



N

G

I



Ekodizajn v pakiranju hrane

ENOTA 8: Plastika v embalaži za živila

Gabriel Laslu, Dipl. Eng. (IDT1), gabriel.laslu@gmail.com

Gabriel Mustatea, Ph. D. gabi.mustatea@bioresurse.ro

8.1 Definicije, klasifikacija, plastika, uporabljena v embalaži za živila	1
8.2 Recikliranje plastike	5
8.2.1 Pomen recikliranja	5
8.2.2 Identifikacija sistemske plastike SPI	7
8.3 Tehnologije plastične embalaže	10
8.3.1 Ekstrudiranje	10
8.3.2 Termoformiranje	14
8.3.3 Vbrizgavanje	15
8.3.4 Tlačno stiskanje	16
8.4 Oblikovanje plastične embalaže za recikliranje	17
8.4.1 Nekateri koncepti ekološke zasnove	18
8.4.2 Prepustnost plastike	18

Po učenju te enote bo študent sposoben:

- Poznati glavne vrste plastike, ki se uporabljajo v embalaži za živila;
- Seznanite se s pomembnostjo in možnostmi recikliranja, ponovne uporabe plastične odpadke;
- Poznati osnove tehnologij za pridobivanje plastične embalaže;
- V trenutni dejavnosti ekološke zasnove lahko uporabite znanje o oblikovanju plastične embalaže



8.1 Definicije, klasifikacija, plastika, uporabljena v embalaži za živila

Plastika je sintetični material, izdelan iz širokega spektra organskih polimerov, kot so polietilen, PVC, najlon itd., ki jih je mogoče oblikovati v različne oblike in nato pritrditi v obliki, ki je toga ali elastična.

Plastike se pogosto uporabljajo za embalažne materiale in pri gradnji opreme in instalacij, predelave hrane, ker:

- so prilagodljive in lahko pod določenimi pogoji plesnijo, za izdelavo listov, različnih oblik in struktur;
- so splošno kemično inertne, čeprav niso nujno neprepustne;
- so stroškovno učinkovite in ustrezajo potrebam trga;
- so lahke;
- zagotavljajo možnosti glede prosojnosti, barve, toplotne izolacije, odpornosti na toploto in pregradnih lastnosti.

Obstajata dve široki kategoriji plastičnih mas: termoplastika in plastičnih materialov termosetiranje. Termoplastele se lahko segrejejo, da tvorijo izdelek, nato pa, če se te končne izdelke ponovno segrejejo, se plastika zmehča in ponovno stopi. Nasprotno pa se toplotnoizolacijski materiali lahko talijo in tvorijo, vendar pa potem, ko se strdijo, ostanejo trdni in, za razliko od termoplastov, ni mogoče ponovno oddati.

Prednosti toplotne izolacije (termoset):

- a) bolj odporna na visoke temperature kot termoplastela;
- b) zasnova izjemno prožna;
- c) lahko doseže debele stene ali tanke stene;
- d) odličen estetski videz;
- e) visoke ravni dimenzijske stabilnosti;
- f) nižji stroški v primerjavi z termoplastom.

Prednosti termoplaste:

- a) visoko reciklira;
- b) so estetsko superiorne;
- c) visoka odpornost na udarce;
- d) zmožnost ponovnega prelivanja v različnih oblikah;
- e) kemična odpornost;
- f) možnosti na površini, lahko so kristalinične ali gumijaste;
- g) ekološka pridelava.

Slabost izolacije:

- a) ni mogoče reciklirati;
- b) težje končati;



c) ni mogoče ponovno oddati ali preurediti.

Slabosti termoplaste:

- a) na splošno dražji od toplotno odpornih;
- b) če se lahko po nesreči segreje, se lahko topi.

V UNIT IV smo predstavili koncepte o zakonodaji EU, ki se nanašajo na embalažni material, plastiko, reciklirane plastike, plastične folije, predstavili smo tudi koncepte, ki se nanašajo na lastnosti v zvezi z ovirami in migracijami (glej tudi prilogi 1 in 3 ENOT IV).

