

Proces vytlačovania v gumárenskom priemysle

Lukáš Ridoško

Bakalárska práca
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš RIDOŠKO**
Osobní číslo: **T08704**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Proces vytlačování v gumárenském průmyslu**

Zásady pro vypracování:

Vypracujte literární rešerši zaměřenou na:

1. Proces vytlačování
2. Charakterizujte problémy spojené s vytlačováním gumárenských směsí
3. Uveďte poslední novinky z oblasti vytlačování gumárenských směsí
4. Diskutujte vyhledané informace

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **Michaeli, Walter**, Extrusion Dies for **Plastics and Rubber – Design and Engineering Computations (3rd Edition, Hanser Publishers, p. 366, ISBN: 978-3-446-22561-9, 2004**
2. **Drobny, Jiri George**, Handbook of Thermoplastic Elastomers, William Andrew Publishing/Plastics Design Library, p. 432, ISBN: 978-0-8155-1549-4, 2007
3. Elektronické databáze **UK, internet.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Zádrapa

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 11. února 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Roman Čermák, 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 obhajoby²⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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, považuji 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 8.7. 2011


.....

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 nevydělčně 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 vzdělávacího 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 výtěžku 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 výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Proces vytlačovania zmesí je v gumárenskom priemysle najvyskytovanejšou technologickou operáciou. Vytlačovacie stroje tvoria podstatnú časť strojných zariadení pneumatikárskych závodov. Majú široký rozsah použitia. Plastifikujú, pasírujú, miešajú zmesi a vytlačujú profily. Cieľom tejto práce je vypracovať rešerš na tému vytlačovanie gumárenských zmesí. Popísať problematiku, požiadavky a technológiu vytlačovania. Vyhľadať literatúru s tejto oblasti priemyslu.

Kľúčové slová: Vytlačovací stroj, kaučuková zmes, závitovka.

ABSTRACT

The extrusion is the most used process for rubber compounding. Extruders create the main part of companies which are interested in rubber compounding, because they have wide area of utilization. They could be used for plastification, strainering, compounding and moreover extrusion of final product. The goal of this work was to conclude information about rubber extrusion.

Keywords: Exdruder, rubber blends, screw.

Chcel by som sa poďakovať vedúcemu bakalárskej práce páňovi Ing. Petrovi Zádrapovi za jeho obetavú pedagogickú činnosť pri prekonávaní rôznych problémov súvisiacich s danou témou, za poskytnutie literatúri, ochotu a za jeho drahocenný čas.

Prehlasujem že odovzdaná bakalárska práca a elektronická verzia nahraná do elektronického systému STAG sú totožné.

Motto: Hodnota človeka nie je v tom, čo urobil pre seba, ale pre iných.

Albert Einstein

V Zline dňa 8.7.2011



Podpis bakalára

OBSAH

ÚVOD	9
1 VYTLAČOVANIE	10
1.1 VYTLAČOVACIE STROJE	10
1.1.1 Rozdelenie vytlačovacích strojov	12
1.2 ZÁVITOVKOVÉ VYTLAČOVACIE STROJE	12
1.2.1 Jednozávitovkové vytlačovacie stroje	17
1.2.1.1 Kolíkový vytlačovací stroj.....	18
1.2.1.2 Transfermix.....	19
1.2.1.3 Hnetič GORDON.....	20
1.2.2 Dvoj- a viac závitovkové vytlačovacie stroje	20
1.3 KAUČUKOVÁ ZMES.....	22
1.4 PROBLÉMY PRI VYTLAČOVANÍ KAUČUKOVÝCH ZMESÍ.....	23
1.4.1 Pripomienky k vytlačovaniu z rôznych kaučukov	28
1.4.2 Gough-Joulov efekt	29
2 POUŽITIE VYTLAČOVACÍCH STROJOV	31
2.1 ČISTENIE ZMESÍ	31
2.2 VYTLAČOVANIE BEHÚŇOV	31
2.2.1 Vytlačovanie bočníc	32
2.3 VYTLAČOVANIE DUTÝCH PROFILOV	32
2.4 OPLÁŠŤOVANIE DRÔTOV	33
2.5 VYTLAČOVANIE TESNENÍ	35
2.6 VYTLAČOVANIE DOSIEK	36
2.7 VYTLAČOVANIE VLÁKIEN	37
3 VYTLAČOVACIE LINKY	38
3.1 QUADROPLEX	39
4 NOVINKY	44
ZÁVER	47
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	48
ZOZNAM OBRÁZKOV	53

ÚVOD

Od roku 1839 keď pán Charles Goodyear vynášiel vulkanizáciu sa stal gumársky priemysel progresívnym smerom. Medzi hlavné výrobky patria pneumatiky, dopravné pásy, tesnenia, duše, atď. Kaučuk sa stal veľmi vyhľadávanou surovinou.

Vytlačovacie stroje zaberajú podstatné miesto v gumárskej výrobe a nahrádzajú čoraz viac staršie strojné zariadenia - dvojvalce. V moderných gumárskych závodoch je vytlačovací stroj používaný pri každej výrobe polotovaru. Či už je súčasťou linky ako hlavné strojné zariadenie (behúne, bočnice, jadro petkového lana) alebo sa používa v linke na zahriatie , dohomogenizáciu alebo tvorbu nekonečného pásu zmesi. Spojenie vytlačovacích strojov s inými linkami na výrobu polotovarov prináša efektívnosť, automatizáciu, kvalitu, kvantitu. Obsluha takýchto strojných zariadení si vyžaduje kvalifikovanú pracovnú silu aby zvládla náročné výrobné úlohy pri dosiahnutí vysokej kvality [1].

V gumárskom priemysle sa využívajú veľké a zložité strojné zariadenia. Kaučukové zmesi sú húževnaté materiáli a preto musia byť strojné zariadenia z kvalitných materiálov a pevnej konštrukcie. Medzi tieto zariadenia patria aj vytlačovacie stroje. Tie prešli veľkou inováciou. Vlajkovou loďou vytlačovacích liniek je Quadroplex. Táto linka má 4 vytlačovacie stroje nad sebou ktoré vytlačujú kaučukovú zmes do jednej vytlačovacej hlavy. Je to takmer plno automatická linka ale stále záleží na ľudskom faktore. Preto na ich obsluhu je treba kvalifikovanú pracovnú silu ktorá dodržiava a dohliada na správne technologické postupy.

1 VYTLAČOVANIE

Vytlačovanie je kontinuálny proces pri ktorom sa materiál vytlačuje a tým sa tvaruje prechodom cez vytlačovaciu hlavu alebo hubicu požadovaného tvaru do voľného priestoru. Vytlačovacie stroje spracovávajú prevažne kaučukové a takmer všetky plastické hmoty. Pomocou nich sa dajú vyrábať behúne na autoplášte, tyče, pásy rôznych rozmerov, dosky, trubky, používajú sa na miešanie, dohomogenizáciu zmesi, ochranu a izoláciu káblov (oplášťovanie) a čistenie zmesí (pasírovanie) [2].

Vytlačovanie v moderných závodoch nahrádza válcovanie pretože celý proces sa dá plne automatizovať a nie je treba k ich obsluhu toľko fyzickej námahy. Vytlačené výrobky majú menšiu hladkosť a majú väčšiu toleranciu na rozmery výrobku. Ale v dnešnej dobe majú výrobcovia vytlačovacích strojov zvládnutý celý technologický postup s nárokmi na najvyššiu kvalitu [2].

Vytlačovanie zmesí je proces adiabatický – v tomto procese dochádza k premene mechanickej energie na teplo. V praxi hovoríme o subadiabatickom (polytrópnom) a superadiabatickom procese vytlačovania kaučukovej zmesi. Pri subadiabatickom procese sa časť tepla privádza z vonkajšieho zdroja na to, aby sa zmes zahriala na požadovanú teplotu potrebnú na dobré spracovanie kaučukovej zmesi a časť tepla sa vytvorí premenou mechanickej energie. Superadiabatický (tiež autotermný) proces vytlačovania je dej, pri ktorom sa neprivádza teplo potrebné na zahriatie zmesi z vonkajšieho zdroja ale vznikajú premenou mechanickej energie [1,2,3].

1.1 Vytlačovacie stroje

Výroba na vytlačovacích strojoch začala asi v roku 1880. Prvý krok spravil Mr. Matthew Grey ktorý si v roku 1879 patentoval výrobu vytlačovacieho stroja. Gumárenský priemysel sa rýchlo rozvíjal ako aj gumárenské technológie a konštrukčné riešenia strojných zariadení. V roku 1960 bolo 15% strojov používaných v gumárenskom priemysle zabezpečených elektrickým pohonom s meniteľnými otáčkami. Potom sa už vytlačovacie stroje začali uberať smerom väčšej kvality výrobkov, zdokonalovaniu konštrukcie a automatizácií tejto výrobnéj operácie [1,2,4].

V dnešnej dobe sú vytlačovacie stroje na vysokej technologickej úrovni a výrobcovia sú schopný navrhnuť vytlačovací stroj závodu na mieru podľa jeho

požiadaviek. Vytlačovacie stroje sa líšia od seba hlavne podľa druhu spracovávaného materiálu a od toho sa odvíja ich výkon, konštrukcia, temperovanie, zásobovanie atď.

Všeobecne sa všetky vytlačovacie stroje skladajú z:

- hnacej jednotky
- prevodovky
- temperačnej jednotky
- hydraulicko - pneumatického okruhu
- vytlačovacej jednotky [1]

Hnacia jednotka – na pohon vytlačovacích strojov sa používajú výkonné asynchrónne elektromotory. Elektromotory majú meniteľné otáčky čím vyniká ich univerzálnosť vo výrobnom procese. Môžu sa používať na viacej úkonov pri rôznych druhoch zmesiach.

Prevodovka – cez ňu sa prenáša sila od elektromotorov na vytlačovaciu jednotku. Väčšinou je to zabezpečené pomocou ozubených kolies v olejovej vani.

Temperačná jednotka – slúži na chladenie alebo vyhrievanie vytlačovacej jednotky podľa druhu spracovávaného materiálu. U plastov sa prevažne vyhrieva a u kaučukových zmesí chladí.

Hydraulicko-pneumatický okruh – slúži väčšinou na pohon obslužných zariadení a na uľahčenie manipulácie pri zásobovaní a pri výmene komponentov vytlačovacieho stroja. Obecne platí, že čím je vytlačovací stroj väčší, tým komplikovanejšie bude jeho riešenie jednotlivých častí. U veľkých vytlačovacích strojov sa používajú pomocné hydraulické okruhy a pre menšie stroje sa používa pneumatické ovládanie pomocných zariadení [1,5].

Vytlačovacia jednotka – sa skladá z plniaceho komína, temperovaného plášťa, komponentu ktorý vytvára tlak na zmes (ten spôsobuje tok zmesi k vytlačovacej zmesi a je rozdielny pri rôznych druhoch vytlačovacích strojov), vytlačovacej hlavy, temperačných zón, trňa (pri vytlačovaní dutých profilov), uzamykacieho mechanizmu vytlačovacej hlavy a šablóny. Po celej dĺžke plášťa vytlačovacieho stroja sú zabudované termočlánky ktoré potom dávajú obraz o celkovom teplotnom režime vytlačovacieho stroja [1,5].

1.1.1 Rozdelenie vyťahovacích strojov

Vyťahovacie stroje sa rozdeľujú hlavne podľa druhu spracovávaného materiálu a rozdielnej konštrukcie vyťahovacích jednotiek. Keď poznáme charakteristiku materiálu a jeho vlastnosti môžeme vybrať vyťahovací stroj s vyhovujúcim vytváraním tlaku na vyťahovaný materiál [1,2]. Takže podľa spôsobu vytvorenia tlaku na zmes rozdeľujeme vyťahovacie stroje na:

- Diskové
- Piestové
- Valcové
- Závitovkové: - jednozávitovkové
- dvoj - a viac závitovkové [3]

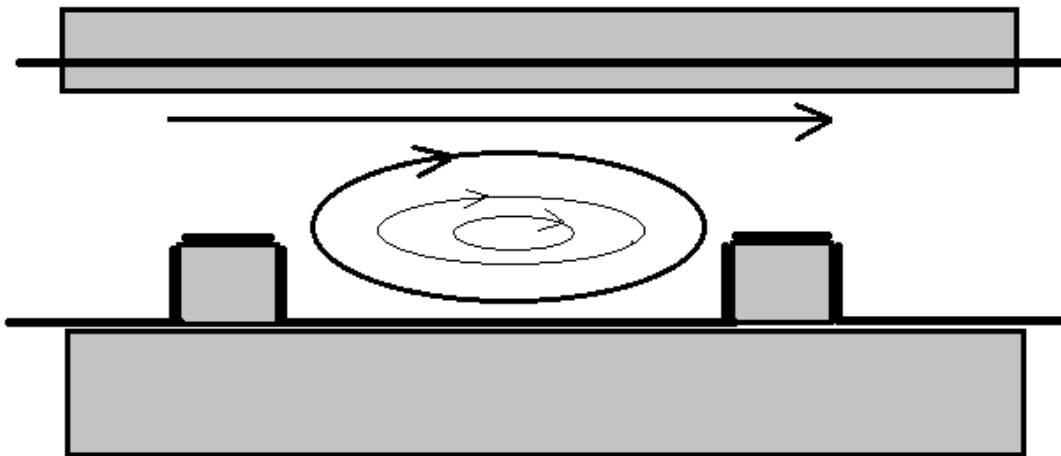
1.2 Závitovkové vyťahovacie stroje

Najpoužívanejšími a najrozšírenejšími typmi vyťahovacích strojov na tvárnenie gumárenských zmesí sú závitovkové vyťahovacie stroje (tzv. extrúder). Procesy ktoré sa dejú v závitovkovom vyťahovacom stroji sa dajú rozdeliť na niekoľko zón vid' Obr. 2:

