistit těsnost spoje. Vzhledem k délce difuzoru musí být hloubka otvoru 36 mm. Spojení jednotlivých desek bude zajištěno pomocí šroubů M10x80. Přesné ustavení zajistí válcové kolíky Ø8m6. Otvor pro vstup a výstup polymerní taveniny bude mít kruhový tvar o průměru 45 mm. Díl bude mít ještě zahlobení pro lepší spojení a těsnost s deskou 1.



Obr. 48 Tělo vytlačovací hlavy

8 NÁVRH KALIBRAČNÍHO ÚSTROJÍ

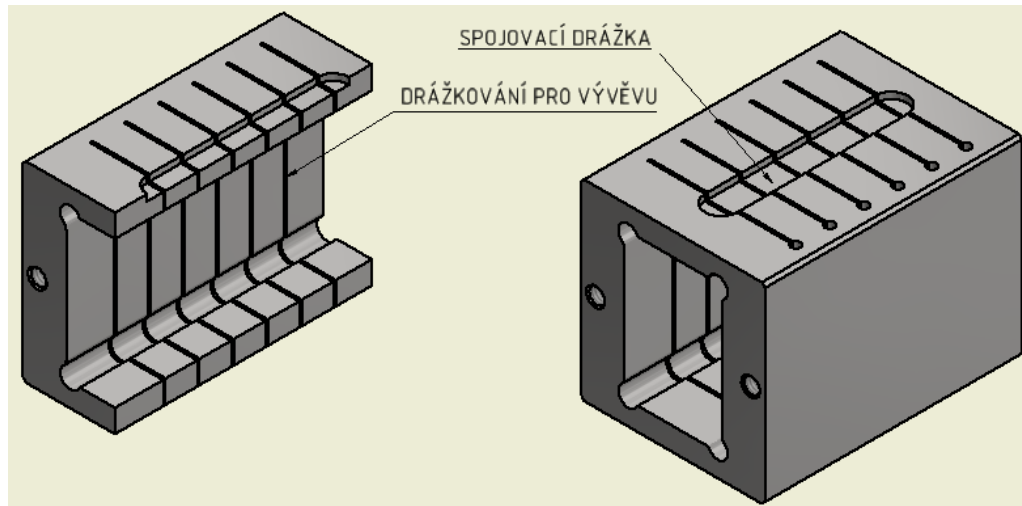
Vzhledem k tvaru výrobku je zvolena podtlaková kalibrace. Kalibrační ústrojí budou dvě. První kalibrační ústrojí bude umístěno před chladicí vanou a druhé bude v prostoru chladicí vany. Vzhledem k tomu, že bude druhé kalibrační ústrojí umístěno v chladicí vaně, tak bude docházet k rychlejšímu ochlazení a kalibrování výrobku. Z tohoto důvodu bude muset být i první kalibrační ústrojí chlazeno. První kalibrační ústrojí se bude skládat z kalibrační vložky, pouzdra kalibru a náběhového dílu. Druhé kalibrační ústrojí bude tvořeno kalibrační vložkou. Obě kalibrační vložky budou mít dutinu, která bude tvarově podobná hotovému výrobku, v této dutině budou drážky, které budou spojeny s vývěvou. Pomocí vývěvy dojde k přísátí výtlačku na stěny kalibrační vložky a postupným ochlazením si tak výtlaček zachová požadovaný tvar.



Obr. 49 Návrh kalibračního ústrojí

8.1 Návrh kalibrační vložky 1 a 2

Kalibrační vložka slouží k tomu, aby taveninu vytékající z vytlačovací hlavy dostatečně zaformovala ve své dutině a následně ji zchladila a výrobek si tak udržel požadovaný tvar a rozměry. Materiál pro kalibrační vložky je zvolen 17 027. Vzhledem k smršťování polymeru

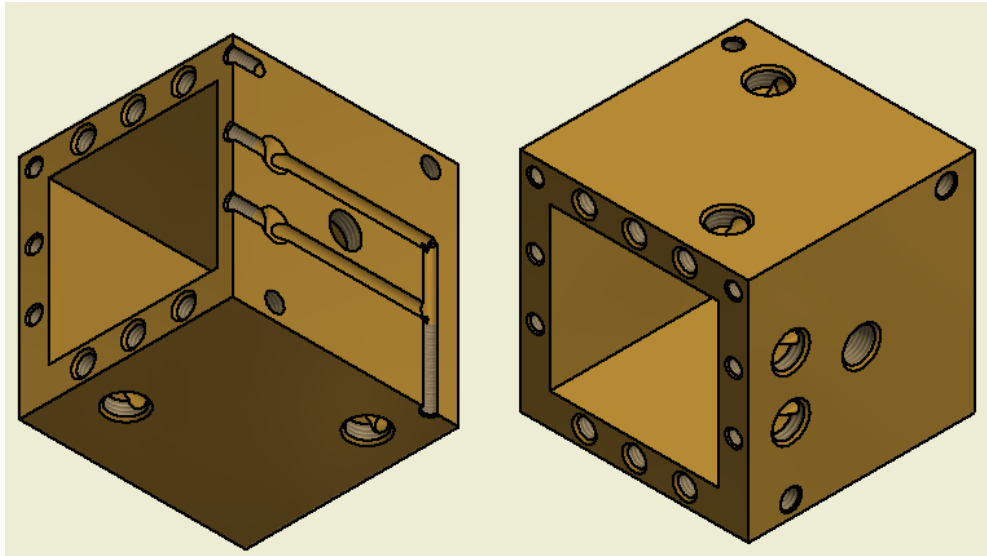


Obr. 50 Kalibrační vložka

nesmí být dutina v kalibrační vložce menší jako jmenovité rozměry požadované na výrobku. Pokud by rozměry dutiny byly menší, nastalo by to, že ztuhnutý polymerní materiál se již dodatečně nezvětší, ale naopak, smrští se. Tím by nebylo možno docílit požadovaných rozměrů. Rozměr dutiny je zvolen větší a to o 0,3 mm po celém obvodu, tím se docílí toho, že se rozměr dutiny takřka dostane na horní jmenovitý rozměr výrobku, po zachlazení a smrštění se rozměr výrobku bude pohybovat v požadovaných tolerancích. Aby byla kalibrace účinnější, budou v kalibrační vložce vytvořeny drážky, které budou navzájem propojeny a spojí se s vývěvou. Tím nastane to, že bude vnější plocha výrobku přisávána k vnitřní ploše kalibrační vložky a výtlaček tak bude kopírovat tvar dutiny.