Vrste polimerov, ki se uporabljajo za embalažo hrane:

- **polietilen - polietilen (PE);**
- **polipropilen;**
- **polipropilen (PP);**
- **poliestra - poliestra (PET, PEN, PC) (opomba: včasih znamka PET in PETE);**
- **polistiren - polistiren (PS);**
- **polistiren - polistiren (PS);**
- Ionomeri - ionomeri;
- Etilen vinil acetat - acetat etilen-vinil-etilen vinilacetata (EVA);
- *Poliamidi - poliamidi (PA);*
- *Polivinilklorid-fluorid - poliviniliden klorid (PVdC);*
- *Butadien stiren - stiren butadien (SB);*
- *Akrilonitril butadien stiren - akrilonitril butadien stiren (ABS);*
- *Etilen - vinil alkohol - etilen vinil alkohol (EVOH);*
- *Polimetil pentan - polimetil penten (PMP ali TPX);*
- *Polimeri nitrilici visoko polimeriziranih - visokih nitrilnih polimerov (HNP);*
- *Fluoropolimeri - fluoropolimeri (PCTFE / PTFE);*
- *Materiali na osnovi celuloznih materialov na osnovi celuloze;*
- *Polivinil acetat - polivinil acetat (PVA).*

Vsi zgoraj navedeni materiali so termoplaste. V EU predstavlja 56% vseh uporabljenih plastičnih mas, PP, PET, PS (vključno z ekspanziranim polistirenom EPS) in PVC, obsegajo večino ostalih. Druge omenjene plastike se uporabljajo za izboljšanje lastnosti pregrade, tesnjenje v vročini, spajanje ali vročo upornost.

V njem bodo opisane plastične snovi, PP, PET, druge značilnosti preostalih materialov, ki jih najdete v prilogi 2.



Poliester:

- **Polietilen (PE)** - To je najbolj uporaben polimer na tonaži in stroškovni učinkovitosti. Pogoji za predelavo kontrolirajo stopnjo razvejanja v polimerni verigi in s tem gostoto in druge lastnosti filmov in drugih vrst embalaže. Tesnila so dobro ogrevana, filmi iz PE predstavljajo dobro oviro za vlago in vodno paro, ne pa za O₂, CO₂ in druge pline, vendar se lastnosti pregrade povečajo z gostoto materiala. Ima tališče 120 °C, ki se prav tako poveča z gostoto. Vrste uporabljenega polietilena: LDPE - nizka gostota (PE z nizko gostoto), ki je na splošno proizvedena v folijah z 30 µm, LLDPE-linearna LDPE folija (linearna folija z nizko gostoto PE filma), ima polimerno verigo krajšo in ima boljše lastnosti glede odpornosti do trganja in udarca. MDPE ali film PE je srednja gostota (srednja gostota PE film) ima mehansko moč, višjo od LDPE. LDPE se lahko ekstrahira z MDPE, da se na primer poveže ustrezna tesnost LDPE z odpornostjo MDPE. za prevleko z ekstrudiranjem ovojnic za juhe mešanice dehidriran. HDPE ali PE visoka gostota je najbolj odporen polimer in se lahko ekstrahira v folije (folije) tanke. Ta film se uporablja za aplikacije tipa "vre vreče". Da bi izboljšali sposobnost tesnjenja, je lahko HDPE sokrepljen z LDPE. HDPE je brizgano zapiralo, škatle, palete in bobne, in ga je mogoče oblikovati z vrtljivim gumbom za zabojnike z vmesnim obsegom. Glavna uporaba HDPE so posode mleka, oblikovane s pihanjem, z zmogljivostjo 0,5-3 l;

- **Polipropilen (PP)** - Polimer je smola, ostrejša in bolj gosta kot bolj transparentna v svoji naravni obliki. PP ima najnižjo gostoto in najvišjo tališče termoplastika, ki se uporablja v velikem obsegu in ima razmeroma nizek strošek. Plastika ima veliko aplikacij za pakiranje živilskih izdelkov, kot so prožna folija in toga oblika. Visoka točka taljenja PP (160 ° C) je primerna za aplikacije, kjer je potrebna toplotna odpornost, na primer v embalaži vročega polnila in mikrovalovni pečici. PP se lahko laminira z ekstruzijo z PET ali z drugimi filmi, odpornimi na visoke temperature, za pridobitev trakov toplotnega tesnjenja, ki lahko vzdržijo temperature do 115-130 ° C, za sterilizacijo in uporabo v vrečkah. V nasprotju z ON-jem, oddaja film postane krhka tudi pod 0 ° C, napetostne razpoke pa so nižje od -5 ° C, zato je ne smemo uporabiti, če je za aplikacijo potrebna zamrzovanje. Film OPP ali BOPP (Oriented PP film) je na drugi strani primeren za shranjevanje z zmrzovanjem. Filmi OPP se ne zlahka zvarijo skupaj s segrevanjem, ker je temperatura tališča blizu temperaturi krčenja filma. Vendar pa OPP, prekrit z akrilom, dobro deluje, vključno s toplotnim tesnjenjem. Akrilna prevleka zagotavlja tudi dobro oviro. Ovira za izboljšano plinsko in vodno paro dobimo s prevleko s PVdC - polivinilklorid-vinilidenom (poliviniliden klorid). PP in PE imajo najnižje vrednosti površinske napetosti in zahtevajo dodatno obdelavo, da so primerni za tiskanje, premazovanje in laminiranje.