- Dávkovacu zónu
- Kompresnú zónu
- Zmiešavacu zónu [1]

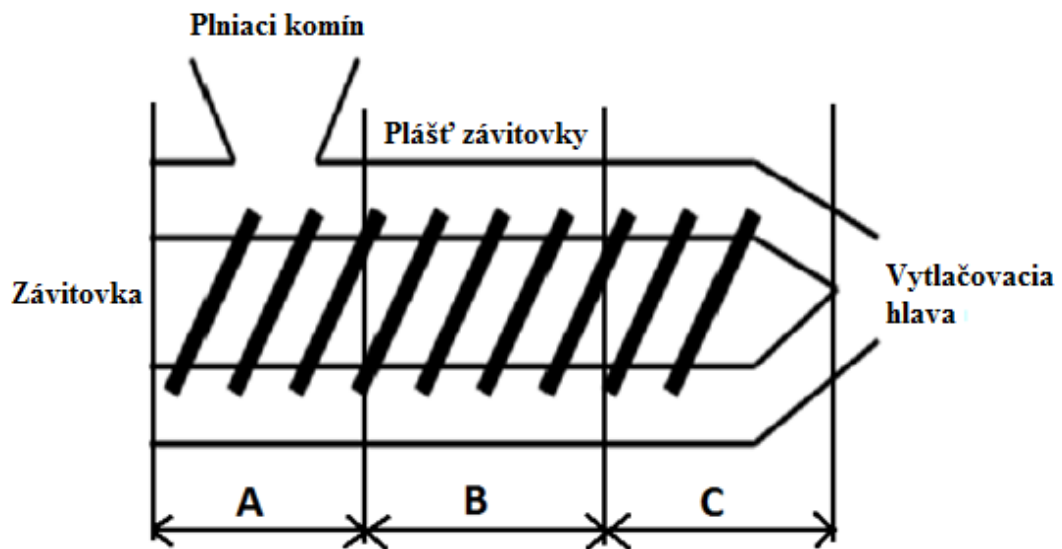
V dávkovacej zóne sa vlastne zmes dostáva cez plniaci komín medzi závit a plášť závitovky. Plniaci komín je opatrený pomocným valčekom ktorý zabraňuje pretrhnutiu pásu zmesi. Pás zmesi by sa mohol pretrhnúť trením o plniaci komín. Veľkosť dávkovacej zóny závisí od kapacity vyťahovacieho zariadenia. Ako sa materiál posúva dochádza ku kontakte so stenou púzdra závitovky. Zmes sa takto dostáva do ďalšej zóny - kompresnej. V kompresnej zóne vzniká trenie medzi zmesou, závitovkou a púzdrom závitovky a tým sa vyvíja teplo. Takto sa zmes dokáže zahriať až na teplotu 100 – 110°C, materiál začína tiecť a zmes sa dostáva do zmiešavacej zóny [1,2,4].

Tok zmesi v zmiešavacej zóne je dobre popísaný pre plastické látky bez prísad, ale gumárenské zmesi sú visko-elastické a ich tok je ťažšie matematicky popísateľný. Pri toku zmesi vzniká rotácia (Obr. 1) v jednoduchých blokoch [1,2,4].



Obr. 1: Tok zmesi v závitovke [1].

Intenzita tejto rotácie (Obr. 1) závisí hlavne od výšky závitov, veľkosti štrbiny, vzdialenosti závitov a od rýchlosti rotácie. Aby bol tok zmesi rovnomerný po celej dĺžke závitovky je dôležité trenie medzi stenou a zmesou. Teplo vzniká aj pri vnútornom trení zmesi a nie len pri trení medzi stenou a zmesou. Preto musia mať vytlačovacie stroje kvalitné chladenie (temperovanie) aby toto teplo odvádzalo preč. Extrémne chladenie nie je potrebné po celej dĺžke závitovky. Chladenie je rozdelené do niekoľkých sekcií v ktorých sú nezávisle regulované rozdielne teploty povrchu závitovky. Ako zmes rotuje zlepšuje sa zmiešanie polymérov a stupeň disperzie plnív. Pri zlom prechode zmesi pozdĺž závitovky a zvýšenou teplotou môže dôjsť k navulkanizovaniu zmesi (napaľovaniu) čo znehodnocuje finálny výrobok a ubera mu na kvalite [1,2,4].



Obr. 2: Rozdelenie zón a popis závitkového vytlačovacieho stroja [4],

A – dávkovácia zóna, B – kompresná zóna, C – zmiešavacia zóna

Efektívnosť vytlačovacieho stroja spočíva v úspešnom navrhnutí konštrukcie plniaceho komína, závitovky, jej plášťa a vytlačovacej hlavy (Obr.2).

Najprv sa kaučuková zmes musí dostať do vytlačovacieho stroja a to sa zabezpečuje pomocou plniaceho komína. Ten je konštruovaný na základe charakteru spracovávaného materiálu a od výkonu vytlačovacieho stroja. Prísun materiálu zodpovedá možnostiam zariadenia. Veľmi dôležité je rovnomerné zásobovanie kaučukovou zmesou (vo forme nekonečného pásu) cez plniaci komín k závitovke. Pod plniacim komínom sa nachádza dávkovácia zóna [1].

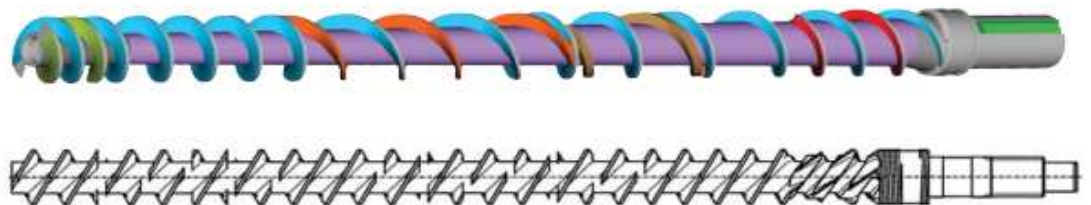
Ďalej záleží aj na veľkosti štrbiny medzi závitovkou a plášťom závitovky na ktorom závisí chod materiálu od plniaceho komína k vytlačovacej hlave a od rozloženia jednotlivých sekcií závitovky. U závitovky (Obr. 3) sú dôležité tieto parametre: dĺžka a priemer závitovky, hĺbka závit, uhol záberu, šírka závit, stúpanie závit [1,2].



Obr. 3: Závítovky [6].

Pre definovanie závitovky je charakteristickým parametrom dĺžka jej účinných sekcií. Pri každom začiatku sekcie sa používa pojem – začiatok závit. Tieto účinné zóny majú každá svoje špecifické stúpanie základného závit. V zložitejších vytláčovacích strojoch môžu mať závitovky niekoľko začiatkov. Medzi ďalší charakteristický údaj závitovky je jej **kompresný pomer** [1]. Kompresný pomer závisí na hĺbke a šírke závit. Laicky sa dá povedať, že je to pomer objemu závitú závitovky pod plniacim komínom k objemu závitú závitovky na jej konci u vytláčovacej hlavy. Obvykle kompresný pomer nadobúda hodnoty od 2,0 do 4,0 [7].

Konštrukčné riešenie závitovky závisí od použitia vytláčovacieho stroja, požadovaných výkonov a viskozity vystupujúceho materiálu [1].



Obr. 4: Konštrukčné riešenie závitovky s rozdielnymi závitmi po celej jej dĺžke [8].

Dôležitým faktorom pri výbere materiálu z ktorého je vyrobená závitovka je aj abrazívny charakter posunu zmesi v závitovke a vznikajúci vysoký tlak vytlačovanej zmesi na kovový materiál. Vzniká vnútorné pnutie materiálu spôsobené ohrevom kovu zapríčinené trením zmesi a chladením spôsobené chladacím médiom. Materiál z ktorého je závitovka vyrobená je oceľ. Tá sa ešte indukčne tvrdí na 60 Rockwell C a hrúbka tvrdenej vrstvičky je 0,8 až 1,0 mm vid' Obr. 5. Popríklad sa oceľ nitriduje na 48 Rockwell C s hrúbkou vrstvičky 0,2 až 0,25 mm [1].

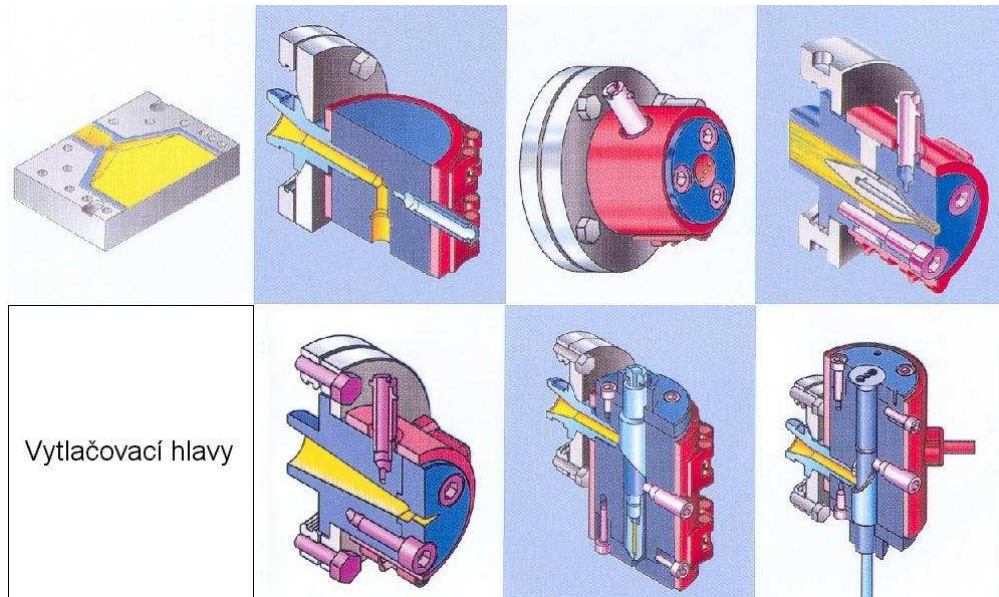


Obr. 5: Detailný pohľad na indukčne tvrdenú závitovku [8].

Posledným z dielov vyťahovacej jednotky je vyťahovacia hlava. K nej vlastne závitovka tlačí kaučukovú zmes. Vyťahovacia hlava udáva konečný tvar vyťahovaného profilu. Pre sústavu závitovka – vyťahovacia hlava platia hlavne tieto konštrukčné kritéria:

- Kompatibilitnosť sústavy
- Uniformita sústavy ohrev – chladienie pre všetky druhy vyťahovacích strojov
- Rovnomernosť toku materiálu vo vyťahovacom stroji
- Aerodynamický tok materiálu zo závitovky do vyťahovacej hlavy
- Dobre uzamykateľná a otočná hlava pre drobné a rýchle vyčistenie stroja od zvyškov vyťahovanej zmesi
- Schopnosť rýchlej výmeny šablóny vo vyťahovacej hlave pre rôzne profily polotovarov s minimalizáciou strát produkcie [1,2]

Vytlačovací hlava je opatrená hubicou a lamačom. Lamač sa nachádza medzi koncom závitovky a vytlačovacou hlavou. Jeho úlohou je regulácia toku a tlaku taveniny. Ďalšou úlohou je že je nosič pre sito. Lamač má tvar kruhovej dosky z otvormi [9].



Obr. 6: Rôzne konštrukcie vytlačovacích hláv [5].

Na vytlačovací stroj môžeme pripojiť rôzne vytlačovacie hlavy (Obr. 6). Podľa toho môžeme vytláčať rôzne profily napr. plochá vytlačovacia hlava (výroba dosiek), vytlačovacia hlava s trňom a protitrňom (dutý profil), nepriama vytlačovacia hlava (oplášťovanie káblov), atď. [9]

1.2.1 Jednozávitkové vytlačovacie stroje

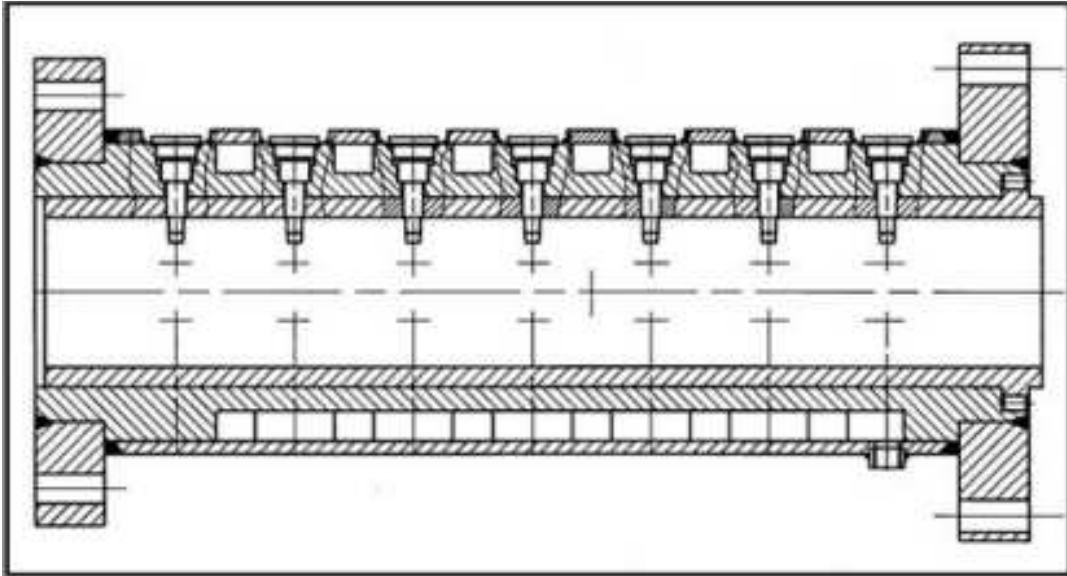
Sú to vytlačovacie stroje (Obr. 7) ktoré majú len jednu závitovku. Ich použitie je široké pretože sa na ne dajú namontovať rôzne vytlačovacie hlavy. Dajú sa s ním vytlačovať rôzne profily ale môžu sa používať aj na miešanie zmesí. Pri miešaní zmesí sa používajú rôzne výčnelky z plášťa závitovky alebo z jadra závitovky (kolíkový vytlačovací stroj). Ďalším takýmto vytlačovacím strojom je Transfermix ktorý má zvýšenú účinnosť, vid' ďalej. K plastikácii prírodného kaučuku sa používa hnetič Gordon [9].



