

Linka na vytlačování hadiček

Petr Jarcovják

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

nascannované zadání s. 1

nascannované zadání s. 2

*** naskenované Prohlášení str. 1***

*** naskenované Prohlášení str. 2***

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá linkou na vytlačování hadiček, které jsou určeny pro zdravotnický průmysl. Tato práce vznikala v době, kdy jsme zaváděli vytlačovací proces do naší společnosti. Je zde popsán jeden konkrétní typ vyráběné vytlačované hadičky, jeho zavedení do výrobního procesu díky vhodné optimalizaci vytlačovacího stroje.

Klíčová slova: vytlačování, vytlačovací stroj a linka, PVC

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the line for the extrusion of tubing, which is designed for healthcare industry. This bachelor thesis originated at a time when we introduce extrusion process in our company. There is described a particular type of manufactured extruded tubing, its introduction into the production process through appropriate extruder.

Keywords: extrusion, extrusion machine and line, PVC

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Kamilu Kyasovi za odborné vedení a cenné rady při vypracovávání mé bakalářské práce. Velké poděkování taktéž náleží společnosti Gambro Czech Republic, s.r.o., pro kterou mohu pracovat a bez které by tato práce nevznikla. Jmenovitě děkuji panu Christianovi Seemannovi a taktéž děkuji paní Ing. Zdeně Trefilové. Dále bych chtěl tímto poděkovat i mé manželce za psychickou podporu během mého celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PLASTY A JEJICH ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI	12
1.1 ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI PLASTŮ	12
1.2 TECHNOLOGICKÉ OPERACE PLASTŮ	13
2 VYTLAČOVÁNÍ	14
2.1 ÚVOD	14
2.2 PROCES VYTLAČOVÁNÍ	14
2.3 VYTLAČOVACÍ STROJ	16
2.3.1 Jednošnekové vytlačovací stroje	17
2.3.2 Dvoušnekové vytlačovací stroje.....	17
2.3.3 Pístové vytlačovací stroje.....	19
2.3.4 Diskové vytlačovací stroje	19
2.4 ČÁSTI VYTLAČOVACÍHO STROJE	20
2.4.1 Šnek.....	20
2.4.2 Plastikační komora (pracovní válec).....	21
2.4.3 Plnicí otvor, násypka a zásobník	21
2.4.4 Pohon šneku	21
2.4.5 Vytlačovací hlava.....	22
2.4.6 Lamač.....	24
2.4.7 Síta.....	25
2.5 VYTLAČOVACÍ LINKA.....	25
2.5.1 Měřicí a kontrolní zařízení.....	25
2.5.2 Chlazení.....	26
2.5.3 Kalibrace	26
2.5.4 Odtah	26
2.5.5 Dělicí, ukládací zařízení.....	26
3 PLASTY A JEJICH ROZDĚLENÍ	27
3.1 VINILOVÉ POLYMERY	28
3.1.1 Polyvinylchlorid (PVC).....	28
3.1.2 Použití PVC ve zdravotnictví.....	29
3.2 PŘÍSADY DO PLASTŮ	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 ÚVOD	33
5 VYTLAČOVACÍ LINKA	34

5.1	POPIS VÝROBKU	35
5.2	VYTLAČOVACÍ STROJ (EXTRUDÉR).....	36
5.3	CHLADÍCÍ LÁZEŇ.....	37
5.4	ODTAH	38
5.5	NAVÍJEČ	39
5.6	MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ	39
5.7	VYROVNÁVACÍ ZAŘÍZENÍ	40
5.8	MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	41
5.8.1	Ultrazvukové měřicí zařízení	42
5.8.2	Laserové měřicí zařízení	42
6	NASTAVENÍ VYTLAČOVACÍ LINKY PRO VÝROBU HADIČKY 4,3 X 6,8.....	43
6.1	SPECIFIKAČNÍ A KVALITATIVNÍ POŽADAVKY VYRÁBĚNÉ HADIČKY	43
6.2	PARAMETRY VYTLAČOVACÍHO PROCESU PŘED OPTIMALIZACÍ.....	44
6.2.1	Vytlačování PVC hadičky 4,3 x 6,8	45
7	OPTIMALIZACE VYTLAČOVACÍHO PROCESU	46
7.1	PARAMETRY VYTLAČOVACÍHO PROCESU PO OPTIMALIZACI.....	49
7.1.1	Vytlačování PVC hadičky 4,3 x 6,8 po optimalizaci	50
	ZÁVĚR.....	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54

ÚVOD

Rozvoj výroby a zpracování polymerů v posledních dvou desetiletích předstihuje rozvoj většiny jiných oborů. Je to dáno velmi širokou použitelností plastů a pryže pro nejrůznější technické i netechnické účely, snadnou zpracovatelností, výhodnými specifickými vlastnostmi některých polymerů a dříve i poměrně nízkými cenami. [1]

Mimořádný význam mají plasty ve strojírenství, neboť nahrazují kovy a speciální slitiny. Využívá se zde jejich odolnosti proti korozi a chemikáliím, výborných kluzkých vlastností a malé hustoty. Při zpracovávání plastů se v porovnání s kovy snižuje pracnost třikrát až desetkrát. V kabelářském a elektrotechnickém průmyslu se využívá dobrých elektroizolačních vlastností pryže a plastů. Použití lehčených plastů s výbornými tepelně a zvukově izolačními vlastnostmi urychluje rozvoj chemizace stavebnictví. Neméně efektivní je využívání plastů a pryže v automobilovém a obuvnickém průmyslu, v zemědělství, obalové technice, v chemickém průmyslu, zdravotnictví a dalších oborech. Z velkého počtu plastů, které jsou dnes k dispozici, jsou z hlediska vyráběných množství nejvýznamnější polyolefiny, PVC a polystyrenové plasty. To však neznamená, že skupiny s menším objemem výroby (polyamidy, polyestery, polyuretany, polykarbonáty apod.) jsou materiály druhořadými. Naopak, tyto polymery mají v mnohých směrech lepší vlastnosti, které je předurčují pro technické aplikace, a proto se navzdory malým objemům výroby vyznačují velkým počtem typů. [2]

Ke zpracování plastů se používá řady technologických postupů, jejich rozdělení je značně obtížné vzhledem k jejich rozmanitosti a vzájemnému prolínání. Nejčastěji se plastické hmoty zpracovávají tvářením (lisování, vytlačování, válcování, vyfukování a tvarování). Uplatňuje se působení tlaku a tepla, popřípadě obojího. Mezi nejrozšířenější způsoby zpracování plastů a kaučukových směsí patří vytlačování a uplatňuje se v různých fázích technologických procesů. [2]

Cílem této bakalářské práce je vypracovat literární studii, která by čtenáře uvedla do problematiky vytlačování plastů a dále popsat konkrétní linku na vytlačování hadiček. Závěrem by tedy mělo být vyrobení PVC hadičky, určená pro zdravotnictví.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PLASTY A JEJICH ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI

V současné době existuje na trhu plastů několik tisíc různých druhů plastů. V technické praxi však výrazné uplatnění má jen několik desítek druhů plastů. Z celkového objemu světové produkce plastů představuje skoro 80 % jen šest druhů plastů a 70 % výroby jen tři druhy, a to polyolefiny, PVC a styrenové hmoty. Sortiment termoplastů se neustále zvětšuje, a to v podstatě dvěma směry, kdy jednou cestou je výroba stále nových polymerů a druhou cestou je modifikace dosavadních polymerů. Toto zvyšování počtu materiálů má své výhody pro konstrukci a výrobu dílů z plastů, aniž by došlo k výrazné změně ceny, na druhé straně to klade zvýšené nároky na znalosti konstruktérů. Výhody a nevýhody plastů lze shrnout do následujících bodů. Mezi výhody patří nízká měrná hmotnost, výborné zpracovatelské vlastnosti, plasty jsou elektrické izolanty, mají výbornou korozní odolnost, tlumí rázy a chvění, atd. Nevýhodou jsou nízké mechanické a časově závislé vlastnosti, ekologická zatížitelnost, apod. [11]

1.1 Zpracovatelské vlastnosti plastů

Všechny zpracovatelské metody plastů však vycházejí ze základních, tzv. zpracovatelských vlastností plastů, mezi kterými je třeba na prvním místě uvést plasticitu, index toku, tavný index a teplotu měknutí. [3]

Kromě těchto hlavních zpracovatelských kritérií je třeba při zpracování určovat:

- měrné teplo a tepelnou vodivost materiálu - které ovlivňují nároky na dodávané teplo, čas roztavení i čas chladnutí,
- tepelnou stabilitu materiálu - nízká tepelná stabilita často znamená, že se materiál musí zpracovávat při nižších teplotách, čili při vysoké viskozitě taveniny a tedy vysokými tlaky,
- reaktivitu zpracovávaného materiálu - která přichází v úvahu při reaktoplastech a má velký vliv na ekonomiku výroby, a také na výběr zpracovatelských zařízení.

Toto jsou jen nejdůležitější vlastnosti plastů, o kterých musí uvažovat ten, kdo se rozhodne zpracovávat plastickou hmotu na nějakou aplikaci. Všechny závisí na molekulových i nemolekulových strukturálních charakteristikách daného materiálu. Na jejich základě se často určuje, kterou technologií se má daný materiál zpracovávat a na jaké druhy výrobků je tedy v konečném důsledku vhodný. Přestože se při zpracování jednotlivých typů plastů

uplatňují ještě i další vlastnosti a kritéria, praxe ukázala, že se celé skupiny těchto materiálů zpracovávají stejnými postupy, často na stejných zařízeních, jen s malými odchylkami ve zpracovatelských parametrech. To umožňuje zevšeobecnit poznatky o jednotlivých technologických postupech zpracování plastů pro celé skupiny materiálů, v rámci kterých se určí konkrétní technologické parametry pro jednotlivé typy plastů na trhu. [3]

1.2 Technologické operace plastů

Při zpracování polymerů se používá řada technologických operací, které z hlediska vzájemné následnosti členíme do několika skupin. [3]

- Úpravy surovin a materiálů pro zpracování - které zahrnují úpravu velikosti částic polymerů a přísad – drcení, mletí, granulování, tabletování, prosévání,
- Příprava a úprava směsí - přípravou směsí rozumíme operace, při nichž vznikají mnohasložkové soustavy tvořené polymerem a přísadami. Směsi se upravují do vhodného stavu (roztoku, pasty, prášku, tablet, granulátu, pásu), aby se usnadnila manipulace a zpracování.
- Postupy, jimiž se materiálu uděluje tvar:
 - kontinuální procesy (válcování, vytlačování, zvlákňování, lití na pás),
 - cyklické procesy (lisování, vstřikování, přetlačování, odlévání, máčení). [4]

Plasty se zpracovávají při takových termodynamických podmínkách, které umožňují dodat jim požadovaný tvar, aniž by byly nepříznivě ovlivněny jejich fyzikální nebo mechanické vlastnosti. Proces zpracování je kritickou částí celého procesu výroby konečného výrobku, neboť výrazně ovlivňuje cenu výrobku a produktivitu. Faktory, které se podílejí, na volbě technologie jsou: tvar výrobku, velikost výrobku, tolerance na výrobku, materiál (plast), nástroj, stroj. [4]

2 VYTLAČOVÁNÍ

Vytlačování je kontinuální zpracování polymerů nebo jejich směsí. Zplastikovaná, někdy až roztavená hmota se protlačuje profilovým otvorem (hubicí) do volného prostoru. Tlak na hmotu se nejčastěji vyvíjí šnekem, zřídka pístem. [5]

2.1 Úvod

Z plastických hmot se u nás zpracovávají vytlačováním hlavně PVC, polyolefiny a jiné hmoty. Hmota se může přivádět do stroje předeřhřátá, nebo je granulovaná v zásobníku stroje a převádí se do plastického stavu až v příslušném pásmu stroje. Teplota stroje při vytlačování plastických hmot nejdůležitějším činitelem, na kterém závisí kvalita výrobku. Dá se těžko určit předpísem, protože se stává, že jednotlivé šarže zpracovávaného materiálu se liší, a proto se musí podmínky přizpůsobovat. Jestliže je teplota stroje nízká, je povrch vytlačovaného profilu nerovný až drsný. Při vyšší teplotě je povrch lesklý a je nebezpečí, že se materiál v této vrstvě již částečně rozkládá. Tvar vytlačovaného profilu je ovlivněn tvarem v hubici. Stěny vytlačovacího nástroje musí být hladké a zaoblené, nikde nesmějí být ostré hrany, rohy a kouty. Definitivní tvar se obvykle zjistí až praktickými zkouškami. Profil vychází ze stroje tvárný a může se snadno deformovat. Proto musí být správně řešen odtah, popřípadě se musí výrobek kalibrovat na přesný rozměr a zároveň chladit, aby se tvar ustálil. Smršťování materiálu po opuštění vytlačovacího stroje musí být co nejmenší a pravidelné. [6]