To se doseže z električnim tokom visoke napetosti (korona), z ozonom ali z curkom plina. Ta obdelava je enostavna oksidacija površine in zato izboljša oprijem ali pritrditev premazov, črnih, tiskarskih in lepilnih sredstev. Obseg živil, ki so pakirani v folije PP, so keksi, čipsi (krompirjevi čipsi) in prigrizki, čokolada in slaščice, sladoled in zamrznjena



hrana, čaj in kava. Film, metaliziran, PP, se lahko uporablja za prigrizke in čips (čips), v katerih je potrebna pregrada višja ali daljše trajanje shranjevanja. Karton lahko prekrijemo z ekstruzijo s PP, ki se uporablja v embalaži zamrznjenih / ohlajenih živil, do pladnjev, ki jih potrošnik lahko ogreje v mikrovalovni pečici in v pečici. Uporaba glavne hrane PP je za lonce in cevi, brizgane za jogurt, sladoled, maslo in margarino;

- **Polietilen tereftalat (PET ali PETE)** - PET je poliester, ki nastane pri polimerizaciji tereftalne kisline z alkoholom etilenglikola. Lahko je: pihano, vbrizgano v kalupe, penasto, prevlečeno z ekstrudiranjem na kartonu ali ekstrudirano v plošče za termoformiranje, lahko usmerjeno v biaxial (glej tudi odstavek 8.3). Debelina filma je med 12 μm , za folije iz poliestra do 200 μm iz folij kompozita, izdelanih z laminiranjem. PET filmi ne uporabljajo dodatkov. Hišni ljubljenec ima večjo odpornost kot drugi polimeri in z usmerjenostjo vlaken pridobi visoko odpornost proti zlomu. Ima več radikalov, ki se vežejo z drugimi kemikalijami, kar daje površini večjo reaktivnost s črnili. PET se topi pri visoki temperaturi 260 ° C in se ne skrči pod 180 ° C. Zaradi tega je PET dober za uporabo pri visokotemperaturnih aplikacijah, kot so: sterilizacija s "vrelo vrelo" v paru in za peko ali ponovno segrevanje v mikrovalovni pečici ali konvencionalni. Film je prilagodljiv do -100 OC. Lahko se laminira s PE, da dobi dobre lastnosti za toplotno zatesnitev. Tudi uporaba prevleke s PCdC nudi dobro odpornost pregrade in zmogljivost toplotnega tesnjenja. To je pregradni medij za O₂, toda z metalizacijo z aluminijasto folijo ima visoke pregrade lastnosti za O₂ in vodne hlape ter se uporablja kot vreče kave z vakuumom in laminirane na obeh straneh z EVA se uporablja v vrečah za tekočine, ki imajo lastnosti visokega tesnjenja. Karton, ekstrudiran z PET, se uporablja za izdelavo pladnjev za gretje hrane. PET se uporablja pri izdelavi steklenic za vse gazirane pijače in mineralne vode;

- **Drugi poliester je polietilen naftalen dikarboksilat (PEN)** - je odporen na UV in je bolj odporen na temperaturo kot PET. Lahko se proizvaja kot film in piha v kalup kot steklo, ki se uporablja kot monopolimer ali kopolimer z PET;

- **Polikarbonat (PC)** - To je poliester, ki vsebuje strukturo karbonata. V glavnem se uporablja kot nadomestek za steklo, toplotno odporne in zelo trpežne in trpežne. V preteklosti je bil uporabljen za steklenice za mleko, za kuhanje pladnjev za zamrznjeno hrano, in če je bila izsekana z najlonom, se lahko uporablja za gazirane pijače;

- **Polivinilklorid (PVC)** - PVC plastificiran (UPVC) ima uporabne lastnosti, vendar je trden material, krhka in sprememba je potrebna za uspešno uporabo. Prilagodljivost je mogoče doseči z vključitvijo plastifikatorjev, površin z nizkim trenjem z drsnimi sredstvi, različnih barv z dodajanjem pigmentov in izboljšanjem temperature obdelave z dodajanjem stabilizacijskih sredstev. Velika previdnost pri izbiri dodatkov, uporabljenih v filmu, ki bodo vstopali v neposredni stik s hrano, zlasti v zvezi z migracijo sestavin embalaže v prehrambenih izdelkih. Togi UPVC se uporablja za prosojne ali barvne odeje za čokolado in piškote. Uporablja se z MAP



za termoformirane pladnje za pakiranje solat, sendvičev in kuhanega mesa. Večina PVC folij se proizvaja z ekstrudiranjem. Lahko je usmerjen v izdelavo filma z visokim krčenjem. Pri zelo nizkih temperaturah je možno do 50% krčenja. Tiskani PVC se lahko uporablja za nalepke za vroče pečate na plastičnih ali steklenih posodah;