Obr. 7: JednozÁvitovkový vytlačovací stroj [8].

1.2.1.1 Kolíkový vytlačovací stroj

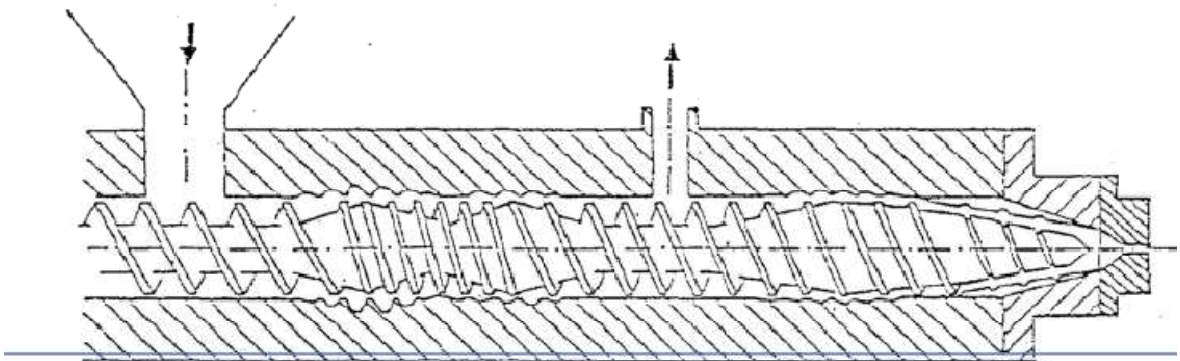
Pri studenom vytlačovaní sa v dnešnej dobe uplatňuje tzv. Kolíkový vytlačovací stroj (Obr. 8). Studené vytlačovanie znamená že sa kaučuková zmes dávkuje do plniaceho komína studená. Umožňuje rýchle vytlačovanie. U kolíkového vytlačovacieho stroja sú zabudované kolíky do plášťa závitovky. Počet kolíkov závisí od druhu vytlačovanej zmesi, jeho využitia a od veľkosti vytačovacieho stroja. Kolíky mechanicky a tepelne homogenizujú zmes. Spôsobujú vratný rozrušovací efekt. Pri toku viskoelastickej zmesi dochádza k rozvrstveniu, čo spôsobuje vznik trecích plôch. Vnútorne trenie sprevádza adiabatické teplo. Kolíky sú nastaviteľné podľa druhu zmesi a jej špecifických požiadavok. Takýto vytlačovací stroj má dvojitý význam. Vytlačuje a mieša kaučukovú zmes, takže veľmi dobre homogenizuje plnivá a polymérne zložky. Kolíkový vtláčovací stroj má veľmi nízky kompresný pomer 1,5 : 1 [1].



Obr. 8: Schéma kolíkového vytlačovacího stroja [8].

1.2.1.2 *Transfermix*

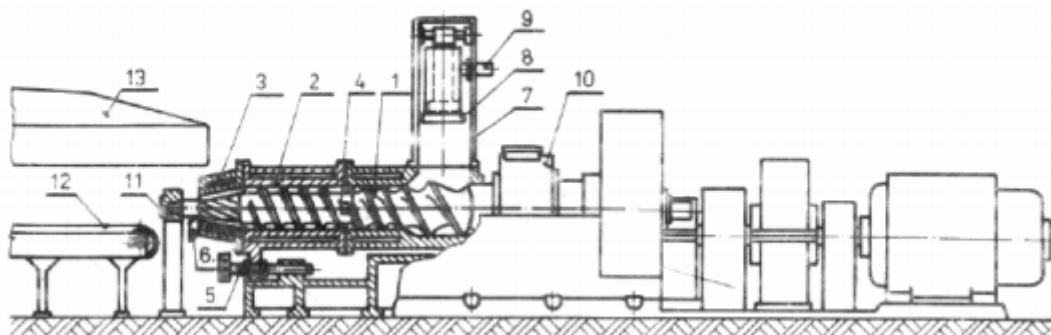
Transfermix (Obr. 9) sa podobne ako kolíkový vytlačovací stroj používa na studené vytlačovanie. Zvýšená účinnosť Transfermixu je spôsobená rozdielnym priemerom závitovky. Závitovkový profil môže mať po stranách aj valce, ktoré poprípadne majú opačný zmysel otáčania. Vytlačovací stroj Transfermix má vynikajúcu schopnosť dispergácie plnív, homogenizáciu zmesi a intenzívne premiešanie kaučukovej zmesi v celej hĺbke [10].



Obr. 9: Vytlačovací stroj Transfermix [3].

1.2.1.3 Hnetič GORDON

Používa sa na plastikáciu prírodného kaučuku, ktorý vidíme na Obr. 10. Závitovka sa otáča v plášti závitovky 2. Plášť závitovky je temperovaný. Závitovka je uložená v ložisku 10 a v pomocnom ložisku 11. V polovici závitovky je závit prerušený. V tomto mieste vyčnievajú profily 4, ktoré prekladajú kaučuk pred vstupom do druhej časti závitovky. Pohybová skrutka 5 slúži k nastaveniu polohy hlavy hnetiča. Kaučuk sa dávkuje pomocou barana 8, ktorý je ovládaný pneumaticky. Na zaistenie polohy slúži západka 9. Kaučuk opúšťa hnetič z hlavy 3 v tvare trubky. Trubka plastifikovaného kaučuku sa rozrezáva nožom 6 a rozvíňuje sa a pás ktorý sa dopraví 12 chladí [2].



Obr. 10: Hnetič Gordon [2].

1-závitovka, 2-plášť závitovky, 3-hlava, 4-profily, 5-pohybová skrutka, 6-nôž, 7-plniaci komín, 8-baran, 9-západka, 10-ložisko, 11-pomocné ložisko, 12-dopravník, 13-odsávanie

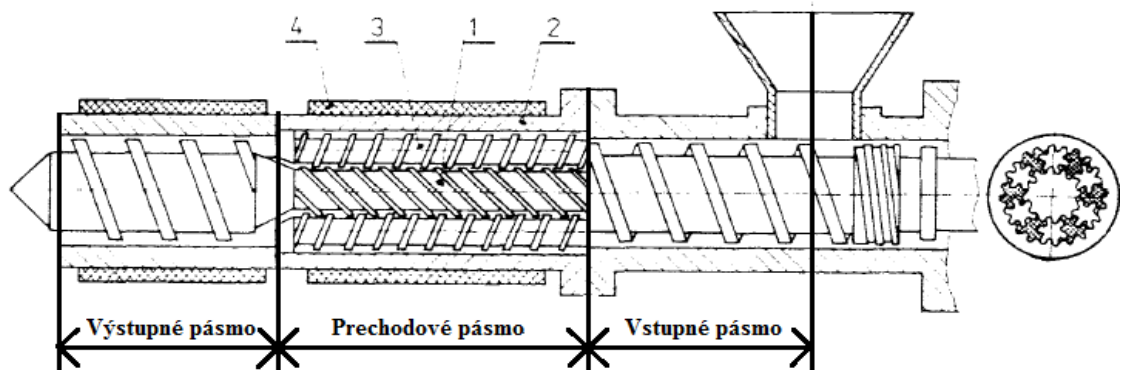
1.2.2 Dvoj- a viac závitkové vytlačovacie stroje

Vytlačovanie s dvojicou závitníc je široko využívané v oblasti prípravy polymérnych zmesí a pri spracovaní chemicky reagujúcich polymérnych kompozícií. Flexibilita dvojzávitnicových vytlačacích strojov umožňuje široké nastavenie parametrov miešania a vytlačovania napr. dvojica závitníc sa môže otáčať rovnakým alebo protichodným smerom, pričom rýchlosť otáčania závitníc sa môže meniť. Závitnice môžu mať rôznu konfiguráciu s rôznymi rozvodovými elementami usmerňujúcimi tok materiálu, miešacími elementami a ďalšími elementami umožňujúcimi vytvoriť v stroji špeciálne miešacie podmienky. Rovnako otáčajúce sa závitovky majú lepšiu dispergovateľnosť ako protichodné. Na Obr.

11 sú rôzne tvarové usporiadania závitoviek. Pri dvojzávitkovom vytlačovacom stroji sa môžu používať kratšie dĺžky závitoviek. Miešanie a homogenizácia sa uskutočňujú rýchlejšie [11].



Obr. 11: Rôzne usporiadania závitoviek [9].



Obr. 12: Viaczávitkový vytlačovací stroj [3].

1.3 Kaučuková zmes

Kaučukový stav je definovaný ako vlastnosť tejto hmoty vrátiť sa po odstránení jednej vonkajšej alebo viacerých vonkajších síl do pôvodného stavu. Kaučukové zmesi sa dokážu natiahnúť o niekoľko stoviek percent.

História kaučukovej zmesi sa datuje od kedy sa začal využívať latex zo stromov *Hevea Brasiliensis*. Latex je biela kvapalná suspenzia kaučukových čiastočiek. Významu nadobudol až keď pán Charles Goodyear objavil vulkanizáciu. Prvý syntetický kaučuk bol polyizoprén vyrobený v nemecku roku 1909. Od vtedy sa vyrábajú rôzne kaučukové zmesi s rozdielnou prípravou a zložením prísad [12].

Kaučukové zmesi sa pripravujú dvoj alebo troj stupňovým miešaním. Najprv sa namieša 1. stupeň v hnetacom stroji a vypúšťa sa pri určenej teplote. Sú rôzne typy zmesí ktoré majú rôzne režimi miešania a treba dodržiavať postupné pridávanie prísad. Ak je kaučuková zmes zložená z viacerých druhov kaučukov miešajú sa najprv tie aby bola dosiahnutá dobrá homogenizácia. Pri miešaní kaučukov sa môžu pridať aj ručne navázané chemikálie. Pri miešaní je najvýhodnejšie automatické dávkovanie zo zásovníkov [13].

Po dokonalom hnetení a dosiahnutí vypúšťacej teploty sa zmes vypustí do plniaceho komína homogenizačného vytlačového stroja. Z neho sa vytlačuje pás zmesi na ďalší dvojvalec z ktorého sa odvádza široký pás zmesi (roller – head). Ten vstupuje do separačnej vane a nasleduje chladička v ktorej je zmes zavesená na pohyblivých tyčiach. Chladenie je pomocou ventilátorov na teplotu 40° C. Pás zmesi sa môže sekať na listy a ukladať na paletu alebo sa skladá esovito na paletu tzv. Wig – Wag. Zmesi sa ukladajú do regálov podľa druhu zmesi a označenia. Zmesi sa môžu pasírovať [13].

U prvého stupňa sa do zmesi nezamiešavajú všetky prísady. Kaučuková zmes z prvého stupňa obsahuje:

- Kaučuk
- Plnivá
- Zmäkčovadlá
- Aktivátory
- Antidegradanty
- Prísady ktoré umožňujú lepšie spracovanie kaučukovej zmesi

V druhom stupni sa mieša zmes z prvého stupňa s ďalšími prísadami v hnetacom stroji. Zmes z prvého stupňa sa musí presne navážiť. Zmes má svoj miešací cyklus a záleží na vypúšťacej teplote a predpísanom miešacom čase. Teplota je veľmi dôležitá pretože do zmesi sa zamiešavajú aj vulkanizačné činidlá. Po zahnetení sa zmes vypustí a spracováva sa ako zmes z 1. stupňa. Zmes z druhého stupňa sa nepasíruje pretože by sa mohla navulkanizovať [13].

Pri miešaní zmesí 2. stupňa sa môžu porušiť technologické postupy. Buď sa zle naváži základ zmesi, zabudnú sa pridať vulkanizačné činidlá alebo sa zle navážia a zmes bude predávkovaná. Tieto chyby môžu znehodnotiť celú paletu zmesi, ktorá je finančne nákladná. Predchádza sa tomu tak, že pracovník pod hnetičom odreže kúsok zmasi a pošle ho na expreskontrolu. Vulkanometrom sa vzorok zmesi skontroluje pri teplote 185 – 200° C. Expreskontrola sa urobí ešte pred vstupom zmesi do chladičky [13].

