

Polymerní fólie s multifunkčními užitnými vlastnostmi

Veronika Gajzlerová

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika GAJZLEROVÁ**
Osobní číslo: **T08685**
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Polymerní materiály a technologie**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Polymerní fólie s multifunkčními užitnými vlastnostmi**

Zásady pro vypracování:

Zpracujte přehled dosavadního stavu poznání založený na rešerši v inparktovaných časopisech a dalších zdrojích. Ze získaných údajů zpracujte souhrn pojednávající o dané problematice, popište současný stav, popište problémy a jejich případné řešení a pokuste se odhadnout případný vývoj.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **Technologie zpracování a vlastnosti plastů / Jiří Štěpek, Jiří Zelinger, Antonín Kuta, Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury ; Bratislava : Alfa, 1989**
2. **Polymery v obalové technice / Jiří Štěpek a kolektiv, Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1981**
3. **Časopisecké a knižní zdroje dostupné prostřednictvím knihovny UTB ve Zlíně**

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Dagmar Měřínská, Ph.D.

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce:

10. ledna 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

28. května 2014

Ve Zlíně dne 7. února 2014

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan



Ing. Lubomír Beníček, Ph.D.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: GATZLEROVA VERONIKA

Obor: CHT/M/1P

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 20.5.2014


.....

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 nevdělečně 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 výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá polymerními a částečně i bariérovými fóliemi. Je zde shrnut přehled polymerů, z kterých je vhodné vyrábět fóliové materiály a následný přehled vhodných zpracovatelských technologií. Podrobně jsou rozepsány jednotlivé druhy fólií (filmů) a jejich vlastnosti. Důležitou součástí je i výroba. Jednotlivé technologie jsou vztaženy přímo na výrobu fólií. V poslední části je zmíněno praktické využití, uplatnění fólií jak v technickém průmyslu, tak i v obalové technice.

Klíčová slova: polymerní fólie, bariérové fólie, výrobní technologie, obaly

ABSTRACT

The bachelor thesis focuses on polymeric foil and to some extent also on barrier foils. It provides the list of polymers which can be used for the production of film materials. In addition, the overview of suitable production technologies is included. The individual types of foils (films) are specified in details as well as their properties. The important part of the thesis is the production. The particular technologies are directly related to the foil production. The last part of the thesis is devoted to the particular applications of foils in the technical industry as well as in the packaging technology.

Key words: polymeric foil, barrier foil, production technology, packaging

Upřímně děkuji doc. Ing. Dagmar Měřínské, Ph.D za odborné vedení, vlídný přístup, poskytování cenných rad a doporučení. Děkuji za ochotu a čas, který věnovala při zpracování bakalářské práce. Poděkování patří i mé rodině za morální podporu a mému synovi za toleranci.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 FÓLIOVÉ MATERIÁLY	12
1.1.1 Obaly z plastu.....	13
1.2 POLYETHYLENOVÉ FÓLIE	15
1.3 POLYPROPYLENOVÉ FÓLIE.....	17
1.3.1 Polyvinylchloridové fólie.....	18
1.3.2 Fólie z kopolymeru vinylchlorid- vinylidenchlorid	19
1.3.3 Celofánové fólie	19
1.3.4 Polyamidové fólie	20
1.3.5 Ekologické fólie	21
2 BARIÉROVÉ FÓLIE	22
2.1 CHARAKTERISTIKA BARIÉROVÝCH FOLÍÍ	22
2.1.1 Propustnost obalu pro plyny a páry	22
2.1.2 Možnosti přestupu plynu a páry skrz obal	23
2.1.3 Mechanismus propustnosti plynu a páry	24
2.1.3.1 Faktory ovlivňující permeaci	25
2.1.4 Příklady kombinace materiálů bariérových fólií.....	26
3 VÝROBA FÓLIÍ	28
3.1 VÝROBA FÓLIOVÝCH MATERIÁLŮ VÁLCOVÁNÍM	28
3.1.1 Válcovací stroje.....	28
3.2 VÝROBA FÓLIÍ POMOCÍ LITÍ	29
3.3 VYTLAČOVÁNÍ	30
3.3.1 Vytlačování fólií a desek šterbinovou hubicí.....	30
3.3.1.1 Orientované fólie	32
3.3.1.2 Smrštitelné fólie.....	33
3.4 VÝROBA FÓLIÍ VYFUKOVÁNÍM	34
3.4.1 Výtlačné vyfukování fólií a hadic	36
3.4.2 Vyfukování z fólií	37
4 VYUŽITÍ FÓLIÍ V OBALOVÉ TECHNOLOGII	38
4.1 OCHRANA VÝROBKU OBALEM	38
4.1.1 Ochrana proti mechanickému poškození	38
4.1.2 Ochrana před klimatickými činiteli.....	39
4.1.3 Ochrana před oxidačními změnami	39
4.1.4 Ochrana před pronikáním par organických látek	39
4.1.5 Ochrana před zářením	40
4.1.6 Ochrana před mikrobiálním znehodnocením	40
4.1.7 Ochrana před hmyzem a hlodavci.....	40
4.2 BALENÍ POTRAVIN	41
4.3 MULTIFUNKČNÍ VYUŽITÍ POLYMERNÍCH FÓLIÍ.....	41
4.3.1 BOPET fólie.....	41
4.3.2 Paropropustné fólie	44
4.3.3 Kelímky „NICKNACK“	45

4.3.4	Polystyrenové krabičky na jídlo.....	46
4.3.5	Výběr vhodné fólie.....	47
4.3.5.1	Lité fólie.....	47
4.3.5.2	Válcované fólie.....	48
4.3.5.3	Speciální fólie.....	48
ZÁVĚR		50
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		51
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		54
SEZNAM OBRÁZKŮ		56
SEZNAM TABULEK.....		57
SEZNAM PŘÍLOH.....		58

ÚVOD

Polymerní fólie jsou plošné útvary, které mohou vznikat různými technologiemi. Nejčastějšími zástupci polymerů, z kterých lze fólie vyrábět, jsou polyethylen a polypropylen. Vzhledem k jejich vlastnostem, jako jsou chemická odolnost, mechanická pevnost, skvělé těsnící vlastnosti či schopnost kombinace s jinými materiály, mají tyto dva polymery své zastoupení jak v potravinářském, technickém tak i v obalovém průmyslu. Jejich konkrétní využití spočívá ve výrobě sáčků, potravinových fólií, kelímků, hraček, hadic, trubek a mnoho dalších.

Vzhledem ke stále se zvyšujícím nárokům na obalové materiály, zejména v potravinářství se v současnosti významně uplatňují bariérové fólie. Ty jsou zejména spojeny s ochranou výrobků, zajištění čerstvosti a samozřejmě zlepšení skladovatelnosti daných produktů. Bariérové fólie jsou nejčastěji vyráběny z polyolefinů a jejich kopolymerů, polyesterů, polyamidů, polystyrénových a vinylových polymerů. Obecně jsou fólie využívány jako ochrana proti klimatickým vlivům, proti UV záření, agresivním plynům a aerosolům, kyselinám a zásadám, ale také proti mikrobiálnímu útoku.

Polymerní fólie mohou být vyráběny několika technologickými procesy, mezi nejčastější se řadí válcování a vytlačování. Principem válcování je nepřetržité tváření mezi dvěma a více vyhřívanými válci válcovacích strojů neboli kalandrů. Mezi další výrobní proces (operaci) se řadí vytlačování, kdy je tavenina plastu kontinuálně vytlačována přes vyfukovací hlavu do volného prostoru. Fólie se nejčastěji vyrábějí válcováním a vytlačováním z polypropylenu, vysokohustotního polyetyleny, polyvinylchloridu nebo polyamidu.

V této práci je zpracována rešerše popisující jednotlivé druhy polymerních fólií, jejich aplikace a možnosti praktického využití. Jsou zmíněny i bariérové fólie z hlediska jejich významného využití v obalovém průmyslu. Dále jsou zde popsány technologické postupy výroby fólií. V poslední části jsou uvedeny příklady využití fólií v praxi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 FÓLIOVÉ MATERIÁLY

Fólie nebo desky z plastů jsou plošné útvary o tloušťce nejčastěji od 2 μm do 5 mm. Společným znakem těchto obalových materiálů jsou vhodné bariérové vlastnosti, i když jsou právě v tom mezi jednotlivými druhy určité (přesně známé) rozdíly, k nimž se při volbě obalového materiálu pro každý jednotlivý druh baleného zboží musí přihlížet. Kromě bariérových vlastností je při výběru obalového materiálu důležité sledovat i tyto jeho vlastnosti:

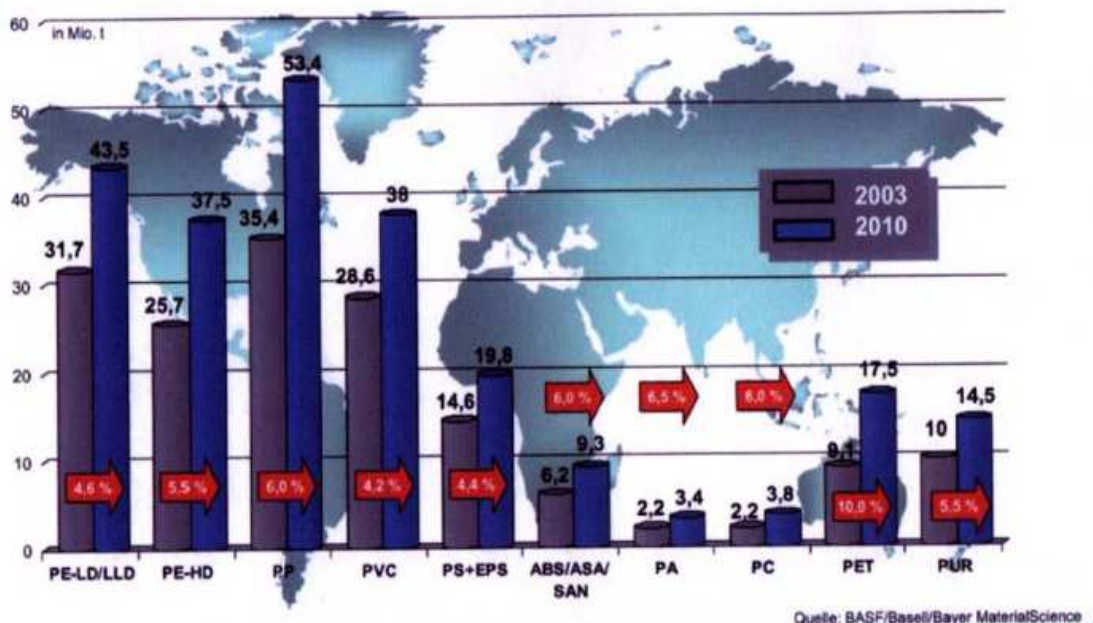
- Odolnost proti vysokým i nízkým teplotám
- Průhlednost, průsvitnost nebo naopak neprůhlednost
- Možnost evakuace obalu nebo jeho naplnění inertním plynem
- V některých případech tvarovatelnost nebo jeho smržitelnost
- Mechanickou odolnost, svařovatelnost a potiskovatelnost

Z hlediska kvantitativní spotřeby i rozvojové sortimentní skladby mají fólie největší podíl v sortimentním složení polotovarů a výrobků používaných na výrobu plastových obalů.

V roce 2000 byla průměrná světová spotřeba polymerů asi 240 kg na osobu. Převážná část polymerů ze současné světové produkce patří mezi syntetické polymery [31].

V průměru se odhaduje, že asi 75% všech fólií vyráběných v Evropě je využíváno v obalové technice.

Fóliové materiály z plastů mají v průmyslově vyspělých státech hlavní podíl na struktuře plastových obalů (kolem 60% až asi 65%), přičemž struktura fóliových seriálů v obalech je v různých zemích různá.



Obr. 1 Celosvětová spotřeba vybraných plastů v roce 2003 a její prognóza v roce 2010 [31]

Vlastnosti vyžadované především obalovým průmyslem jsou často nesplnitelné pouze jedním polymerním materiálem. Jako jednoduché (homogenní) fólie se pro potravinářské i nepotravinářské aplikace používají především polyolefiny, polyvinylchlorid, polystyren, polyamidy, polyvinylalkohol a polyestery. Jednoduché polymerní fólie nemají často takové vlastnosti, aby mohly plnit všechny požadavky, které se na obalové materiály kladou. Kombinací dvou a více polymerů lze dosáhnout zlepšení těchto vlastností:

- pevnosti v tahu
- rázové houževnatosti, tažnosti, ohebnosti
- chemické a tepelné odolnosti
- propustnosti pro vodní páru a plyny
- povrchové úpravy a zpracovatelnosti [6].

1.1.1 Obaly z plastu

Obaly z plastu jsou dnes vůbec nejpoužívanější materiály pro potravinářské aplikace. Mají velmi rozmanité fyzikálně-chemické vlastnosti, a proto je jejich uplatnění v obalové technice tak široké. Plasty patří do skupiny syntetických polymerů. Polymery jsou organické makromolekulární látky získané polymerizací, polykondenzací nebo polyadicií.

- Dle chování za tepla se polymery dělí na:
 - termoplasty- plastický materiál, který si své vlastnosti uchovává i po zahřátí a opětovné ochlazení.
 - termosety- po zesíťování polymeru není možné další tváření.
 - termoplastické elastomery- vykazují mechanické vlastnosti jako pryže, ale lze je opakovaně termoplasticky tvarovat [12].

V obalové technice se spíše uplatňují termoplasty, které se mohou zpracovávat tvářením nebo tvarováním [14].