8.2 Návrh kalibračního pouzdra

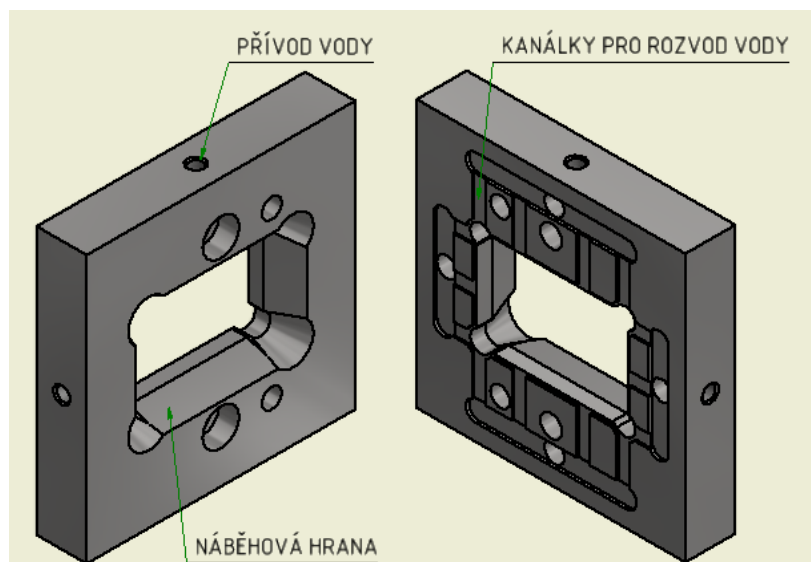
Kalibrační pouzdro slouží k uchycení kalibrační vložky a k jejímu ochlazení. Ochlazování se provádí proudící vodou. Průchod vody budou zajišťovat vyvrtané kanálky, které budou navzájem propojeny. Každá plocha kalibračního pouzdra bude chlazená samostatně, bude mít vlastní přívod a odvod chladicí vody. Přívod a odvod vody bude zajištěn pomocí šroubení a rychlospojek. V kalibrační vložce bude ještě vyvrtán otvor se závitem, který bude sloužit ke spojení vývěvy a kalibrační vložky.



Obr. 51 Kalibrační pouzdro

8.3 Náběhový díl

Náběhový díl slouží k snadnému zavádění polymerní taveniny do kalibračního ústrojí. Náběhový díl je pevně spojen s kalibrační vložkou pomocí šroubů a pro přesné ustavení je zajištěn dvěma kolíky. V náběhovém dílu jsou vyvrtány kanálky a vyfrézovány drážky pro přívod vody. Voda zde bude sloužit k chlazení a snižování tření mezi kalibrační vložkou a taveninou, bude také zabraňovat přilepení taveniny na stěny kalibrační vložky.



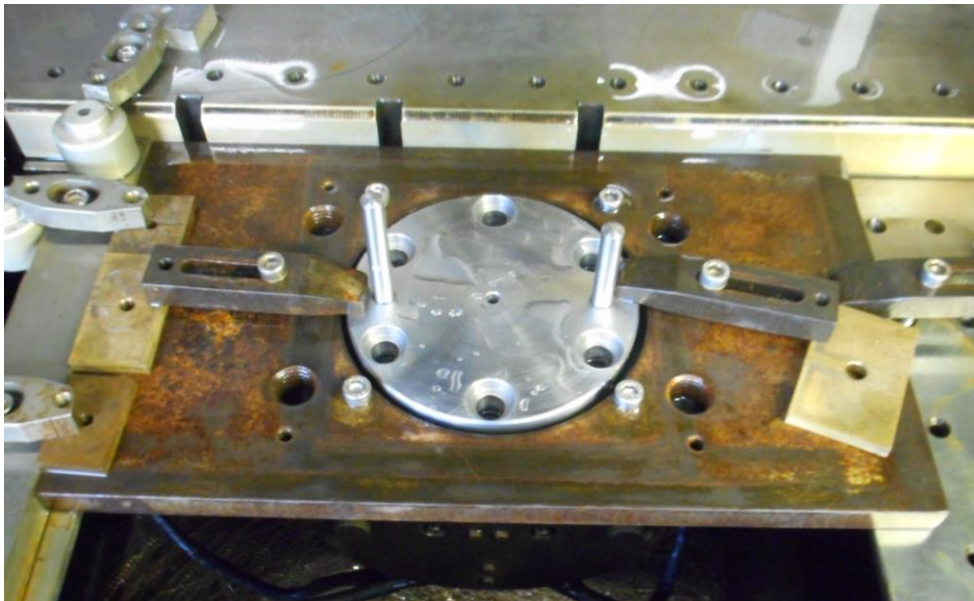
Obr. 52 Náběhový díl

9 VÝROBA NÁSTROJE

Výroba dílů vytlačovací hlavy a kalibračního ústrojí se bude provádět na obráběcích strojích, jak číslicově řízených, tak konvenčních strojích. Jsou to Picomax 54, Robofil 310, Soustruh SV 18R, bruska rovinná TOS BPH 20NA, Biax MB5Z. U stroje Robofil 310 bude při výrobě desek využit přípravek. Mezi dokončovací operace patří leštění tvarové dutiny pomocí jemného leštícího rouna a leštících past.