Vhodnost polymeru na vytlačování se posuzuje podle jeho tokových vlastností. K tomu je třeba znát tzv. index toku taveniny (ITT). Zjišťuje se vytlačovacím plastometrem a udává hmotnost taveniny, která se vytlačí při zachování jistých podmínek (teploty, tlaku, profilu a rozměrů hubice) za 10 minut. [5]

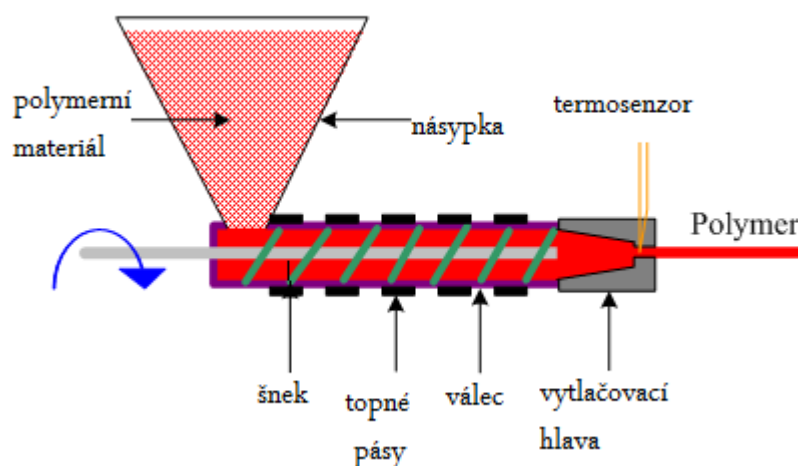
2.2 Proces vytlačování

Ve vytlačovacím stroji se zpracovávaná hmota plastikuje (případně až roztaví) a homogenizuje. V otvoru vytlačovací hlavy se formuje na požadovaný polotovar nebo konečný výrobek a mimo stroj se chladí, kalibruje a upravuje na požadovaný tvar. Hlavním pracovním mechanismem vytlačovacího stroje je šnek, který se otáčí ve vyhřívané nebo chlazené válcové komoře. Komora je zakončená vytlačovací hlavou s profilovým otvorem (hubicí).

Plasty ve formě granulí nebo prášku se přivádějí do plnicího otvoru stroje z násypky. Při přechodu vstupním pásmem se materiál šnekem stlačí, houstne, v přechodovém pásmu se plastikuje až topí. Tuto přeměnu podporuje jednak teplo, vznikající třením a hnětením hmoty, jednak teplo přiváděné stěnou komory. Homogenizace se dokončí ve výstupním pásmu, odkud přechází hmota do vytlačovací hlavy. Teplota jednotlivých částí vytlačovacího stroje se musí upravit tak, aby největší tření vznikalo mezi zpracovávanou hmotou a stěnou pouzdra šneku a naopak nejmenší mezi hmotou a šnekem. Proto je stěna pouzdra drsnější a má vyšší teplotu, povrch šneku musí být dokonale hladký. Při nesprávném tepelném režimu stroje by se hmota neposouvala, otáčela by se šnekem a v podstatě by se nezpracovala. Směs má být šnekem posunována, nikoliv otáčena. [3]

Pracovní válec je většinou upravený i na chlazení, které je důležité především pro vstupní pásmo. Nízká teplota tu ulehčuje zásobování stroje a zabraňuje předčasnému natavování polymeru. Dalším faktorem, který ovlivňuje kvalitu vytlačování, je tlak. Vzniká odporem materiálu v drážkách šneku a především odporem ve vytlačovací hlavě. Šnek je zdrojem tlaku a vytlačovací hlava je spotřebitelem. Stejně jako teplota i tlak se zvyšuje od plnicího otvoru k vytlačovací hlavě a na konci šneku má hodnotu 10 až 40 MPa. [3]

Kvalita vytlačeného profilu je výrazně ovlivněna řešením vytlačovací hlavy. Materiál jí musí procházet plynule, nikde se nesmí zdržovat. Při vysoké teplotě by nastala tepelná degradace a výrobek by neměl ve všech částech stejné vlastnosti. Proto musí být všechny pracovní plochy uvnitř vytlačovací hlavy proudnicové a musí mít dokonale hladký povrch. Dalšími základními požadavky jsou stejný tlak v celém průřezu vytlačovaného profilu a stejná výtoková rychlost v každé části hubice. Při nedodržení těchto požadavků je hloubka vytlačovaného profilu nerovnoměrná a vzniká větší vnitřní napětí. Při výstupu materiálu z hubice přestává na ni působit tlak a ve volném prostoru se projevuje elastická nebo viskoelastická deformace. Pokud má vytlačovací hlava menší teplotu, zpomalí se průchod hmoty hubicí a zvětší se tlak, což se projeví zpětným tokem hmoty. Vytlačovaný profil má nerovný a drsný povrch. Naopak při větší teplotě prochází materiál lehce, nenarůstá do předpokládaných rozměrů, lehce se deformuje a vlní. Rozměry některých výrobků se musí upravit kalibrováním, tvar všech výrobků je třeba zafixovat chlazením. [3]



Obr. 1 Proces vytlačování [12]

Vývoj vytlačování směřuje k tzv. adiabatickému procesu vytlačování se zvětšující se délkou šneku. Zatím se u šneků s malou délkou zvětšuje počet otáček. V praxi se už vžilo tzv. rychloběžné vytlačování, vyvinuté zatím na malé průměry profilů a na potahování elektrických vodičů. [3]

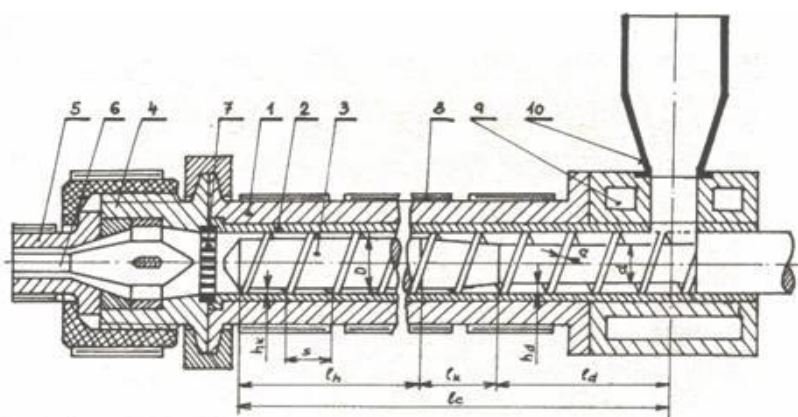
2.3 Vytlačovací stroj

Pro vytlačování se používají stroje různé konstrukce, kdy se mění pracovní člen v tavicí komoře. Požadavky na vytlačovací stroj jsou následující: vysoký vytlačovací výkon úměrný otáčkám šneku a co nejméně závislý na protitlaku, rovnoměrná doprava taveniny bez pulzací, vytlačování taveniny bez orientace, homogenní zamíchání polymeru se všemi případnými aditivami bez těkavých podílů, místně a časově rovnoměrná teplota taveniny, která je optimální z hlediska výkonu stroje, zpracovávaného polymeru a kvality vytlačovaného výrobku. Vytlačovací stroje se také dělí na rychloběžné a pomaloběžné. Zatímco u rychloběžných strojů v důsledku vysokých otáček šneku (250 min^{-1} až 1500 min^{-1}) stačí vytápět pouze na začátku, neboť vzniklé teplo třením stačí k roztavení materiálu, rychloběžné stroje mají krátké šneky s délkou 10 až 17 D. U pomaloběžných strojů musí být ohřev tavicí komory neustálý. [7]

Schéma uspořádání vytlačovacího stroje je na obrázku č. 2. Ke zpracování plastů se používají především: jednošnekové vytlačovací stroje, ale pro různé aplikace se konstruují i dvoušnekové, pístové a diskové vytlačovací stroje. [7]

2.3.1 Jednošnekové vytlačovací stroje

Běžné vytlačovací stroje jednošnekové jsou nejčastěji charakterizovány průměrem a délkou šneku. Vyrábějí se s průměrem šneku od 20 mm do 200 mm. Vytlačovací stroje se vyhřívají nejčastěji elektrickým odporem. Indukční ohřev umožňuje pracovat s nižšími teplotními spády, ale tento způsob se zatím plně neuplatňuje. Ohřevu cirkulujícím médiem se používá zřídka, protože u vytlačování jde zpravidla o poměrně vysoké teploty. Kromě vyhřívání bývají vytlačovací stroje vybaveny i chlazením. [8]



Obr. 2 Jednošnekový vytlačovací stroj [7]

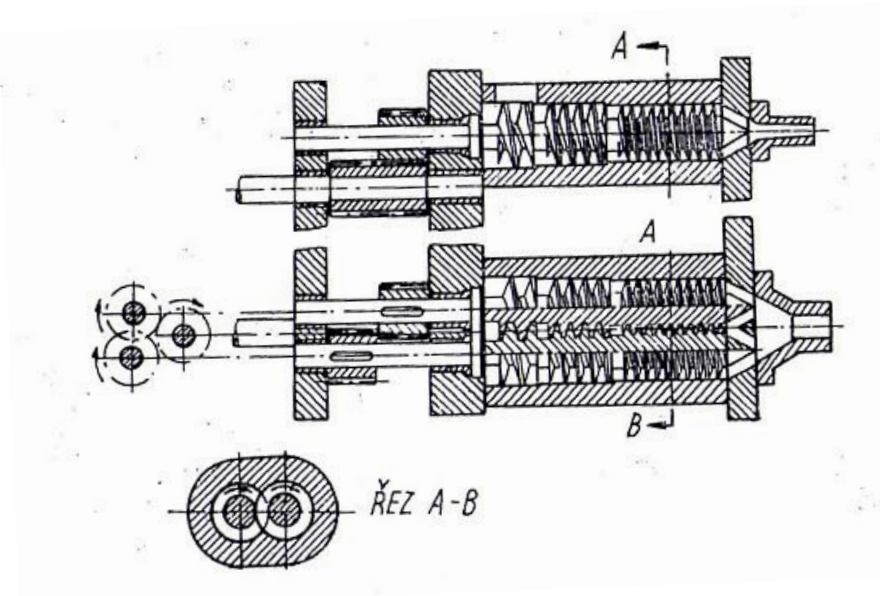
1 – pracovní válec, 2 – válec, tavící komora, 3 – šnek,

4 – vytlačovací hlava, 5 – hubice, 6 – trn, 7 – lamač,

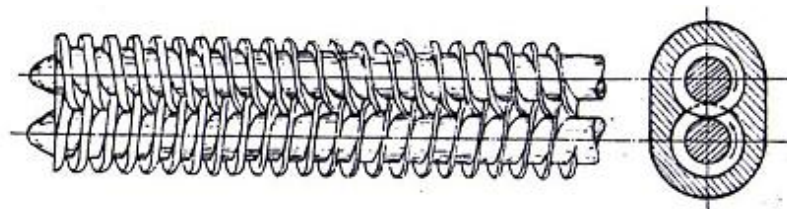
8 – topení, 9 – chlazení, 10 – násypka

2.3.2 Dvoušnekové vytlačovací stroje

Kromě vytlačovacích strojů jednošnekových se používá také strojů s několika šneky. Nejčastěji se konstruují se dvěma šneky. Podle smyslu otáčení je rozdělujeme na dvoušnekové vytlačovací stroje se souhlasným smyslem otáčení (obr. 3) a s otáčením šneků proti sobě (obr. 4). [8]

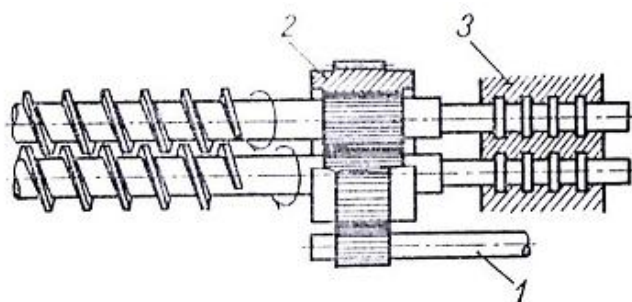


Obr. 3 Schéma dvoušnekového vytlačovacího stroje [8]



Obr. 4 Šneky s opačným smyslem točení [8]

Typ se souhlasným otáčením šneků (obr. 5) – oba šneky jsou poháněny od jednoho ozuběného kola s vnitřním ozubením. Osově síly obou šneků jsou rovnocenné a každý šnek má své axiální ložisko.