- Dle prostorového uspořádání makromolekulárních řetězců lze polymery (plasty) dělit na:
 - amorfni- řetězce jsou chaoticky uspořádány. Jejich tepelné chování se charakterizuje teplotou skelného přechodu T_g . Do této skupiny patří polyvinylchlorid a polystyrén.
 - semikrystalické- obsahují fáze s řetězci uspořádanými do pravidelných útvarů (krystalů). Lze je charakterizovat teplotou tání T_m . Sem patří polyethylén, polypropylén, polyamid, polyvinylidenchlorid a polyethyléntereftalát.

Teploty T_g a T_m závisí na pevnosti intramolekulárních vazeb, ohebnosti a délce řetězců molekul polymeru [8].

Mezi plasty používané pro výrobu obalů řadíme polyolefiny, kam patří: polyethylén (PE) a polypropylén (PP). Další plasty používané v obalové technice jsou ethylénavinylalkohol (EVOH), polyvinylchlorid (PVC), polyvinylidenchlorid (PVDC), polystyrén (PS), polyamid (PA) a polyethyléntereftalát (PET).

Důležitou vlastností této skupiny látek je jejich plasticita a elasticita. Plasticita znamená, že si materiál udrží svůj tvar i po ukončení působení vnějších sil. Plasticita umožňuje zpracovávat plasty na měkké nebo tuhé obaly technologií vstřikování, vyfukování, vytlačování či tvarování. Elastický plast se po ukončení působení vnějších sil vrací do původního stavu. Tato vlastnost je výhodná při balení do fólií [8].

Mezi hlavní výhody obalů z plastu patří jejich výborná chemická odolnost, částečná nepropustnost pro plyny, jejich pevnost, pružnost, tažnost a průsvitnost. Plasty je také možno tepelně spojovat [14].

Nevýhodou plastových obalů je možnost tvorby statické elektřiny a jejich poměrně problematická likvidace či recyklace. V obalové technice se plasty používají na různé druhy obalů, jako jsou fólie, sáčky, láhve, kelímky, přepravky, misky apod. [8].



Obr. 2 Ukázka obalů [21,22]

1.2 Polyethylenové fólie

Polyethylen (PE)- je odolný vůči kyselinám i zásadám, použitelný do teploty kolem 80 stupňů Celsia. Vyrábí se z něj smrštitelné fólie, sáčky (mikroten) atd. Rozlišují se dva základní druhy polyetylenů: LDPE (s nízkou hustotou) a HDPE (s vysokou hustotou). V poslední době se HDPE používá při výrobě kompozitního materiálu na bázi dřeva. PE je v současnosti nejpoužívanějším polymerem na světě. Jeho zásluhou předčila již v roce 1979 produkce plastů celosvětovou výrobu oceli. Jeho roční produkce je odhadována na více než 60 milionů tun [7]. PE fólie mají a budou mít rozhodující postavení na trhu obalovin. Jejich podíl na celkové spotřebě obalovin z plastů v minulém období značně stoupl a očekává se jeho další, i když méně výrazný vzestup. Hlavní část z produkce PE fólií připadá na rozvětvený polyetylen a i perspektivně bude jeho podíl rozhodující. Určitý vzestup v produkci PE fólií z lineárního PE ovlivní perspektivní rozvoj tzv.: „syntetického papíru“ vyráběného na této bázi. PE fólie jsou a patrně zůstanou nejlevnějším fóliovým materiálem z plastů. Jejich výhodné vlastnosti a poměrně nízká cena z nich dnes tvoří nejužasnější materiál pro smršťovací balení. Za perspektivní lze považovat i- „ syntetické papíry“ a lehčené fóliové materiály. Svůj význam si PE zachová i při inovaci klasických fóliových

materiálů (na bázi papíru, kovových fólií), ukazuje se však, že technologie koextruze dává širší aplikační možnosti PE v úseku vrstvených fóliových materiálů [1].

Rozdělení polyetylenů vhodných pro výrobu PE fólií:

- **Nízkohustotní polyethylen – LDPE:**

„Low Density PolyEthylene“ o hustotě 0,910 až 0,924 kg/cm³ vyniká řadou žádaných vlastností- transparentnost, ohebnost, dobrá odolnost vůči nárazu, olejům, chemikáliím, nepropustnost pro vodní páru, svařitelnost, snadná zpracovatelnost a také nízká cena. Lze použít samostatně, ale i v kombinaci s dalšími druhy polymerů etylenu nebo s jinými materiály jako je hliník či papír. Jeho největším konkurentem je LLDPE.

- **Středněhustotní polyethylen- MDPE:**

„Medium Density PolyEthylene“ o hustotě 0,925 až 0,940 kg/cm³ má větší mechanickou pevnost, je tužší a méně propustný než LDPE o nižší hustotě. MDPE se zpracovává podobně jako LDPE, jen při vyšších teplotách.

- **Vysokohustotní polyethylen- HDPE:**

„High Density Polyethylene o hustotě 0,935 až 0,965 kg/cm³ je druhým nejrozšířenějším polymerem používaným v obalové technice. Má dobré mechanické vlastnosti a je odolný vůči vodě, alkoholům, ketonům, zředěným roztokům kyselin a zásad. Jeho nevýhodou je sklon k tzv. korozi napětí, kdy ve výrobcích z HDPE vznikají trhliny.

- **Lineární nízkohustotní polyethylen- LLDPE:**

„Linear Low Density PolyEthylene“ o hustotě 0,916 až 0,940 kg/cm³ má díky pravidelné struktuře lepší mechanické vlastnosti a vyšší teplotu tání než LDPE o stejné hustotě. Vyniká svou průzračností, leskem a tepelnou svařitelností. K typickým aplikacím LLDPE patří průtažné a přiléhavé fólie.

- **Metalocelový lineární nízkohustotní polyethylen- MLLDPE**

„Metalocen Linear Density PolyEthylene představuje mimořádnou pevnost, pružnost, odolnost a stabilitu obalových fólií. Stejně jako LLDPE má lepší průzračnost,

lesk a tepelnou svařitelnost. K častým aplikacím MLLDPE patří průtažné a přilnavé fólie. Metalocelové kopolymery jsou nejmladší skupinou polymerů ethylenu [20].



Obr. 3 PE fólie [2]

1.3 Polypropylenové fólie

Polypropylen (PP) je termoplastický polymer ze skupiny polyolefinů, které patří mezi nejběžnější plasty, používá se v mnoha odvětvích potravinářského, textilního, tiskařského průmyslu a v laboratorních vybaveních, kde je potřeba zachovat dobrou viditelnost produktu nebo využít možnosti potisku obalu. Jedná se o kvalitní, pevný, ale křehký materiál. PP má podobné fyzikálně-chemické vlastnosti jako PE. Křehne při nízkých teplotách, kolem 140-150 stupňů Celsia měkne, kolem 160-170 stupňů Celsia se taví. Je odolný vůči olejům, organickým rozpouštědlům a alkoholům, dobře se rozpouští v xylenech. PP vyniká velmi dobrou chemickou a mechanickou odolností [7]. Polypropylenové fólie jsou novějším typem fóliových materiálů. Vyznačují se velkou transparentí (srovnatelnou s transparentí celofánu), mají dobré fyzikálně mechanické vlastnosti, výbornou tepelnou odolnost (takže je lze použít i pro tzv. horké balení a sterilizaci) a menší propustnost pro plyny. Hlavními perspektivními typy těchto materiálů jsou dvousměrně (biaxiálně) orientované fólie (s vyrovnanými fyzikálně chemickými vlastnostmi v obou směrech) a jednosměrně, zpravidla

příčně orientované fólie. Lze očekávat jejich výraznější uplatnění v obalové technice (např. k balení sýrů, masa, kávy textilních výrobků apod.) [1, 20].



Obr. 4 Polypropylenový obal [2]

1.3.1 Polyvinylchloridové fólie

Polyvinylchloridové (PVC) fólie jsou vlastně již klasickým materiálem z plastů a jejich podíl na celkové spotřebě fólií v obalovinách podstatněji nevrůstá. PVC je vysoce smrštiteľná fólie, mezi jejíž přednosti patří snadné použití. Přestože ji některé firmy nabízí jako vhodné pro potravinářský průmysl, jde o fólii s vysokým obsahem jedovatých látek, které se uvolňují například při svařování. Další nevýhodou je také tvarová a barevná nestabilita. Po čase se mění její struktura a fólie křehne a mění barvu (zpravidla žloutne). Pro obalovou techniku mají a jistě budou mít hlavní význam tuhé typy polyvinylchloridových fólií. V technologickém smyslu vedle běžných typů kalandrovaných fólií roste význam fólií vytlačovaných. Vytlačovací proces (ať už jde o ploché, nebo o hadicové fólie) umožňuje vyrábět folie o menších tloušťkách (kolem 0,01 mm) a je investičně méně náročný. Tyto typy představují zajímavé fóliové materiály pro balení spotřebního a potravinářského zboží. Vzestup spotřeby zaznamenávají v průmyslově vyspělých státech (např. USA) smrštiteľné polyvinylchloridové fólie, zřejmě i proto, že se vyznačují větší pevností než polyethylenové fólie obdobného typu [1,20].



Obr. 5 Polyvinylchloridové fólie [4]

1.3.2 Fólie z kopolymeru vinylchlorid- vinylidenchlorid

Fólie z kopolymeru vinylchlorid- vinylidenchlorid, mající již charakter speciálních fólií, si v obalové technice udržují významné postavení pro své mimořádné bariérové vlastnosti (např. vymezenou propustnost). Nicméně rychlý vývoj nových vrstvených materiálů (lamínátů) a jejich další zavádění do obalové praxe jistě ovlivní i perspektivní rozsah monolitních typů těchto fólií. Jako laminační fólie bude kopolymer vinylchloridu s vinylidenchloridem i nadále součástí vrstvených materiálů pro zlepšení žádoucích bariérových vlastností [1].

1.3.3 Celofánové fólie

Celofánové (viskóзовé) fólie měly v minulosti značný podíl na všech vyráběných obalových fóliích. Rozvoj nových, plně syntetických fóliových materiálů, ať už polyolefinů, polystyrenu nebo polyvinylchloridu, však způsobil pokles podílu celofánu ve spotřebě obalových fólií. Výroba celofánových fólií dnes již vykazuje jen malé přírůstky. Nicméně pro některé své vlastnosti a zpracovatelské parametry si celofán dodnes udržuje na obalovém trhu určité postavení. Ani do budoucna se ve spotřebě ani ve výrobě celofánových fólií neočekávají podstatnější roční přírůstky [1].



Obr. 6 Celofánový sáček [5]

1.3.4 Polyamidové fólie

Fólie z polyamidů, polykarbonátů, polyesterů, ionomerů a některé další lze podle jejich uplatnění (kvantitativního i kvalitativního) řadit v obalové technice mezi speciální typy. Uplatňují se pro své specifické vlastnosti (vyšší fyzikálně mechanické a pevnostní parametry, větší tepelnou odolnost, omezenou propustnost pro plyny a páry apod.) především při výrobě náročných obalovin. Hlavní překážkou jejich jinak žádoucího širšího využití je relativně vysoká cena těchto fólií, ovlivněna vyšší cenou výchozího polymeru. Nelze proto očekávat masovější rozvoj jejich aplikace, spíše si podrží své uplatnění pro speciální typy obalovin [1].

V této souvislosti je třeba zmínit se o i rychlém vývoji v oblasti vrstvených fóliových materiálů, které jak se zdá, přinesou obalové technice žádoucí typy fólií s tzv. bariérovými vlastnostmi (např. vymezenou propustností) a budou ovlivňovat i uplatnění speciálních fóliových materiálů. Zatímco v minulosti se vrstvené fólie vyráběly většinou kašírováním, laminováním a nanášením tavenin polymeru na fóliové substráty, nově vyvinutá koextruze (současné soustředěné vytlačování a případně vyfukování) umožňuje nejen podstatně zvýšit produktivitu a efektivnost výroby vrstvených fólií, ale dává i předpoklady pro kombinování různorodých materiálů. Dřívější technologické postupy umožňovaly výrobu dvouvrstevných nebo nejvýše třívrstevných fóliových materiálů, koextruze pomocí tzv. adaptérových systémů však dnes umožňuje až osmivrstevné kombinace. Systémy používající kombinované vícevrstevné hubice dovolují výrobu až čtyřvrstevných materiálů.

1.3.5 Ekologické fólie

Nezbytným prvkem pro výrobu ekologických fólií jsou oxo-biodegradabilní přísady (OBP), které změny chování plastových fólií tak, že postupně degradují- „rozpadají se“. Přísady tak napomáhají urychlit životní cyklus hlavního materiálu. Plastové fólie, vyrobené s použitím OBP přísad, degradují v podmínkách působení slunečního UV záření, vlhkosti a mechanického tlaku. OBP přísady lze doplnit do výroby HDPE i LDPE fólií. Materiál může být „naprogramován“ tak, aby poskytoval různou délku životní fólie, a to v závislosti na požadavcích na výrobek. Délku rozpadu lze zvolit od 3 do 12 měsíců. Proces oxo-degradace pak začne okamžitě působením výše popsaných mechanicko- fyzikálních vlivů na fólii či produkt z ní vyrobený. Tedy např. ekologické tašky, skladované v původním balení (v krabici) nepodléhají rozkladu. Vlastní proces rozpadu je zahájen až v okamžiku vybalení, tedy za působení denního světla, mechanického pnutí a vlhkosti- běžným užitím tašky. Fólie s přísadami OBP lze zpracovávat stejným způsobem, na stejném výrobním zařízení jako běžné polyethylenové fólie. Technologie je kompatibilní se všemi metodami skládkování, kompostování, recyklace a spalování. Polymery OBP jsou ekologicky příznivé. Výsledným produktem po degradaci je CO₂, voda a minerální látky. Výrobky používající tuto technologii jsou plně ve shodě se stávajícími požadavky evropských i amerických institucí Food & Drug Administration na kontakt s potravinami. Technologii lze uplatnit pro většinu aplikací plastů od balení potravin, přes nákupní tašky či zemědělské fólie až po krycí fólie ve stavebnictví i medicínské aplikace [7].