Tab. 5 Obráběcí operace

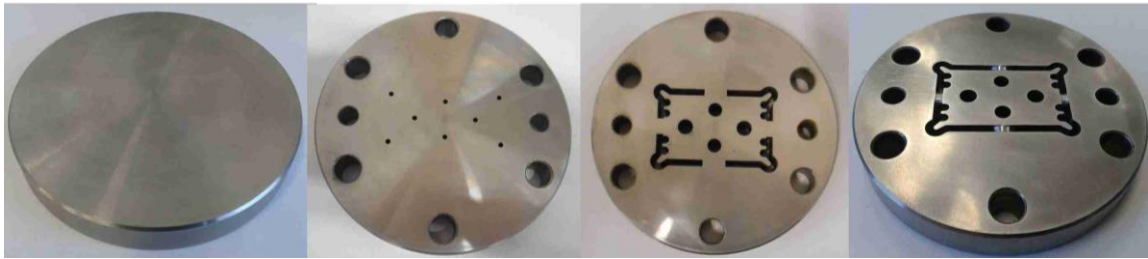
Obráběcí operace	Obráběcí stroj
Broušení dosedacích ploch	TOS BPH 20 NA
Vrtání děr	Picomax 54
Vystružování děr	
Rězání závitů	
Soustružení	Soustruh SV 18R
Drátové řezání	Robofil 310
Dokončovací operace	Biax MB5Z



Obr. 53 Uchycení desky v drátové rezačce Robofil 310 pomocí přípravku

9.1 Výroba desky 2, desky 3 a hubice

Pro výrobu desky 2, desky 3 a hubice se používají již předem vyrobené polotovary, které jsou již vysoustruženy na rozměr $\text{Ø}110 \times 15$ mm. Materiál desek je 17 027.



Obr. 54 Postup výroby desky 2



Obr. 55 Postup výroby desky 3



Obr. 56 Postup výroby hubice

Tab. 6 Postup obrábění desky 2

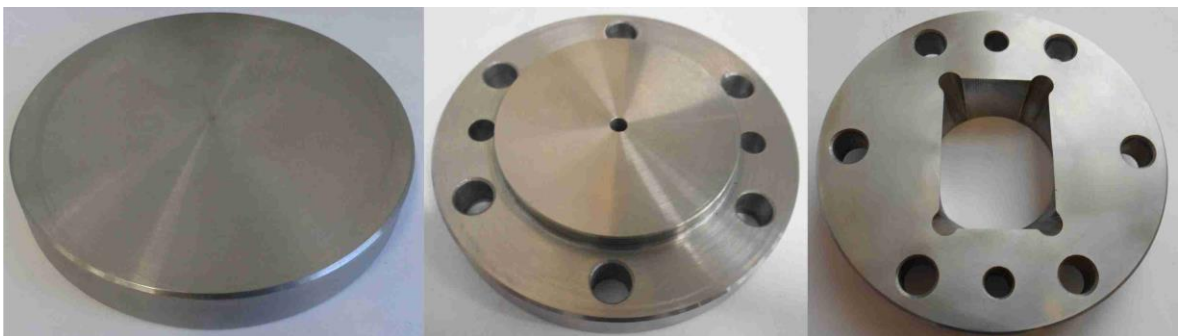
Pořadí	Obráběcí operace	Obráběcí stroj
1.	Vrtání děr	Picomax 54
2.	Drátové řezání dutiny	Picomax 54
3.	Zakulacení žebek	Biax MB5Z
4.	Broušení dosedacích ploch	TOS BPH 20 NA
5.	Dokončovací operace	Biax MB5Z

Tab. 7 Postup obrábění desky 3 a hubice

Pořadí	Obráběcí operace	Obráběcí stroj
1.	Vrtání děr	Picomax 54
2.	Drátové řezání	Robofil 310
3.	Broušení dosedacích ploch	TOS BPH 20 NA
4.	Dokončovací operace	Biax MB5Z

9.2 Výroba desky 1

Pro výrobu desky 1 se použije již vyrobený polotovár o rozměrech $\text{Ø}110 \times 20$ mm. Materiál je zvolen 17 027.



Obr. 57 Postup výroby desky 1

Tab. 8 Postup obrábění desky 1

Pořadí	Obráběcí operace	Obráběcí stroj
1.	Soustružení osazení	Soustruh SV 18R
2.	Vrtání děr	Picomax 54
3.	Drátové řezání dutiny	Robofil 310
4.	Broušení dosedacích ploch	TOS BPH 20 NA
5.	Dokončovací operace	Biax MB5Z

9.3 Výroba těla vytlačovací hlavy

Pro výrobu těla vytlačovací hlavy bude použit polotovár o rozměrech $\text{Ø}115 \times 56$ mm. Materiál bude použit 17 027.



Obr. 58 Tělo vytlačovací hlavy

Tab. 9 Postup obrábění těla vytlačovací hlavy

Pořadí	Obráběcí operace	Obráběcí stroj
1.	Soustružení	Soustruh SV 18R
2.	Vrtání děr, řezání závitů	Picomax 54
3.	Dokončovací operace	Biax MB5Z

9.4 Výroba trnu

Trn se skládá ze dvou dílů, oba díly se vyrobí stejným způsobem, jen se bude lišit jejich obvodový tvar. Polotovar trnů má rozměry 55x55 mm a tloušťku 20 mm. Materiál byl zvolen 17 027.