Zmes 2. stupňa sa skladá z:

- Zmes z 1. stupňa
- Vulkanizačné činidlo
- Urýchlovače
- Inhibítory

Pri trojstupňovom miešaní je postup podobný ako pri dvojstupňovom len je rozdelený do troch stupňov. V poslednom stupni sa pridávajú vulkanizačné činidlá. Zmes miešaná v troch stupňoch má lepšie rozdispergované prísady, je dosiahnutá lepšia viskozita, fyzikálne – mechanické a dynamické vlastnosti. Tieto vlastnosti sa dosiahnú ak sa splní technologická požiadavka ktorou je odležanie zmesi aspoň 8 hodín [13].

1.4 Problémy pri vytláčovaní kaučukových zmesí

Najzásadnejší význam pre vytláčovanie má plasticita zmesi. Kaučuková zmes je výrazne neneutonská kvapalina. Pri vytláčovaní podmieňuje plasticita vznik tepla pri vytláčovaní. Rovnako má plasticita zásadný význam pri narastaní profilu za šablónou a udržanie tvaru po vytlačení. Plasticitu môžeme upraviť vhodným zmäkčovadlom alebo výberom vhodného kaučuku. Čím väčšia je plasticita tým viac sa bude profil deformovať po vytlačení a výkon bude malý. S menšou plasticitou je zmes tuhšia a dáva väčší odpor pri vytláčovaní a tým sa zmes zahrieva. Medzi najpoužívanejšie zmäkčovadlá do

kaučukových zmesí patria kyselina stearová a parafín. Zmäkčovadlo sa vo vytlačovacom stroji roztaví a vytvorí na zmesi voskový film ktorý umožňuje hladký chod zmesi strojom [14].

Je dobré ešte pridávať faktis a jemný regenerát. Faktis je sírou zosietený repkový olej s prídavkom minerálneho oleja a zlepšuje tok zmesi a hladkosť [15]. Regenerát je látka nerozpustná ale dobre miešateľná s kaučukmi a zvyšuje anizotropiu zmesi. Pri voľnej vulkanizácii znižujú deformáciu teplom, pretože sú menej termoplastické ako kaučuky. Regenerát znižuje zmršťovanie alebo narastanie profilu po vytlačení. Používa sa pri tvarovo zložitých profiloch, pri tenkostenných profiloch a u výrobkov ktoré majú odolávať oderu (behúne pneumatík) [14,16].

Pri hodnotení vytlačovania sa hodnotí výkon. Napríklad objem alebo dĺžka vytlačeného profilu za vopred stanovených podmienok. Ďalej sa posudzujú hrany, narastanie, povrch, deformácia, navulkanizovanie [16].

U vytlačovania je veľmi dôležitá teplota hubice. Studená hubica a hlava spôsobuje brzdenie priechodu zmesi a znižuje tlak zmesi v hlave. Pravidelný tlak v hlave je pri vytlačovaní tiež veľmi dôležitý. Tlak súvisí s teplotným režimom jednotlivých sekcií a teplotou zmesí. U moc teplej hubice dochádza k poklesu výkonu a profil sa deformuje za hubicou [16].

Na vytlačovanie a jeho kvalitu vplyvajú aj plnivá. Plnivá ovplyvňujú ostrosť hrán, hladkosť povrchu a stálosť po vytlačení. Často sa používajú napr. uhličitan vápenatý, uhličitan horečnatý a predovšetkým niektoré typy sadzí (retortové sadze typu HAF, FEF). Vzhľadom k tomu že elastoméry sú väčšinou plnené plnivami spracovávajú sa na niekoľko fáz. Musí sa preto brať do úvahy že plnivá rozdeľujú šmykové rýchlosti v toku materiálu. Bol navrhnutý model [17] pre termoplasty a bol potvrdený [18,19] a preto sa aplikoval aj pre elastoméry. Rozlišuje sa tu medzi pevnou a tekutou fázou takže sa jedná o dvojfázový tok materiálu vo vytlačovacom stroji. Pri zrovnávaní elastomérov k termoplastom v ich viskozite je jasné že obidve vykazujú šmykové viskozity (Obr. 13). Vplyv teploty na toku a správaní oboch materiálov je dobre vyjadrená pomocou Arrheniovej rovnice alebo pomocou WLF rovnice (Williams-Landel-Ferry) [20] :

$$\eta(T) = \frac{\eta(T)}{\eta(T_g)} = \frac{\tau(T)}{\tau(T_g)} \quad (1)$$

Skupina materiálov	Hustota ρ [g/cm ³]	Tepelná vodivosť λ [W/m.K]	Merná tepelná kapacita C_p [kJ/kg.K]
TERMOPLASTY	Od 0,7 do 1,4 (0,7 - 0,9 pre PE-LD/PP ; 0,95 - 1,05 pre PS ; 1,3 - 1,4 pre PVC)	Od 0,15 do 0,45 (0,25 - 0,45 pre PE-LD/PP ; 0,16 pre PS ; 0,19 pre PVC)	od 1 do 3 (v rozmedzí teplôt kryštalizácie s výrazným nárastom a s následným znížením na tejto úrovni)
ELASTOMÉRY	Od 1,1 do 1,7 (V závislosti na type a množstve plnív)	Od 0,1 do 0,2 pre neplnené Od 0,2 do 0,4 pre vysoko plnené	Od 1 do 2 (Hodnoty sa menia v závislosti na stupni zosieťovania)

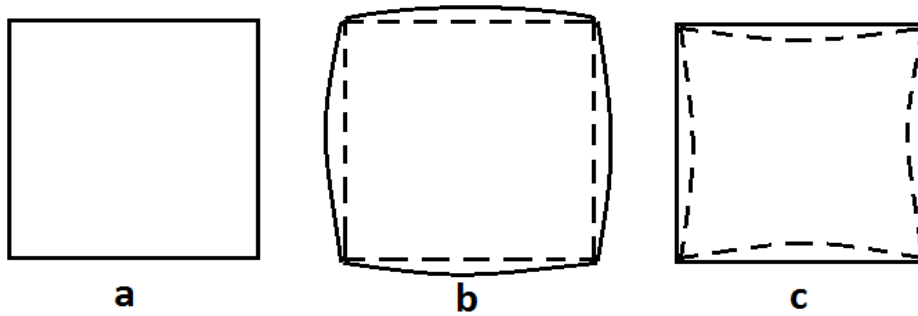
Obr. 13 : Porovnanie hodnôt elastomérov a termoplastov (veličiny sú závislé na teplote a tlaku) [21].

Elastoméry sa spracovávajú nad teplotou T_g (teplota skleneného prechodu) [22]. Prepojenie medzi teplotou a termodynamickými vlastnosťami je dôležité pre výpočty, preto by sa nemalo pracovať s priemernými teplotami spracovania pri výpočtoch. Termodynamické údaje o elastoméroch nie sú dobre preskúmané lebo na ich zmrštenie sa vyžadujú zložité a nákladné meracie techniky a preto sú predmetom výskumu. [21]

Urýchlovače majú podstatný význam na bezpečnosť zmesi pri vytlačovaní. Volia sa urýchlovače ktoré majú neskorší účinok (napr. sulfenamidové). Navulkanizovanie zmesi je nežiadúci proces [14].

NARASTANIE PROFILU ZA ŠABLÓNOU:

Veľký vplyv na výsledný tvar profilu má reológia zmesi pretože vytlačený profil má iný tvar ako má tvar šablóna. V rohoch tečie zmes pomalšie ako pozdĺž roviny profilu. Jedná sa o tzv. narastanie profilu za šablónou. To sa dá eliminovať úpravou šablóny (Obr. 14). Plocha vytlačeného profilu je väčšia ako plocha vytlačovacej šablóny a to spôsobuje zmenu rýchlostného toku viskoelastického materiálu [1].



Obr. 14: Úprava šablóny vytlačovacej hlavy,

a – tvar profilu šablóny, b – tvar vytlačeného profilu bez úpravy šablóny,

c – tvar vytlačeného profilu po úprave šablóny [1].

Tzv. narastanie profilu za šablónou ovplyvňuje :

- Zloženie zmesi (druh kaučuku, obsah sadzí a iných plnív, obsah zmäkčovadla).
- Spôsob prípravy zmesi (stupeň dispergácie plniva, spôsob prípravy zmesi, odležanie zmesi, obsah sadzí, spôsob rozpracovania zmesi).
- Strojné zariadenie (typ stroja a stupeň jeho opotrebenia, použitý materiál a jeho opotrebenie, prispôsobenie vytlačovacej hlavy veľkosti stroja, vzdialenosť medzi koncom závitovky a hubicou, uhol sklonu závitú, pomer L/D).
- Podmienky spracovania (teplota zmesi a hubice, tlak zmesi, šmykové rýchlosti a teploty v jednotlivých zónach, rýchlosť odťahu profilu a účinnosť chladenia) [1].

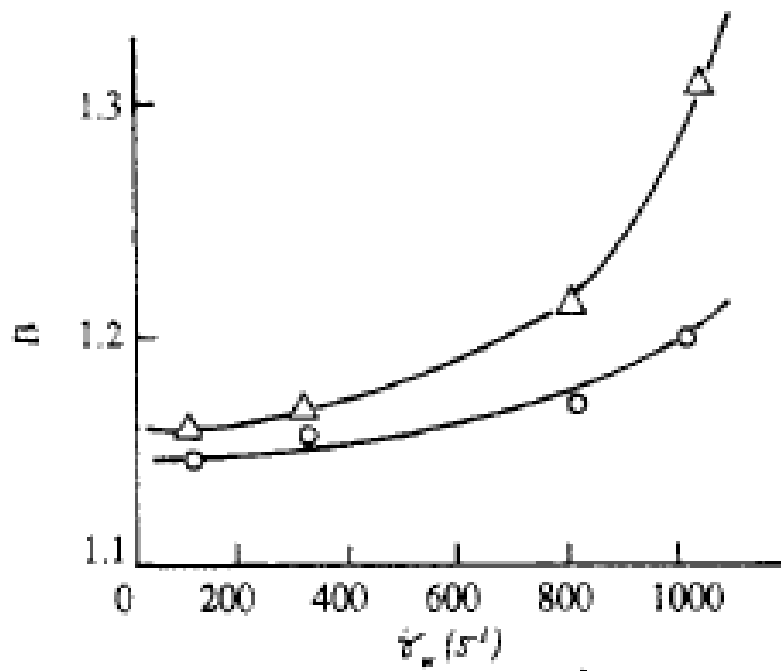
Narastanie profilu za šablónou spôsobuje aj vstupný uhol (2α). Vstupný uhol sa nachádza v priestore medzi koncom závitovky a šablónou. V experimentálnych podmienkach sa zistilo že sa zväčší narastanie za šablónou pri zmene vstupného uhla. Nárast profilu sa znižuje s rastúcim vstupným uhlom ale iba keď je vstupný uhol nižší ako normálny konvergentný uhol zmesi taveniny inak sa zvyšuje. Pri vytlačovaní vznikajú deformácie spôsobené šmykom a ťahom v konvergentnom toku v priestore pred vytlačovacou hlavou. Je preto treba odstrániť šmykovú deformáciu ktorá sa podieľa na narastaní profilu. Narastanie za šablónou ja charakteristické pre elastoméne taveniny. Určuje sa pomerom narastania B [23]:

$$B = D_E/D \quad (2)$$

Kde D_E je priemer vytlačeného profilu a D je priemer vytlačovacej hlavy.

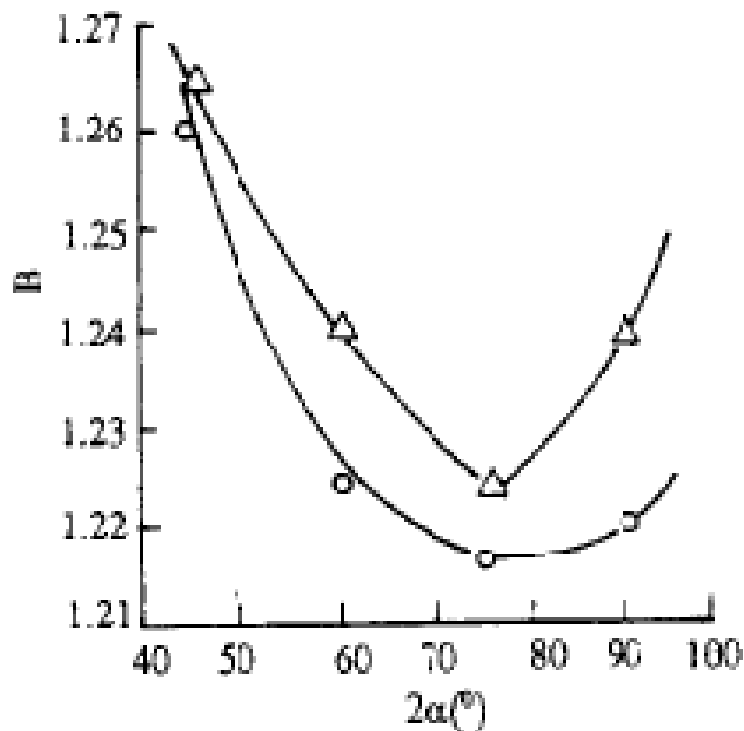
Výskumní pracovníci skúmali reguláciu a mechanizmus správania narastania zmesi pri použití rôznych uhlov a metód a z týchto poznatkov potom určit' rovnice ktoré by narastanie popisovali. Zmenami uhlov sa zaoberali aj v práci [24] kde sa zistilo že zmena uhlu má za dôsledok zníženie tlaku taveniny vo vytlačovacom stroji [23].