2 BARIÉROVÉ FÓLIE

2.1 Charakteristika bariérových fólií

Bariérové fólie v obalovém průmyslu, konkrétně v potravinářství, znamenají překážku pro plyny, prachy, UV záření, oleje, tuky, aroma a mikroby. Nepropouštějí vodní páru, jsou nepromastitelné, poddajné, mají velkou odolnost proti oděru. Kromě potravin chrání bariérové fólie také stroje, výrobky přesné mechaniky, náhradní díly, zařízení, elektrická ovládní před vlhkostí a následnou korozí během jejich přepravy, popřípadě při jejich skladování. Tyto fólie jsou také vhodné i pro balení s ochrannou atmosférou nebo bez ní. Dají se svařovat, lepit, potiskovat. Bariérové fólie tak našly široké uplatnění v obalovém průmyslu, zvláště v potravinářství.

Bariérové vlastnosti polymeru ovlivňuje výrazně jejich struktura. Materiál, který se může pochlubit bariérovými vlastnostmi, musí mít určitý stupeň polaritu, odolnost proti propustnosti plynů a vodní páry (polární skupiny umožňují polymeru absorbovat vlhkost z okolního prostředí), dobrou interakci mezi řetězci (ta omezuje jejich pohyblivost a tím snižuje propustnost) a vysokou teplotu skelného přechodu (je pravděpodobné, že jeho teplota použití bude nižší než T_g , což ovlivní jeho vlastnosti) [6].

Charakteristickou vlastností bariérových fólií je vedle jejich chemického složení, pořadí a tloušťka jednotlivých vrstev. Pro určení pořadí jednotlivých vrstev je třeba dodržovat určité zásady. Vrstva, která je v přímém kontaktu s potravinami, musí být ze zdravotně nezávadného materiálu (PE, PP, PETP). Naopak pro nepotravinářské aplikace se mohou používat materiály na bázi PS, PVC, PVDC. Vnější vrstvy tak musí splňovat specifické požadavky, jako je odolnost proti UV záření, oděru, rozpouštědlům, olejům, vodě a dalším. Vnitřní adhezivní vrstvy, mnohdy označované jako „Tie- vrstvy“, jsou většinou ionomery, kopolymery EVA, EMAA a melaminhydridů aplikované ve velmi tenké vrstvě cca 4 g/m^2 [6].

2.1.1 Propustnost obalu pro plyny a páry

Životnost výrobku výrazně ovlivňuje propustnost plynů nebo páry skrz obal, ve kterém je výrobek zabalený. Ztráta vody může způsobit nežádoucí vysychání baleného produktu. Naopak vodní pára, která se dostává do obalu, způsobuje vlhkost. Za pokojové teploty

vodní pára kondenzuje, a to způsobuje růst mikroorganismů na povrchu potraviny. Jestliže do obalu pronikne kyslík, může dojít k oxidaci tuků v potravinách, která vede ke změně chuti, barvy nebo nutriční hodnoty [13].

2.1.2 Možnosti přestupu plynu a páry skrz obal

Rozlišujeme dva základní způsoby, kterými plyn a pára prostupují skrz obal. Prvním způsobem je permeace. To znamená prostup plynů nebo páry přes stěnu obalu. Permeace však nemusí mít vždy negativní vliv na kvalitu produktu. Existují případy, kdy permeace může naopak prodloužit trvanlivost baleného výrobku. Druhým způsobem prostupu plynu a páry je únik, při němž dochází k toku plynu a páry přes mikroskopické póry či defekty. Tyto defekty se objevují na stěnách obalu. Drážky, které také mohou být cestou úniku plynu a páry, jsou způsobeny špatným utěsněním obalu. Rychlost úniku plynu drážkami je však pomalejší než únik defekty, neboť drážky mají větší hloubku. Oběma cestami úniku by mělo být zabráněno, jelikož jsou pro obal nežádoucí [13].

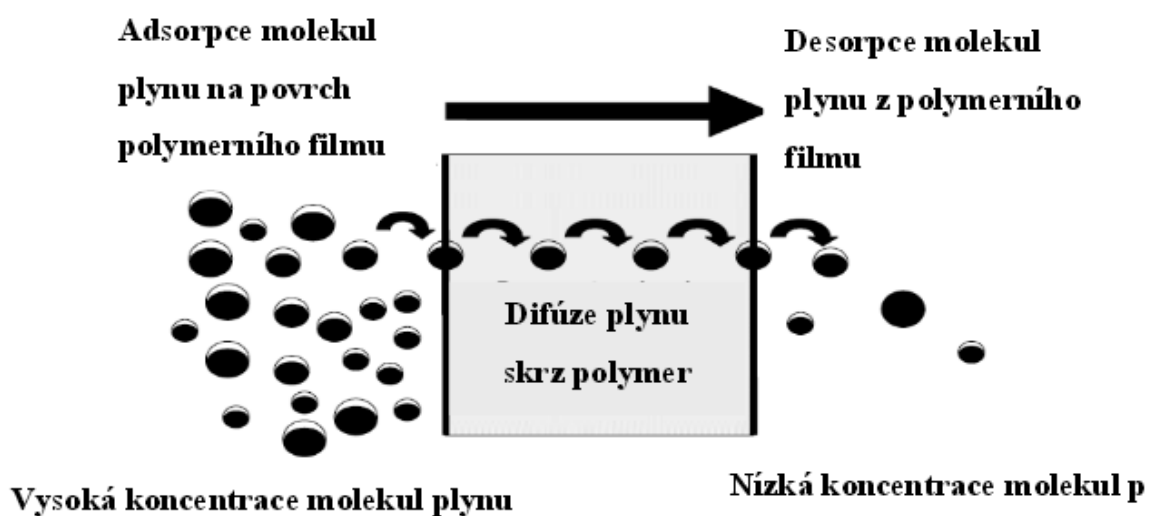
Všechny polymerní obaly jsou propustné pro plyny a páru v různé míře. Ideální obalový materiál s perfektními bariérovými vlastnostmi, u kterého by nedocházelo k propustnosti molekul kyslíku, CO₂, vody atd. však neexistuje. Ostatní obalové materiály jako je sklo nebo kov nejsou zcela inertní, ačkoli mají výborné bariérové vlastnosti. Plasty jsou ve srovnání s těmito materiály méně inertní [13,15].

Bariérové vlastnosti polymeru ovlivňuje významně jeho struktura. Za materiál s dobrými bariérovými vlastnostmi se označuje polymer, který splňuje následující požadavky:

- určitý stupeň polarity, kterou mají nitrilové, chloridové, fluoridové nebo esterové skupiny.
- odolnost vůči permeantu- polární skupiny umožňují polymeru absorbovat vlhkost z okolního prostředí nebo z kapaliny, která je v kontaktu s polymerem.
- interakce mezi řetězci- vzájemné chemické i fyzikální působení mezi polymerními řetězci omezuje jejich pohyblivost a tím snižuje jejich propustnost.
- vysoká teplota skelného přechodu- jestliže má polymer vysokou teplotu skelného přechodu, je pravděpodobné, že jeho teplota použití bude nižší než teplota skelného přechodu, a proto bude mít lepší bariérové vlastnosti [13,15].

2.1.3 Mechanismus propustnosti plynu a páry

Propustnost plynu a páry skrz polymerní film sestává ze tří fází. V první fázi probíhá adsorpce plynu nebo páry na povrch polymerního filmu. Zde je vyšší parciální tlak permeantu. Ve druhé fázi nastává difúze plynu nebo páry skrz polymerní film. V poslední fázi dochází k desorpci permeantu ze strany polymerního filmu, kde je nízký parciální tlak plynu a páry [15].



Obr. 7 Transport plynu skrz polymerní film [15]

Sorpce permeantu

Termín sorpce zahrnuje pojmy adsorpce a desorpce permeantu v polymerním filmu. Sorpční chování je klasifikováno na základě interakce mezi permeantem a polymerem nebo mezi permeantem a permeantem v polymeru a řídí se Henryho zákonem [13, 15].

$$c = S \cdot p$$

kde: c je koncentrace permeantu [$\text{mol} \cdot \text{cm}^{-3}$]

S je koeficient rozpustnosti [$\text{mol} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{Pa}^{-1}$]

p je tlak permeantu [Pa]

Difúze permeantu

Difúze vyjadřuje pohyb molekul z míst o vysoké koncentraci do místa o nízké koncentraci. Vztah mezi rychlostí difúzního toku a koncentračním gradientem vyjadřuje 1. Fickův zákon [13,15].

$$J = -D \frac{\delta c}{\delta x}$$

kde J je difúzní tok [$\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]
 D je difúzní koeficient [$\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
 c je koncentrace permeantů [$\text{mol} \cdot \text{cm}^{-3}$]
 x je vzdálenost ve směru difúze [cm]

Difúzní koeficient vyjadřuje schopnost látky pronikat do vnějšího prostředí. Udává množství látky, které projde jednotkovou plochou za jednotku času při jednotkovém koncentračním spádu. Jednotka difúzního koeficientu je $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnoty difúzních koeficientů jsou různé pro plyny i kapaliny a bývají stanovovány experimentálně nebo teoretickým výpočtem. Difúzní koeficient u kapalin je nižší než u plynů a řádově se pohybuje okolo $10^{-9} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. U většiny plynů se řádově pohybuje kolem $10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ [13,16].

2.1.3.1 Faktory ovlivňující permeaci

Existuje několik faktorů ovlivňujících permeaci. Mezi hlavní faktory patří: chemická struktura polymeru, struktura permeantu a podmínky okolí.

- chemická struktura polymeru

Propustnost pro kyslík a oxid uhličitý snižují polární funkční skupiny jako je Cl, OH nebo CN z důvodu silné interakce polymerů. Propustnost se také snižuje v důsledku vysoké soudržné energie mezi polymerními řetězci, kterou mají polární polymery. Další vlastnost polymeru, která snižuje propustnost v důsledku rozpustnosti permeantu v polymeru je vyšší krystalinita polymeru. [13].

- struktura permeantu

Propustnost významně ovlivňuje velikost permeantu a její chemická příbuznost s polymerem. Větší molekuly permeantu na rozdíl od menších molekul mají menší difuzivitu, ale větší rozpustnost [13].

- okolní prostředí

Na propustnost má také velký vliv okolní prostředí. Mezi nejdůležitější faktory okolního prostředí patří teplota. Teplota ovlivňuje propustnost plynu dle Arrheniovy rovnice [13,17].

$$\Gamma = \Gamma_0 e^{-E_r/RT}$$

kde Γ je v tomto případě míra permeace vyjádřena jako P nebo R

E_r je aktivační energie [$\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$]

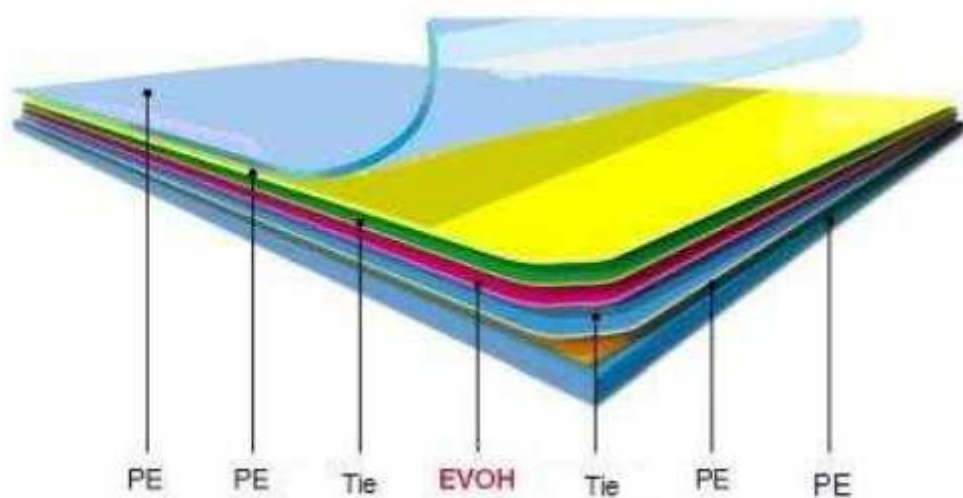
R je plynová konstanta [$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$]

T je teplota [K]

Γ_0 je konstanta úměrnosti

2.1.4 Příklady kombinace materiálů bariérových fólií

Jako ideální se jeví použití EVOH a PA ve vícevrstvých bariérových fóliích pro jejich vynikající izolační vlastnosti. Polypropylen (PP), polyethylen (LDPE, HDPE, LLDPE), PA (Nylon) a EVOH jsou materiály, které mají mezi sebou špatnou přilnavost. Proto je třeba tyto materiály spojovat speciální adhezivní vrstvou, tzv. „Tie vrstvou“. Na trhu s obalovým materiálem nalezneme fólie 2 až 12-ti vrstvé [6].