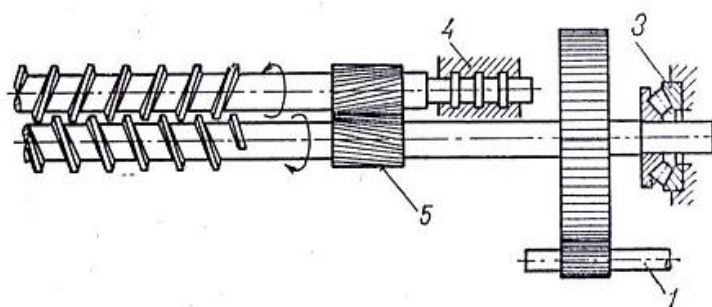


Obr. 5 Pohon dvoušnekového stroje

(typ se souhlasným otáčením šneku)

1 – hnací hřídel, 2 – čelní kolo s vnějším a vnitřním ozubením, 3 – axiální ložisko [9]

Typ s nesouhlasným otáčením šneků (obr. 6) – z hnací jednotky je poháněn hlavní šnek a od něho přes čelní soukolí se šikmými zuby šnek podružný. Část osové síly podružného šneku se zachycuje v podružném axiálním ložisku a část síly se přenáší přes soukolí na hlavní šnek, který má kolem svého čepu více prostoru pro mohutnější axiální ložisko. Při nesouhlasném otáčení obou šneků se lépe dosáhne rovnoměrného plnění obou šneků, ale vlivem odporu materiálu v mezeře mezi šneky dochází k většímu opotřebování pouzdra v komoře. [9]



Obr. 6 Pohon dvoušnekového stroje

(typ s nesouhlasným otáčením šneku)

*1 – hnací hřídel, 3 – hlavní axiální ložisko,
4 – podružné axiální ložisko, 5 – čelní soukolí [9]*

2.3.3 Pístové vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje pístové mají jako hlavní funkční část píst. Pohon pístu bývá hydraulický nebo mechanický. Pracovní část je tvořena válcem s pístem a vytlačovací hlavou. Materiál pro vytlačování se vkládá do pracovního válce. Velikost pístového vytlačovacího stroje je určena maximální vytlačovací silou, průměrem pracovního válce a zdvihem pracovního pístu. Nevýhodou pístových vytlačovacích strojů je jejich cyklický výrobní proces. [7]

2.3.4 Diskové vytlačovací stroje

Konstrukčně jsou diskové vytlačovací stroje velmi jednoduché. Disk vytváří proti čelní desce štěrbinu, do které přes chlazenou násypku vstupuje materiál a účinkem elastických napětí se dopravuje v radiálním směru k hubici. Nevýhodou takto řešeného diskového vytlačovacího stroje jsou nízké vytlačovací tlaky. Výhodami diskových vytlačovacích strojů je, že dosahují rychlé plastikace polymeru při vysoké homogenitě taveniny. [7]

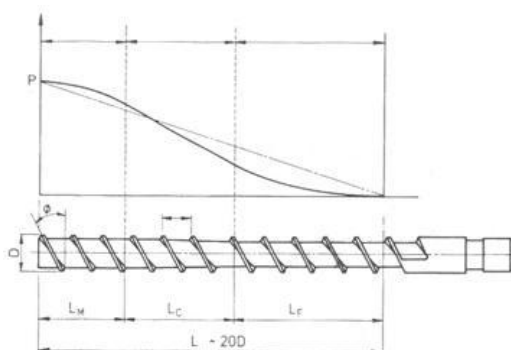
2.4 Části vytlačovacího stroje

Vytlačovací stroj je složen z těchto základních komponentů: šnek, plastikační komora, plnicí otvor, násypka, zásobník, pohon šneku, vytlačovací hlava, lamač a sítko.

2.4.1 Šnek

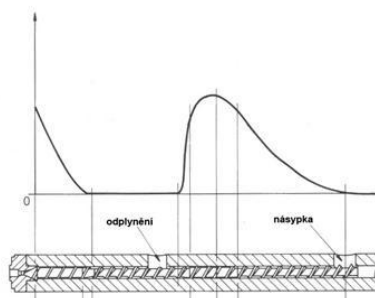
Teoreticky by každý plast vyžadoval svůj speciální šnek, ale v praxi se používá několik ověřených konstrukcí šneku, které buď výrobce vytlačovacího stroje, nebo dodavatel polymeru pro jeho optimální zpracování doporučí. [7]

Velikost vytlačovacího stroje se určuje průměrem šneku D a jeho účinnou délkou L , která se obvykle vztahuje k průměru poměrem L/D . Pro zpracování termoplastů se používají většinou šneky s poměrem $L/D = 20$ a vyšším. Běžně jsou používány jednochodé šneky úhlem stoupání $17,7^\circ$, což odpovídá stoupání závitu rovnému jednomu průměru. Šířka hřbetu závitu bývá obvykle $0,1 D$, vůle mezi hřbetem závitu a válcem $0,002$ až $0,005 D$. [7]



Obr. 7 Průběh tlaku ve šnekovém vytlačovacím stroji [7]

Obvykle se upravuje vzájemný poměr tří částí šneku tak, aby co nejlépe zpracovával daný polymer - tlakový profil šneku. Na obrázku č. 7 je ukázán průběh tlaku ve šnekovém vytlačovacím stroji a na obrázku č. 8 průběh tlaku na šneku s odplynovací zónou. [7]



Obr. 8 Průběh tlaku na stroji s odplyněním [9]

2.4.2 Plastikační komora (pracovní válec)

Šnek se otáčí v komoře stroje, která je vyložena pouzdrům s nitrídaným a přesně obrobeným vnitřním povrchem. Delším používáním stroje se pouzdro vydírá, vůle mezi šnekem a pouzdrům se zvětšuje, výkon stroje se zmenšuje, namáhání šneku v důsledku jeho špatného vedení vzrůstá. Čím má zpracovávaná hmota v tavenině menší viskozitu, tím menší vůli musí mít šnek uložený v komoře. [9]

Komora má u ložisek šneku plnicí otvor (násypku) a na druhém konci je k ní připevněna vytlačovací hlava, kterou lze vyměňovat podle konečného tvaru výrobku. Zvnějšku bývá komora opatřena různými systémy pro temperování, tj. pro chlazení nebo vyhřívání. Chlazení komory se děje za pomoci chlazení vzduchem, dodávaným i několika ventilátory. Ohřev se provádí elektrickými odporovými tělesy. Nově se zavádí indukční ohřev normální nebo zvýšenou frekvencí střídavého proudu. [9]

Část komory s násypkou se dokonce chladí. Směrem k vytlačovací hlavě se teplota zvyšuje až do maxima. Z toho důvodu je zařízení, které temperuje komoru, rozděleno na pásma (sektory), z nichž každé má samostatnou regulaci teploty, provedenou obvykle elektrickými regulátory. [9]

2.4.3 Plnicí otvor, násypka a zásobník

Ve vstupní části vytlačovacího stroje je v komoře otvor směřující obvykle ve směru tečny ke šneku. Na úpravě tohoto otvoru hodně závisí plynulá činnost stroje. Otvor je zkonstruován podle toho, v jaké formě přichází hmota do stroje. Stroje zásobované granulovanou nebo práškovou hmotou mají plnicí otvor s násypkou nebo zásobníkem, někdy značně objemným a opatřeným vibrátorem nebo míchadlem. Novější stroje mívají dávkovací ústrojí, umístěné mezi zásobníkem a plnicím otvorem. [9]

2.4.4 Pohon šneku

Hnací jednotka vytlačovacího stroje je umístěna u menších strojů přímo v podstavci stroje. Velké stroje mají hnací jednotku jako samostatnou část stroje. Většina vytlačovacích strojů má hnací jednotku způsobitou pohánět šnek různými rychlostmi. Frekvence otáčení šneku ovlivňuje zpracování hmoty a určuje množství hmoty dodávané do vytlačovací hlavy. Volba rychlosti šneku je mimo jiné podmíněna kvalitou vytlačovaného produktu, vlastnostmi

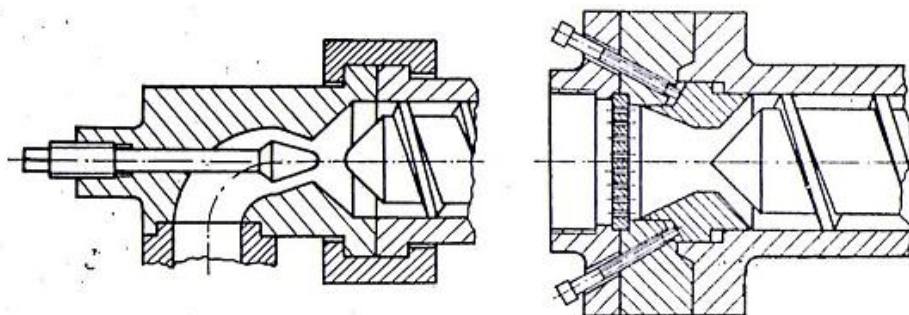
hmoty a hlavně výkonem hnací jednotky, neboť s frekvencí otáčení šneku roste příkon motoru. Nejčastěji jsou střední a velké vytlačovací stroje poháněny regulačním elektromotorem, tj. motorem třífázovým komutátorovým nebo motorem stejnosměrným. [9]

2.4.5 Vytlačovací hlava

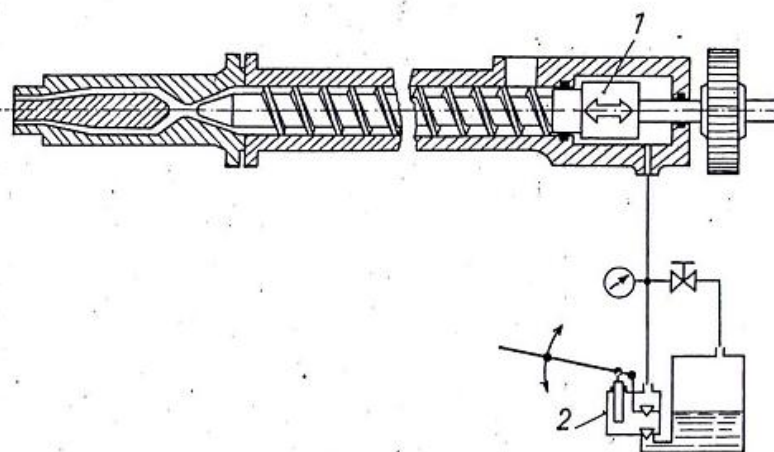
Hlava s hubicí je upevněna k výstupnímu konci komory stroje a formuje vytlačovanou termoplastickou hmotu na požadovaný tvar. Musí být konstruována tak, aby se dala snadno od stroje odpojit, když se má stroj čistit nebo když se mění druh výrobku. S komorou je spojena závitovou, prstencovou nebo bajonetovou objímkou, otočnými šrouby apod. Vytlačovací hlava a některé její části jsou vyhřívány odporovými pásy nebo indukčně. Topné systémy mají automatickou regulaci teploty. [9]

Při zpracování plastických hmot, zejména hmot málo viskózních, je ve vstupu do hlavy lamač (kruhová deska s otvory) a sada sít. Lamač a síta přispívají k homogenizaci hmoty, zachycují nezplastikované a neroztavené částice, popř. i nečistoty. Dále udržují v komoře stálý tlak nezávisle na odporech hlavy. [9]

Naposled uvedenou funkci plní lépe tzv. říditelný ventil, umístěný mezi komorou a hlavou, neboť se jím dá zvnějšku nastavit optimální tlak pro zpracování hmoty v drážce šneku. Říditelný ventil je buď samostatný orgán, nebo jeho funkci plní např. kuželový konec šneku, zasahující do kuželové dužiny v hlavě (obr. 9). Velikost štěrbin se nastavuje v tomto případě posuvem celého tělesa komory nebo naopak posuvem šneku (obr. 10). Posuv válce nebo šneku se děje mechanicky – např. šroubem, nebo hydraulicky. Píst hydraulického válce je potom zároveň axiálním ložiskem šneku (obr. 10). Nově jsou vytlačovací hlavy, zvláště hlavy s říditelným ventilem, opatřovány měřičem tlaku. [9]



Obr. 9 Říditelné ventily [9]



Obr. 10 Posuvný šnek

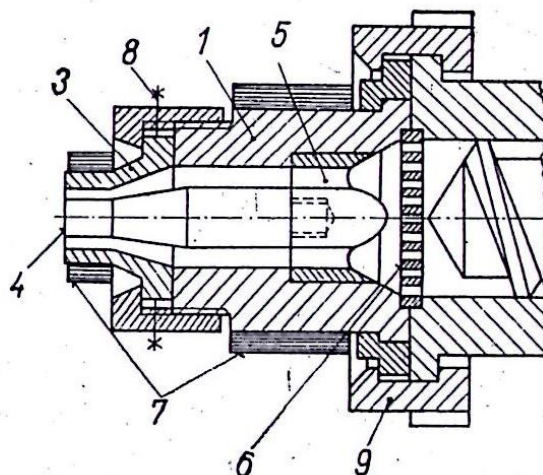
1 – píst, 2 – ruční pístové čerpadlo [9]

Podle polohy osy hlavy k ose šneku rozlišujeme tři základní typy vytlačovacích hlav.