Na Obr. 15 je zobrazená závislosť narastania vzorku (B) na teplote a šmykovej rýchlosti (γ_w). Na krivke je vidno, že hodnota B klesá s rastúcou teplotou a s rastúcou hodnotou γ_w . Vzťah medzi oboma veličinami nie je lineárny [23].



Obr. 15: Závislosť B na γ_w a teplote $\Delta=90^\circ C$; $\circ=120^\circ C$ [23].

Obr. 16 ukazuje uhol hlavy (2α) v závislosti na narastaní profilu (B) v rovnakých experimentálnych podmienkách. Zistilo sa, že narastanie profilu sa znižuje s rastúcou hodnotou vstupného uhla keď vstupný uhol sa pohybuje od 40° do $75^\circ C$. Ale keď je vstupný uhol vyšší ako $75^\circ C$ zvyšuje sa narastanie profilu z rastúcou hodnotou vstupného uhla za daných podmienok vytlačovania (rovnaká teplota a šmyková rýchlosť). Čím je nižšia teplota tým sú viac zrejme tieto variácie [23,24].



Obr. 16: B v závislosti 2α vzorkov $\gamma_w = 1000s^{-1}$; $\Delta = 100^\circ C$; o = $110^\circ C$ [23].

1.4.1 Pripomienky k vytlačovaniu z rôznych kaučukov

Prírodný kaučuk

Kaučukové zmesi z prírodného kaučuku sa vytlačujú dobre pretože narastanie sa dá upraviť mäkkčením. Mechanické zmäkčenie znižuje elastický podiel viac ako tepelné mäkkčenie [16].

Butadienstyrenový kaučuk

Najvhodnejším plnivom pre tento kaučuk sú sadze s vysokou sekundárnou štruktúrou. Pre zlepšenie vytlačovania butadienstyrenového kaučuku sa používa asi 20 % presieťovaného kaučuku alebo kaučuku ktorý má väčší podiel styrenu v skladbe kaučuku. Je nutné upravovať hubicu pri zmesiach z rôznych typov butadienstyrenového kaučuku [16].

Butadienakrylonitrilový kaučuk

Pred samotným vytlačovaním je nutné zmes s butadienakrylonitrilového kaučuku dobre rozpracovať. S touto zmesou sa musí pracovať veľmi opatrne. Teplota plášťa závitovky sa odporúča na teplotu 35 – 65° C, teplota vytlačovacej hlavy 90 – 95° C a teplota hubice na max. 120° C [16].

Chloroprénový kaučuk

Zmes z chloprénového kaučuku by sa mala spracovávať do 8 hodín od jej zamiešania lebo sa dobre absorbujú zmäkčovadlá za túto dobu. Pri studenom vytlačovaní sa používajú vytlačovacie stroje s dĺžkou závitovky 7 – 10 D. Teplota plášťa závitovky sa odporúča na teplotu 50 – 60° C, teplota vytlačovacej hlavy 70° C, teplota hubice 95° C [16].

Butyl kaučuk

Zmesi z butyl kaučuku sa vytlačujú na vytlačovacích strojoch s dĺžkou závitovky 14 D s plytkým závitom. Plnenie kaučuku sa doporučuje za studena. Teplota plášťa závitovky sa odporúča na teplotu 60 – 70° C, teplota vytlačovacej hlavy 100 – 110° C, teplota hubice 125° C. Pri teplom zamiešaní plnív má stroj lepší výkon ale povrch zmesi je horší [16].

Silikónový kaučuk

Tento druh kaučuku sa dá spracovávať na bežných vytlačovacích strojoch s dlhšou závitovkou 10 D a s plytkým závitom. Stroj by mal mať kvalitné chladenie, pretože celý cyklus vytlačovania sa udržuje chladný [16].

Etylénpropylénový kaučuk

Vytlačuje sa dobre a dĺžka závitovky sa doporučuje 10 – 14 D. Profil po vytlačení má pekný povrch, ostré hrany [16].

1.4.2 Gough-Joulov efekt

Pri spracovávaní kaučukov sa stretávame z javom zvaným Gough-Joulov efekt. Gough-Joulov efekt je založený na dvoch súvisiacich javoch. Jeden jav je, že na rozdiel od mnohých materiálov sa guma pri natiahnutí rýchlo ohrieva. Druhý jav je, že guma, ktorá je na jednom konci pevne upnutá a natáňovaná daným zaťažením sa stiahne pokiaľ je na

nejakom mieste ohrievaná. Deje sa tak, pretože sa makromolekulárne reťazce v gume snažia dostať späť do menej napätového stavu. Gough-Joulov efekt je asi najdôležitejší pri navrhovaní tesniacich krúžkov, kde prílišné aplikované napätie v spojení s teplom v systéme môže spôsobiť stiahnutie tesniaceho krúžku, zadretie rýchlo sa točiaceho hriadeľa a zničenie zariadenia [25].

2 POUŽITIE VYTLAČOVACÍCH STROJOV

Použitie vytláčovacích strojov závisí od ich vytláčovacej hlavy. Pretože tá udáva konečný tvar výrobku alebo polotovaru. Hlavy sa líšia od seba do veľkej miery konštrukciou. Vytlačovacie stroje sa používajú napr. na čistenie zmesí, vytláčovanie plných a dutých profilov, na oplášťovanie drôtov alebo káblov a na vytláčovanie dosiek. Tieto výrobné technológie sú dominantnými oblasťami ich použitia. V kapitole o závitkových vytláčovacích strojoch sme sa zmienili o vytláčovacích strojoch ako o kontinuálnych hnetičoch, ktoré sa od seba líšia skôr závitkovkou a nie hlavou.

2.1 Čistenie zmesí

Vytlačovací stroj na čistenie zmesi sa nazýva pasírovací stroj. Jeho špeciálna vytláčovacia hlava má opornú dosku s otvormi o ktorú sa opierajú sítá ktoré zadržiavajú mechanické nečistoty, hrudky a iné veci ktoré by potom znehodnotili výrobok. Pre bežné zmesi ktoré nemusia mať tak vysokú čistotu sa používajú 2 – 3 sítá. U viac plastických zmesí sa používa podstatne viac sít. Sítá sa ukladajú v poradí smerom od závitovky k hlave od sítá s najmenšími okami po sito s najväčšími okami ktoré je opreté o opornú dosku. Sítá sa ukladajú v takomto poradí aby sa nepretrhli alebo nedošlo k deformáciám tlakom pretlačovanej zmesi. Pri pasírovaní zmesi sa vyvíja vysoká teplota, pretože dochádza k vysokému treniu (140 až 160°C), preto sa pasírujú zmesi do ktorých ešte nebola pridaná síra a urýchlovače. Takto upravené zmesi sa používajú na výrobky ktoré majú byť plynonepriepustné (napr. u duší a vnútornej vrstvy autoplášťa). U týchto výrobkov a častí výrobku by nečistoty vo zmesi spôsobili znehodnotenie [14].

2.2 Vytlačovanie behúňov

Hlava tohto stroja má zložitú konštrukciu pretože do nej vyúsťujú 2, 3 alebo až 4 vytláčovacie stroje s rôznymi zmesiami. Podľa toho ich rozdeľujeme na :

- DUPLEX (2 vytláčovacie stroje)
- TRIPLEX (3 vytláčovacie stroje)
- QUADROPLEX (4 vytláčovacie stroje)

Behúň sa skladá z troch alebo štyroch rôznych zmesí. Je to preto lebo sa kladú väčšie nároky na pneumatiky ako v minulosti. Koruna behúňa vyžaduje inú skladbu zmesi ako bočné pásiky a inú spodný široký pás behúňa. Poprípade sa na spodnú časť zmesi dáva štvrtá zmes ktorá má vynikajúcu lepivosť aby sa pri konfekcii dobre prilepila o kostru autoplášťa. Profil behúňa po vytlačení má veľmi úzke tolerancie na rozmery. Musí mať presné rozmery, váhu a nemôže byť deformovaný alebo inak poškodený pretože by sa na konfekcii nedal použiť na zhotovenie autoplášťa. [2]

2.2.1 Vytlačovanie bočníc

Vytlačujú sa obdobným spôsobom ako behúne len na Duplex vytlačovacom stroji. Takže bočnica sa skladá z dvoch zmesí. Vytlačujú sa dve bočnice naraz z jednej hlavy.

2.3 Vytlačovanie dutých profilov

Stroj na vytlačovanie duší má priamu vytlačovaciu hlavu. Ešte pred samotným vytlačovaním musí byť zmes pasírovná. Hlava sa skladá z hubice, kuželového nástavca (trn). Hubica udáva vonkajší priemer duše a dá sa vymeniť. Trn určuje vnútorný priemer duše a je posúvateľný. V trne je trubka cez ktorú sa vstrekuje do vytlačeného profilu duše klzok aby sa nezlepila. U veľkých rozmerov duše sa osadzuje trn výstredne. Robí sa to tak, že spodná polovica obvodu duše má väčšiu hrúbku a vrchná polovica menšiu. Priechod z hrubšej do tenšej polovice je plynulý. Polovica s hrubšou stenou je na vonkajšom obvode duše a ten sa pri nafukovaní stenšuje [14].

Duša (Obr. 17) pneumatiky je charakterizovaná ako tenkostenný pryžový uzavretý prstenec, ktorý udržiava potrebný tlak vzduchu v pneumatike. Duša je opatrená ventilom, ktorý umožňuje nahustenie a vypustenie vzduchu. Aby mohla plniť svoju funkciu, musí byť pružná, mať dostatočnú pevnosť steny, byť odolná voči pretrhnutiu steny a plynopriepustná. Týmto požiadavkám najlepšie vyhovuje zmes z prírodného kaučuku a butyl kaučuku. Zmes použitá na vytlačovanie duší nesmie obsahovať mechanické nečistoty, preto sa čistí vo vytlačovacom stroji s čistiacou hlavou [14].



Obr. 17: Duša firmy GUMEX [26].

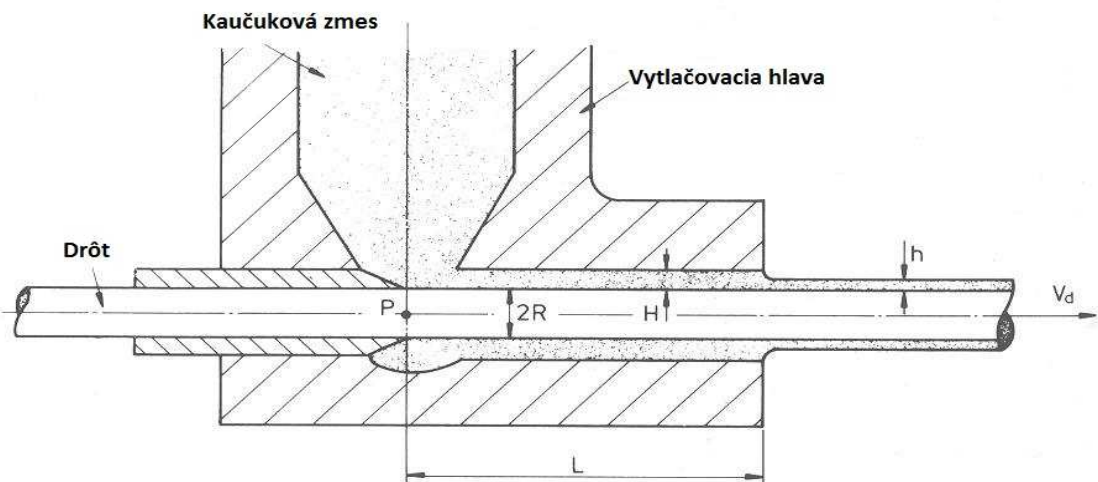
2.4 Oplášťovanie drôtov

Vytlačovací stroj je opatrený priečnou nepriamou (Obr. 18) hlavou ktorá sa odlišuje od priamej tým že os hlavy je kolmá na os závitovky. Šikmá hlava zvierá os s osou závitovky pod uhlom 40 až 60°. U priečnej vytlačovacej hlavy sa používajú náležite tečúce zmesi a u šikmej menej tečúce zmesi [2]. Používa sa aj tzv. pretokový kohút ktorý je umiestnený na boku priečnej vytlačovacej hlavy. Ten zmenší výkon vytačovacieho stroja ale tok zmesi je lepší a nedochádza k navulkanizovaniu. Pretok sa ďalej spracováva [16].

Špeciálne pogumovanie laniek

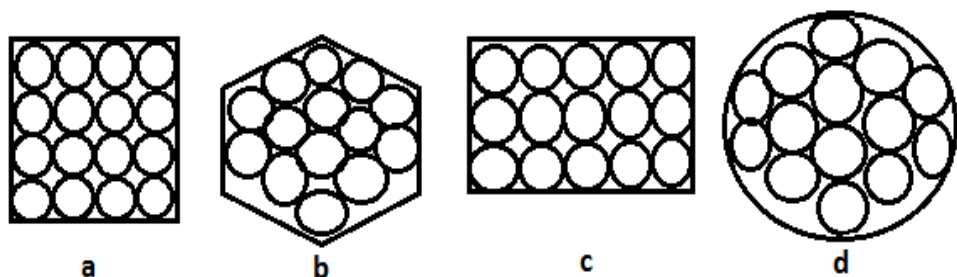
Zvláštnym prípadom je keď sa lanko privádza prevrtnou závitovkou. Rozdiel oproti priečnej hlave je že lanko ide zo smerom vytlačovanej kaučukovej zmesi. Problémy nastávajú pri spätnom toku pri vyústení lanka zo závitovky. Takýto spôsob pogumovania sa používa iba pri malých priemeroch [16].