Obr. 8 Ukázka 7- vrstvé bariérové fólie [19]

Příkladem mohou být:

- **dvojvrstvé fólie:** A/A, A/B – jen stejný základní polymer, jako prevence mikrodírek (bíla/ černá),
- **třívrstvé fólie:**
symetrické A/B/A, musí obsahovat funkční střední vrstvu, například LDEPE/HDPE/LDPE, PE/regulátor/PE (bíla/černá/bíla),
asymetrické A/B/C, může mít různé povrchy, nebezpečí kroucení, například EVA/HDPE/LDPE; PE kluzný/PE barevný/ PE nekluzný,
- **pětivrstvé fólie:** A/B/C/B/A, C – střední bariérová vrstva, například PA, EVOH, PVDC, B – adhezní vrstva, například ionomery nebo EVA, A – vnější svařovací vrstvy, např. PE.

Pětivrstvé fólie PE/tie/EVOH/tie/PE a PE/tie/PA/tie/PE nebo PE/tie/EVOH/tie/PS a PP/tie/EVOH/tie/PP mají takové složení, které jim umožňuje široké použití v potravinářství, farmacii, zemědělství nebo v průmyslové výrobě [6].

3 VÝROBA FÓLIÍ

Fólie z plastů se vyrábějí řadou různých zpracovatelských technologií. Patří mezi ně především vytlačování šnekovými vytlačovacími stroji se štěrbinovou hubicí, výtlačné vyfukování a válcování. Výtlačné vyfukování se používá také k výrobě hadic. I fólie, vyráběné touto technologií mají vlastně v podstatě tvar velmi široké, tenkostěnné hadice. V obalové technice se již dlouho s oblibou používají, neboť právě jejich forma umožňuje vyrábět z nich jednoduchým a levným způsobem klasický obalový materiál- sáčky, pytle [1].

3.1 Výroba fóliových materiálů válcováním

Válcování je technologický postup, kterým se zhotovují fólie nebo desky mezi vyhřívanými válci válcovacích strojů. Intenzitu válcování ovlivňuje mezera mezi válci a rozdíl obvodových, rychlostech válců- skluz. Každým dalším průchodem materiálu mezi dvojicí válců se zlepšuje kvalita prohnětení a kvalita povrchu. Válcovací stroje se běžně dělí podle počtu válců na dvouválce, tříválce, čtyřválce a pětiválce. Strojů s větším počtem válců se používá jen výjimečně. Dvouválec slouží k míchání anebo želatinaci směsí plastů. Fóliové materiály se vyrábějí pouze na víceválcových strojích s různým vzájemným prostorovým uspořádáním [1,18].

Postup výroby je např. následující: plast (PVC), který se připraví mícháním, se želatinuje při teplotě kolem 170°C v hnětacím nebo vytlačovacím stroji. Zplastikovaná směs potom přichází na dvouválec, kde se promíchává vlivem nestejně obvodové rychlosti válců, které jsou vytápěné. Odtud hmota odchází na válcovací linku (kalandr) [18].

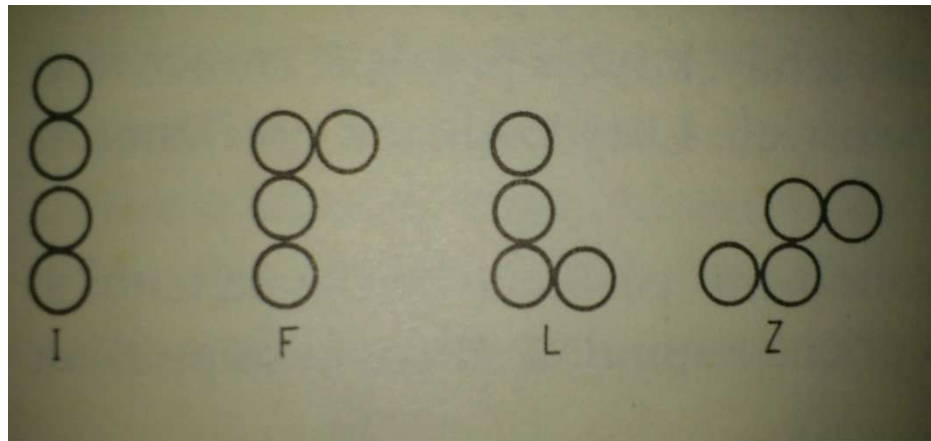
Válcováním se zpracovávají materiály, jako PVC a jeho kopolymery, HDPE, LDPE, apod.

3.1.1 Válcovací stroje

Válcovací stroje pro jednotlivé technologické procesy nepracují samostatně, ale jsou vybaveny obslužnými zařízeními, která vykonávají přípravné procesy, ale i zařízeními, která vykonávají doplňkové procesy (chlazení, desénování, dloužení, potiskování, ořezávání, apod.)

Nejrozšířenějšími válcovacími stroji jsou čtyřválce. Nejstarší byly stavěny jako typy I. Časem se však ukázalo, že plně nevyhovují a to ani z konstrukčního hlediska (obtížné na-

stavování mezer mezi válci), ani z hlediska celkové výšky stroje, jeho přístupnosti pro obsluhu a přesnosti práce.



Obr. 9 Schematické znázornění uspořádání válců při válcování [1]

I-válce uspořádány nad sebou, F- čtyřválec s horním přesazeným válcem, L- čtyřválec s dolním přesazeným válcem, Z- čtyřválec s přesazeným horním a dolním válcem

Typ Z umožňuje snížit konstrukční výšku stroje a zmírnit vliv prohnutí válců na přesnost tloušťky válcované fólie. Nastavování válců je však méně příhodné než u typu L a F a také montáž je obtížnější [1]. Čtyřválec vyrábí tenčí a kvalitnější fólie než tříválec. Válcují se materiály, které mají vyšší viskozitu v plastickém stavu. Tloušťka fólií je 0,05- 5 mm, šířka válcovaných fólií 150- 200 cm, rychlost válcovací linky je 0,2- 0,8 m/s. Použití hotových výrobků je na podlahoviny, pro dopravní pásy, obalová technika, ubrusy, pláštěnky, hračky. Výhodou je produktivní výroba a nevýhodou jsou velké stroje náročné na energii a konstrukci, tím pádem je i obsluha složitá.

3.2 Výroba fólií pomocí lití

Technologie na výrobu fólií. Princip výroby je následující, filmotvorný polymer v podobě roztoku, taveniny nebo pasty se nepřetržitě lije na velkou plochu licího stroje. Z roztoků mohou fólie vzniknout buď odpařením rozpouštědla při vysoké teplotě, nebo pomocí srážedla (chemická změna), z taveniny vzniknou po ochlazení a z past želatínací. Licí stroje jsou bubnové nebo pásové.

3.3 Vytlačování

Vytlačování je technologická operace, při které je tavenina plastu kontinuálně vytlačována přes profilovací zařízení (vytlačovací hlavu) do volného prostoru. Technologie vytlačování slouží k výrobě buď konečných tvarů, nebo k výrobě polotovarů. Podle tvaru konečného výrobku nebo tvaru polotovaru se technologie vytlačování mohou rozdělit do tří základních skupin:

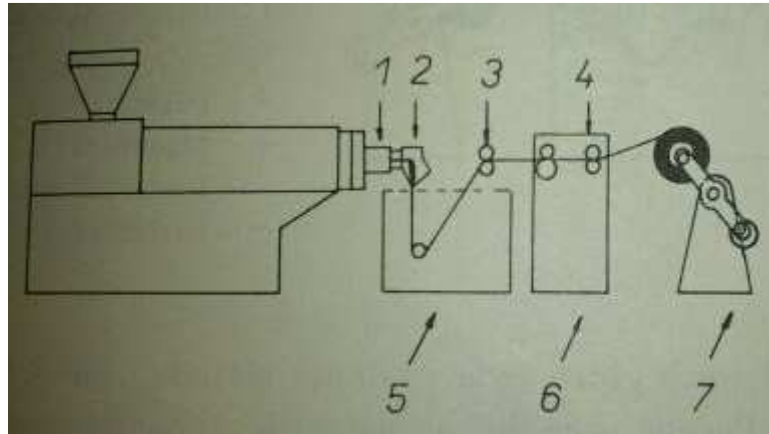
- výroba trubek a profilů.
- výroba fólií a desek,
- ostatní způsoby (opláštění, výroba vláken a povlaků, atd.).

Tyto technologické způsoby využívají hlavně šnekové vytlačovací stroje, které však neppracují samostatně, ale jsou součástí výrobních linek, kde ostatní stroje a zařízení zajišťují odtah, kalibraci, doplňkovou úpravu tvaru nebo povrchu, apod.[18].

Pro desky a fólie se k vytlačování používají širokoštěrbinové hlavy. Výrobky jsou buď konečné produkty, nebo polotovary a mohou se vyrábět i jako vícevrstvé. Fólie se vyrábějí vytlačováním z PP, HDPE, PC, PA, a PVC [18].

3.3.1 Vytlačování fólií a desek šterbinovou hubicí

Většina termoplastických fólií a desek se vyrábí vytlačováním šterbinovou hubicí. Pelety nebo granulát se tak přímo zpracovávají na plošný obalový materiál. Tato technologie sice vyžaduje značné náklady na strojní vybavení, ale zaručuje velkou výrobní rychlost a současně stejnoměrnou a velmi dobrou kvalitu produktů. Fólie se vytlačovaly vertikálně do chladicí vodní lázně a po osušení se navíjely do rolí. Tato metoda je poměrně jednoduchá, ale jsou s ní spojeny některé inženýrské problémy. Jedním z nich jsou potíže se zajištěním stejnoměrné teploty vodní lázně v celé šíři chladicí vany. Stejnoseměrnost ochlazování je totiž podmínkou stejnoměrných vlastností vytlačované fólie. Dalším problémem, je dokonalé odstranění vody z povrchu fólie po jejím projití chladicí lázně. Při velkých odtahových rychlostech to vyžaduje zařazení ždímacích a stíracích zařízení před navíjecí bubem, který zakončuje výrobní linku. Schéma jejího uspořádání je na obr. 6. Tímto způsobem lze však vytlačovat jen poměrně tenké fólie, neboť u tlustších dochází k „vlnění“, způsobenému právě jejich nerovnoměrným ochlazováním [1].



Obr. 10 Schéma výrobní linky pro vertikální vytlačování fólií štěrbinovou trubicí [1]

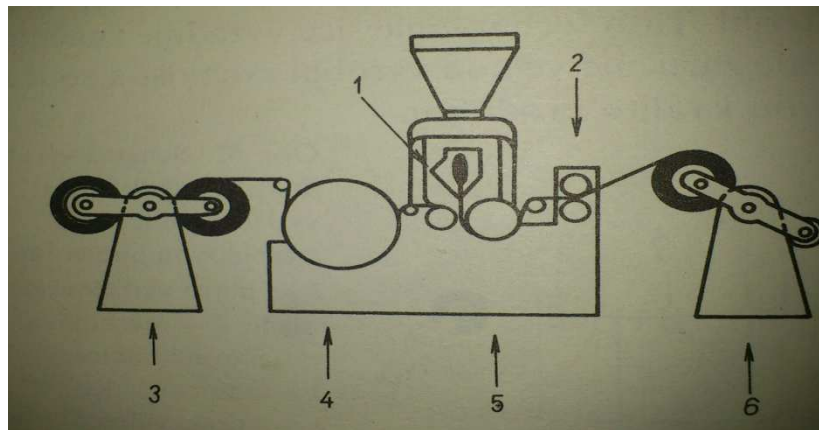
Hlava vytlačovacího stroje, 2- štěrbinová vytlačovací hubice, 3- ždímací válce, 4- stírací válce, 5- nádrž na chladící vodu, 6- stírací zařízení, 7- navíjecí zařízení

Pro zmírnění uvedených použití byla vyvinuta metoda Chill-Roll, založená na odtahování vytlačené fólie dvěma válci uspořádanými podobně jako při výrobě fólií válcováním (kalandrováním). Válce zajišťují jednak dokonalý povrch fólie, jednak její kontrolovatelné a regulovatelné ochlazování, jímž se zajistí stejnoměrná kvalita fólie. Rychlost otáčení válců, související s rychlostí ochlazování fólie, lze regulovat podle výrobních požadavků. Touto technologií se také mohou zdvojovat fólie laminováním za horka na vytlačovanou fólii.

Takováto výrobní linka může být spojena také s povrchovou úpravou fólií, která je někdy vyžadována pro navazující balicí proces. Například u polyolefinů je žádoucí modifikovat povrch fólií. Vytlačování fólií a desek štěrbinovou hubicí je moderní technologie poskytující vysoce kvalitní výrobky i velkou produktivitu. Současně je však náročná na konstrukční uspořádání výrobní linky i na přesné dodržování technologického režimu. Průměr chladícího válce musí být dostatečně velký, aby zaručoval účinné chlazení fólií i při velkých odtahových rychlostech. Konstrukce válce proto musí zaručovat rychlou cirkulaci vyhřívacího nebo chladícího média. Tlak mezi válci je kontrolován pneumaticky. Rovněž regulace teploty termoplastického materiálu ve štěrbinové hubici musí být velmi pečlivá. Jako indikátory teploty slouží obvykle termoelektrické články, montované od středu a okrajů zásobovacího kanálu hubice. Rovněž tlakové indikátory, zabudované v těchto místech, jsou velmi užitečné. K rozevření štěrbinové hubice se používají mikrometrické šrouby. Většina

moderních zařízení obsahuje přístroje pro automatickou kontrolu a zaznamenávání tloušťky vytlačované fólie či desky na základě průchodu paprsků β .

Kvalita vytlačovaných fólií se posuzuje podle jejich vzhledu, pevnosti, průtažnosti a rozměrové stálosti. Fólie se uvedeným způsobem vyrábějí z většiny termoplastických materiálů. K nejrozšířenějším patří polyetylen, polypropylen, polyvinylchlorid a acetát celulosy. Tloušťka fólií se pohybuje od setin do desetin milimetru. Maximální šířka fólií bývá 2 m, u polyetylenových až 6m [1].