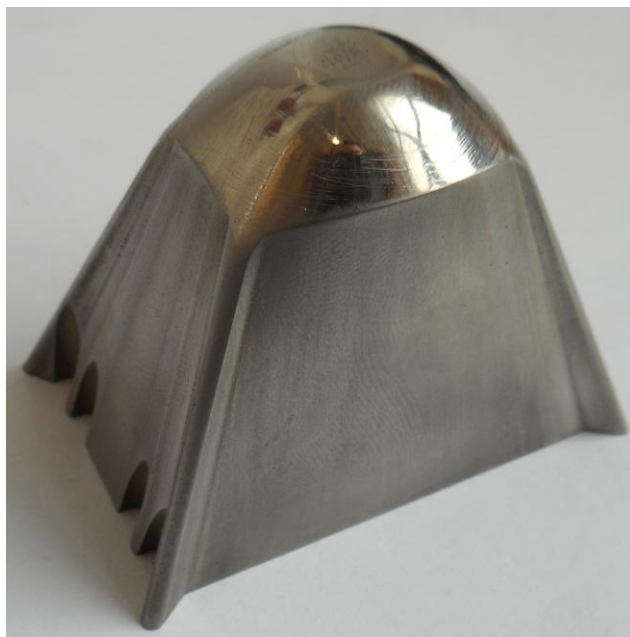
Obr. 59 Trn 2

Tab. 10 Postup obrábění trnu

Pořadí	Obráběcí operace	Obráběcí stroj
1.	Frézování dosedacích ploch	Picomax 54
2.	Vrtání startovacích děr	Picomax 54
3.	Drátové řezání děr	Robofil 310
4.	Drátové řezání obvodu	Robofil 310
5.	Zahloubení děr	Picomax 54
6.	Broušení dosedacích ploch	TOS BPH 20 NA
7.	Dokončovací operace	Biax MB5Z

9.5 Výroba rozdělovače

Pro výrobu rozdělovače byl zvolen polotovar o rozměrech 55x55 mm a tloušťce 45 mm. Materiál byl zvolen 17 027. Při výrobě trnu budou použity přípravky, které budou využity při vrtání děr a soustružení.



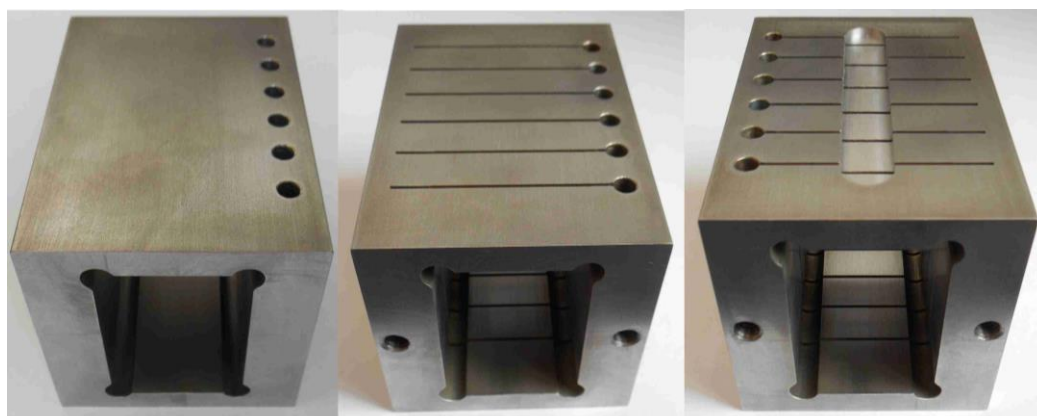
Obr. 60 Rozdělovač

Tab. 11 Postup obrábění rozdělovače

Pořadí	Obráběcí operace	Obráběcí stroj
1.	Frézování dosedací plochy	Picomax 54
2.	Přebroušení dosedací plochy	TOS BPH 20 NA
3.	Drátové řezání obvodu	Robofil 310
4.	Vrtání děr	Picomax 54
5.	Soustružení špice	Soustruh SV 18R
6.	Dokončovací operace	Biax MB5Z

9.6 Výroba kalibrační vložky 1 a 2

Pro výrobu kalibrační vložky bude použit polotovar o rozměrech 63x63 mm a délce 85 mm. Materiál je zvolen 11 027.



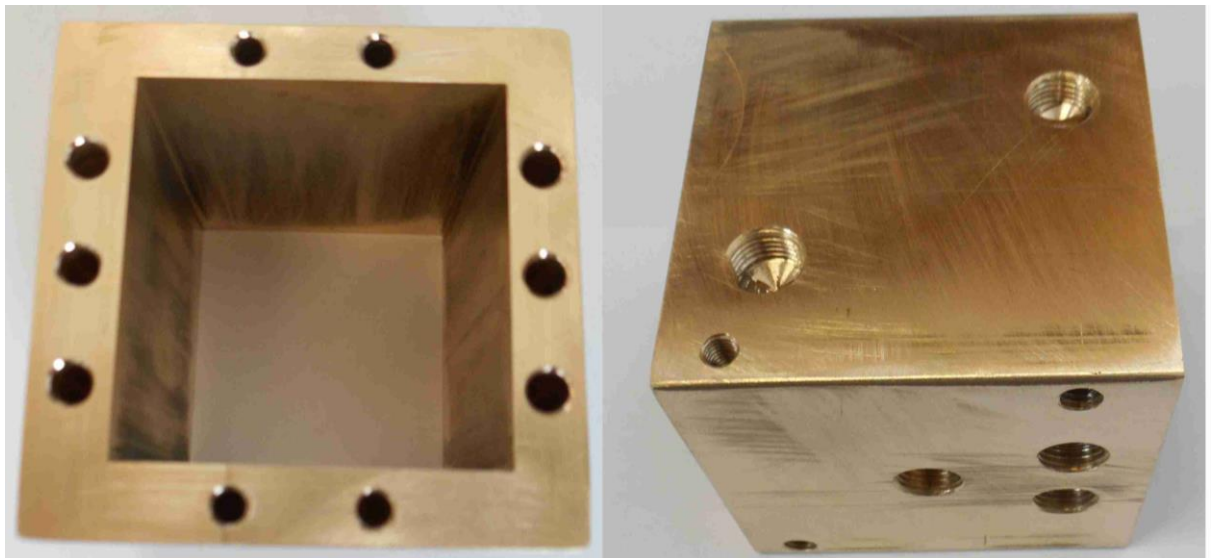
Obr. 61 Postup výroby kalibrační vložky

Tab.12 Postup obrábění kalibrační vložky

Pořadí	Obráběcí operace	Obráběcí stroj
1.	Frézování dosedacích ploch	Picomax 54
2.	Vrtání startovacího otvoru pro dutinu	Picomax 54
3.	Drátové řezání dutiny	Robofil 310
4.	Drátové řezání obvodu	Robofil 310
5.	Vrtání startovacích děr - drážkování	Picomax 54
6.	Drátové řezání - drážkování	Robofil 310
7.	Frézování drážky	Picomax 54
8.	Dokončovací operace	Biax MB5Z