Přímá vytlačovací hlava (obr. 11) je souosá s osou šneku. Je vhodná pro všechny běžné vytlačované profily (hadičky, těsnící a konstrukční profily, ploché fólie, běhouny plášťů pneumatik aj.). Je výhodná pro vytlačování středně a málo tekutých hmot. [1]

Příčná vytlačovací hlava má osu kolmou k ose šneku. Je určená k vytlačování hmot s dobrými tokovými vlastnostmi, neboť vytlačovaná hmota musí v hlavě měnit směr toku o 90° . Používá se především k opláštění polotovarů (vodičů, kabelů, hadic aj.). Používá se také při vytlačování vyfukovaných fólií. [1]

Šikmá vytlačovací hlava svírá s osou šneku úhel 40 až 60° . Tokové poměry v hlavě jsou poněkud výhodnější, neboť odklon toku od přímého směru není tak velký jako u příčné hlavy. Používá se rovněž k opláštění, především hmotami s horšími tokovými vlastnostmi (např. PVC). [1]



Obr. 11 Přímá hlava na trubky

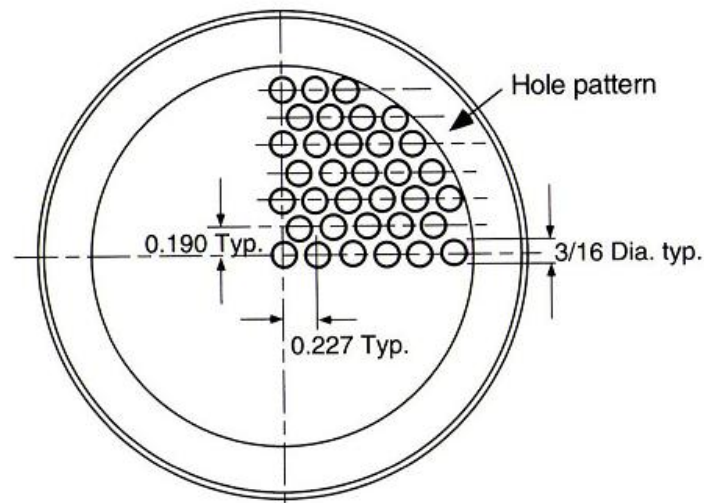
- 1 – hlava, 3 – hubice, 4 – trn, 5 – rozdělovač,
 6 – lamač, 7 – elektrická topná tělesa, 8 – středící šroub,
 9 – bajonetová objímka [9]

Stejný tlak hmoty v celém průřezu vytlačovaného produktu je základním požadavkem na vlastnosti každé hlavy. Proto musí být vnitřek hlavy hladký, proudnicově řešený, bez koutů, v nichž by vytlačovaná hmota setrvala, nebo se tepelně rozkládala. Rovnoměrné rozložení tlaku po celém průřezu štěrbinového ústí široké hlavy je tím obtížnější, čím je štěrbina užší a delší a čím je hmota viskóznější. [9]

Nejjednodušší jsou přímé hlavy na tyče a pásy. Tvar a rozměr průřezu produktu je dán snadno vyměnitelnou hubicí. Přímé hlavy na vytlačování hadic, trubek a jiných dutých výrobků mají k hlavě trn nesený rozdělovačem. Trn určuje vnitřní a hubice vnější tvar a rozměr dutého produktu. Kanálkem vrtaným v trnu se přivádí stlačený vzduch nutný při přetlakovém kalibrování trubky nebo se jím přivádí rozptýlený klouzek, zabráňující slepení měkké a lepkavé hadice. V praxi se používá ještě dalších a složitějších typů, jako jsou hlavy na dvouvrstvé produkty apod. Konečný tvar a rozměr průřezu je také ovlivňován smršťováním chladnoucí hmoty, rychlostí odtahu produktu, kalibrovacími přípravky. [9]

2.4.6 Lamač

Lamač je umístěn na konci vytlačovací komory. Je to silný kovový disk s otvory blízko u sebe (obr. 12). Hlavním účelem je změna rotačního pohybu taveniny na posuv přímočarý. Další účel je podpora uchycení sít, která se nachází těsně před lamačem. [10]



Obr. 12 Příklad lamače [10]

2.4.7 Síta

Slouží k zachycení kontaminantů z polymerního materiálu, k homogenizaci hmoty, zachycují nezplastikované a neroztavené částice, popř. i nečistoty, udržují v komoře stálý tlak nezávisle na odporech hlavy. Existuje řada filtračních materiálů. Drátěná síta jsou však nejčastěji používaná. [10]

2.5 Vytlačovací linka

Vytlačovací stroj bývá většinou součástí vytlačovací linky. Každá vytlačovací linka má své specifické technologické uspořádání dle vyráběného výrobku na dané lince (hadičky, profily, trubky, atd.). Obecně lze říci, že vytlačovací linka má tyto základní členy: měřící zařízení, chlazení, kalibraci, odtah, dělení, popřípadě ukládání výrobku do požadovaných tvarů, atd.

2.5.1 Měřící a kontrolní zařízení

Součástí každé vytlačovací linky jsou měřící a kontrolní zařízení. Tato zařízení jsou velmi důležitá v celém procesu vytlačování, protože vytlačujeme-li jakýkoliv výrobek, musíme být schopni kromě jeho výroby také provádět měření pro kontrolu rozměru daných produktů dle výkresové dokumentace.

2.5.2 Chlazení

Každý extrudovaný výrobek se musí ochladit z důvodu fixace tvarů a tím i dosáhnouti rozměrové stability. Ochlazení se provádí v ochlazovacích lázních. Délka, provedení a ochlazovací kapacita je přímo úměrná extrudovanému výrobku, to samé platí i pro teplotu chladicího média. Chlazení extrudovaného produktu se provádí pod úrovní chladicí kapaliny, tak i může být ochlazováno sprchováním produktu chladicí vodou.

2.5.3 Kalibrace

Kalibrace nám slouží k zajištění finálních rozměrů extrudovaného produktu. Z hlediska kalibrace máme tyto hlavní kalibrační systémy:

- průvlaková kalibrace,
- podtlaková kalibrace,
- přetlaková kalibrace.

2.5.4 Odtah

Odtahovací zařízení slouží k odtahování vytlačovaného produktu. Odtahovací zařízení se liší dle jednotlivých konstrukcí, nejpoužívanější je s odtahovacími pásy, mezi nimiž se pohybuje vytlačovaný výrobek z vytlačovacího stroje. Pásy musí mít tvar podobný vytlačovanému výrobku z důvodu zamezení deformací při průchodu přes odtahovací zařízení.

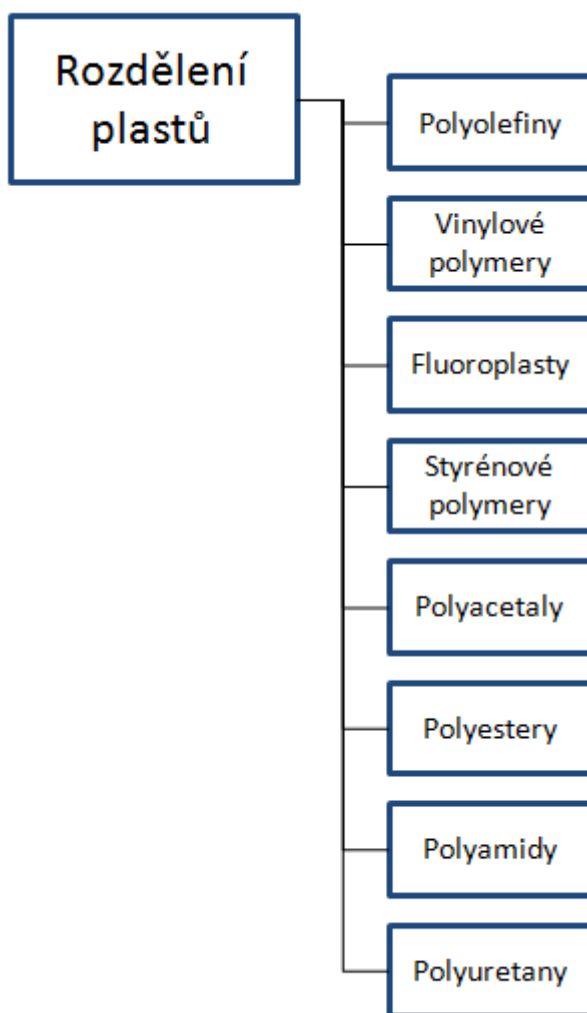
2.5.5 Dělicí, ukládací zařízení

Dělicí nebo ukládací zařízení slouží k paletizaci extrudovaného produktu do požadovaných tvarů, ve kterém se dostane k zákazníkovi, tzn. nasekání profilů na určitou délku, v případě fólií navinutí na cívku v požadovaném množství.

3 PLASTY A JEJICH ROZDĚLENÍ

Termoplasty lze teplem tvářet, působením tepla vždy měknou a chemicky se přitom nemění. Lze je porovnat s voskem, který při zahřátí také měkne a tehdy se dá poměrně lehce tvářet a zpracovávat. Ohřívání a chlazení je možné opakovat, aniž by to ovlivnilo základní vlastnosti materiálu. [3]

Reaktoplasty lze teplem vytvrzovat. Působením tepla se nejprve stávají plastickými a tehdy je možné je různými způsoby zpracovávat a tvářet. Dalším působením tepla se však mění jejich chemická struktura, vytvrzují se a stávají se netavitelnými a nerozpustnými. [3]



Obr. 13 Základní rozdělení plastů

3.1 Vinylové polymery

Jsou to polymery se základní jednotkou vinylového monomeru, z nichž nejznámější je polyvinylchlorid s chlorovými atomy, polyvinylalkohol a polyvinylacetát. [3]

3.1.1 Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid je termoplastická hmota, při 140 až 175 °C začíná téci, při vyšších teplotách se pod tlakem rozkládá. Rozklad urychlují některé kovy a světlo. Uvolňuje se HCL a produkt se zbarvuje do hněda. Před rozkladem se PVC chrání stabilizací. Ve vodě PVC botná jen málo, dobře odolává kyselinám, zásadám, benzínu a olejům, nehořlavý. Rozpouští se v ketonech a některých chlorovaných uhlovodících, botná v esterech – na tom je založeno změkčování PVC. Zpracovává se ve formě směsi na tzv. tvrdý a měkký typ. [2]

Při zpracování PVC na tvrdý typ se polymer nejprve smísí s přísadami na dvouválcovém stroji nebo v hnětači při teplotách 120 až 180 °C. Potom se granuluje. Granule se zpracovávají na vytlačovacích nebo vstřikovacích strojích, popřípadě i jinými technologiemi.[2]

Tabulka 1. Přehled základních vlastností vinylových polymerů [2]