Obr. 11 Schéma výrobní linky pro laminování za horka na vytlačovanou folii [1]

1- štěrbinová vytačovací hubice, 2- stírací zařízení, 3- odvíjecí zařízení, 4- předehřívací zařízení, 5- laminovací zařízení, 6- navíjecí zařízení

3.3.1.1 Orientované fólie

Orientace je obvyklou součástí výroby fóliových materiálů. V praxi se velmi dobře osvědčilo orientování na tzv. rozpínacích rámech, používaných původně v textilním průmyslu. Podle zvolené konstrukce je na nich možno orientovat fólie buď jednosměrně (monoaxiálně) nebo dvousměrně (biaxiálně), tj. ve směru podélném i příčném, aby měl výsledný materiál stejnoměrnější vlastnosti. Fólie lze orientovat také ihned po vytlačení na chladícím válci, pokud jsou ještě v amorfním stavu. Při tomto způsobu stačí jen poměrně malé protahovací síly a orientace probíhá snadno a rovnoměrně. Protahují-li se fólie až po uplynutí delší doby od jejich vytlačení, probíhá orientace krystalických polymerů následkem větší krystalinity obtížněji a méně rovnoměrně. Také je k protahování nutno použít mnohem větších sil. Postupovat je možno několika způsoby.

Ploché fólie obvykle nejprve orientujeme podélně dlužením na válcích a potom eventuelně příčně dlužením v rozpínacím rámu.

Rukávové fólie, vytlačené kruhovou šterbinou, jsou vždy orientovány biaxiálně přímo značným příčným protažením a současným podélným protažením způsobeným rychlým odtahem fóliové hadice. K současné biaxiální orientaci lze s výhodou použít strojů pro výtačné vyfukování fólií. Při vytlačování taveniny kruhovou šterbinou vytlačovacího stroje dochází k orientaci materiálu ve směru podélném a při rozpínání vytlačené hadice tlakem vzduchu pak k orientaci ve směru příčném. Hlavním cílem výroby orientovaných fólií je dosáhnout výhodných a žádoucích změn původních vlastností polymeru. Jedná se zejména o zvýšení pevnosti, tuhosti, mechanické, tepelné a chemické odolnosti, často průhlednosti a nepropustnosti pro vodní páru (zejména u obalových materiálů). Pod pojmem „orientované fólie“ nebo také „orientované filmy“ rozumíme tenkostěnné plošné materiály, které byly po orientaci podrobeny ještě tzv. ustalování (termofixaci), tj. vystavení v napnutém stavu účinku zvýšené teploty. Při ustalování orientovaných materiálů se do značné míry uvolní napětí vzniklé dlužením a výrobky tím získávají velmi dobrou rozměrovou stálost [8].

3.3.1.2 Smršťitelné fólie

Při výrobě „smršťitelných fólií“ se orientací termoplastického materiálu získává zcela nová vlastnost- smršťitelnost při vystavení účinku zvýšené teploty, kdy řetězce makromolekul mají tendenci vracet se do svého původního, neorientovaného uspořádání. Tento jev, považovaný původně za zcela nežádoucí je často označován jako tvarová (elastická) paměť. V polovině dvacátého století pro něj však v USA našli v oblasti obalové techniky výborné uplatnění, které se postupně rozšířilo do Evropy a dnes je s oblibou používáno prakticky v celém světě. Rozšířilo se také mimo oblast balení, u nás např. smršťitelnými polyethylenovými hadicemi vodotěsně uzavírají kabelové spoje. Pro zpracování smršťitelných fólií je důležité, aby jejich fyzikální vlastnosti byly dobře vyváženy. Jejich hodnoty je možno v řadě případů příznivě ovlivnit zesíťováním polymeru před orientací, k čemuž se většinou využívá ionizujícího záření. Zpracovatelské vlastnosti smršťitelných fólií jsou závislé jak na druhu polymeru, tak na stupni jeho orientace. Některé charakteristické vlastnosti smršťitelných fólií na základě různých polymerů jsou uvedeny v tabulce 2. V současné době nejčastěji používaným polymerem k výrobě smršťitelných fólií je rozvětvený polyetylen vynikající nízkou zpracovatelskou teplotou, vysokou houževnatostí, dobrou svařovatelností a také

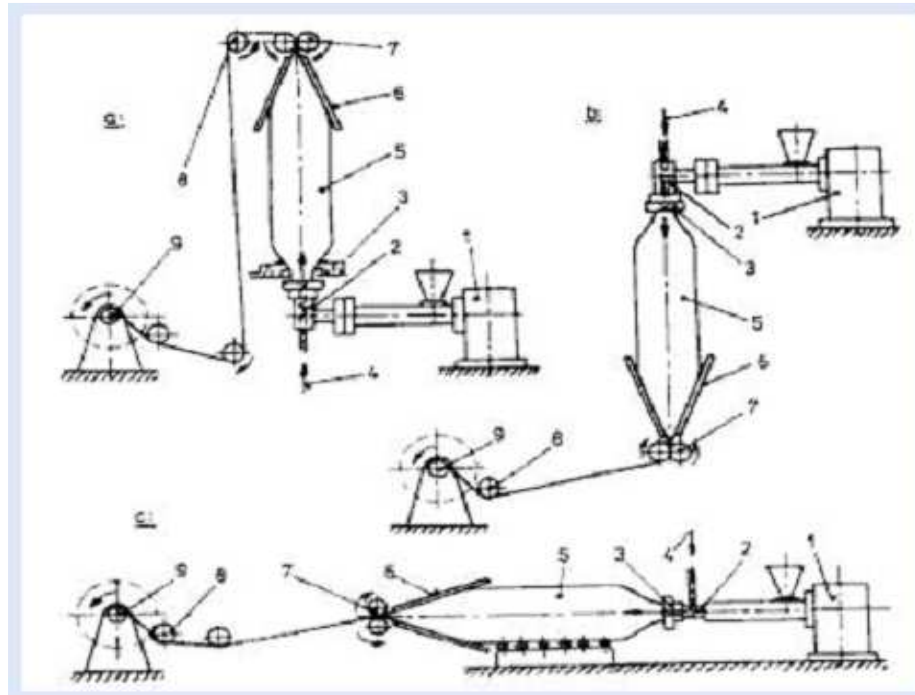
nízkou cenou. Polyvinylchlorid a polypropylen však poskytují fólie průhlednější a s větší smršťovací silou. Dalšími polymery, které přicházejí v úvahu k výrobě smrštitelných fólií, jsou polyvinylidenchlorid, kopolymery vinylchloridu a vinylidenchloridem a ethylenu s vinylacetátem, polystyren a polyethylentereftalát [8].

Tabulka 1 Charakteristické vlastnosti smrštitelných fólií [8]

Použitý polymerní materiál	Pevnost v tahu [MPa]	Stupeň smrštění [%]	Teplota smrštění [°C]	Teplota svařování [°C]
rozvětvený polyethylen	12	15 - 40	100 - 120	150 - 200
sesíťovaný rozvětvený polyethylen	56 - 90	70 - 80	70 - 115	150 - 200
sesíťovaný lineární polyethylen	98 - 130	70 - 80	90 - 140	150 - 200
polypropylen	100 - 190	70 - 80	100 - 165	175 - 200
kopolymer vinylchloridu s vinylidenchloridem	42 - 140	30 - 60	65 - 110	80 - 120

3.4 Výroba fólií vyfukováním

Technologie výroby vyfukováním je založena na tom, že trubka s tloušťkou stěny 0,5 až 2 mm je ještě v plastickém stavu nafouknuta stlačeným vzduchem (zvětšení 2krát až 5krát) a zároveň protažena odtahovacím zařízením (až 5ti násobné podélné protažení). Vyfouknutá fólie, o běžné tloušťce stěny 0,015 až 0,3 mm, je ochlazená a navinutá. Vyfukováním se vyrábějí fólie z LDPE, HDPE a PP, PA a PET. Vyfukováním se vyrábějí i vícevrstvé fólie o různé materiálové skladbě. Dnes se vyrábějí až sedmivrstvé fólie. Konstrukčně jsou vytlačovací hlavy pro vícevrstvé fólie velmi složité a také výroba fólií na nich je velmi náročná na dodržování technologické disciplíny. V současnosti se na trhu objevilo konstrukční řešení, umožňující s jedním vytlačovacím strojem vyrábět vícevrstvé fólie. Linka na výrobu fólií vyfukováním může mít v podstatě tři varianty, viz. obrázek [18].



Obr. 12 Výroba fólií vyfukováním [18]

a-horní odtah, b- spodní odtah, c- horizontální odtah, 1- vytlačovací stroj, 2- hlava, 3- chladicí prstenec, 4 – vstup přetlakového vzduchu, 5- fólie, 6- skládací desky, 7 odtahovací válce, 8- vodící válečky, 9- navíjení

Nejčastěji se používá varianta s horním odtahem fólie. Vytlačovací stroj je osazen vyfukovací hlavou. Vytlačovaná fólie se určeným přetlakem (0,15 až 1 kPa) vyfoukne a chladí vzduchem, který se přivádí chladícím prstencem a rovnoměrně ofukuje fólii po celém obvodu. Získání rovnoměrné tloušťky je podmíněné bezproblémovým chlazením. Vzduch do rukávu se přivádí přes vytlačovací hlavu. Vyfouknutý rukáv se postupně ochlazuje a zplošťuje mezi skládacími deskami a uzavírá odtahovacími válci. Vzdálenost mezi odtahovacími válci a vytlačovací hlavou je nastavitelná a závisí na tloušťce vyfukované fólie a typu zpracovávaného materiálu. Odtahovací válce jsou obvykle opatřeny vrstvou vodivé pryže, aby bylo možno odvádět statický elektrický náboj. Odtahovou rychlost je možno regulovat a tím ovlivňovat tloušťku a podélnou orientaci fólie. Na vodícím válci se může fólie jednostranně nebo oboustranně ořezávat. Před vodícím válcem se někdy zařazuje zařízení na povrchovou úpravu fólie pro potiskování. Na konci linky se umísťuje navíjecí ústrojí. Uspořádání linky umožňuje manipulaci s vytlačovacím strojem a navíjením v jedné rovině. Nevýhodou je složitější zavádění fólie a horší chlazení v důsledku působení tepla od

vytlačovací hlavy, které se zvyšuje jak úpravami pro chlazení rukávu z vnějšku, tak i z vnitřku. Konstrukčně se účinnost chlazení zvyšuje, např. vodou chlazenými deskami nebo prstenci umístěnými vně rukávu, chlazením chladícího vzduchu nebo odsáváním ohřátého vzduchu z vnitřku rukávu.

Obdobné uspořádání má linka se spodním odtahem, obvykle v nižším podlaží. Toto uspořádání usnadňuje zavádění fólie a výhodou je i dokonalejší chlazení rukávu samovolným prouděním vzduchu. Jinak linka obsahuje stejné součásti jako linka s odtahem nahoře.

Linka s odtahem v horizontální rovině se používá především pro zpracování materiálů citlivých na teplotu. Uspořádání linky umožňuje jednoduchou konstrukci vytlačovací hlavy, na druhé straně však musí být vyfukována fólie podpírána vodícími válci. Tíhové zatížení a nerovnoměrné ochlazování rukávu zapříčiňuje větší kolísání tloušťek fólie. Snaha odstranit nerovnosti v tloušťce fólie vedla k aplikaci rotačního pohybu, a to i u vertikálně situovaných linek. Rotačního nebo oscilačního pohybu lze docílit buď natáčením vytlačovacího stroje, vytlačovací hlavy, nebo odtahovým ústrojím. Z technických důvodů se rotace vyvolává nejčastěji plynulým otáčením odtahového ústrojí nebo konstrukčním řešením vytlačovací hlavy [18].

3.4.1 Výtlačné vyfukování fólií a hadic

Dalším kontinuálním způsobem výroby fólií z termoplastických materiálů je tzv. výtlačné vyfukování, které se používá také při výrobě hadic. Tento způsob je založen na vytlačování tenkostěnné trubky kruhovou štěrbinou šnekového vytlačovacího stroje. Vytlačovaná trubka je odtahována párem pryžových válců, které ji uzavírají a nedovolí, aby z ní unikal tlakový vzduch, kterým se rozfukuje. Tlak vzduchu, který se do vytlačované trubky přivádí dutým trnem vyfukovací hlavy, je velmi malý. Dostačuje 0,15 Pa až 1 Pa. Vzduch se do hadice vpouští při zajíždění a často, ani po několika hodinách provozu, se nemusí doplňovat. Tlak vzduchu ve vyfukované hadici se reguluje samočinně pomocí vodní předlohy.

Vyfukováním se zvětšuje průměr vytlačované trubky a zároveň se trubka protahuje. Podle míry, do jaké je trubka vyfouknuta a pochopitelně také podle průměru původně vytlačené trubky se pak získají buď hadice, nebo fólie (nekonečný rukáv). Pro automatické nastavení šířky fólie se používá čidel ovládaných fotobuňkou. Jakmile se průměr hadice zvětší natolik, že zastíní dráhu vysílanému světelnému paprsku, vypustí elektromagnetický ventil tolik vzduchu, až se její průměr zase zmenší na stanovenou hodnotu. Tak se vyrábějí fólie o tloušťce 10 μm až 500 μm .