9.7 Výroba kalibračního pouzdra

Pro výrobu kalibračního pouzdra bude použit polotovár o rozměrech 80x80 mm a délce 85 mm. Materiál kalibračního pouzdra byl zvolen 42 3223.



Obr. 62 Kalibrační pouzdro

Tab. 13 Postup obrábění kalibračního pouzdra

Pořadí	Obráběcí operace	Obráběcí stroj
1.	Frézování dosedací plochy	Picomax 54
2.	Vrtání startovacího otvoru	Picomax 54
3.	Drátové řezání dutiny	Robofil 310
4.	Vrtání kanálek	Picomax 54
5.	Dokončovací operace	Biax MB5Z

10 ZKOUŠENÍ A ODLADĚNÍ NÁSTROJE

Zkoušení se provede za účasti technologa na vytlačovacím stroji IDE ME 45/4 x 25D. Před zkouškou se musí materiál ABS vysušit a to v sušicím zařízení Maguire LPD 200. Materiál se suší při teplotě 80°C po dobu 30-ti minut. Během sušení se vytlačovací hlava a kalibrační ústrojí upevní na vytlačovací linku. Na vytlačovací hlavu se ještě upevní odporový topný pás a teplotní čidlo. Topný pás slouží k temperování a teplotní čidlo ke snímání teploty. Temperovací teplota pracovního válce je v rozsahu 150 – 200°C, pracovní válec je rozdělen na čtyři teplotní pásma. Teplota vytlačovací hlavy a příruby je 200°C. Ke kalibračnímu ústrojí se upevní hadice s přívodem a odvodem chladicí vody a hadice pro vývěvu. Po vysušení granulátu a vytemperování vytlačovacího stroje se nasype granulát do násypky a nastaví se základní otáčky šneku. Po vytlačení taveniny z vytlačovací hlavy se výtlaček protáhne přes kalibrační ústrojí, chladicí vanu, odtahovací ústrojí a řezací ústrojí. Poté se upraví otáčky šneku a odtahovacího ústrojí. Chladicí vana se napustí vodou a zapne se vývěva. Při správně nastavené výrobě se za řezacím ústrojím začnou hromadit výrobky, které se musí zkontrolovat podle daného výrobního výkresu. Pokud výrobek není shodný s výkresovou dokumentací, musí po konzultaci nástrojaře a technologa nastat potřebná úprava vytlačovací hlavy, nebo kalibračního ústrojí.

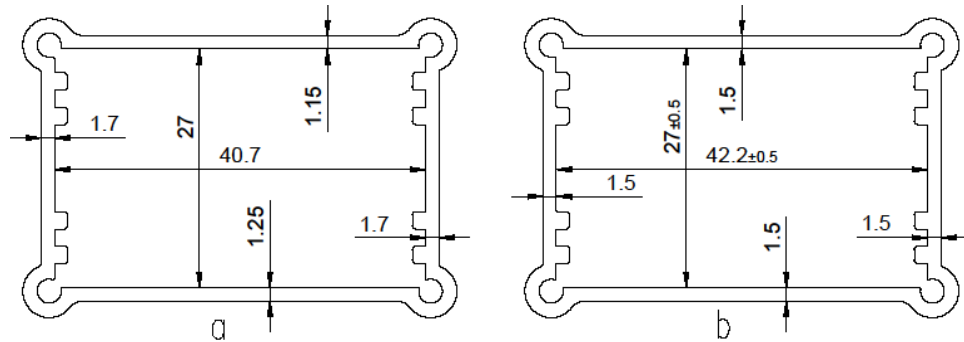
Tab. 14 Temperační teplota

Temperované místo	Hodnota	Jednotky
Pásma 1	170	°C
Pásma 2	180	°C
Pásma 3	185	°C
Pásma 4	190	°C
Příruba	200	°C
Vytlačovací hlava	200	°C

10.1 Zkouška číslo 1

Po odzkoušení vytlačovacího nástroje byly zjištěny neshody výrobku s výkresovou dokumentací. Nebylo dosaženo potřebných tloušťek stěn a potřebné šířky výrobku. Z tohoto důvodu se bude muset provést úprava vytlačovacího nástroje. Tloušťka stěn se upraví tak,

že se upraví vtokový kanál v desce 3. Pro větší účinek chlazení bude ke každé kalibrační vložce přidán jeden vstup pro vývěvu.