Polymer Vlastnost	Jednotka	Tvrký PVC	Měkký PVC
Hustota	g.cm ⁻³	1,4	1,3
Pevnost v tahu	MPa	35	25
Tažnost	%	20 - 30	200
Modul pružnosti v tahu	MPa	3 000	-
Rázová houževnatost	kJ.m ⁻²	nezlomen	nezlomen
Vrubová houževnatost	kJ.m ⁻²	2,5 – 3,5	nezlomen
Rozsah teplot při použití	°C	25 - 50	do 40
Tepelná odolnost	°C	80	40
Absorpce vody	%	0,1 – 0,6	-

Měkký (měkčený) typ má všechny mechanické vlastnosti a chemickou odolnost vždy menší než tvrdý typ. Esterová změkčovadla totiž nesnášejí kyseliny ani zásady. Také se snadno extrahují řadou rozpouštědel a měkký PVC se přitom postupně mění na tvrdý typ. Vyluhování změkčovadel probíhá pomalu – i působením vody materiál zbledá a tvrdne. [2]

Při výrobě měkkého typu PVC se směs polymeru se změkčovadly a dalšími přísadami mísí asi při teplotě 170 °C, tzv. želatinační teplotě. Vzniká kaučukovitá hmota, která se dá dobře tvářet na fólie a jiné výrobky nebo granulovat. [2]

3.1.2 Použití PVC ve zdravotnictví

Lékařská bádání v posledních letech ukázala, že tkáně lidského těla, zejména kosti, snášejí výborně celou řadu plastických hmot. Jejich použití není omezeno jen na vnější léčebné zákroky, ale uplatňuje se i při zákrocích vnitřních, které doposud nebyly možné. Z polyvinylchloridu se vyrobí deska tloušťky 3 až 5 mm, která se dá teplem dobře tvarovat již při 50 °C, nelpí na pokožce a může se po nahřátí stříhat nebo krájet do požadovaného tvaru. Po nahřátí se může ihned přikládat buď přímo na tělo, nebo na lehký trikot i jiné podložení. Několikahodinové schnutí, které je nutné u sádry, zde není třeba. Prostupnost pro rentgenové paprsky je velmi dobrá, takže lze sledovat průběh hojení, aniž se musí dlaha sejmut. V mnoha případech byly též zhotoveny objímky ručních protéz z tohoto materiálu. Jedním z dalších použití je izolační rukáv, který nahrazuje dříve používaný termofoor. Skládá se z vnitřního novoplastového rukávce, který zabraňuje unikání vodních par. Novoplastové fólie slouží jako vložky do postelí nemocných, chránící matrace před promočením. Bílé nebo transparentní fólie mají použití jako chirurgické zástěry. [8]

Novoplastové trubičky o malém průměru se pro svou pružnost dobře uplatňují k sondování. PVC se používá s úspěchem na dializační a transfúzní soupravy, vaky na krev, oxygenerátory a jiné pomůcky. K výrobě se používá suspenzního PVC, který dává transparentní výrobky. Suroviny používané pro výrobu těchto zdravotnických předmětů se zkoušejí před zpracováním na pyroxenitu a toxicitu. Výroba zboží tohoto druhu se děje v odděleném prostoru, prostém zdravím škodlivých látek. Hotové výrobky se sterilují. Poněvadž výrobky z plastických hmot nesnášejí mnohdy dlouhé působení vyšší teploty, nahrazuje se dnes sterilace účinky chemickými a radioaktivními. Plynná směs pronikne i obaly, takže lze sterilovat i četné zabalené předměty. PVC taktéž nachází své uplatnění v dalších průmyslových oborech. [8]

3.2 Přísady do plastů

Pojmem přísady rozumíme látky, které jsou v polymerech fyzikálně dispergované bez toho, aby významněji ovlivňovaly jejich strukturu. Přidávají se do polymerů s cílem zlepšit vlastnosti nebo snížit cenu výrobků. Z chemického hlediska jde o sloučeniny různých typů, které se často rozdělují podle účinku na vlastnosti vzniklých plastů, například na přísady ovlivňující zpracovatelské vlastnosti a na přísady modifikující užitkové vlastnosti. Obvykle však mezi jednotlivými skupinami není ostrá hranice, protože jedna přísada může ovlivňovat zpracovatelské i užitkové vlastnosti plastů. [2]

I když modifikace vlastností plastů přísadami se dá realizovat poměrně snadno, způsobuje řadu problémů. Při úpravě některých vlastností je třeba často použít několik přísad najednou, které se ovšem mohou vzájemně ovlivňovat. Výběr vhodné přísady, popřípadě kombinace přísad, je zpravidla velmi náročný. Účinek přísady je kromě jejich vlastností ovlivňován také způsobem zamíchání do polymeru, mísitelností a snášenlivostí s polymerem. Hodnocení účinnosti je často problematický, protože je obvykle nutno v zájmu urychlení hodnotit za náročnějších podmínek, než jaké se vyskytují v praxi. [2]

Výběr vhodné přísady nebo kombinace přísad vyžaduje mnoho poznatků a zkušeností, neboť je třeba přihlížet k více faktorům: vlastnostem polymeru, způsobu a podmínkách zpracování, požadavkům na výrobky z hlediska zpracování a používání, vlastnostem jednotlivých přísad a jejich vzájemné interakci. Všeobecně se vyžaduje, aby přísady měly tyto vlastnosti:

- co nejvyšší účinnost,
- přiměřenou snášenlivost s polymerem,
- dobrou tepelnou odolnost při zpracování,
- vhodnou konzistenci a finální úpravu,
- nesmí negativně ovlivňovat vlastnosti polymeru,
- přijatelnou cenu a dostupnost.

Z hlediska účinnosti přísad je velmi důležité, aby byly rovnoměrně dispergované v polymerech. Tato rovnoměrnost je ovlivňována způsobem vmíchávání, fyzikální formou polymeru, přísady a připravované směsi atd. Závisí také na použitém zařízení a postupu

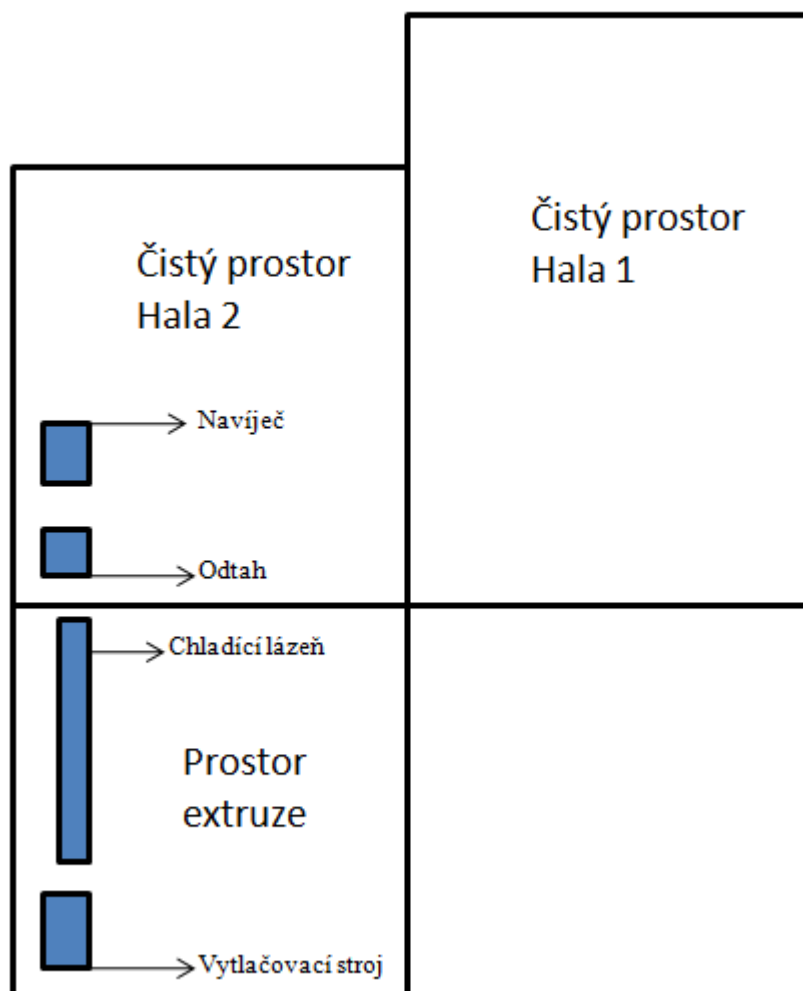
míchání. Nejčastěji se používají přísady v práškové formě. Z provozních důvodů se dává přednost různým neprášivým formám: aglomerátům, mikrogranulátům, šupinkám, koncentrátům v polymerech apod. Kromě vhodné struktury a dobré dispergace v polymerech závisí účinnost přísad v polymerech také na snášlivosti, prchavosti, extrahovatelnosti z polymeru, interakci polymerů s přísadami a interakci přísad navzájem. [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ÚVOD

Vytlačovací linka ve společnosti Gambu Czech Republic, s.r.o. je určena pro výrobu PVC hadiček různých rozměrů pro zdravotnický průmysl (dialyzační soupravy, atd.). Vyrobené PVC hadičky se pak dále kompletují manuální výrobou v konfiguraci uvedené na výkresu dané sestavy.

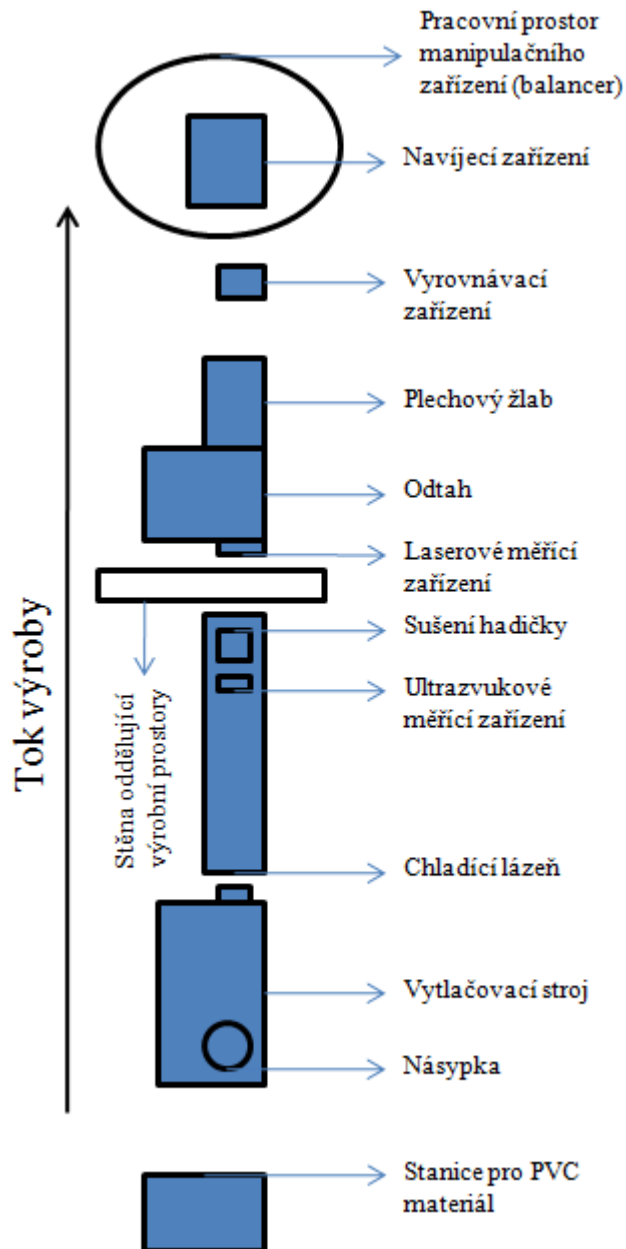
Výroba těchto dílů se uskutečňuje ve velmi čistých prostorech (tzv. clean room), tzn., že všichni zaměstnanci pracující v těchto prostorech musí dbát zvýšených hygienických pravidel již před vstupem do těchto prostor. Pro výše uvedené prostory je určen speciální pracovní oděv a obuv (např. overal, pokrývka hlavy, obuv, atd.)



Obr. 14 Rozdělení výrobních prostorů v
Gambu Czech Republic, s.r.o.