3.4.2 Vyfukování z fólií

Výroba dutých těles je založena na následujícím principu: Dvě fólie z termoplastu jsou pevně sevřeny čelistmi kovové formy a mezi ně se přivádí pod tlakem horký vzduch nebo horká vodní pára. Teplem se plast převede do plastického stavu a tlakem se fólie vytvaruje podle dutiny formy. Po okrajích se současně svaří. Tlustší fólie se mohou zahřát ještě před vložením do formy. Tímto způsobem se vyrábějí obaly např. pro čisticí prostředky. Pro obaly je charakteristický podélný svar buď po celém obvodu, nebo jen na třech stranách, jestliže se použije jedné fólie, která se před vložením do formy podélně ohne. Způsob má řadu variant. Místo celoplastové fólie se používají kombinované materiály, např. papír s jednou vrstvou polyetylénu. U systému Tetra –Pack se nejprve podélným svarem vytváří trubka, která se uzavře příčným svarem. Potom se plní obsahem a uzavře se druhým příčným svarem, který je proti prvému otočen o 90°, Plášť obalu je tvořen čtyřmi trojúhelníky a tvoří čtyřbokou pyramidu. Podobně se vyrábějí pro stejné účely i hranaté krabice [18].

4 VYUŽITÍ FÓLIÍ V OBALOVÉ TECHNOLOGII

Folie se především využívají v potravinářském průmyslu jako ochranná složka. Jsou schopné odolávat klimatickým činitelům, oxidačním změnám, záření, pronikání par organických látek a i mechanickým činitelům [1].

4.1 Ochrana výrobku obalem

Hlavní funkcí obalu je chránit výrobek ve sféře oběhu, tj. v podstatě z místa- od doby výroby- do místa a doby jeho spotřeby, resp. použití. Užíváme-li ohromnou rozmanitost balených výrobků, pochopíme, že i nároky na jejich ochranu budou velmi různorodé. Pokud jde o dvě hlavní skupiny balených substrátů, tj. potraviny na jedné straně a ostatní průmyslové výrobky na straně druhé, lze konstatovat, že nároky potravin na ochranu jsou většinou mnohem vyšší. U průmyslových výrobků je důležité především ochrana před mechanickým poškozením, popř. před chemickými a fyzikálně chemickými změnami (např. koroze kovů, hrudkování práškových chemikálií atd.). Složitý biochemický charakter potravin dává předpoklady k velmi četným změnám, které vedou k částečnému nebo úplnému znehodnocení potravinářských výrobků, a to v poměrně krátkém období. Ochranný účinek obalů je zásadně dvojího druhu. Obvykle působí obal jako bariéra proti působení různých vlivů z vnějšku do obalu nebo naopak (např. jako zábrana proti pronikání vlhkosti, kyslíku nebo jiných plynů, jako zábrana průchodu světelných paprsků nebo jiného druhu záření, popř. jako tepelný odpor nebo zábrana proti průniku biologických škůdců). V případě ochrany před mechanickým poškozením by bylo možno chápat v této souvislosti pevnost obalů resp. ochranných výplní jako ochranu proti nárazům [1].

4.1.1 Ochrana proti mechanickému poškození

K mechanickému poškození fyzikálními vlivy může docházet jak u mnoha různých průmyslových výrobků, tak i výrobků potravinářských. Mechanickému namáhání jsou vystavovány obalové materiály hlavně při dopravě, manipulaci s výrobky (nakládání, překládání, vykládání), ale také při skladování. Z mechanických vlivů během skladování je nejdůležitějším faktorem tlak, který působí na obaly a výrobky níže položené. Statická zatížení v takovýchto případech bývají dosti vysoká a dlouhodobá. Polymerní materiály nám ale

poskytují řadu možností, jak mechanickému namáhání předcházet. Příkladem může být použití tzv. „pneumatického balení“ pomocí polštářků z plastových fólií naplněných vzduchem [1,6].

4.1.2 Ochrana před klimatickými činiteli

Vlhkost je jedním z nejdůležitějších klimatických činitelů. Propustnost obalových materiálů může být do jisté míry ovlivněna mechanickými vlivy. Vyloučíme-li poškození obalu, jde především o systematické porušování obalového materiálu při výrobě, zvláště při přehýbání obalů. Podobný problém se týká také propustnosti pro vodní páry. Sdílení vlhkosti mezi baleným výrobkem a atmosférou neprobíhá za konstantního rozdílu parciálních tlaků vodní páry vně a uvnitř obalu, ale jde o proces neustálý, kdy se rozdíl parciálních tlaků během doby skladování vyrovná [1,6].

4.1.3 Ochrana před oxidačními změnami

Oxidační procesy můžeme považovat za nejdůležitější chemické změny, které vznikají během skladování (především potravinářských výrobků). Atmosférický kyslík je příčinou většiny oxidačních pochodů v potravinách. Proto se pomocí bariérových obalů snažíme zabránit přístupu kyslíku k potravinám. V této souvislosti je třeba připomenout propustnost obalových materiálů nejen pro kyslík, ale i pro další plyny jako je dusík nebo oxid uhličitý, který bývá vedle vodních par plynou zplodinou některých oxidačně- redukčních pochodů. Z těchto důvodů bývají v některých případech aplikována do obalového materiálu i vhodná antioxidační činidla [1,6].

4.1.4 Ochrana před pronikáním par organických látek

Bariérová vlastnost obalu ve vztahu k pronikání par různých organických látek je velmi důležitá především jako zábrana změn chuti a vůně různých potravin, ale i při balení těkavých organických sloučenin [1,6].

4.1.5 Ochrana před zářením

Jedním z nejvýznamnějších činitelů způsobujících degradaci plastů je sluneční záření. To způsobuje rozklad polymerů v rozmezí vlnových délek 300- 400 nm. Ionizační záření o velké energii (především γ - záření, rentgenové záření, katodové záření β a záření α) vyvolává strukturní změny plastů. Mezi příznivé účinky patří především sterilizační účinky korpuskulárního záření γ , částečně rentgenového záření, UV záření a korpuskulárního β záření. Řada obalových materiálů tak byla studována přímo z hlediska změn způsobených sterilizačními dávkami záření. Charakteristika bariérové vlastnosti materiálů se takřka neměnily [1,6].

4.1.6 Ochrana před mikrobiálním znehodnocením

Bariérové fólie, které jsou kladeny mikrobiologické požadavky, nesmí být zdrojem kontaminace. Obal tak plní tři základní funkce v ochraně před mikroorganismy:

- je bariérou proti mikrobiální infekci z okolního prostředí,
- má vliv na vegetaci mikroorganismů udržováním nevhodných podmínek (propustnost pro kyslík, vodní páru, atd.),
- může být i nositelem aktivní antimikrobní funkce [1,6].

Aktivní mikrobní funkce obalu výrazně omezuje rozvoj mikroorganismů v balených potravinách. Komerčním antimikrobním přípravkem určeným pro aplikaci do polymerních obalových fólií je Mikroban® (Mikroban Produkt Co., Velká Británie), jehož účinnou látkou je triclosan. Tento systém využívající účinků triclosanu však není v Evropě schválen pro použití v potravinářství.

Další možností jsou systémy, v nichž se aktivní komponenty vážou na povrch obalového materiálu pevnou kovalentní vazbou. Doposud se navrhovalo například použití enzymů přeměňujících sacharidy přítomné v potravě za vzniku peroxidu vodíku, který je sám silným mikrobicidním činidlem [1,6].

4.1.7 Ochrana před hmyzem a hlodavci

Odolnost obalového materiálu je závislá na fyziologických a morfologických vlastnostech hmyzu a na charakteru obalového materiálu. Polymerní materiály jsou dobře odolné v sil-

nějších vrstvách. Méně odolné jsou slabší vrstvy z polyolefinů, naopak velmi odolné jsou obalové materiály z polyesterů. Korozí vyvolávají metabolity, popř. enzymy, produkované mikroorganismy. Dochází přímo k naleptávání povrchu a u tenkých fólií i k proděravění. Aktivní ochranou před hmyzem a hlodavci může být impregnace měkkých obalů insekticidy popřípadě aplikace repelentů [1,6].

4.2 Balení potravin

Problematika balení potravin je velice rozsáhlá. Je odvislá od druhu potravin a jejich požadavků na obaly. Hlavním úkolem obalových materiálů pro potravinářské aplikace je ochrana baleného výrobku před vnějšími vlivy [8].

4.3 Multifunkční využití polymerních fólií

4.3.1 BOPET fólie



Obr. 13 Logo [24]

BOPET fólie

Biaxiálně orientované polyethyltereftalátové (BOPET) fólie TENOLAN® jsou pološné útvary vyráběné technologií vytlačování s následnou biaxiální (dvouosou) orientací.

Fólie jsou určeny pro další zpracování v obalové technice, v elektrotechnickém průmyslu, pro dekorační účely, jako separační fólie apod. Jsou dodávány v rolích nebo přřezech.

Fólie určené pro přímý styk s potravinami a pokrmami musí vyhovovat platným hygienickým předpisům.

Biaxiálně orientované polyethyltereftalátové (BOPET) fólie TENOLAN® jsou používány na flexibilní obaly, pro elektroizolace a pro ostatní průmyslové aplikace. Fólie jsou upravovány koronováním, nanášením vodních disperzí polymerů a metalizováním (vakuové nanášení Al). Fólie jsou dodávány transparentní či probarvené ve hmotě (žlutá, bílá,

černá, červená, modrá), matované. Úpravami získají fólie vlastnosti vhodné pro potisk a zkvalitňují se jejich užité vlastnosti.

Fólie jsou vyráběny v tloušťkách 7- 150 μm a šířích 10- 2.200 mm (pro tloušťky 7- 75 μm max šíře 2.650 mm). Obalové typy jsou zdravotně nezávadné.

SORTIMENT:

- Obalové PET fólie- pro výrobu flexibilních obalů pro balení potravin a technických výrobků
- Elektroizolační fólie- pro výrobu kabelů, transformátorů a izolace vinutí elektromotorů
- Ostatní fólie- výroba etiket, lepicích pásek, silikonizovaných fólií, identifikačních a platebních karet, kancelářských výrobků [24].

Technické BOPET fólie

APLIKACE:

- Elektroizolace při výrobě kabelů, transformátorů a elektromotorů
- Speciální izolační účely
- Technické aplikace

Další operace- natírání, laminace, metalizace, potiskování [24].

Tabulka 2 technické fólie [25]



TECHNICKÉ fólie

Typ	Barva	Specifikace	Použití	Tloušťka (μm)
IA 0001	Transparentní	Elektroizolační vlastnosti	Elektroizolační účely – výroba kabelů, transformátorů, drážkové izolace elektromotorů	12, 15, 19, 23, 30, 36, 50, 75, 100, 125, 150
IAF 0001	Transparentní		Speciální izolační účely Technické aplikace	36, 44, 50, 62,5, 75
OA 0002	Transparentní	V yšší hodnota smrštění	Výroba obalů pro balení potravin i technických výrobků.	12, 23
OA 0006	Transparentní, s nižší hodnotou zákalu		Technické aplikace, např. okénka krabic	36, 50, 75, 100, 125, 150
OA 0008	Koextrudovaná transparentní, s nízkou hodnotou zákalu		Technické aplikace	36, 50, 70, 75
OAK 0008	Koextrudovaná transparentní, s nízkou hodnotou zákalu	Koronová úprava	Technické aplikace	36, 50, 70, 75
OAN 0012	Transparentní	Nižší hodnota smrštění	Fólie pro transferové technologie a technické aplikace (hot-stamp).	12, 19, 23
UV 0001	Transparentní	Odolnost proti působení UV záření	Film pro venkovní použití – technické aplikace odolné proti UV záření	19

Obalové BOPET fólie

APLIKACE:

- Výroba obalů pro balení potravin i technických výrobků
- Výroba vícevrstvých flexibilních obalů pro průmyslové i potravinářské použití (duplexové a triplexové lamináty)
- Tepelná příprava jídla do teploty max. 220 °C (pro pečení)

Speciální úpravy:

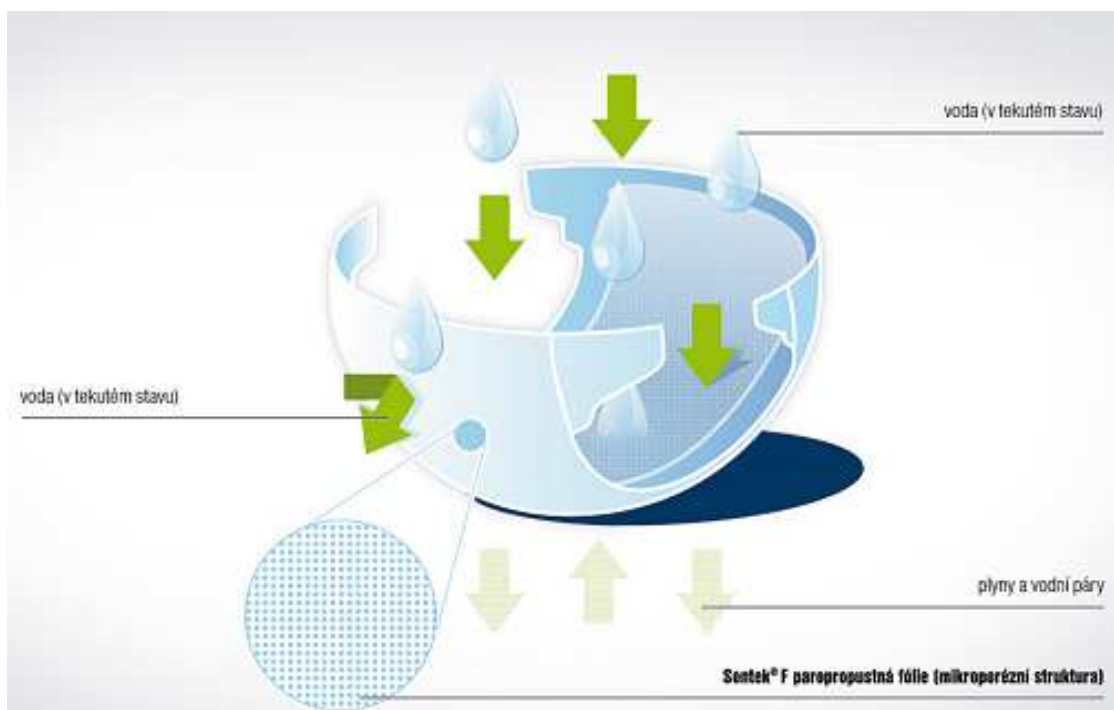
- Koronová úprava (ionizace folie korunou)
- Jednostranné x oboustranné pokovování Al ve vakuu (metalizace)
- Nános termolaku
- Chemický nános na bázi kopolymeru PES [24]

4.3.2 Paropropustné fólie



Obr. 14 Logo [26]

Paropropustné fólie SONTEK®F jsou vyrobeny z vysoce plněného polyetylénu technologií vytlačování. Fólie jsou propustné pro plyny a vodní páry a odolávají prostupu vody ve formě kapaliny. Fólie jsou hygienicky nezávadné a vhodné pro použití při výrobě jednorázových hygienických potřeb- dětských plen, dámské hygieny, inkontinenčních vložek a prostředků pro dlouhodobě nemocné. Jejich použití zlepšuje uživatelský komfort- díky prodyšnosti fólie může pokožka lépe dýchat a snižuje se tak výskyt nepříjemných vedlejších účinků jako jsou zanícení kůže, opruzeniny apod. Fólie jsou matné, měkké a příjemné na dotyk. Fólie lze potisknout až 8 barvami.