Oplášťovanie vodičov je nanášanie izolačnej alebo ochrannej vrstvy na káble, lanká (petkové laná na pneumatikách). Ako nanášací materiál sa používajú kaučukové zmesi alebo plasty (PVC, PE) [16].



Obr. 18: Nepriama vytlačovacia hlava na oplášťovanie [27].

V pneumatikárskom priemysle sa využíva pogumovanie laniiek s ktorých sa vyrábajú petkové laná pre pneumatiky. Lanká sú vyrobené s kvalitnej ocele ktorá má pevnosť $2100 \cdot N/mm^2$. Pneudrôty sú navinuté na cievkách. Tie sú uložené v cievočnici a každý stojan na cievku je zabezpečený proti samočinnému odvíjaniu. Pneudrôty sa vedú cez hrebeň k vytlačovaciemu stroju s priechnou hlavou. Pneudrôt sa môže pred samotným pogumovaním ešte zahriať na určitú teplotu pre lepšiu adhéziu kaučukovej zmesi a ocelou. Pneudrôty sú pre lepšiu adhéziu pozinkované alebo pomedené. Dá sa pogumovávať viacej drôtov naraz. Vytlačovací stroj je zásobovaný pásikom studenej kaučukovej zmesi. Pogumované pneudrôty sa obtáčajú cez chladiace bubny. Vychladené pogumované pneudrôty idú do zásobníku. Za zásobníkom je skladací bubon rôznych priemerov podľa rozmeru pneumatiky. Tam sa navíja niekoľko drôtov na seba. Počet obtočení a profil v reze závisí od konštrukcie pneumatiky. Namoderných linkách sa vyrába viac polotovarov naraz [2].



Obr. 19: Rôzne typy prierezov petkového lana,

- a) Štvorcový
- b) Hexagonálny
- c) Obdĺžnikový
- d) Kruhový

Súčasťou petkového lana je aj jadro. Jadro vyplňuje priestor kde sa kostra autoplášťa ovíja okolo petkového lana. Má trojuholníkový tvar. Jadro je z tvrdej kaučukovej zmesi. Vytlačuje sa pomocou závitovkového vytláčovacieho stroja s priamou hlavou. Odťahuje sa pomocou dopravníka, chladí sa a ide do zásobníka. Reže sa na určité dĺžky a spája sa s petkovým lanom [2].

2.5 Vytlačovanie tesnení

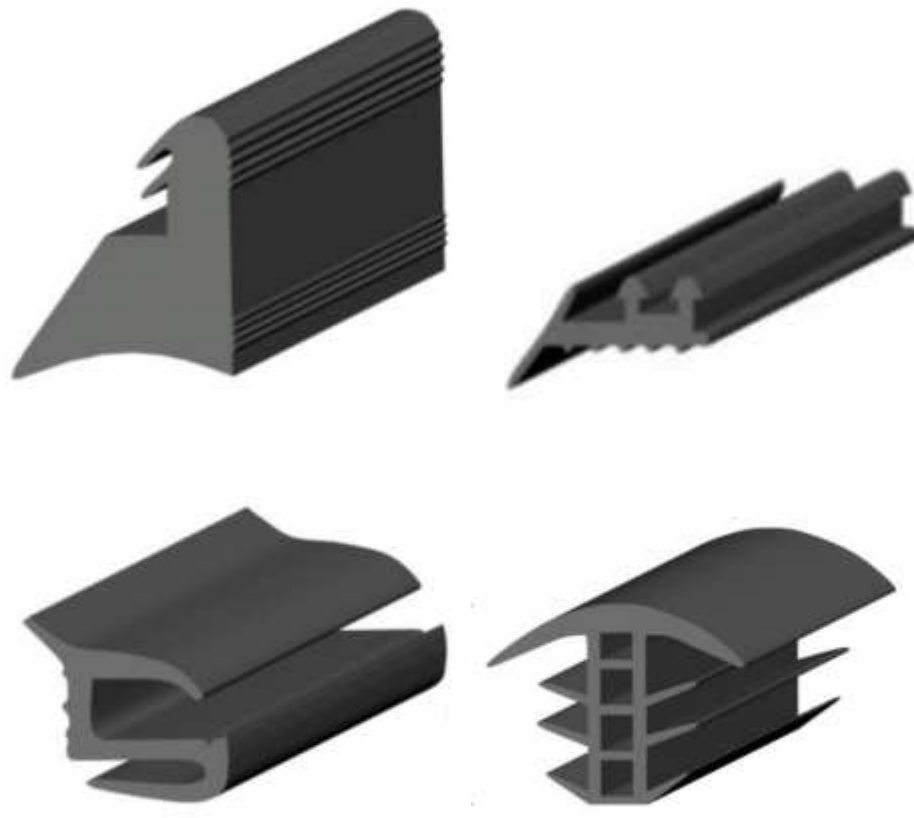
Vytlačovanie sa robí na jednozávitovkových jednoduchých vytláčovacích strojoch s priamou hlavou. Šablóna má upravený tvar podľa požadovaného tvaru tesnenia a je konštrukčne riešená tak aby výsledný profil zodpovedal daným rozmerom (narastanie profilu za šablónou). Vytlačovací stroj je zásobovaný studenou kaučukovou zmesou do plniaceho komína. Odťahový dopravník má prispôbenú rýchlosť aby sa profil nenatáhoval alebo nezmršťoval. V linke je zabudovaná úseková váha, chladička, navíjacie zariadenie. Ďalej ide profil na vulkanizáciu v tuneloch [28].

Tesnenia (Obr. 20) sa najčastejšie vyrábajú z EPDM (etylén – propylén diénový kaučuk), NBR (butadiénakrylonitrilový kaučuk). K týmto kaučukom sa pridávajú rôzne anorganické a organické prísady ako sú plnivá, antidegradanty (antiozonanty a antioxidanty), farbivá, nadúvadlá a zmäkčovadlá. Tvrdosť zmesi sa pohybuje od 50° do 70° ShA (Shore). Tesnenia by nemali prepúšťať plyny a kvapaliny, mali by byť odolné voči stárnutiu a sú nenasiakavé. Ich rozsah teplotného použitia je od -40° do +100° C a krátkodobo odolávajú +130° C. Pri týchto teplotách by nemali zmeniť svoje fyzikálne, chemické a mechanické vlastnosti. Ich povrch je hladký preto sa kladie veľký dôraz pri ich vytlačovaní. Profil musí mať ostré hrany a tenké plochy nesmú byť zvlnené. Tesnenia sa vytlačujú v niekoľkých základných tvaroch [28]:

- Štvorcové
- Obdĺžnikové

- Kruhové
- Tvar medzikrúžia
- Zložité tvary [28]

Tesnenia sa používajú v automobilovom priemysle, pri preprave plynov a kvapalín, pri hydraulických a pneumatických systémoch, ako tesnenia okien a dverí.



Obr. 20: Rôzne tvary tesnení [28].

2.6 Vytlačovanie dosiek

Dosky vytlačené z vytlačovacích strojov zo širokouhlou hlavou (Obr. 21) sú zásobené veľkým množstvom kaučukovej zmesi. Za vytlačovacím strojom je úseková váha. Vytlačený profil sa môže rezať alebo navíjať podľa toho či sa vytlačené dosky lisujú kontinuálne alebo diskontinuálne. Vytlačené dosky nemajú takú presnosť hrúbky a jakosť povrchu ako válacované. Dosky z kaučukovej zmesi sa používajú na ochranu podlahy pred mechanickým poškodením alebo rôznymi chemikáliami [2].



Obr. 21: Vytlačovací stroj na dosky so širokoúhlou hlavou [29].

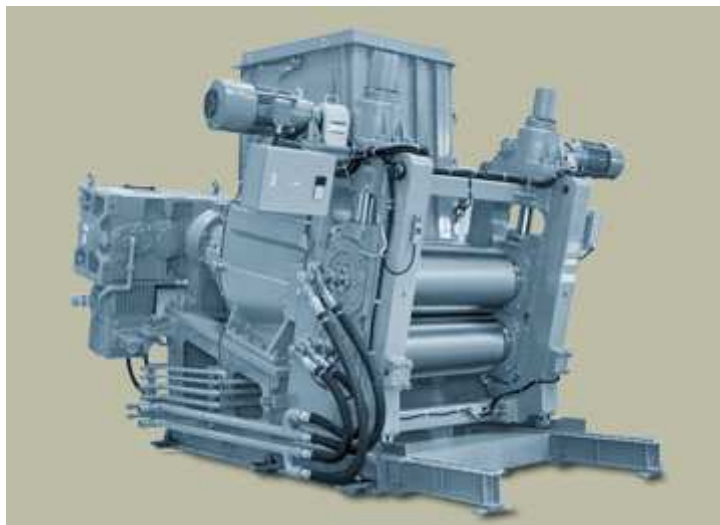
2.7 Vytlačovanie vlákien

Robí sa na špeciálnej niekoľkonásobnej hlave ktoré majú dve potrubia – prírodné a spetné. Prírodné potrubie má uzávery a vedie kaučukovú zmes k zvonom. Zvonov môže byť až 14. Každý zvon má na jeho konci trysku ktorá má doštičku. Doštička je vymeniteľná a má 150 až 300 otvorov ktoré udávajú priemer vlákna. Spetné potubie ide od zvonov k plniacemu komínu a vracia nepoužitú zmes na ďalšie spracovanie. Pod zvonmi je zariadenie ktoré na vlákna strieka klzok aby sa zabránilo zlepeniu vlákien. Vlákien sa súčasne vytlačuje 2100 až 4200 naraz. Vlákna sa vytlačujú z roztoku kaučukovej zmesi a zmes musí byť pasírovaná. Vlákna sa používajú hlavne v textilnom priemysle [2].

3 VYTLAČOVACIE LINKY

V gumárenskej výrobe v moderných závodoch je vytlačovanie jeden z najčastejších technologických postupov spracovania kaučukovej zmesi. Je využívaný od zahrievania zmesí, pasírovania, prípravy zmesí, pogumovania ocelokordov až k vytlačovaniu behúňov a bočníc. [1]

U prípravy zmesí je najpoužívanejšia kombinácia na ich prípravu vytlačovací stroj s dvojvalcom (Roller – Head). [1]



Obr. 22: Linka Roller – Head [30].

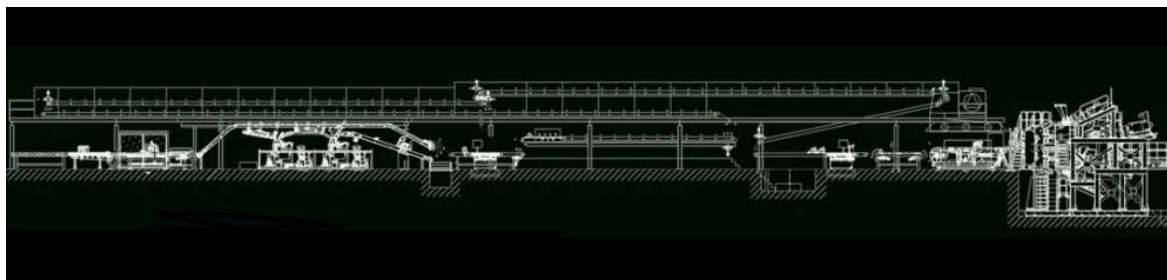
Takáto sústava je schopná podávať vysoké výkony. Miešacie zariadenie dokáže rýchlo tvarovať zmes do nekonečného pásu o stanovenej hrúbke ktorý nasleduje do chladiacej linky. Týmto spôsobom sa dá získať hrubší pás ako pri valcovaní len na samotnom klasickom dvojvalci. Pri čistení sa dá dvojvalec odsunúť a dopravník ktorý odťahuje kontinuálny pás zdvíhateľný aby bolo čistenie uľahčené. Ďalším prídavným zariadením je prítlačné zariadenie (prítlačný uzáver), pretože zmes sa dávkuje do plniaceho komína vo veľkých kusoch ktoré padajú z hnetiča nad linkou Roller – Head. Bez prítlačného zariadenia by sa zmes do otvoru medzi plášťom závitovky a závitovkou nedostala. Týmto spôsobom sa dajú vyrábať aj fólie [1].

Medzi veľké plne automatizované linky patria aj linky ktoré majú na jej začiatku sústavu vytlačovacích strojov (duplex, triplex, quadroplex). Tieto linky majú skoro

rovnakú konštrukciu líšia sa iba tým aká sústava vytláčovacích strojov je na ich začiatku. Posledným strojným zariadením ktoré sa pridalo do tejto skupiny je linka QUADROPLEX, ktorá má 4 vytláčovacie stroje sústredené do jednej vytláčovacej hlavy.

3.1 Quadroplex

Vytlačovacia linka quadroplex je vrcholným zariadením na vytlačovanie behúňov. Na túto linku sú kladené veľké požiadavky ako je malá hlučnosť (menšia ako 80 decibelov), obsluha celej linky pracovníkmi (4 pracovníci na celej linke), tolerancia hrúbky behúňa v rozmedzí 0,2 – 0,3 mm, tolerancia šírky 1 mm [7].