5 VYTLAČOVACÍ LINKA

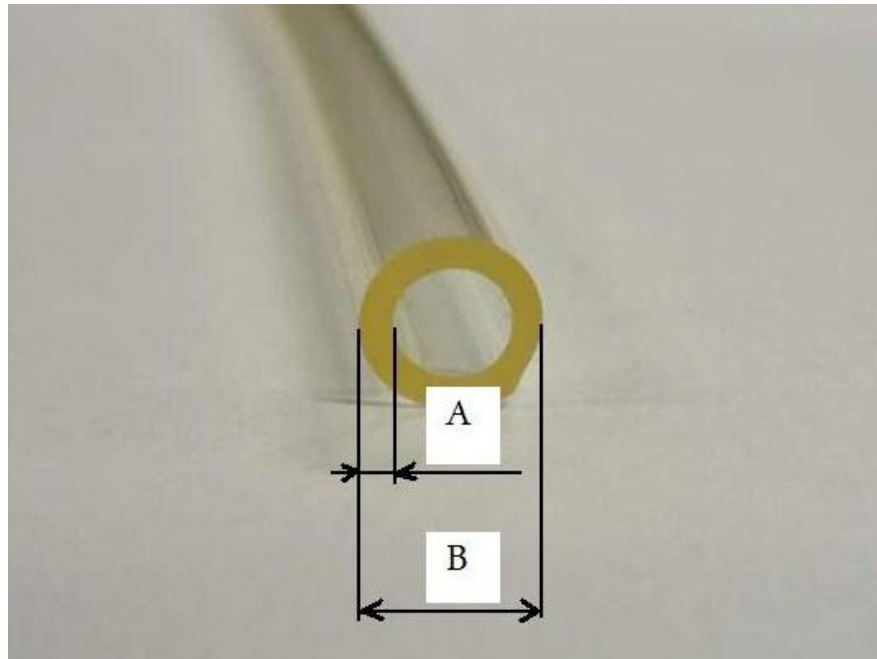
Vytlačovací linka se skládá z vytlačovacího stroje a z mnoha na sebe navazujících strojních zařízení. Všechna tato zařízení tvoří jeden samotný celek k výrobě daného produktu. Námí extrudované výrobky jsou vyráběné z měkčeného PVC.



Obr. 15 Vytlačovací linka v
Gambro Czech Republic, s.r.o.

5.1 Popis výrobku

Výrobek je vyroben z měkčeného PVC materiálu. Jedná se o hadičku 4,3 x 6,8 (transport tube). Tento typ hadičky je nejvíce používán v naší firmě. Hadička je součástí dialyzačních setů. Tolerance hadičky jsou následující dle výrobního výkresu.



Obr. 16 Hadička 4,3 x 6,8

- vnější průměr hadičky (B) je v toleranci: 6,7 mm - 7,1 mm
- síla stěny hadičky (A) je v toleranci: 1,2 mm - 1,3 mm



Obr. 17 Dialyzační set

5.2 Vytlačovací stroj (extrudér)

Vytlačovací stroj 90-A-Line2 má šnek o rozměru 90 mm, maximální rychlost otáček šneku je 77,5 rpm. Zásobování vytlačovacího stroje materiálem je zajištěno podtlakovým nasávacím systémem. Pohon šneku je zabezpečován elektromotorem přes převodovku. Systém ovládání je přes dotykový LCD panel, stroj také umožňuje archivaci grafických trendů (např. tlaků, otáček šneku, atd.). Vytlačovací stroj má vlastní vzduchový systém, pro jemné foukání vzduchu do vnitřního průměru hadičky. Plastikační válec a vytlačovací hlava je opatřena topnými zónami, jakožto i příruby vytlačovací hlavy. Vytlačovací hlava je přímá. Před lamačem jsou umístěny kovové tkaniny (síta) různé propustnosti.



Obr. 18 Vytlačovací stroj



Obr. 19 Vytlačovací stroj

5.3 Chladicí lázeň

Umístěním navazuje za vytlačovacím strojem. Slouží k ochlazení extrudované hadičky a zafixování jejich rozměrů. Součástí chladicí lázně je čerpadlo, které přivádí ochlazenou vodu (10°C) přes tepelný výměník do chladicí lázně. Na konci chladicí lázně je umístěno zařízení pro sušení povrchu hadičky. Chladicí voda je chemicky ošetřena chemikálií (chlornanem sodným) pro zaručení biologické nezávadnosti. Extrudovaná hadička je vedena přes chladicí lázeň, a to přímo, nebo multipásem. Vše je závislé na konkrétním rozměru hadičky, rychlosti linky, atd. Hadíčka dle kap. 5.1 je tažena skrz chladicí lázni multipásem.



Obr. 20 Chladicí lázeň

5.4 Odtah

Odtahovací zařízení je umístěno za chladicí lázní v čistém prostoru. Zařízení slouží k odtahu hadičky přes chladicí lázeň, jeho rychlost je 1 m/s pro hadičku uvedenou v kapitole 5.1 Je tvořeno dvěma pásy, mezi nimi je hadička odtahovaná. Za odtahovacím zařízením je umístěn nerezový profilovaný plech pro ukládání hadičky v případě výměny navinuté hadičky v navíjecím zařízení.



Obr. 21 Odtahovací zařízení

5.5 Navíječ

Navíjecí zařízení je umístěno za odtahovacím zařízením. Zařízení slouží ke konečnému navíjení hadičky. Navíjecí zařízení má dvě stanice, tzn., že jedna stanice je navíjena a druhá připravená na další pracovní cyklus. Navíjení se liší dle navíjených druhů hadiček, a to na tři formátovací sestavy. První formátovací sestava je navíjena bez přídatného kotouče, druhá formátovací sestava se navíjí na plastový kotouč o průměru 500 mm, třetí formátovací sestava se navíjí na plastový kotouč o průměru 300 mm. Hadička dle kap. 5.1 je navíjena bez plastového kotouče.



Obr. 22 Navíjecí zařízení

5.6 Manipulační zařízení

Manipulační zařízení (balancery) jsou umístěná v pracovním prostoru navíjecího zařízení. Zařízení slouží pro efektivitu paletizace a tím i snadnou manipulaci hotových extrudovaných výrobků do připravených pojízdných vozíků. Tyto vozíky jsou pak převáženy na manuální výrobu, kde dochází k dalšímu zpracování extrudovaných hadiček.



Obr. 23 Manipulační zařízení

5.7 Vyrovnávací zařízení

Vyrovnávací zařízení je umístěno před navíjecím zařízením. Zařízení slouží k optimálnímu udržování napnutého stavu extrudované hadičky. Toto zařízení dává signál do navíjecího zařízení čímž dochází k regulaci otáček s navíjenými cívkami, tzn., pokud je extrudovaná hadička více prohnutá směrem dolů, cívky se otáčejí rychleji, pokud je extrudovaná hadička méně prohnutá směrem nahoru, cívky se otáčejí pomaleji.

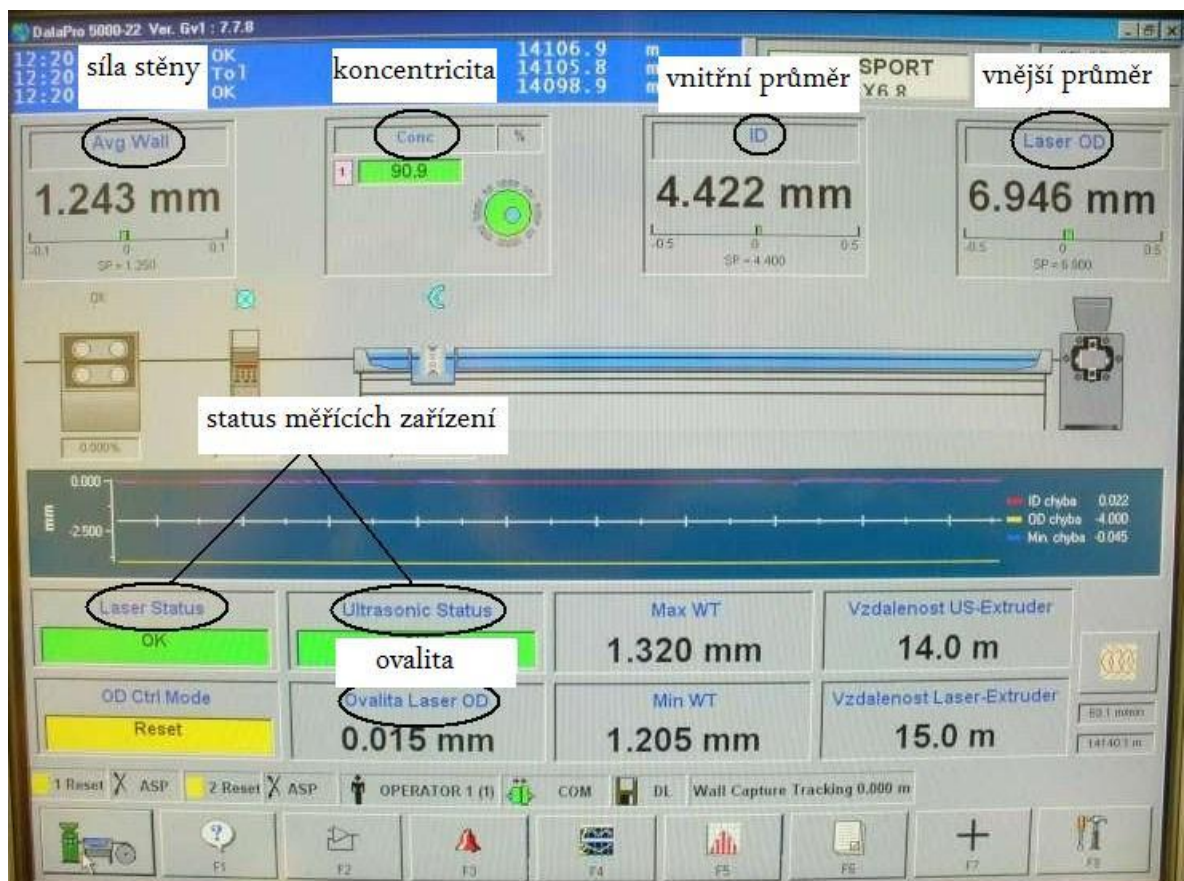


Obr. 24 Vyrovnávací zařízení

5.8 Měřicí zařízení

Měřicí zařízení se skládá z jednotlivých zařízení rozmístěných po celé extruzní lince.

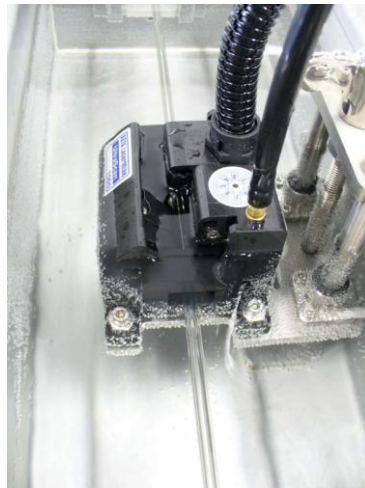
Hlavní dotykový ovládací panel měřicího zařízení se nachází nad chladicí lázní v její první části při vstupu z vytlačovacího stroje. Hlavní panel zobrazuje např. aktuální měřené hodnoty (vnější a vnitřní průměr, sílu stěny, koncentricitu, ovalitu). Všechny tyto parametry jsou hlídány tímto měřicím systémem, který také umožňuje tisk výrobních protokolů z jednotlivých fází procesu, dále ukládání historických dat z důvodu zpětné analýzy procesu, recept vyráběné hadičky, grafické trendy procesu, atd. Měřené hodnoty se měří pomocí dvou měřicích zařízení. Na obou měřicích zařízeních je hadička měřena s rozlišitelností 0,001 mm.



Obr. 25 Hlavní kontrolní panel měřicího zařízení

5.8.1 Ultrazvukové měřící zařízení

Na konci chladicí lázně je v chladicí vodě ponořeno ultrazvukové měřící zařízení pro měření síly stěny výrobku (v osmi bodech), vnitřního průměru hadičky a koncentricity. Rozsah měřícího zařízení pro měření vnitřního průměru hadičky je 0,75 mm až 12 mm, pro měření síly stěny je 0,025 mm až 2,5 mm. Rozlišitelnost přístroje je 0,001 mm.