- **Polistiren (PS)** - PS ima veliko embalažne uporabe in se lahko ekstrudira kot monoslojni film, ki je ekstrudiran kot termoformabilen, brizgani in penasti film, ki zagotavlja vrsto vrst embalaže. Prav tako je kopolimeriziran, da razširi svoje lastnosti. Ima dobro preglednost. Je trden, z značilnim curlom, ki nakazuje svežino. Za nalepke se uporablja bel pigmentiran film. Film se lahko natisne. Ima nizke pregrade za vodno paro in skupni plin, primeren za pakiranje svežih izdelkov, ki jih je treba dihati. Glavna pomanjkljivost je, da PS povzroči togo ali poltogeno in krhko posodo. Zato ga je mogoče zmešati z butadienskim stirenskim kopolimerom, SB ali SBC. Mešanica je znana kot visokotrdni polistiren ali HIPS. Mešanje proizvaja strožji material. Je prosojen in se pogosto uporablja v pigmentirani beli obliki. Ploska HIPS se lahko termoformira za krajši rok trajanja mlečnih izdelkov. HIPS se uporablja tudi pri ekstruziji večplastnih plošč z različnimi drugimi polimeri, PE, PP, PET, PVdC in EVOH. Živilski proizvodi, pakirani s temi materiali, vključujejo mlečne izdelke, kot so kremo jogurta in sladice, UHT mleko, sir, maslo, margarin, džem, sadni kompot, sveže meso, testenine, solate itd. Veliko teh izdelkov je aseptično pakirano s termooblikovanjem, tesnilni stroji¹.

Aditivi: Izdelki iz plastičnih mas bi bili komercialna napaka brez aditivov. To so organske ali anorganske kemikalije, ki omogočajo predelavo plastike, oblikovanje njihove uporabe in izboljšanje njihove končne uporabe. Plastična zmes lahko obsega od 0,05% do 20% teže aditivov. Aditivi so razvrščeni po svoji funkciji, ne pa kemikalij, ki jih vsebujejo in se uporabljajo v skladu z okoljsko zakonodajo in predpisi EU. Približno 75% vseh aditivov se uporablja v PVC. Aditivi, ki se uporabljajo za spreminjanje lastnosti plastike, predstavljajo približno 70% njihovega skupnega, 23% uporablja za širitev njihovih lastnosti in približno 7% za pomoč pri predelavi plastike².

8.2 Recikliranje plastike

8.2.1 Pomen recikliranja

Plastika se danes zelo pogosto uporablja, vendar ima dolgo življenjsko dobo več kot 500 let okoljske odpornosti brez razgradnje. Zato je recikliranje in predelava teh materialov ob koncu njihove življenjske dobe postala ključni dejavnik, ki ga zahteva EU. Plastična embalaža se močno reciklira, vse večja plastična embalaža pa vsebuje recikliran

¹ RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN TEHNOLOGIJA HRANE PAKIRANJA, Blackwell Publishing Ltd, 2003

² Plastična embalaža, uredil Otto G Piringer & Albert L. Baner



material. Zakonodaja EU zdaj dovoljuje uporabo plastike za recikliranje v novih embalažah za hrano. Recikliranje tone plastičnih steklenic prihrani 1,5 tone ogljika in plastična steklenica prihrani dovolj energije za 60-urno žarnico za 6 ur³.

Uporaba monomaterialov ali mešanih materialov istega tipa so materiali, primerni za reciklažo, in kadar je to mogoče, se je treba izogibati kombinacijam različnih vrst plastike s podobnimi gostoti. Cilj je zmanjšati število uporabljenih plastičnih mas in določiti, katere plastike je mogoče reciklirati skupaj ali jih zlahka ločiti v procesu recikliranja. Vendar se priznava, da je za zagotovitev potrebnih tehničnih lastnosti in potreb uporabnikov včasih potrebna kombinacija različnih vrst materialov.

V teh pogojih je treba uporabiti različne materiale z gostoto, ki omogočajo ločevanje nezdružljivih materialov med rezanjem ali mehanskim drobljenjem ali pozneje v postopku pranja. Treba se je izogibati kombinacijam različnih vrst plastike iste gostote.