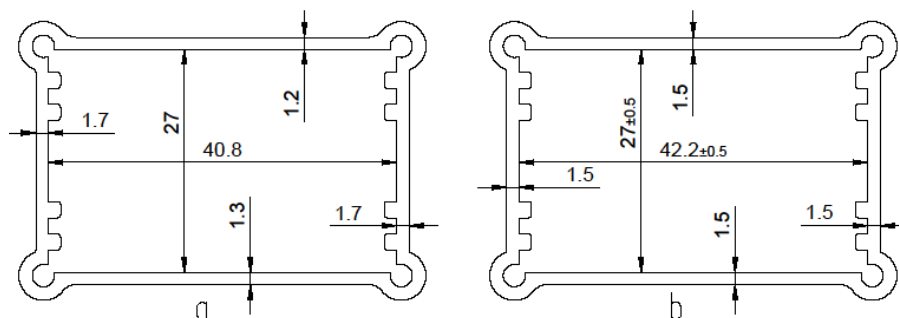


Obr. 63 Zkouška číslo 1 - porovnání rozměrů

a – naměřené hodnoty, *b* – požadované hodnoty

10.2 Zkouška číslo 2

Po vyzkoušení vytlačovacího nástroje byly zjištěny neshody výrobku s výkresovou dokumentací. Nebylo dosaženo potřebných tloušťek stěn a potřebné šířky výrobku. Pro snadnější úpravu tloušťek stěn bude vyroben nový díl trnu, kde nastane zvětšení šířky trnu a zmenšení výšky trnu. Touto úpravou se docílí toho, že se výstupní šterbina na bočních stěnách zmenší a na horních stěnách zvětší.



Obr. 64 Zkouška číslo 2 – porovnání rozměrů

a – naměřené hodnoty, *b* – požadované hodnoty

10.3 Zkouška číslo 3

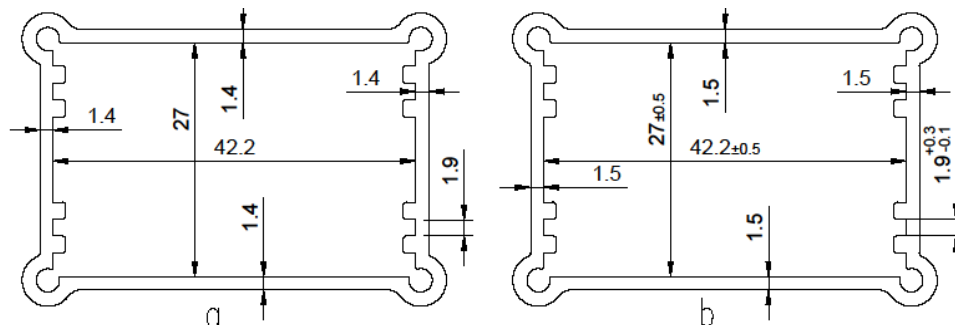
Po vyzkoušení vytlačovacího nástroje bylo zjištěno, že tloušťka stěn a výška výrobku jsou v přijatelných hodnotách, ale šířka výrobku je stále o 1 mm menší. Podrobnějším prozkoumáním bylo zjištěno, že v kalibračních vložkách dochází ve čtyřech místech ke zvýšenému tření a tím také k tomu, že výtlaček nebyl dostatečně zatečený v rozích kalibrační dutiny. Z tohoto důvodu se musí provést úprava v kalibračních vložkách, a to ta, že se v obou kalibračních vložkách musí zvětšit šířka.



Obr. 65 Zkouška číslo 3 – místa se zvýšeným třením

10.4 Zkouška číslo 4

Po vyzkoušení vytlačovacího nástroje byly kontrolované rozměry výrobku v požadovaných tolerancích.



Obr. 66 Zkouška číslo 4 – porovnání rozměrů

a – naměřené hodnoty, *b* – požadované hodnoty

11 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Před návrhem vytlačovacího nástroje se nejprve zvolil materiál a upravil tvar vytlačovaného výrobku tak, aby byl co nejvíce vhodný pro výrobu metodou vytlačování. Úprava tvaru spočívala v odstranění rozdílných tloušťek stěn a také ostrých rohů, v kterých tavenina hůře teče. Výsledkem bylo navržení tvaru, který je jak pro výrobu nástroje, tak i jeho následné doladění jednodušší. Vzhledem ke zvolenému materiálu výrobku byla vybrána vhodná vytlačovací linka.

Návrh vytlačovací hlavy a kalibračního ústrojí byl proveden v počítačových softwarech, které usnadnily práci s dimenzováním tvarové štěrbině a jednotlivých dílů. Vytlačovací hlava byla navržena tak, aby tok taveniny byl co nejvíce rovnoměrný, rozměry štěrbině byly upraveny dle tokových vlastností materiálu a jednotlivé díly zaručovaly snadnou montáž a demontáž. Kalibrační ústrojí bylo navrženo dle tvaru výrobku, byla zvolena podtlaková kalibrace. Kalibrační ústrojí bylo navrženo z dílů, kterým byly přidány chladicí kanálky a připojení pro vývěvu.

Výroba jednotlivých dílů vytlačovacího nástroje proběhla na obráběcích strojích dle výkresové dokumentace, která byla vyhotovena v programu Inventor. Po vyrobení jednotlivých dílů se tvarové dutiny leštily.

Zkoušení vytlačovacího nástroje probíhalo na vytlačovacím stroji. Na základě zkoušky číslo 1 byl upraven tok taveniny ve vytlačovací hlavě a byl zvýšen chladicí účinek kalibračního ústrojí. Dle zkoušky číslo 2 byl vyroben nový díl trnu. Díky této změně bylo docíleno požadovaných tloušťek stěn. Na základě zkoušky číslo 3 bylo zjištěno, že kalibrační vložka v určitých místech zabraňuje tavenině roztažení taveniny po celém obvodu dutiny a tím nebylo možno dosáhnout potřebné šířky výrobku. Následně došlo ke zvětšení šířky v kalibrační vložce. Při zkoušce číslo 4 byl zhotoven výrobek v požadovaných rozměrových tolerancích.

ZÁVĚR

Záměrem bakalářské práce bylo navrhnout a vyrobit vytlačovací nástroj pro zadaný plastový díl. Mimo samotný návrh a výrobu vytlačovacího nástroje je v bakalářské práci věnována pozornost také teoretickým poznatkům týkajících se polymerů a jejich způsobu zpracování metodou vytlačování.