*Obr. 26 Ultrazvukové měřící
zařízení*

5.8.2 Laserové měřící zařízení

Před odtahovacím zařízením je umístěno dvouosé laserové měřící zařízení pro měření vnějšího průměru hadičky a ovality. Rozsah měřícího zařízení pro měření vnějšího průměru hadičky je 0,1 mm až 14 mm. Rozlišitelnost přístroje je 0,00001 mm.



Obr. 27 Laserové měřící zařízení

6 NASTAVENÍ VYTLAČOVACÍ LINKY PRO VÝROBU HADIČKY 4,3 X 6,8

Pro optimální nastavení vytlačovacího procesu musí být vždy dodrženy hlavní zásady pro zpracování PVC:

- vstupní PVC materiál musí odpovídat kvalitativním požadavkům vytlačovaného procesu,
- šnek, vytlačovací hlava a kanály vytlačovací hlavy musí mít vysoký lesk,
- šnek, plastikační válec a vytlačovací hlava musí mít optimální geometrii,
- šnek a plastikační jednotka musí mít minimální opotřebení,
- šnek a vytlačovací hlava musí mít správnou geometrii,
- správná manipulace s vytlačovací hlavou, šnekem, atd.,
- při odstavování stroje, jeho čištění je nutné použít proplachovací PVC materiál, či speciálně tomu určený,
- čištění vytlačovacího stroje po 4 min po jeho zastavení provozu,
- pravidelná kontrola a údržba vytlačovací hlavy, plastikačního válce, šneku atd., toto platí i pro všechny výrobní zařízení celé extruzní linky.

6.1 Specifikační a kvalitativní požadavky vyráběné hadičky

Pro dosažení správného produktu musí hadička splňovat:

- být v tolerancích dle kap. 5.1,
- koncentricita nesmí překročit hodnotu 90%,
- hodnota $cpk \geq 1,3$,
- ovalita max. 0,1 mm,
- snadnost nájezdu procesu,
- vizuálně musí hadička splňovat specifikace dle referenčních vzorků.

Měření je zajišťováno v průběhu výroby kap. 5.7, ale také externími měřicími zařízeními, kterými jsou: externí měřicí přístroj, profil projektor.

6.2 Parametry vytlačovacího procesu před optimalizací

Tab. 2, 3 popisuje procesní nastavení vytlačovací linky, její hlavní parametry jako jsou: otáčky šneku, velikosti trnu a hubice, teplotní profil. Tab. 4 popisuje aktuálně naměřené hodnoty vyráběné hadičky. Z tabulky je patrné že hadička neodpovídá specifikaci dle kap. 6.1.

Tabulka 2. Zvolené nastavení vytlačovací linky 2

1.	materiál	FG 1 COL (PVC)	FG 1 DAS (PVC)	FG 1 PCW (PVC)
	forma materiálu	granulát	granulát	granulát
2.	extruzní linka	č.2	č.2	č.2
	vyráběný produkt	4,3x6,8	4,3x6,8	4,3x6,8
	rychlost linky [m/s]	1	1	1
	průměr šneku [mm]	90	90	90
	otáčky šneku [RPM]	55	54	53,7
	typ šneku	barriel V2	barriel V2	barriel V2
3.	rozměr trnu [mm]	4,86	4,86	4,86
	rozměr hubice [mm]	7,6	7,6	7,6

Tabulka 3. Teplotní profil vytlačovací linky 2

Teplotní profil [°C]				
4.	pod násypkou	30	30	30
	válec 1	145	145	145
	válec 2	150	150	150
	válec 3	155	155	155
	válec 4	155	155	155
	válec 5	150	150	150
	příruba 1	148	148	148
	příruba 2	148	148	148
	hlava 1	145	145	145
	hlava 2	140	140	140

Tabulka 4. Naměřené hodnoty před optimalizací

5.	Naměřené hodnoty			
	vnější průměr hadičky [mm]	6,887	6,901	6,89
	vnitřní průměr hadičky [mm]	3,45	3,67	3,5
	síla stěny hadičky [mm]	—	—	—
	ovality [mm]	0,24	0,16	0,19
	koncentricita [%]	—	—	—

6.2.1 Vytlačování PVC hadičky 4,3 x 6,8

Procesem vytlačování jsme chtěli především dosáhnout takového výrobku, který je specifikován v kap. 6.1 s nastavením uvedeným v kap. 6.2.

Proces s tímto nastavením, s touto specifikací byl velmi problematický. Hlavně z důvodu dosažení požadovaných rozměrů, ovality a stability procesu. Bylo velmi složité, spíše nemožné požadovanou hadičku vyrobit. Protože jakékoliv doseřízení pro zajištění požadované specifikace mělo za následek zhoršení ostatních specifikací výrobku. Testy se prováděly ze tří rozdílných druhů PVC granulátu od odlišných dodavatelů. Také byla zkoušena různá procesní nastavení stroje bez ohledu na tab. 2, 3, např. jiný teplotní profil, jiné rozměry nástrojů (trnu a hubice), jiné tlakové profily v plastikačním válci, snížení rychlosti linky, atd.

Právě u prováděných testů vlivem snížení rychlosti linky byl proces stabilnější. Se snížením rychlosti linky se musely snížit i otáčky šneku. Z důvodu řešení daného problému a požadované rychlosti linky 1 m/s bylo přistoupeno na výměnu šneku, respektive pro jeho optimalizaci.

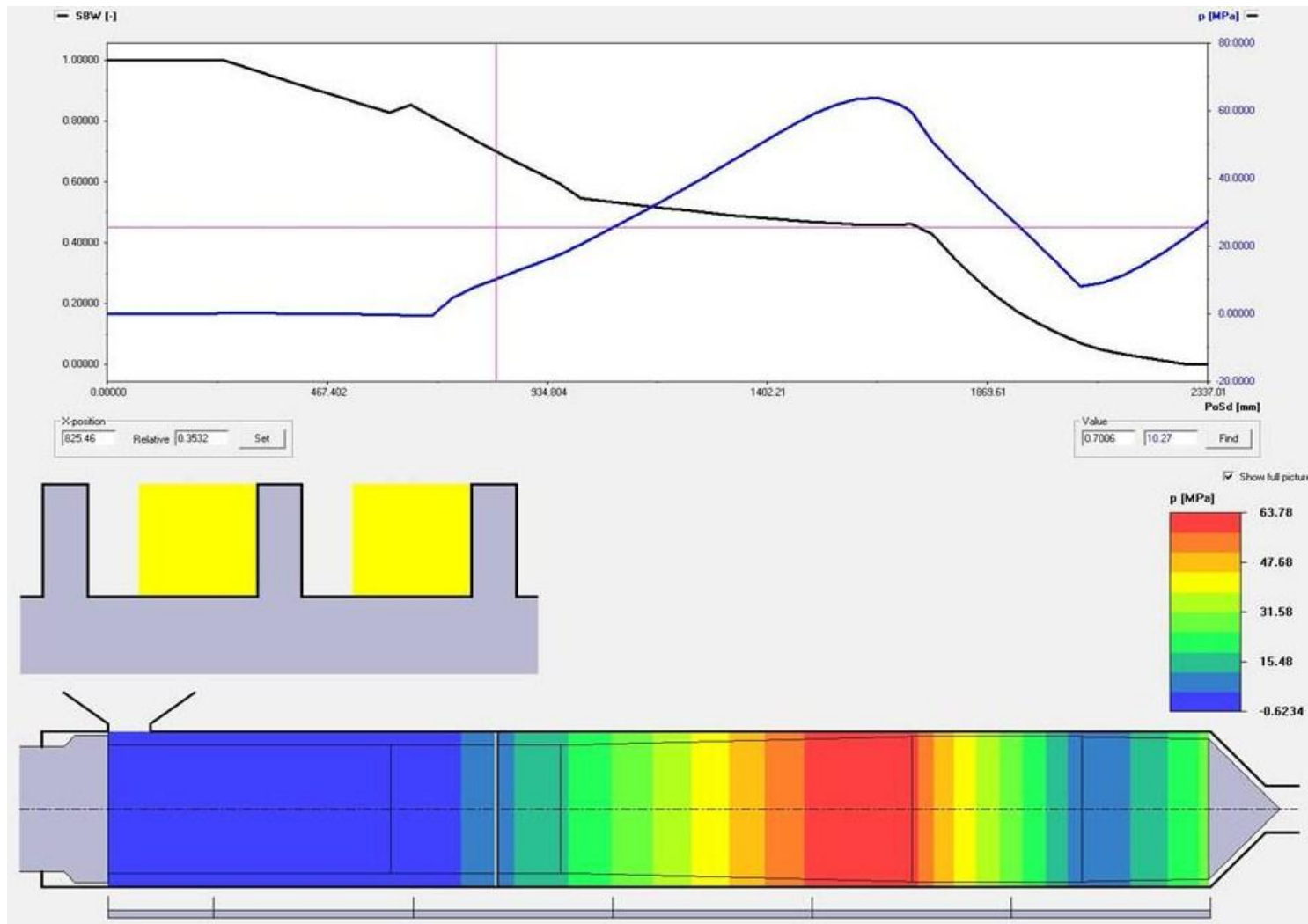
7 OPTIMALIZACE VYTLAČOVACÍHO PROCESU

Pro optimalizaci výrobního procesu byl použit program Virtual extrusion laboratory, externí firmou. Po vložení dat vytačovacího stroje (plastikační komory a hlavně šneku) bylo zřejmé, že průběh vytačovacího procesu byl nevyhovující a bylo nutné modifikovat šnek a plastikační válec. Modifikace šneku spočívala v kompletní úpravě geometrie šneku a v plastikačním válci v jeho krmící části se dělal křížový výbrus pro lepší zásobování materiálem. Taktéž byly upraveny poslední dvě zóny topení. Všechny tyto díly byly upraveny pro dosažení optimálních podmínek vytačování. Z obrázků č. 28, 29 je zřejmý rozdíl mezi starou konfigurací vytačovacího stroje a novou (modifikovanou) konfigurací vytačovacího stroje.

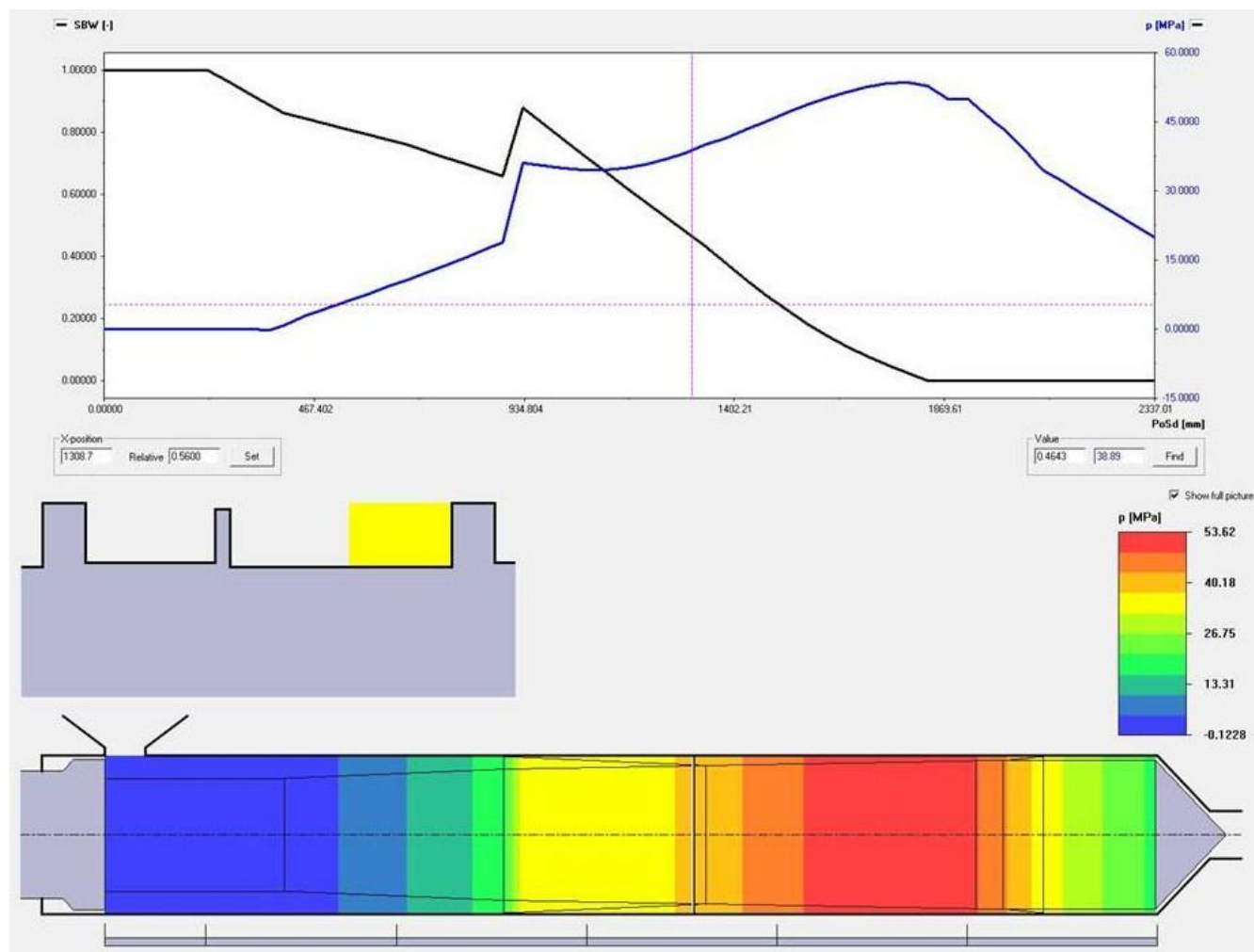
Obr. 28 - původní šnek má problémy s úplným roztavením materiálu. U prvního míchání dochází k poměrně pozdnímu nárůstu spotřebovaného tlaku, druhé míchání spíše tlak generuje. Největší díl práce odvede spíše táhlý kužel mezi bariérami. Vzhledem k pozdnímu roztavení není vhodný ani kuželový přechod na konci šneku. Otevřené míchací sekce zároveň nezajišťují 100% roztavení pevného lože.