- PET je težji od vode in bo potopil. V postopku pranja PET se bodo pokrovi in etikete iz polipropilena (PP) ali polietilena visoke gostote (HDPE) lebdeli in jih je mogoče zlahka odstraniti.

- Izogibati se je treba polnilnim sredstvom, ki spreminjajo gostoto plastike in / ali njihovo uporabo zmanjšajo, saj zmanjšujejo kakovost recikliranega materiala.

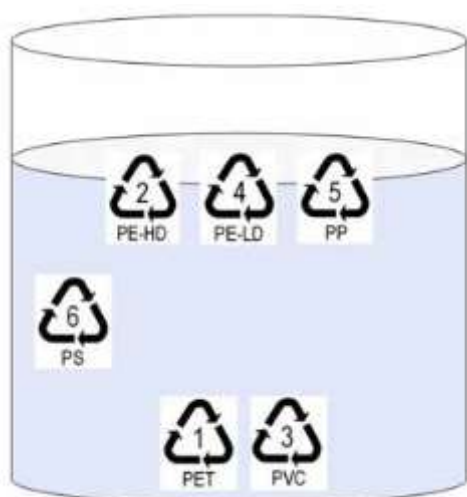
- PVC kontaminacija s PVC je potencialno pomembna težava, ker sta ta dva polimera tesna gostota težja od vode. Prisotnost zelo nizkih ravni PVC (ca50-200 ppm) v recikliranem PET povzroči znatno poslabšanje kemičnih in fizikalnih lastnosti ter lahko ogrozi velike količine recikliranih PET za večino aplikacij za recikliranje. Zaradi tega bi bilo treba skrbno izogniti uporabi vseh vrst PVC v proizvodnji PET embalaže. Te komponente običajno vključujejo zapore, tesnila, etikete, rokave in varnostna tesnila.

- Izogibati se je treba uporabi PLA (biološko razgradljivega materiala) z PET. Oba polimera sta nezdružljiva in jih ni mogoče zlahka ločiti (obe imata gostoto > 1 g / cm³). Prisotnost zelo nizkih ravni PLA v PET povzroča motnost posode in poslabšanje fizikalnih lastnosti recikliranega PET. Poleg tega PLA povzroča težave pri obdelavi v sušilniku, ker se topi pri temperaturi sušenja⁴.

³ Plastics packaging / www.bpf.co.uk

⁴ PETCO_Design_4, Plastics packaging recyclability by design – Recycling guide www.petco.co.za





Plastics	Specific gravity
LDPE	0.91~0.93
HDPE	0.94~0.97
PP	0.90~0.91
PS	1.04~1.07
PVC	1.35~1.45
ABS	0.99~1.10
Polyester	1.38~1.39
PC	1.2
Nylon 66	1.13~1.15
Teflon	2.1~2.2

Source: "Polymer dictionary" by Taiseisha Co., Ltd (1970)

Slika 1: gostote polimerov, ki se uporabljajo v embalaži.


8.2.2 Identifikacija systemske plastike SPI

Za olajšanje pravilnega razvrščanja steklenic in plastičnih posod, ki jih pogosto najdemo v gospodinskih odpadkih, je društvo plastične industrije (SPI - Društvo za plastične industrije) leta 1988 ustvarilo simbolni sistem za identifikacijo SPI Resin Identification Symbol System (SPI), znan tudi kot plastični kodirni sistem za plastične posode. Za olajšanje vizualne identifikacije tipa plastike med ročnim ločevanjem mora vsebnik in plastični pokrov nositi identifikator materiala (simbol). Simbol mora biti viden in prednostno vlihan na površino posode ali, v primeru filmov, večkrat natisnjen na material. Identifikatorji so na splošno potrebni za razvrščanje na dnu posode. Izjemoma se lahko identifikator nahaja blizu osnove ali natisne na etiketi. Tabela 1 prikazuje sedem kategorij plastike, ki jih simbolizira SPI.




Navedene prvih šest kategorij predstavljajo približno 90% vseh proizvedenih plastičnih mas. Približno 8% uporabljenih plastičnih mas je tako imenovana "inženirska plastika", katere mehanske lastnosti in nosilnost so povečane. Primeri: poliamid (PA), polikarbonat (PC), akrilonitril butadien stiren (ABS), stiren akrilonitril (SAN), poliester itd. Glej tudi točko 8.1 in Prilogo 2.