Teoretická část vychází z odborných publikací českých i zahraničních autorů. Zde se pozornost věnovala dělení polymerů, jejich výrobě a přísadám. Větší část byla zaměřena na metodu vytlačování, kde se věnovala především vytlačovacím hlavám a kalibračním ústrojím. Také byly zohledněny jednotlivé části vytlačovacích linek.

V praktické části byl pomocí programu AutoCAD navržen vytlačovací nástroj, následně byly vyhotoveny 3D modely a výrobní výkresy v programu Inventor. Na základě výkresové dokumentace byly vyrobeny jednotlivé díly, ze kterých byl vytlačovací nástroj sestaven a následně připevněn na vytlačovací stroj.

Podstatnou fází výrobního procesu bylo odzkoušení vyrobeného nástroje a jeho následné upravení takovým způsobem, aby vytlačený produkt splňoval kritéria požadované zákazníkem.

Závěrem bakalářské práce je nutné konstatovat, že vytlačovací nástroj byl vyroben dle přiložené výkresové dokumentace, odzkoušen a odladěn. Zkoušení a odladění se provádělo na vytlačovacím stroji ME 45/4 x 25D. Poslední zkouška zajistila výrobu vzorků v požadovaných rozměrových tolerancích. Vyrobené vzorky byly odeslány na odzkoušení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995, 354 s. ISBN 80-7080-241-3.
- [2] HOLZMÜLLER, Werner. *Fyzika polymerů*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966, 625 s.
- [3] HAVLÍČEK, Vladimír, Miloš OSTEN a Jaromír ŠŇUPÁREK. *Přehled plastických hmot*. 2., dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960, 424s.
- [4] LENFELD, Petr. *Technologie II*. Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009, 138 s. ISBN 978-80-7372-467-2. Dostupné z:
<http://kramerusndktest.mzk.cz/search/handle/uuid:d3bac360-eca8-11e3-a2c6-005056827e51>
- [5] MAŇAS, Miroslav a Josef HELŠTÝN. *Výrobní stroje a zařízení*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1990, 199 s. ISBN 80-214-0213-x
- [6] MAŇAS, Miroslav a Jiří VLČEK. *Aplikovaná reologie*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2001, 144 s. ISBN 80-7318-039-1.
- [7] JAHELKA, Miroslav. *Gumárenské a plastikářské stroje: učeb text pro 3. a 4. ročník SPŠCh obor 06-2-02*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1969, 568 s.
- [8] TOMIS, František. *Gumárenské a plastikářské technologie: zpracovatelské procesy*. 2. přeprac. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1987, 289 s.
- [9] HANULÍK, Radomil a Helena HANULÍKOVÁ. *Plastikářské technologie: učebnice pro třetí a čtvrtý ročník SPŠP-COP Zlín, zpracovatelského oboru*. 1. vyd. Zlín: Střední průmyslová škola polytechnická – COP Zlín, 2011, 147 s. ISBN 978-80-905002-1-1.
- [10] MICHAELI, Walter. *Extrusion dies for plastics and rubber: design and engineering computations*. 3rd rev. ed. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 2003, 362 p. ISBN 1-56990-349-2.

[11] AUTODESK. Autocad [online]. [cit. 2016-01-20]. Dostupné z :

<http://www.autodesk.com/products/autocad/overview>

[12] AUTODESK. Inventor [online]. [cit. 2016-01-20]. Dostupné z :

<http://www.autodesk.com/products/inventor/overview>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C	Stupeň Celsia
2D	Dvourozměrný
3D	Trojrozměrný
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
ASA	Akrylonitril-styren-akrilát
bar	Bar
CAD	Computer aided design (počítačová podpora konstrukce)
DWG	DraWinG (nativní formát souboru programu AutoCAD)
hod	Hodina
kg	Kylogram
ks	Kus
l	Litr
m	Metr
min	Minuta
mm	Milimetr
NC	Numerical control (číslicově řízený)
ot	Otáčka
PA6	Polyamid 6
PA66	Polyamid 66
PC	Polykarbonát
PEEK	Polyetheretherketon
PE-HD	Polyethylen vysokohustotní
PE-LD	Polyethylen nízkohustotní
PE-LLD	Polyethylen lineární nízkohustotní

PES	Polyethylenterenftalát
PET	Polyethylenterenftalát
PI	Polyimid
POM	Polyoxymethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PTFE	Polytetrafluorethylen
SAN	Styren-akrylonitril

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Mřížková rovina (111) v krystalické makromolekulární látce [2]</i>	15
<i>Obr. 2 Orientovaná struktura</i>	15
<i>Obr. 3 Schematické znázornění makromolekul</i>	16
<i>Obr. 4 Princip syntézy polymerů (schematicky) [2]</i>	18
<i>Obr. 5 Schéma vytlačovací linky</i>	22
<i>Obr. 6 Pracovní pásma šnekového vytlačovacího stroje [6]</i>	23
<i>Obr. 7 Rozdělení vytlačovacích strojů [5]</i>	23
<i>Obr. 8 Pístový vytlačovací stroj</i>	24
<i>Obr. 9 Diskový vytlačovací stroj</i>	25
<i>Obr. 10 Jednošnekový vytlačovací stroj [9]</i>	26
<i>Obr. 11 Rozdělení dvoušnekových vytlačovacích strojů podle smyslu otáčení a uspořádání šneků</i>	26
<i>Obr. 12 Rozdělení vícešnekových vytlačovacích strojů [5]</i>	27
<i>Obr. 13 Standardní šnek [6]</i>	28
<i>Obr. 14 Princip tavení polymeru ve šnekovém kanále [6]</i>	28
<i>Obr. 15 Některé způsoby zakončení šneku [5]</i>	29
<i>Obr. 16 Provedení plnicích otvorů</i>	30
<i>Obr. 17 Rozdělení vytlačovacích hlav</i>	31
<i>Obr. 18 Přímá vytlačovací hlava na plný průřez</i>	31
<i>Obr. 19 Příčná vytlačovací hlava na opláštění drátů [9]</i>	33
<i>Obr. 20 Šikmá vytlačovací hlava na opláštění</i>	34
<i>Obr. 21 Svařované můstky na průvlaku [10]</i>	36
<i>Obr. 22 Vícestupňová hlava [10]</i>	37
<i>Obr. 23 Profilová hlava s postupnou změnou průřezu [10]</i>	38
<i>Obr. 24 Průvlaková kalibrace</i>	39
<i>Obr. 25 Přetlaková kalibrace</i>	40
<i>Obr. 26 Vakuová kalibrace</i>	40
<i>Obr. 27 Vytlačovací linka na výrobu profilů</i>	42
<i>Obr. 28 Vytlačovací linka na výrobu fólií</i>	43
<i>Obr. 29 Vytlačovací linka na výrobu vláken</i>	44
<i>Obr. 30 Vytlačovací linka na opláštění</i>	44