Obr. 23: Schéma linky Quadroplex [7].

Linka je dlhá 68 metrov a jej chod je skoro automatický. Prvý pracovník – operátor sa nechádza pri ovládacom paneli a riadi celý chod linky. Akonáhle sa recept načíta linka si celý proces vytlačovania nastaví sama. Druhý pracovník má na starosti zásobovanie linky kuačukovou zmesou. Ďalej má na starosti výmenu vytláčovacích prípravkov na vytláčovacej hlave. Výmenu predšablóny a kanálových vložiek. Pri tom mu pomáha operátor. Zvyšný dvaja pracovníci pracujú na konci linky pri navíjaní profilu na prázdne cievky. Ich úlohou je vymieňať navinuté cievky za prázdne. Takže od zásobovania až po navíjanie profilu ide celý chod linky samostatne [7].

Linka začína zásobovacími dopravníkmi pre kaučukovú zmes (Obr. 24). Tie sú opatrené detektorom kovov ktoré kontrolujú kaučukovú zmes, pretože v zmesi sa nesmie nachádzať žiadny kov. Ich citlivosť je nastavená na minimálny priemer 1 mm. Miesta v ktorých sa nachádza kov sa musia odstrániť ale nesmie sa prerušiť kontinuálny chod linky. Ak sa detekuje v zmesi kov zariadenie ho označí kriedou a dopravník pás zmesi

posunie vyššou rýchlosťou aby sa extrúder predzásobil a bol čas na vyrezanie miesta s kovem. Kov by mohol poškodiť povrch závitovky a povrch jej plášťa [7].



Obr. 24: Zásobovanie studenou kaučukovou zmesou linky Quadroplex [7].

Rozhodovať o kvalite vytlačeného profilu sa začína už pri začiatkových fázach vatlačovania. Musí sa zabezpečiť kontinuita zásobovania extrúderov. Ďalej sa sníma teplota vytlačeného profilu. Rýchlosť odťahového valca musí byť zosúladená s dopravníkmi aby vytlačený profil ležal na všetkých valčekoch zrážacieho dopravníka (Obr. 25). Na zrážacom dopravníku sa ešte horúci profil zráža a stabilizuje. Zrážací dopravník má rozdielne priemery valčekov, od najväčšieho po najmenší a preto majú rozdielne obvodové rýchlosti. Prechody medzi dopravníkmi sú regulované tzv. tanečníkmi alebo ultrazvukovými snímačmi aby nedochádzalo k naťahovaniu [7].



Obr. 25: Zrážací dopravník [7].

Hlavným agregátom linky Quadroplex je zostava štyroch kolíkových vytlačovacích strojov, vytlačovacej hlavy, zásobovacích dopravníkov a temperačných staníc. Priemery závitoviek vytlačovacích strojov sú 90, 250, 150 a 120 mm, ktoré zabezpečujú spracovanie štyroch rôznych druhov zmesí. Aby sa zmes dokonalejšie premiešala tak sa vytlačovacie stroje zahrievajú temperačnými stanicami. Stanice majú autonómne regulátory ktorým posielajú informácie centrálny riadiaci systém. Teploty sa určujú podľa stanoveného receptu. Závitovky a plášť sa zahrievajú na 60 – 80° C a hlava až na 90 – 100° C. Teploty sa presne udržiavajú v rozmedzí troch stupňov. Pohon závitoviek je striedavými asynchrónnymi servomotormi. Ich výhodou výhodou oproti obyčajným jednosmerným je, že majú o mnoho mešie nároky na údržbu. Motory majú napr. veľkú modularitu, zníženú hlučnosť, konštrukciu odolnú voči prachu a nečistotám. Majú vysokú stabilitu krútiaceho momentu ktorý je veľmi dôležitý pri nízkych otáčkach vytlačovania [7].

Každý vytlačený profil má iné požiadavky na otáčky extrúdera a každý má svoj technologický recept. Jednotlivé zmesi z extrúderov sú vedené cez kanály do predšablóny kde sa spájajú. Predšablóna je umiestnená v elektricky temperovanej odklopnej kazete. Tvar profilu je udávaný šablónou (Obr. 26) [7].



Obr. 26: Vytlačovací hlava s predšablónou a tokovými kanálmi každého extrúdera [7].

Po vytlačení má profil teplotu $90 - 120^{\circ}\text{C}$ a je veľmi citlivý na pozdĺžne aj priečne ťahy. To je nežiadúce pretože sa profil deformuje. Preto každý prechod medzi dopravníkmi a technologickými uzlami musí byť pečlivo kontrolovaný a navrhnutý. Za vytlačovacou hlavou sa nachádza odťahový valček ktorý pomáha odťahnúť profil zo šablóny a má vlastný pohon. Nasleduje tzv. zrážací dopravník ktorý pracuje na princípe zmenšujúcich sa valčekov ktoré majú rozdielne obvodové rýchlosti. Regulácia rýchlosti dopravníka a odťahového valčeka s vytlačovaním je veľmi náročné. Preto sa používajú špičkové snímače otáčok a meniče frekvencie. Ďalej ide profil cez prvú slučku (je to vlastne previs ktorý slúži ako zásobník v prípade zmeny rýchlosti), ktorej hĺbka do jamy je monitorovaná tanečníkom alebo ultrazvukovým snímačom. Nasleduje dopravník s úsekovou váhou ktorého rýchlosť je regulovaná pomocou snímačov v previse. Okrem toho sa na tomto dopravníku merá aj šírka. Tenzometrická váha meria s presnosťou na 2 g a hrúbku na 1 mm. Tieto údaje sú odoslané do riadiaceho systému a následne sú využívané na reguláciu odťahového valčeka [7].

Vytlačený profil treba schladiť z teploty $100 - 120^{\circ}\text{C}$ na teplotu $37 - 40^{\circ}\text{C}$. Profil sa vedie automatickým navádzaním stúpajúcim dopravníkom do chladiaceho systému. Chladenie je realizované striekaním vody z vrchu aj zo spodu prechodom špeciálnymi dýzami. Dĺžka chladiaceho systému je až 95 m. Údaje o množstve použitej vode sa zameranávajú do riadiaceho systému. Po ochladení prichádza profil do ofukovacieho

zariadenia kde sa vysokotlakovým ventilátorom odstraňuje voda z povrchu vychladeného profilu a nasleduje navíjanie alebo rezanie polotovaru podľa toho akým ďalším technologickým postupom sa polotovar bude spracovávať [7].

Všetky riadiace systémy sú podriadené hlavnému. Ten zbiera všetky upozornenia, poruchy, hodnoty o polotovare. Navyiac je hlavný riadiaci systém spojený pomocou ethernetu s priemyselným počítačom. Vďaka hlavnému riadiacemu systému si operátor môže pozrieť stav snímačov, rýchlosť dopravníkov, teploty temperačných staníc, otvorenie alebo zatvorenie hlavy, otáčky, tlak. Všetky údaje sa archivujú [7].

4 NOVINKY

Napr. firma Berstroff si patentovala konštrukčné riešenie dvojitého závitú z jedného štartu ale každý závit má inú výšku. Takéto konštrukčné riešenia závitovky sa používajú pri vysokointenzívnom miešaní (HIM) pri vytlačovacom procese. U zmesí ktoré sú vytlačované vysokointenzívnym miešaním je veľka disperzita a homogenita. Novinkou s ktorou prišla ešte firma Berstroff je aj prerušovaný závit dvojitého závitú so spoločným štartom [1].

Niektoré vytlačovacie stroje v dnešnej dobe majú aj zubové čerpadlo. To slúži na zvýšenie tlaku vo vytlačovacej hlave. Tým že sa zvyšuje tlak až v hlave a nie po celej dĺžke závitovky odľahčuje sa tým vytlačovací stroj. Nemusí vyvíjať taký tlak, pretože ten vyvoláva čerpadlo. Stačí tlak cca 50 Bar. Keďže nemusí vytlačovací stroj vyvíjať vyšší tlak nenarastá teplota pozdĺž závitovky. Vytlačovacie stroje zo zubovým čerpadlom sú podstatne dražšie [4].

Niektoré vytlačovacie stroje majú vo svojom plášti tzv. *Vákuovú zónu*. Je to otvor ktorý má nastarosti únik plynu zo zmesi. Plyn je v zmesi nežiadúci pretože môže spôsobovať pórovitosť vo vytlačenom profile [4].

Novinkou je aj metóda ktorá popisuje poloautomatické triedenie a modelovanie Start-up kriviek pre vytlačovanie komponentov pre automobilový priemysel. Táto metóda sa robí ručne pretože je náročná a vyžaduje skúsených technológov a záleží od vytlačovaného profilu. Pre nesprávne vytlačovanie sa stráca čas a niekedy aj materiál. Cielom výskumu je namodelovať správne Start-up krivky pomocou výrobnjej databáze. Správne modeli sú dôležité pri veľkých vytlačovacích linkách ktoré sa dajú potom automatizovať a niekoľko násobne sa zvýši aj ich produkcia, kvalita, zmenší sa riziko väd na profile a je potreba menej ľudí na obsluhu. Na začiatku sa pracovalo s analýzou hlavných komponentov (PCA), ktorá slúžila na identifikáciu start-up kriviek ktoré rýchlo dosiahli stacionárny režim. Po extrapolácií najvýznamnejších premenných bolo dynamickou kontrolou navrhnutý model pomocou prístroja na podporu vektorov (SVM) a dala sa predpovedať rýchlosť vytlačovania [31].

Moderné závody v súčasnej dobe využívajú firemné databázi do ktorých sa ukladajú informácie s výrobného procesu. Informácie slúžia na získanie cenných poznatkov pre vývojárov a technológov na zlepšenie výrobného procesu [31].

Extrapoláciou informácií z firemných databázi (IDM) sa kombinujú poznatky z rôznych odborov (štatistika viacerých premenných, umelá inteligencia výrobných zaradení, hromadenie dát, schopnosť modelovania procesu výroby do budúcnosti) k hľadaniu poznatkov a k zlepšeniu výroby. Výsledky modelovania sú väčšinou vo forme matematického modelu na konci ktorého získame graf, pravidlo alebo rozdelovací strom. Všetko smeruje k zvýšeniu jakosti výrobku, produkcie a k zníženiu detekcií chýb. V oblasti IDM je veľký pokrok a záujem o analýzu a zlepšenie výrobných procesov ktoré stále obsluhuje človek. Analýza slúži na automatizáciu ktorá sa navrhuje tak aby predchádzala zlyhaniu ľudského faktoru a tým znižuje zaťaženie zamestnancov [31].

Jedna štúdia na získanie start-up kriviek na zlepšenie vytlačovania sa získala manuálne a nebola správna z dôvodu možného zlyhania ľudského faktoru operátora. Toto mohlo mať za následok strátu času, energie a materiálu pretože by nemusel byť profil vytlačovaný správne. Cieľom tohoto výskumu bolo teda nájsť najlepšie start-up krivky pre každý profil na modelovanie z výrobných databázi. Po vytvorení modelov pre každý druh profilu sa mohli tieto procesi automatizovať čo znížilo námahu zamestnancov [31].

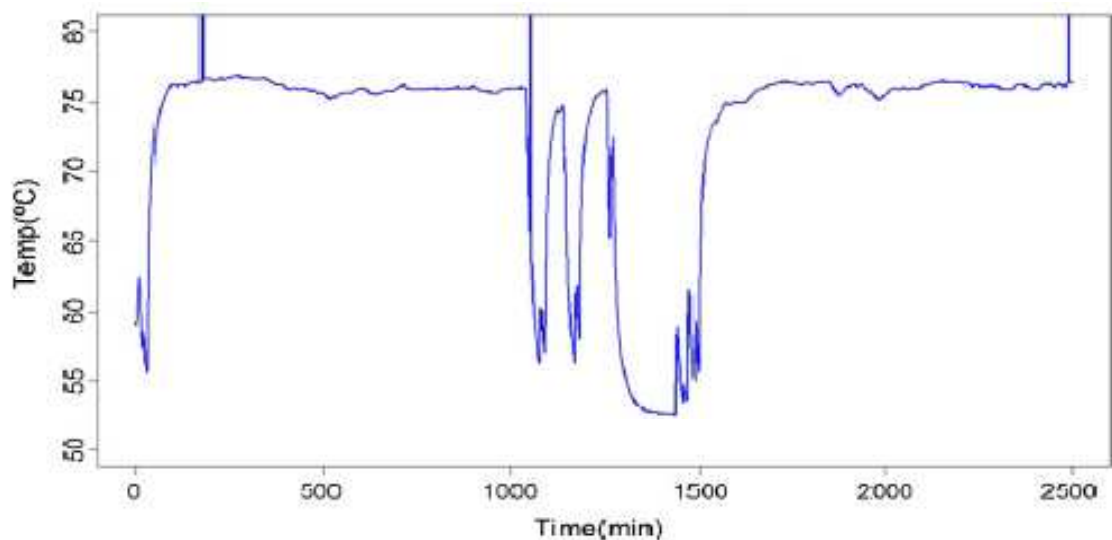
V poslednom období použitie výrobných databázi firiem spolu s metódou konečných prvkov (FEM), viacrozmerovej štatistiky a počítačov boli vygenerované počítačové programy a algoritmy ktoré mali za následok výrazne zlepšenie vytlačovacieho procesu pre rôzne materiáli [32].