Tab. 1: plastike, simbolirane s simboli SPI:

SIMBOL SPI	KARAKTERIZACIJA	RECIKLIRANJE
 PET/PETE	<p>PLASTIC # 1 - POLYETHYLENE TEREPHALATE - PETE ali PET - Posode iz te plastike včasih absorbirajo vonjave in okuse iz hrane in pijač, ki so shranjene v njih. Uporabljajo se za: brezalkoholne pijače, vodo in druge steklenice za pijače, arašidovo maslo in druge posode za detergente in čistilne posode itd.</p>	<p>PET odpadki se reciklirajo v: nove steklenice, poliester za tkanine in preproge, polnilo za avtomobilske odbijače in spalna vreča ter jakna.</p>
 HDPE	<p>PLASTIC # 2 - POLYETHYLENE HDPE - VISOKO GOSTOTA - polietilen HDPE - proizvodi HDPE so zelo varni in ni znanih primerov prenosa kemikalij v hrani ali pijačah. Uporabljajo se za: posode za mleko in vodo, nekaj plastičnih vrečk, posodice za detergente, šampon in motorno olje itd.</p>	<p>Transparentni kontejnerji HDPE se enostavno reciklirajo v novih posodah. Barvni HDPE odpadki se pretvorijo v plastične les, vrtno robnike in trate, cevi, vrvi in igrače.</p>
 PVC/V	<p>PLASTIC # 3 - POLYVINYL CHLORIDE - PVC ali V - Vsebnost monomera vinil klorida, s katero je PVC polimeriziran, je rakotvoren in je bil zelo omejen, poleg drugih nevarnih kemikalij se običajno uporabljajo kot dodatki iz PVC, ki niso kemično vezani, zato se lahko med uporabo in odstranjevanjem prepove kot odpadki. Najpogostejši mehčalec (DEHP ftalat) je sum, da je rakotvoren. Topila ftalnih kislin so globalna onesnaževala in več kot 90% se uporablja samo za proizvodnjo PVC. Steklenice iz plastenike vsebujejo DBP ftalat, ki lahko 200 kosov (en trilion gramov) na liter uniči rastline. Ta vrsta plastike mora priti v stik s hrano. Uporablja se kot zavojna folija zaradi natezne trdnosti. V embalaži za živila je ta material običajno zamenjana.</p>	<p>Recikliranje ni tehnično in finančno izvedljivo. Toplotno recikliranje ni mogoče izvesti zaradi posebej nevarnih hlapov, ki jih oddaja PVC ogrevanje. Uporabljamo recikliranje tlaka. Trenutno se le reciklira le 3%, stari PVC izdelki, ki zahtevajo mešanje z deviškimi materiali za ponovno izdelavo kakovostnega materiala. Večina zbranih odpadkov se uporablja za slabše kakovostne izdelke, kot so parkske klopi ali cestne šumske ovire.</p>
 LDPE	<p>PLASTIC # 4 - polietilen z nizko gostoto polietilena-LDPE polietilen - LDPE se običajno ne reciklira, vendar se ga lahko reciklira na določenih območjih. To je zelo zdrava plastika, ki je nagnjena k trajnosti in prilagodljivosti. Filmi za embaliranje embalaže z raztegljivimi embalažami, sendvič vreče, zamrznjena živila, tlačne posode in plastične vrečke za živila so izdelani iz LDPE.</p>	<p>Reciklirani LDPE se uporablja za izdelavo smeti, lesa, pohištva itd.</p>
	<p>PLASTIC # 5 - POLYPROPYLENE - PP - se običajno ne reciklira, vendar je sprejet na mnogih področjih. Ta vrsta plastike je močna in običajno lahko vzdrži višje temperature. Med mnogimi drugimi izdelki se</p>	<p>PP ima težave pri recikliranju. Tako je težko doseči pridobivanje različnih materialov o vrsti ali kakovosti. Reciklirani PP se</p>