<i>Obr. 31</i> Využití aplikace Geomax	49
<i>Obr. 32</i> Aplikace Simfil.....	49
<i>Obr. 33</i> Renderovaný model sestavy vysílače.....	50
<i>Obr. 34</i> Renderovaný model vytlačovaného dílu	51
<i>Obr. 35</i> Návrh tvaru výrobku č. 1	52
<i>Obr. 36</i> Návrh tvaru výrobku č. 2	53
<i>Obr. 37</i> Návrh tvaru výrobku č. 3	53
<i>Obr. 38</i> Návrh tvaru výrobku č. 4	54
<i>Obr. 39</i> Návrh tvaru výrobku č. 5	54
<i>Obr. 40</i> Návrh rozměrových tolerancí výrobku	55
<i>Obr. 41</i> Schéma vytlačovací linky.....	57
<i>Obr. 42</i> Řezací ústrojí	58
<i>Obr. 43</i> Návrh vytlačovací hlavy	59
<i>Obr. 44</i> Hubice – tvar štěrbin	61
<i>Obr. 45</i> Deska 3 – tvar štěrbin.....	62
<i>Obr. 46</i> Deska 2 – tvar štěrbin.....	63
<i>Obr. 47</i> Deska 1 – tvar štěrbin.....	63
<i>Obr. 48</i> Tělo vytlačovací hlavy	64
<i>Obr. 49</i> Návrh kalibračního ústrojí	65
<i>Obr. 50</i> Kalibrační vložka	66
<i>Obr. 51</i> Kalibrační pouzdro.....	67
<i>Obr. 52</i> Náběhový díl.....	67
<i>Obr. 53</i> Uchycení desky v drátové řezačce Robofil 310 pomocí přípravku.....	68
<i>Obr. 54</i> Postup výroby desky 2	69
<i>Obr. 55</i> Postup výroby desky 3	69
<i>Obr. 56</i> Postup výroby hubice	69
<i>Obr. 57</i> Postup výroby desky 1	70
<i>Obr. 58</i> Tělo vytlačovací hlavy	71
<i>Obr. 59</i> Trn 2	72
<i>Obr. 60</i> Rozdělovač.....	73
<i>Obr. 61</i> Postup výroby kalibrační vložky.....	73
<i>Obr. 62</i> Kalibrační pouzdro.....	74
<i>Obr. 63</i> Zkouška číslo 1 - porovnání rozměrů	76

<i>Obr. 64 Zkouška číslo 2 – porovnání rozměrů</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 65 Zkouška číslo 3 – místa se zvýšeným třením.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 66 Zkouška číslo 4 – porovnání rozměrů</i>	<i>77</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Postup výroby tvaru výrobku</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 2 Parametry vytlačovacího stroje</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 3 Parametry chladicí vany</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 4 Parametry odtahovacího ústrojí</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 5 Obráběcí operace</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 6 Postup obrábění desky 2</i>	<i>69</i>
<i>Tab. 7 Postup obrábění desky 3 a hubice</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 8 Postup obrábění desky 1</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 9 Postup obrábění těla vytlačovací hlavy</i>	<i>71</i>
<i>Tab. 10 Postup obrábění trnu</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 11 Postup obrábění rozdělovače</i>	<i>73</i>
<i>Tab. 12 Postup obrábění kalibrační vložky</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 13 Postup obrábění kalibračního pouzdra</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 14 Temperační teplota.....</i>	<i>75</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace vytlačovací hlavy

Název výkresu	Číslo výkresu
Vytlačovací hlava sestava	2857H-1
Hubice	2857H-1-1
Deska 1	2857H-1-2
Tělo hlavy	2857H-1-3
Difuzor	2857H-1-4
Rozdělovač	2857H-1-5
Deska 2	2857H-1-6
Deska 3	2857H-1-7
Trn 2	2857H-1-8
Trn 1	2857H-1-9

Výkresová dokumentace kalibračního ústrojí

Název výkresu	Číslo výkresu
Kalibrační ústrojí sestava	2857K-1
Obal kalibru	2857K-1-1
Kalibrační vložka 1	2857K-1-2
Rámeček	2857K-1-3
Náběhová hrana	2857K-1-4
Kalibrační vložka 2	2857K-1-5
Kryt boční	2857K-1-6
Kryt spodní	2857K-1-7

Výkresová dokumentace výrobku

Název výkresu	Číslo výkresu
Kryt snímače	2857V

Protokol z výrobní zkoušky

Název	Datum zkoušky
Protokol z výrobní zkoušky	18.4.2015
Protokol z výrobní zkoušky	20.4.2015
Protokol z výrobní zkoušky	25.4.2015
Protokol z výrobní zkoušky	29.4.2015

DVD-ROM obsahuje:

- 3D modely vytlačovací hlavy, kalibračního ústrojí a vytlačovaného výrobku
- výkresovou dokumentaci vytlačovací hlavy, kalibračního ústrojí a vytlačovaného výrobku
- protokoly z výrobních zkoušek
- textovou část bakalářské práce