Extrakcia a SVM modelovanie vytlačovania začína výberom starts-up kriviek s najvýznamnejšími premennými v procese vytlačovania. Tento výber sa robí pre každý profil zvlášť. Do výrobnéj databáze sa zapisuje 27 rôznych údajov. Zapisuje sa typ profilu, dátum, čas, teplota a tlak v jednotlivých zónach extrúdera a rýchlosti závitoviek (Obr. 27) [32].

Prvý krok začína vizuálnou analýzou a identifikuje sa chovanie. Z prvej analýzy bolo patričné že teplota je najlepším indikátorom od začiatku po koniec procesu (Obr. 28). Preto sa teplota extrahovala pre správnu počiatočnú krivku. V strede grafu je zaznamenaná séria zlých kriviek a od tej doby bol správny štart [32].

Table 1 – Process variables	
Name (date and time)	Description (date and time)
EP_C1.T.R	Main extruder, body number 1, real temperature
EP_C2.T.R	Main extruder, body number 2, real temperature
EP_C3.T.R	Main extruder, body number 3, real temperature
EP_CAB.T.R	Main extruder, head, real temperature
EP_HUS.T.R	Main extruder, screw, real temperature
EP_P.R	Main extruder, real pressure
EP_T.R	Main extruder, real temperature
EP_V.R	Main extruder, real velocity
E1_C1.T.R	Extruder number 1, body number 1, real temperature
E1_C2.T.R	Extruder number 1, body number 2, real temperature
E1_C3.T.R	Extruder number 1, body number 3, real temperature
E1_CAB.T.R	Extruder number 1, head, real temperature
E1_HUS.T.R	Extruder number 1, screw, real temperature
E1_P.R	Extruder number 1, real pressure
E1_T.R	Extruder number 1, real temperature
E1_V.R	Extruder number 1, real velocity
E2_C1.T.R	Extruder number 2, body number 1, real temperature
E2_C2.T.R	Extruder number 2, body number 2, real temperature
E2_C1.T.R	Extruder number 2, body number 1, real temperature
E2_CAB.T.R	Extruder number 2, head, real temperature
E2_HUS.T.R	Extruder number 2, screw, real temperature
E2_P.R	Extruder number 2, real pressure
E2_T.R	Extruder number 2, real temperature
E2_V.R	Extruder number 2, real velocity
HML.V.R	Profile velocity
HILERA	Type of profile

Obr. 27: Zapisované údaje do databáze [32].



Obr. 28: Zaznamenaná teplota od začiatku po koniec procesu [32].

ZÁVER

Od kedy si Mr. Matthew Grey patentoval prvý vytlačovací stroj prešiel gumársky priemysel veľkou zmenou. Strojné zariadenia v moderných závodoch ako sú vytlačovacie stroje a vytlačovacie linky sú obsluhované kvalifikovanou pracovnou silou a ovládané počítačom. Aj použitie vytlačovacích strojov sa značne rozšírilo. Vďaka rôznym typom vytlačovacích hláv majú vytlačovacie stroje nenahraditeľné miesto vo výrobe rôznych profilov polotovarov a výrobkov z kaučukových zmesí. Aj rozdielne konštrukcie závitoviek sú veľmi prospešné pri spracovaní surového kaučuku a miešani kaučuku s rôznymi prísadami. Vytlačovanie nahradilo starší proces spracovania kaučukovej zmesi - valcovanie. V dnešnej dobe sa celý proces vytlačovania spolieha na ľudský faktor len minimálne. Všetky technologické kroky a kontrolovanie rozmerov a váhy vytlačených polotovarov ktoré mali v minulosti nastarosti pracovníci majú dnes nastarosti elektronické snímače. Kontrolujú a zapisujú sa do firemných databází všetky hodnoty pri vytlačovaní, ktoré sa ďalej využívajú na zlepšenie výrobného procesu. Firmy ktoré vyrábajú vytlačovacie stroje a linky dokážu gumárskemu závodu vyrobiť strojné zariadenie presne namieru podľa objemu výroby, druhu spracovávaného materiálu a požadovanej kvality.

Obrovským pokrokom prešla aj skladba kaučukových zmesí a jej prísady pre vytlačovanie. Dnes sa dá kompletne navrhnuť zloženie kaučukovej zmesi aby výrobok dosahoval tých najlepších kvalít. Dobré sú dnes známe aj problémy spojené s vytlačovaním kaučukových zmesí ale ešte stále nie je známy celý proces vytlačovania kaučukových zmesí. Je stále predmetom výskumu a hľadania matematických vzorcov pre pochopenie celého procesu a správania sa kaučukovej zmesi. Pomocou rôznych analýz a vytvorení algoritmov sa neustále zlepšuje proces vytlačovania. Programy vygenerujú buď pravidlo alebo graf podľa ktorého technolog alebo operátor vie nastaviť linku aby správne pracovala.

Vytlačovacie stroje sa stali veľkou súčasťou gumárskeho priemyslu. Veľľa výrobkov a polotovarov z kaučukovej zmesi by sa bez procesu vytlačovania v gumárskom priemysle nedalo vyrobiť.

ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- [1] PREKOP, Š., VÁRKOLY, L., KUČMA, A., ĎURIŠ, Š., FEDOROVÁ, E., MATUŠČINOVÁ, A., MICHÁLEK, J.; Gumárenská technológia 1, EDIS – vydavateľstvo ŽU v Žiline, str. 204 – 218, 1998, ISBN 80 – 7100 – 483 – 9.
- [2] JAHELKA, M.; Gumárenské a plastikářské stroje, SNTL-Nakladatelství technické literatury, Praha, Str. 60-185, 1969, ISBN 04 – 624 – 69
- [3] MĚŘINSKÁ, D.; Zpracovatelské inženýrstvy polymerů, [prednášky], FT, UTB, Zlín
- [4] MALÁČ, J.; Gumárenská technologie, FT, UTB, Zlín.
- [5] LENFELD, P.; Technologie II, Spracování plastů, [online], [2011-05-24].
Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06-vytlacovani/35-vytlacovaci%20hlavy.jpg
- [6] Závítovky, [online], [2011-05-08]. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06-vytlacovani/37-snek.jpg
- [7] Glossary of terms, [online], [2011-05-24] Dostupný z WWW:
<http://www.polydynamics.com/glossary2.htm>
- [8] KONŠTRUKTA INDUSTRY a.s., Manufacturing equipment for tyre industry,

- [online], [2011-05-24] Dostupný z WWW:
http://www.kotaind.sk/sk/pdf/inner_liner_production.pdf
- [9] LIPTÁKOVÁ, T., ALEXY, P., GONDÁR, E., KHUNOVÁ, V.; Polymérne technické materiály, 2009, [online] [2011-05-24] Dostupný z WWW:
http://kmi2.uniza.sk/wp-content/uploads/2009/10/polymerne_technicke_materialy1.pdf
- [10] TRANSFERMIX COLD FEED EXTRUDERS, [online], [2011-05-25],
Dostupný z WWW: <http://www.rms-ca.com/pdf/RMS-Transfermix.pdf>
- [11] WHITE, J.L.; Twin Screw Extrusion: Technology and Principles, Hanser Publishers, New York, 1991, ISBN 3446156917.
- [12] STOKLASA, K.: Makromolekulární chemie II, [skripta], FT, UTB Zlín.
- [13] PREKOP, Š., VÁRKOLY, L., KUČMA, A., ĎURIŠ, Š., FEDOROVÁ, E.,
MATUŠČINOVÁ, A., MICHÁLEK, J.; Gumárenská technológia 1, EDIS –
vydavateľstvo ŽU v Žiline, str. 137 – 139, 1998, ISBN 80 – 7100 – 483 – 9.
- [14] KRÁLOVÁ, A., KLIMÁNEK, L.; Zpracování polymerů, SNTL- Nakladatelství
technické literatury, Praha, str.119 - 122, 1986, ISBN 04-610-86.
- [15] AGRIS-RMO, [online], [2011-05-25]. Dostupný z WWW:
<http://www.poziadavka.sk/ponuky/ponuka-35821/AGRIS-RMO---hnedy-faktis>

- [16] I.FRANTA A KOL.; Gumárenská technolgie II Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže, SNTL- Nakladatelství technické literatury, Praha, str.212 - 217, 1969, ISBN 04-626-69.
- [17] GEISBUCH, P.; Ansätze zur Schwindungsberechnung ungefüllter und mineralisch gefüllter Thermoplaste, Thesis at the RWTH Aachen 1980.
- [18] WILDEMUTH, CR., Williams, M.C.; Viscosity of suspensions modeled with a sheardependentmaximum packing fraction, Rheol. Acta 23, p. 627, 1984.
- [19] LYNNGAAE-JORGGENSEN, J.; A phenomenological master curve for Viscosity-structure, Data for two phase polymer systems in simple shear flow, Polym. Eng. Sci. 23, p. 11, 1983.
- [20] WILLIAMS, M.L., et al.; The temperature dependence of relaxation mechanism In amorphous polymers and other glass-forming liquids, J. Am. Chem. Soc. 77, 7, p. 3701-3706, 1955.
- [21] ANTEC 2008, [online], [2011-06-26], Dostupný z WWW:
http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=2290&VerticalID=0
- [22] LIMPER, A.; Methoden zur abschatzung der Betriebsparameter bei der Kautschukextrusion, Thesis at the RWTH Aachen 1985.

- [23] JI-ZHAO LIANG, Journal of Materials Processing Technology, Volume 52, Issues 2-4, June-July, p. 207-212, 1995.
- [24] LIANG, J.Z., HUANG, Y.Q. and TANG, G.J.; China Rubber Industry, 9, p. 554, 1991
- [25] GOUGH-JOUL EFFECT, [online], [2011-06-26], Dostupný z WWW:
<http://www.rlhudson.com/O-Ring%20Book/selecting-thermal5.html>
- [26] VÝROBA DUŠÍ, [online], [2011-05-09]. Dostupný z WWW:
<http://www.gumexslovakia.sk/pneumatiky/duse/detail/3714c7e94a346c323dc92db6b51ccf06/>
- [27] NEPRIAMA VYTLAČOVACIA HLAVA, [online], [2011-05-16].
Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06-vytlacovani/05-oplastovani.JPG
- [28] TESNENIA, [online], [2011-05-22]. Dostupný z WWW:
http://www.majk.sk/svk/download/katalog_EPDM.pdf
- [29] VYTLAČOVACÍ STROJ SO ŠIROKOUHLŮU HLAVOU, [online], [2011-05-04]. Dostupný z WWW:
<http://www.kotaind.sk/sk/fotogaleria.html>
- [30] ROLLER-HEAD, [online], [2011-05-17]. Dostupný z WWW:

<http://www.ksbiusa.com/products/extruders/>

- [31] MARTÍNEZ-DE-PISÓN, F.J., BARRETO, C., PERNÍA, A., ALBA, F.; Journal of materials processing technology, Volume 197, Issues 1-3, 1. February 2008, p. 161-169.
- [32] HUANG a HUANG, 2006; HUANG ET AL, 2004;. CASLIN a ALAN, 2005; KLEINER a SCHIKORRA, 2006; JANSSON ET AL

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1: Tok zmesi v závitovke.....	13
Obr. 2: Rozdelenie zón a popis závitovkového vytlačovacieho stroja	14
Obr. 3: Závitovky.....	15
Obr. 4: Konštrukčné riešenie závitovky s rozdielnými závitmi po celej jej dĺžke	15
Obr. 5: Detailný pohľad na indukčne tvrdenú závitovku.	16
Obr. 6: Rôzne konštrukcie vytlačovacích hláv.	17
Obr. 7: Jednozávitkový vytlačovací stroj.	18
Obr. 8: Schéma kolíkového vytlačovacieho stroja.	19
Obr. 9: Vytlačovací stroj Transfermix.....	19
Obr. 10: Hnetič Gordon.	20
Obr. 11: Rôzne usporiadania závitovok.....	21
Obr. 12: Viaczávitkový vytlačovací stroj.	21
Obr. 13: Porovnanie hodnôt elastomérov a termoplastov (veličiny sú závislé na teplote a tlaku).	25
Obr. 14: Úprava šablóny vytlačovacej hlavy.....	26
Obr. 15: Závislosť B na γW a teplote $\Delta=90^{\circ}\text{C}$; $\omega=120^{\circ}\text{C}$	27
Obr. 16: B v závislosti 2α vzorkov $\gamma W = 1000s - 1$; $\Delta= 100^{\circ}\text{C}$; $\omega = 110^{\circ}\text{C}$	28
Obr. 17: Duša firmy GUMEX.	33
Obr. 18: Nepriama vytlačovacia hlava na oplášťovanie.	34
Obr. 19: Rôzne typy prierezov petkového lana	34
Obr. 20: Rôzne tvary tesnení.	36
Obr. 21: Vytlačovací stroj na dosky so širokouhlou hlavou.....	37
Obr. 22: Linka Roller – Head.	38
Obr. 23: Schéma linky Quadroplex.	39
Obr. 24: Zásobovanie studenou kaučukovou zmesou linky Quadroplex.	40
Obr. 25: Zrážací dopravník.....	41
Obr. 26: Vytlačovacia hlava s predšablónou a tokovými kanálmi každého extrúdera	42
Obr. 27: Zapisované údaje do databáze.	46
Obr. 28: Zaznamenaná teplota od začiatku po koniec procesu.....	46