 PP	uporablajo, ovijanje filmov, embalažo za margarine, jogurt škatle, steklenice sira, itd. Plastične kape so pogosto narejene iz PP.	uporablja za izdelavo ledenih strgal, grablje, akumulatorske kable itd.
 PS	PLASTIC # 6 - POLYSTYRENE - PS POLYSTYRENE - stiropor. Ponavadi se reciklira, vendar je to težko storiti in pogosto pride v odlagališča. Uporabljata se dve obliki: Trdi polistiren za CD-kasete, jedilni pribor; Polistiren (stiropor), ki se uporablja v posodah za živila, embalaži, izolacijah, škatlah za jajca, skodelicah za enkratno uporabo, plastičnih konzervah, embalaži iz pene in arašidov.	To potone v vodo, ne spusti, ko je izpostavljeno plamenu, in ko se temperatura plamena poveča, nastane črni, umazan dima in žareči vonj. Čeprav je njeno teoretično recikliranje mogoče, še vedno ni ekonomično. PS Recikliranje se uporablja za izdelavo izolacij, okvirov registrskih tablic, vladarjev itd.
 Other	DRUGO - Kodo SPI 7 se uporablja za označevanje različnih vrst plastike, ki jih ne opredeljujejo še šest šifrantov. V to kategorijo so vključeni polikarbonat in polilaktična kislina (PLA). Polikarbonat ali PC se uporablja za steklenice za dojenčke, velike steklenice vode, zgoščenke in medicinske posode za shranjevanje. Reciklirani materiali v tej kategoriji se med drugim uporabljajo za proizvodnjo plastičnih les. Polilaktična kislina je termoplastični alifatski poliester, pridobljen iz obnovljivih virov, kot so koruzni škrob (v Združenih državah) ali sladkorni trs v preostalem svetu.	Te vrste plastike je težko reciklirati. PLA je biorazgradljiv v prisotnosti kisika in ga je težko reciklirati.

Nekatere publikacije dajejo koristne smernice glede varnosti uporabe plastike. Torej ⁵:

1 PETE (tipičen polietilen tereftalat) Tipične steklenice za vodo, soda in sok, ki niso namenjeni ponovni uporabi ali shranjevanju zaradi možnosti bakterij, če jih znova uporabite, se prepričajte, da ste jih pravilno očistili. Na splošno so plastika, ki velja za varno za hrano in pijačo,

2 HDPE (polietilen visoke gostote);

4 LDPE (polietilen z nizko gostoto);

5 PP (polipropilen).

Materiali, ki veljajo za nevarne, niso varni za hrano in pijačo. Lahko se infiltrirajo ali vsebujejo nevarne sestavine:

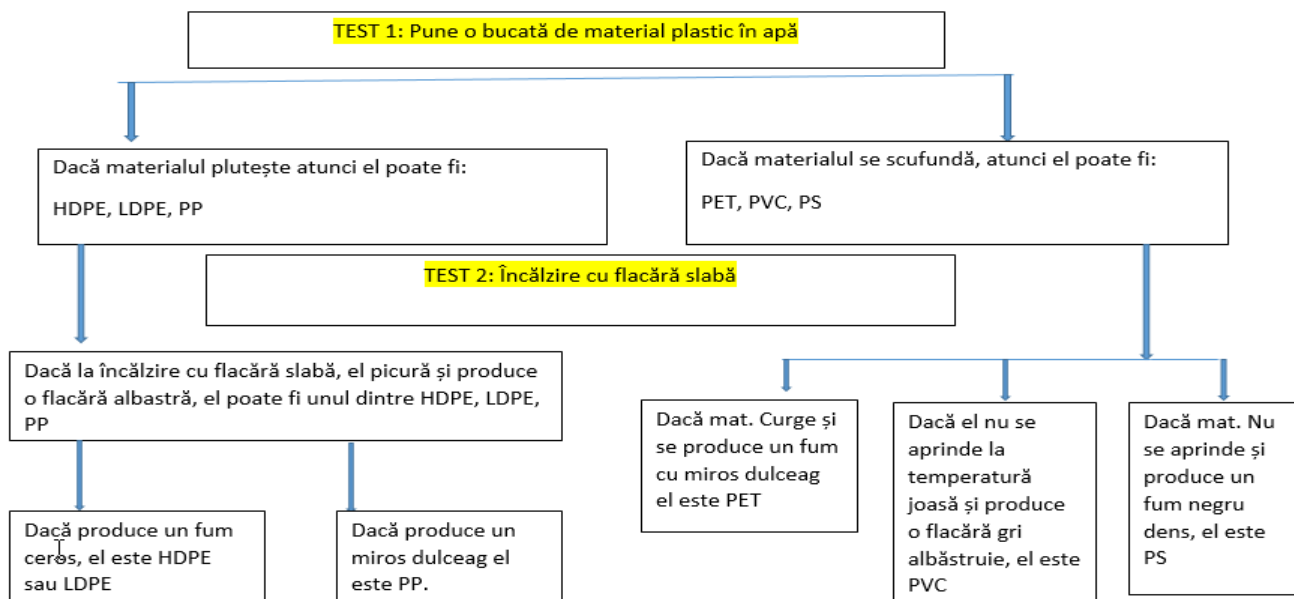
3 PVC (polivinilklorid) karcinogen med proizvodnjo in sežigom;

6 PS (polistiren), po možnosti rakotvoren;

⁵ <http://modernsurvivalblog.com/preps/safe-plastics-for-food-and-drink/>



7 Drugo (običajno polikarbonat, včasih označen, PC lahko infiltrira BPA (Bisphenol-A), sintetična organska spojina, ki se uporablja v plastičnih masah, ima hormonske lastnosti in ni primerna za uporabo v embalaži za živila. Prepovedano je uporabljati to plastiko na steklenice, namenjene otrokom). Za praktično določitev materiala, kadar simbol ni znan, <http://www.northstarrecycling.com/sorting-plastic-for-industrial-recycling/> predlaga dva preskusa s sl. 2.