Obr. 29 - optimalizovaným šnekem použitím dlouhé uzavřené tavicí bariéry je zaručeno 100% roztavení materiálu. Jeho přelitím přes míchací hranu je také zajištěno dostatečné promíchání. Pevné lože zajišťuje dostatečný dopředný tlak materiálu. Je zřejmé, že v místě, kde začíná bariérová sekce, došlo ke skoku v poklesu tlaku. Hodnota tlaku v tomto místě zprava představuje tlak, který je zapotřebí k tomu, aby materiál prošel tuto bariérovou sekci a také všechny sekce následující.

Obr. 28, 29 - černá křivka ukazuje podíl lůžka pevných hmot v primárním kanálu. Modrá křivka ukazuje tlakový profil podél šneku.



Obr. 28 Vytlačovací proces před optimalizací



Obr. 29 Vytlačovací proces po optimalizaci

7.1 Parametry vytlačovacího procesu po optimalizaci

V tab. 5, 7, jsou zvýrazněny hlavní rozdíly mezi původním nastavením a nastavením po optimalizaci. Z tab. 5 je zřejmé, že v důsledku optimalizace má šnek nižší otáčky a vytlačovací proces je stabilnější, přičemž tab. 7 odpovídá specifikaci dle kap. 6.1.

Tabulka 5. Zvolené nastavení vytlačovací linky 2

1.	materiál	FG 1 COL (PVC)	FG 1 DAS (PVC)	FG 1 PCW (PVC)
	forma materiálu	granulát	granulát	granulát
2.	extruzní linka	č.2	č.2	č.2
	vyráběný produkt	4,3x6,8	4,3x6,8	4,3x6,8
	rychlost linky [m/s]	1	1	1
	průměr šneku [mm]	90	90	90
	otáčky šneku [RPM]	45	44	43,7
	typ šneku	barriell V2	barriell V2	barriell V2
	tlak [bar]	161	177	179
3.	teplota taveniny [°C]	158	160	159
	rozměr trnu [mm]	4,86	4,86	4,86
	rozměr hubice [mm]	7,6	7,6	7,6

Tabulka 6. Teplotní profil vytlačovací linky 2

Teplotní profil [°C]				
4.	pod násypkou	30	30	30
	válec 1	145	145	145
	válec 2	150	150	150
	válec 3	155	155	155
	válec 4	155	155	155
	válec 5	150	150	150
	příruba 1	148	148	148
	příruba 2	148	148	148
	hlava 1	145	145	145
	hlava 2	140	140	140

Tabulka 7. Naměřené hodnoty po optimalizaci

5.	Naměřené hodnoty			
	vnější průměr hadičky [mm]	6,946	6,967	7,07
	vnitřní průměr hadičky [mm]	4,422	4,441	4,584
	síla stěny hadičky [mm]	1,243	1,237	1,231
	ovality [mm]	0,015	0,025	0,063
	koncentricita [%]	90,9	90,3	91,7

7.1.1 Vytlačování PVC hadičky 4,3 x 6,8 po optimalizaci

V průběhu testu s upraveným šnekem a plastikačním válcem bylo na první pohled patrné, že po optimalizaci bylo dosaženo vnitřního průměru hadičky dle kap. 5.1. Hlavní rozdíl byl v otáčkách šneku. Otáčky šneku před optimalizací byly vyšší, přičemž po optimalizaci došlo ke snížení otáček šneku. S takto upraveným šnekem a plastikačním válcem jsme dosáhli specifikaci výrobku dle kap. 6.1. Vytlačovací proces je mnohem stabilnější, s kratším časem pro stabilizaci výroby od jeho startu. Po optimalizaci bylo dosaženo kvalitativní výroby hadičky ze všech tří PVC materiálů od různých dodavatelů. Přičemž dle našeho oddělení kontroly byl určen materiál FG1 Das jako nejlepší co se týká vizuálního aspektu, který je dle směrnic Gembra akceptovatelný. Druhá vyrobená hadička z materiálu FG1 PCW je také akceptovatelná, třetí vyrobená hadička z materiálu FG1 Col nebyla oddělením kvality akceptovatelná.

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce byla vypracovaná literární studie, která se dělí do tří základních kapitol.

První kapitola je zaměřená na popis zpracovatelské vlastnosti plastů. V kapitole jsou popsány obecné informace o zpracovatelských vlastnostech plastů a jejich jednotlivých technologických operacích.

Druhá kapitola je zaměřená na popis procesu vytlačování. V kapitole je popsán samotný proces vytlačování. Dále se kapitola dělí na popis vytlačovacího stroje a jeho základních částí a na popis vytlačovací linky.

Třetí, závěrečná kapitola, je zaměřená na plasty a jejich obecné rozdělení. Kapitola je zaměřená na PVC z důvodu námi vyráběných PVC hadiček.

Praktická část je zaměřená na výrobu konkrétní hadičky na vytlačovací lince ve společnosti Gambro Czech Republic, s.r.o.

V době, kdy tato bakalářská práce vznikala, společnost Gambro Czech Republic s.r.o., začala realizovat výrobu PVC hadiček určených pro zdravotnictví. Firma má velké portfolio vyráběných PVC hadiček. Bakalářská práce je zaměřená na jeden konkrétní typ hadičky, která byla mezi prvními zaváděna do výroby.

Na praktickém základě mnohých testů a zkoušek (v některých případech byly testy opakovány několikrát) bylo vytlačovacímu procesu více porozuměno. Díky těmto poznatkům bylo rozhodnuto pro optimalizaci vytlačovacího procesu. Použitím vytlačovacího šneku s novou geometrií a upraveným plastikačním válcem byl dosažen optimalizovaný vytlačovací proces pro splnění kvalitativních výrobních parametrů PVC hadičky.

V budoucnu bych se chtěl i nadále věnovat prováděným testům pro dokonalejší optimalizaci vytlačovacího procesu. Cílem dalšího testování bude zajištění optimálního provozu celé vytlačovací linky. Konkrétně vytlačovací linka bude validovaná, uvolněná do výrobního procesu. Do budoucna bude nutné kontrolovat, jak se mění vlastnosti vytlačovacího procesu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ing. Adéla Králová, Ing. Leo Klimánek, *Zpracování polymerů pro 3. a 4. ročník středních průmyslových škol chemických*, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 1986
- [2] Ing. Vlastimil Měřinský – Jarmila Měřinská, *Nauka o materiálech II pro 2. ročník SPŠ kožařské*, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 198
- [3] Ing. Ľubomír Kovačič, Ing. Jaroslav Bína, CSc., *Plasty, vlastnosti, spracovanie, využitie*, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatury, Bratislava, 1974
- [4] [Http://www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. 2006 [cit. 2011-05-31]. Zpracování plastů. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/02.htm
- [5] Ing. František Černý, *Technológia spracovania kaučukov a plastov pre 1. a 2. ročník SOU*, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatury, Bratislava, 1986
- [6] Ing. Vladislav Hagen, František Černý, *Technologie zpracování kaučuku a plastických hmot*, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1964
- [7] [Http://www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. 2006 [cit. 2011-05-31]. Zpracování plastů. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06.htm
- [8] Ing. Josef Kubík, František Gřunděl a kolektiv, *PVC výroba, zpracování a použití*, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1965
- [9] Miroslav Jahelka, *Gumárenské a plastikářské stroje pro 3. a 4. ročník SPŠ chemických*, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1969
- [10] Dr. Chris Rauwendaal, *Understanding extrusion*, Německo, 2010
- [11] [Http://www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. 2006 [cit. 2011-05-31]. Zpracování plastů. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [12] [Http://www.substech.com](http://www.substech.com) [online]. 2006 [cit. 2011-05-31]. Substech. Dostupné z WWW: <<http://www.substech.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ITT	index toku taveniny
PVC	polyvinylchlorid
D	průměr šneku
L/D	účinná délka šneku poměru délka/průměr
rpm	otáčky za minutu
FG1 Col	PVC materiál
FG1 Das	PVC materiál
FG1 Pcw	PVC materiál
LCD	liquid crystal display (displej z tekutých krystalů)
cpk	míra způsobilosti procesu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Proces vytlačování</i>	16
<i>Obr. 2 Jednošnekový vytlačovací stroj</i>	17
<i>Obr. 3 Schéma dvoušnekového vytlačovacího stroje.....</i>	18
<i>Obr. 4 Šneky s opačným smyslem točení</i>	18
<i>Obr. 5 Pohon dvoušnekového stroje</i>	18
<i>Obr. 6 Pohon dvoušnekového stroje</i>	19
<i>Obr. 7 Průběh tlaku ve šnekovém vytlačovacím stroji</i>	20
<i>Obr. 8 Průběh tlaku na stroji s odplyněním</i>	20
<i>Obr. 9 Říditelné ventily.....</i>	22
<i>Obr. 10 Posuvný šnek</i>	23
<i>Obr. 11 Přímá hlava na trubky.....</i>	24
<i>Obr. 12 Příklad lamače</i>	25
<i>Obr. 13 Základní rozdělení plastů</i>	27
<i>Obr. 14 Rozdělení výrobních prostorů</i>	33
<i>Obr. 15 Vytlačovací linka</i>	34
<i>Obr. 16 Hadička 4,3 x 6,8.....</i>	35
<i>Obr. 17 Dialyzační set</i>	35
<i>Obr. 18 Vytlačovací stroj.....</i>	36
<i>Obr. 19 Vytlačovací stroj.....</i>	36
<i>Obr. 20 Chladicí lázeň.....</i>	37
<i>Obr. 21 Odtahovací zařízení.....</i>	38
<i>Obr. 22 Navíjecí zařízení</i>	39
<i>Obr. 23 Manipulační zařízení</i>	40
<i>Obr. 24 Vyrovnávací zařízení</i>	40
<i>Obr. 25 Hlavní kontrolní panel měřicího zařízení.....</i>	41
<i>Obr. 26 Ultrazvukové měřicí zařízení.....</i>	42
<i>Obr. 27 Laserové měřicí zařízení</i>	42
<i>Obr. 28 Vytlačovací proces před optimalizací</i>	47
<i>Obr. 29 Vytlačovací proces po optimalizaci</i>	48

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1. Přehled základních vlastností vinylových polymerů</i>	28
<i>Tabulka 2. Zvolené nastavení vytlačovací linky 2</i>	44
<i>Tabulka 3. Teplotní profil vytlačovací linky 2</i>	44
<i>Tabulka 4. Naměřené hodnoty před optimalizací</i>	44
<i>Tabulka 5. Zvolené nastavení vytlačovací linky 2</i>	49
<i>Tabulka 6. Teplotní profil vytlačovací linky 2</i>	49
<i>Tabulka 7. Naměřené hodnoty po optimalizaci</i>	49