Obr. 15 Ukázka propustnosti par na dětské plně [26]

Výhody pro uživatele:

- Propustné pro plyny a vodní páry, odolné prostupu vody ve formě kapaliny

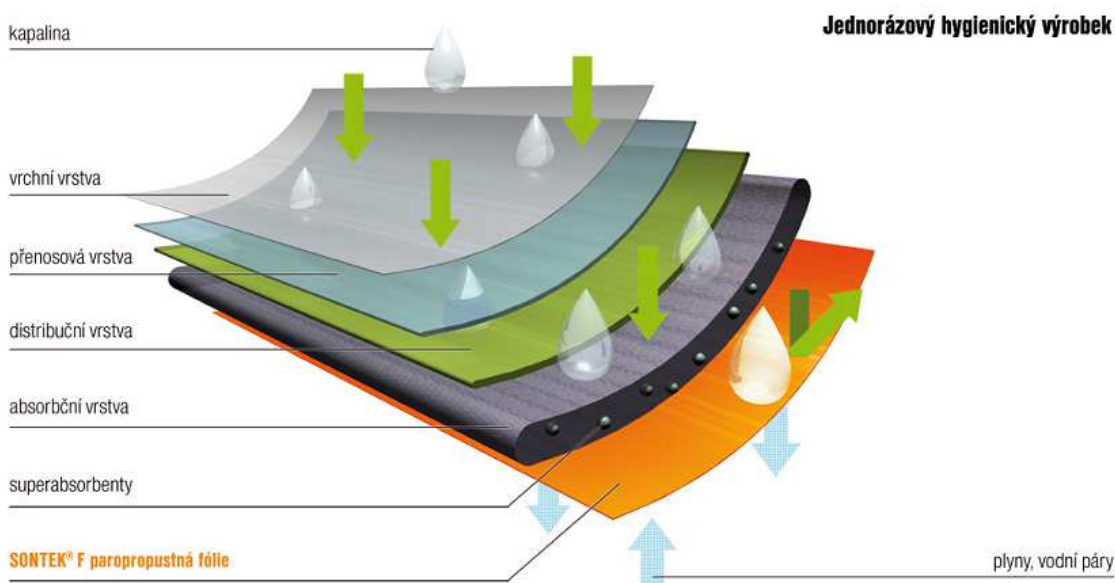
- Hygienicky nezávadné, vyhovují normám EN ISO 10993-3, EN 71-3, bez nebezpečných látek
- Zlepšují uživatelský komfort- možnost lepšího dýchání pokožky snížení výskytu nepříjemných vedlejších účinků jako jsou: zanícení kůže, opruzeniny, apod.
- Parametry šité na míru konkrétnímu zákazníkovi

Princip propustnosti:

Propustná fólie je velmi tenká fólie obsahující cca 1,4 mld pórů/cm². Každý pór je 700krát větší než molekula vodní páry a 20 000krát menší než kapka vody. Skutečná velikost póru je 2-3 mikrony. To zajišťuje výbornou vysokou propustnost vodních par a odolnost prostupu vody.

Pozice fólie SONTEK®F v jednorázovém hygienickém výrobku

Fólie zabraňuje úniku kapaliny z výrobku, přičemž umožňuje cirkulaci plynů a vodních par. Díky tomu může pokožka dýchat, přičemž zůstává suchá a nepodrážděná kapalinou [26].



Obr. 16 Pozice fólie v jednorázovém hygienickém výrobku [26]

4.3.3 Kelímky „NICKNACK“

Jsou vyrobeny z polypropylenu, což činí kelímek pevným, odolným, vymazatelným a tím stavěným pro vícenásobné použití. Vlastnosti polypropylenu zaručují mnohem nižší tepel-

nou vodivost, než jaká je u obyčejných jednorázových polyetylenových kelímků. NickNack tak uchovávají, alko či nealko nápoje déle studené, naopak horké nápoje vydrží teplejší. Technologie výroby vstřikováním neprodukuje žádný odpad. Navíc všechny poškozené kelímky jsou rozemlety do granulátu a vniklý materiál použit pro výrobu dalších plastových výrobků.

TECHNICKÝ popis:

NICKNACK 0,5 l

- Materiál: polypropylen (PP)
- Technologie výroby: vstřikování do formy
- Váha: 60g
- Rozměry: 160x 90x 63
- Tloušťka stěny: 2mm
- Vlastnosti: pevný, lehký, nerozbitný, vymývatelný
- Místo výroby: Česká republika [27].



Obr. 17 NickNack kelímk 0,5 l

4.3.4 Polystyrenové krabičky na jídlo

Tzv. menu box je vyroben z pěnového polystyrenu (EPS). Velkou předností materiálu je snadná recyklovatelnost, čímž se řadí do kategorie udržitelných obalů. Obaly z EPS jsou vyrobeny tepelným tvarováním vytlačovaných lehčených PS fólií. Výchozím materiálem je krystalový polystyren, který se v extrudéru roztaví, vstříkne se nadouvadlo a po ochlazení se tavenina protlačí kruhovou hubicí a vyfoukne se rukáv, z něhož se navinou dva kotouče pěnových PS fólií o tloušťce 0,5- 3,0mm. Ty se následně tepelně tvarují na podnosy pro maso, zeleninu, kelímky pro teplé nápoje a obaly pro hotová jídla [28,29].



Obr. 18 Polystyrenový box na jídlo

4.3.5 Výběr vhodné fólie

Na první pohled jsou stejné, je v nich však značný rozdíl. Na začátku je třeba si uvědomit, k jakému účelu a na jakou dobu bude fólie (reklama) použita. Pro konkrétní úkol je nezbytné vybrat správnou fólii. Jednotlivé fólie se zdaleka neliší pouze barvou a cenou.

4.3.5.1 Lité fólie

Fólie, která vypadá stejně dobře jako v den, kdy byla aplikována, se vyrábí tak zvaným litím mezi hradítko (tříč) a rovnou plochou, kde vinylová „hmota“ postupně tuhne a tím se zamezí vnitřnímu pnutí (smršťování). Lité fólie jsou dražší, ale rozdíl v ceně se mnohonásobně vyplatí. Fólie jsou stabilní, takže k jejich smršťování dochází málokdy. Jsou zpravidla tenčí a měkčí, snáze se řežou. Lité fólie jsou vhodné na nepravidelný podklad, 3D prolisys a celozábaly. Díky tomu jsou optimálním řešením pro skutečně extrémní aplikace. K lepší a pohodlnější aplikaci na 3D povrchy jsou některé fólie opatřeny strukturovaným (kanálkovým) lepidlem.

- dlouhodobé řešení, životnost většinou 7-10 let
- vysoce přizpůsobivé
- jsou rozměrově stabilnější a odolávají smršťování

4.3.5.2 Válcované fólie

Zlatá střední cesta. Nejpoužívanější na nejběžnější označení předmětů, reklamních cedulí, pro různé samolepky, atd. Fólie se vyrábí válcováním a díky vnitřnímu molekulárnímu pnutí (smršťování), nejsou pro náročné aplikace tak vhodné jako fólie lité. Existují dva typy válcovaných fólií- polymerické a monomerické.

❖ **Polymerní válcované fólie:** Obsahují příměs polymerů, které omezují smršťování. Přestože se tyto fólie vyvíjí již celou řadu let, stále ještě nedosahují rozměrové stability litých fólií. Polymerické fólie jsou pro aplikace v exteriéru výrazně vhodnější než monomerické fólie. Nejsou však vhodné pro aplikace na nepravidelné povrchy, například nýty nebo prolisy, kde naopak excelují lité fólie. U méně náročných zakázek pro exteriéry však polymerické fólie představují reálnou alternativu místo litých fólií.

- životnost se nejčastěji pohybuje mezi 3-5 lety

❖ **Monomerní válcované fólie:** Cenově nejpříznivější vinylová fólie je monomericky válcovaná fólie. Tyto fólie nejsou vůbec vhodné pro náročné aplikace v exteriéru, jako jsou polepy aut, prolisy nebo vývěsní štíty na fasádách. Monomerická fólie není stabilní, takže je téměř jisté, že se smrskne a objeví se adhezivní vrstva pod fólií. Na adhezivní vrstvu se nalepí nečistoty, které budou zřetelně vidět jako lepkavý černý obrys kolem písmen a dalších prvků. Bohužel, lepkavý černý obrys bývá zpravidla pouze začátkem nastávajícího závažného zhoršení kvality. Nakonec se vinylová fólie začne vlítnit a loupát. Monomerické fólie jsou tedy vhodné pro aplikace do interiéru a krátkodobé aplikace v exteriérech.

- životnost do tří let.

4.3.5.3 Speciální fólie

Kromě těchto tří základních typů fólií popsaných výše, existují také speciální fólie ke zvláštním aplikacím- na okna či skla, omítky, pro kaširování dalších materiálů, maskovací, nebo se zvláštními efekty a vlastnostmi. Těchto materiálů přibývá každým rokem několik.

❖ **Polyesterové fólie:** Tyto fólie jsou zpravidla velice leklé (ultra čiré) a vůbec se nevytahují. Jsou tedy vhodné na rovné aplikace.

❖ **Reflexní fólie:** Tyto fólie mají v sobě odrazovou vrstvu a vrací zpět ke zdroji světlo. Tyto fólie sami od sebe nesvítí, nefosforeskují.. Potřebují zdroj světla. Nejvíce rozšířené použití je na dopravním značení.

- ❖ **Ochranné fólie:** Fólie na ochranu povrchů. Jsou několikanásobně silnější než ostatní plotrové či tiskové fólie. Použití: náběhové hrany osobních automobilů či prahů, povrchů přístrojů, pultů, podlah, atd.
- ❖ **Zažehlovací fólie:** Fólie ke značení textilu. Zažehlí se za určité teploty, tlaku a času na textil.

Většina těchto fólií se vyrábí ve dvou provedeních: - plotrové nebo tiskové.

- ***Plotrové fólie:*** Jsou určeny především pro řezanou grafiku. Jednotlivá písmena, grafické prvky, ale mohou se použít i jako podkladové fólie pro přebarvení jednotlivých ploch. Jsou standardně dodávány v různých barevných odstínech. Více barevné grafiky se musí skládat z jednotlivých barvených fólií. Hotová, vyřezaná grafika se aplikuje- přenáší pomocí přenosového papíru či přenosové fólie.
- ***Tiskové fólie:*** Tyto fólie jsou určeny k potištění. Tiskem je možné vytvořit různé barevné přechody, vytisknout fotografie či je celé přebarvit.

Laminace je čirá (průhledná) fólie, která chrání velmi tenkou vrstvu tiskové barvy před mechanickým poškozením a UV zářením. Tím prodlužuje životnost reklamy na životnost vybrané varianty nosiče reklamy- fólie (lité, válcované- monomer či polymer) [30].

ZÁVĚR

Polymerní fólie mají své největší zastoupení v obalové technice. Tyto plastové obaly jsou v současné době velmi populární vzhledem k jejich výborným mechanickým a fyzikálně-chemickým vlastnostem. Z tohoto důvodu jsou některé materiály, jako dřevo, sklo, kov nahrazovány plasty. Se vrůstající efektivitou technologických procesů se dostává polymerním fóliím více možností ke zvýšení produktivnosti na trhu. V obalové technice jsou díky svému rychlému rozvoji upřednostňovány vrstvené fóliové materiály, které přináší žádoucí typy fólií s tzv. bariérovými vlastnostmi (např. vymezenou propustností) a ovlivňují i uplatnění speciálních fóliových materiálů. Jelikož bariérové fólie představují tzv. překážku před vniknutím nežádoucích látek a organismů, jsou vhodně aplikovány v potravinářském průmyslu. Díky bariérové fólii lze omezit vstup kyslíku do obalu a prodloužit tak trvanlivost zboží, omezit migraci vody z produktu nebo naopak vnikání vlhkosti do produktu, omezit prostup pachů, aroma či tuků a dokáže udržet specifické prostředí uvnitř obalu (vakuové balení, balení v modifikované atmosféře dusíku, oxidu uhličitěho).

Také výrobní technologie, které si drží své postupy již řadu let, jsou důležitou součástí. Každá technologie je vhodná pro různé fólie. Například válcováním jsou vyráběny tenké fólie a to z PVC, HDPE, LDPE apod. Výtlačným vyfukováním dostaneme PE sáčky, pytle apod. Jak již bylo naznačeno, využíváme převážně PE, PVC, a PP i dalších. Fólie z PE se využívají na lahve, sáčky nebo na obaly různých pokrmů a nápojů. Z PP se vyrábí převážně vytlačováním a vstřikováním apod. Využití fólií je opět v obalové technice- misky, kelímky i duté obaly. PVC fólie se používala k balení masa, másla i ryb. V současnosti se už PVC v potravinářství tolik nepoužívá ze zdravotních důvodů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠTĚPEK J. a kolektiv *Polymery v obalové technice* [s.l.] : [s.n.], 1981. 532 s., ISBN 04-608-81
- [2] BJOORN: Fuktskydd PE- folie. *Copyright 2014 Bjoorn klickgolv på nätet AB* [online]. 2014. [cit. 2014-02-26]. Dostupné z:
<http://www.bjoorn.se/p/Accessories/500144/Fuktskydd-PE-folie>
- [3] POLYPROPYLEN: PŘÍKLAD POUŽITÍ PROPYLENU PRO OBAL. In: *Wikipedia:the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polypropylen>
- [4] FATRA: FÓLIE Z NEMĚKČENÉHO PVC. [online]. [cit. 2014-02-04]. Dostupné z: <http://www.fatra.cz/uploads/jpg/folie-npvc.jpg>
- [5] OBALY PRO GASTRONOMII: CELOFÁNOVÉ SÁČKY. [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z:
http://www.vlmais.cz/index.php?open=sortiment&sortiment=8&under_sortiment
- [6] TESAŘÍKOVÁ SVOBODOVÁ A., *Příprava polymerních bariérových fólií*, Diplomová práce, Zlín, 2011, Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická
- [7] BEST PACK: FÓLIE A OBALOVÉ MATERIÁLY. [online]. 2010- 2014. [cit. 2014-04-05]. Dostupné z:
<http://www.bestpack.cz/technologie-vyroba/folie.html>
- [8] DUCHÁČEK V., *Polymery, vlastnosti, zpracování, použití*. [s.l.]:[s.n.], 2006. 280s. ISBN 80-7080-617-6
- [9] TECHNOLOGY: VRCHNÍ FÓLIE PRO UZAVÍRÁNÍ MISEK. [online]. 2012. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.technology.cz/obaly/vrchni-folie-pro-uzavirani-misek/>
- [10] TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC: VYTLAČOVÁNÍ. [online]. [cit. 2014-0-15]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06.htm#062
- [11] STOKLASA Karel, *Makromolekulární chemie II.- Polymerní materiály*. Skripta UTB Zlín 2006.

- [12] ČERNÝ František. Chemická technologie polymerů. [s.l.]:[s.n.], 1982. 302 s. ISBN 04-609-82.
- [13] URBÁNKOVÁ M., *Princip a význam bariérových vlastností plastových obalů pro potravinářské aplikace*. Zlín, 2010. 57 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická.
- [14] ČURDA, D. *Balení potravin*. Praha: SNTL, 1982. 432 s. ISBN 04-832-82
- [15] ROBERTSON, L. G. *Food packaging Principles and Practice: second edition*. [s.l.]: CRC Press, 2006. 568 s ISBN 0-8493-3775-5
- [16] ANDRÝSEK, P. *Dvousložková difúze- elektronický učební text*. Zlín, 2005. 62 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [17] VESELÝ, K. *Polymery*. Brno: [s.l.], 1992. 178 s. ISBN 80-02-00951-7.
- [18] TECHNICKA UNIVERZITA LIBEREC: ODDĚLENÍ TVÁŘENÍ KOVŮ A [online]. [cit. 2014-04-16]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06.htm#062
- [19] PLASTECH: OBRÁZEK 7MI VRSTVÉ BARIÉROVÉ FÓLIE. [online]. 2002-2014. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.plastech.pl/>
- [20] EKOOBAL: Z ČEHO JSOU VYRÁBĚNY FÓLIE. [online]. 2013. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.ekobal.cz/poradna/casto-kladene-dotazy/#o5>
- [21] SUNEX CLEAN, s.r.o: POTRAVINOVÁ FRESH FÓLIE. [online]. [cit. 2014-05-16]. Dostupné z:
<http://www.sunexshop.cz/sunexshop/eshop/16-1-Gastrodoplňky/0/5/106-potravinova-fresh-folie-45-cm-300-m>
- [22] PET LAHVE PRO BALENÍ VÍNA: PET LAHEV 1,5l. [online]. [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.bosladna.eu/d18-pet-lahve-pro-vinare.html>

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [23] STUDIJNÍ MATERIÁLY: VLASTNOSTI A INŽENÝRSKÉ APLIKACE PLASTŮ. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/vip.htm>
- [24] BO PET FÓLIE: FATRA TENOLAN. [online]. [cit. 2014-05-20]. Dostupné z:
<http://www.fatra.cz/cz/produkty/bopet/bo-pet-folie/>
- [25] FATRA TENOLAN: TECHNICKÉ FÓLIE. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
<http://www.fatra.cz/uploads/pdf/technicke-bopet-folie-1398687609.pdf>
- [26] FATRA SONTEK: PAROPROPUSTNÉ FÓLIE SONTEK® F. [online]. 2001-2014. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
<http://www.fatra.cz/cz/produkty/paropropustne-folie-a-laminaty/paropropustne-folie->
- [27] NICKNACK: PRODUKTY. [online]. 2011. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
<http://www.nicknack.cz/?kategorie=produkty>
- [28] BOXY NA JÍDLO A TÁCKY. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
<http://www.katrincz.cz/obalove-materialy/jednorazove-nadobi/boxy-na-jidlo-a-tacy>
- [29] INTERPACK 2011: VĚTŠÍ ZÁJEM O OBALOVÉ APLIKACE Z EPS. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
http://www.epscr.cz/obj/590/Interpack_2011__vetsi_zajem_o_obalove_aplikace_z_EPS.pdf
- [30] VÝBEŘ SPRÁVNÉ FÓLIE, M*E*Š. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
<http://www.mes-jh.cz/downloads/folie.pdf>
- [31] ŠVOČÍK, V. POLYMERY. In: [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z:
<http://www.vscht.cz/ipl/ipl/osobni/svorcik/Polymery.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Obr.	Obrázek
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PETP	Polyethylentereftalát
μm	Mikrometr
mm	Milimetr
UV	Ultrafialové záření
EVA	Etylvinylacetát
EMAA	Kopolymer setylenů s kyselinou metakrylovou
g/m^2	Gram na metr čtvereční
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
PVDC	Polyvinylidenchlorid
β	Beta
m	Metr
Pa	Pascal (jednotka tlaku)
Tj.	to je
Např.	například
CO_2	oxid uhličitý
PMMA	polymethylmethakrylát
PC	polykarbonát
PET	Polyethylentereftalát
hPS	houževnatý polystyren
ABS	akrylonitrilbutadienstyren
LDPE	nízkohustotní polyethylen

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HDPE	Vysokohustotní polyethylen
PA	Polyamid
EVOH	Rthylenvinylalkohol
nm	Nanometr
β	Beta
γ	Gama
α	Alfa
MLLDPE	Metalocelový lineární nízkohustotní polyethylen
LLDPE	Lineární nízkohustotní polyethylen
MDPE	Středněhustotní polyetylen
g/cm^3	Gram na centimetr krychlový- jednotka hustoty [ρ]
T_g	Teplota skelného přechodu
T_m	Teplota tání
c	Koncentrace
J	Difúzní tok
D	Difúzní koeficient
Γ	Permeace
χ	Vzdálenost ve směru difúze
PES	Polyester
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia
l	litr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Celosvětová spotřeba vybraných plastů v roce 2003 a její prognóza v roce 2010 [31]	13
Obr. 2 Ukázka obalů [21,22]	15
Obr. 3 PE fólie [2].....	17
Obr. 4 Polypropylenový obal [2]	18
Obr. 5 Polyvinylchloridové fólie [4].....	19
Obr. 6 Celofánový sáček [5]	20
Obr. 7 Transport plynu skrz polymerní film [15]	24
Obr. 8 Ukázka 7- vrstvé bariérové fólie [19].....	26
Obr. 9 Schematické znázornění uspořádání válců při válcování [1]	29
Obr. 10 Schéma výrobní linky pro vertikální vytlačování fólií štěrbinovou trubicí [1].....	31
Obr. 11 Schéma výrobní linky pro laminování za horka na vytlačovanou folii [1]	32
Obr. 12 Výroba fólií vyfukováním [18].....	35
Obr. 13 Logo [24]	41
Obr. 14 Logo [26]	44
Obr. 15 Ukázka propustnosti par na dětské pleně [26].....	44
Obr. 16 Pozice fólie v jednorázovém hygienickém výrobku [26].....	45
Obr. 17 NickNack kelímek 0,5 l.....	46
Obr. 18 Polystyrenový box na jídlo	47

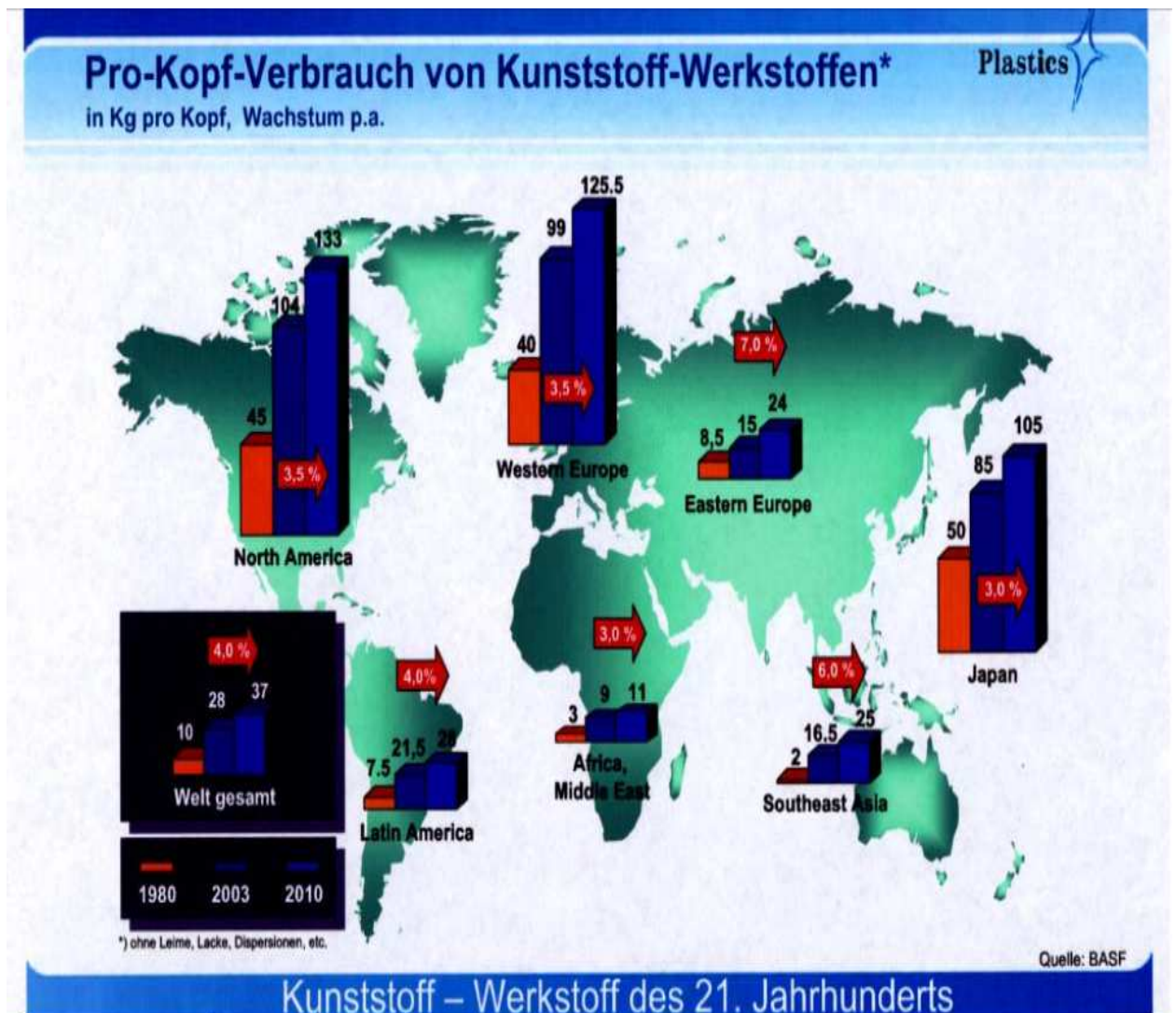
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Charakteristické vlastnosti smrštitelných folií [8].....	34
Tabulka 2 technické fólie [25].....	43

SEZNAM PŘÍLOH

Spotřeba plastů v kg na osobu dle geografie v letech 1980,2003 a s prognózou do r. 2010

PŘÍLOHA P I: SPOTŘEBA PLASTŮ V KG NA OSOBU DLE GEOGRAFIE V LETECH 1980,2003 A S PROGNÓZOU DO R. 2010



Obr. 12 Spotřeba plastů v kg na osobu [23].