Slika 2: Predlagani testi za določitev plastičnega materiala v odsotnosti simbola.

8.3 Tehnologije plastične embalaže

Predstavlja bo nekaj tehnologij, ki se uporabljajo pri izdelavi plastične embalaže za hrano. Podrobnejša predstavitev v prilogi 1.

Ključne tehnologije za pridobivanje embalaže polimerov so:

- iztiskanje;
- injekcija;
- kompresija.

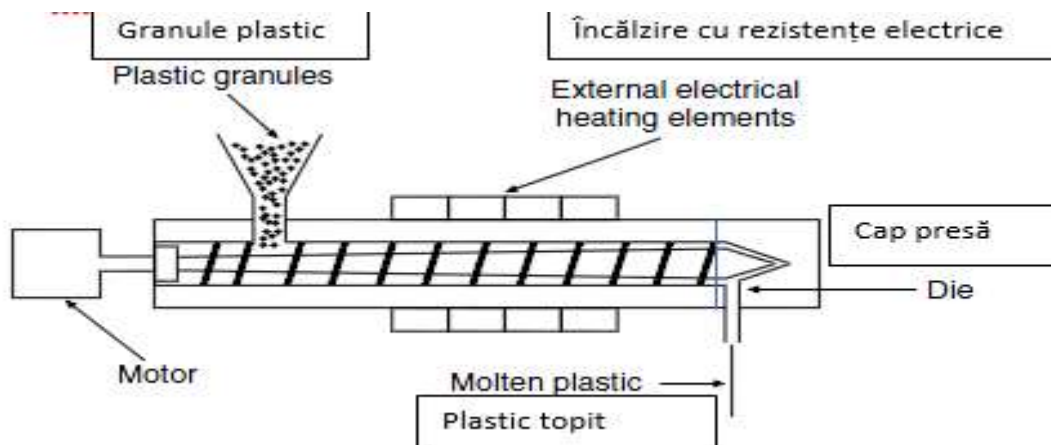
8.3.1 Ekstrudiranje

Plastično surovino, znano tudi kot smola, dobavlja proizvajalec granul ali praškaste oblike. Medtem ko se nekatere plastike uporabljajo za izdelavo premazov, lepil ali dodatkov v drugih postopkih pakiranja, je prvi pomemben korak pri pretvorbi plastičnih smol v folije, liste, posode itd. Je prenos trdnih faznih granul v fazo tekočine ali taline v ekstrudor.



Plastika se topi s kombinacijo visokega tlaka, trenja in zunanje toplote. To naredimo s stiskanjem granul vzdolž valja ekstrudorja z uporabo posebej izdelanih vijakov polimerov pod nadzorovanimi pogoji, ki zagotavljajo izdelavo homogene taline pred iztiskanjem.

Stoječa plastika se končno stisne skozi oblikovanje končnega izdelka v tehnološke linije uporabe.



Slika 3: Ekstruder

Uporaba: - pridobivanje listov, filmov, plošč in cevi.

Z ekstrudiranjem je možno izdelati folije in folije na isti napravi samo s spreminjanjem premerov. Ti so lahko obročasti - za liste in folije ali ploščate - za liste, folije in plošče.

➤ **Ekstrudiranje plastičnih folij z ravno šobo za pakiranje (tehnološka linija v Prilogi 1.1)**

- Filmsko ekstrudiranje:
- dobimo z ekstruzijo s široko glavo predilne glave;
 - polimer se ekstrudira pri čim višjih temperaturah, da se zmanjša viskoznost taline;
 - hlajenje poteka z zrakom, z neposrednim potopom v vodo, na ohlajene notranje cilindre ali kombinacije teh variant;
 - debelina pločevine - do 0,2 - 0,3 mm (spodnja meja).

Nastale filme se lahko podvržejo erekcijskemu delovanju: izvedene so pri prehodni temperaturi v stekleno stanje polimera, tako da raztezajo polimer z vrednostjo 200-600% prvotne velikosti, obenem pa usmerjajo tudi makromolekule v smer vlečenja in povečanje natezne trdnosti; in upadanje raztezanja na prelom folije z njenim redčenjem. Dvosomno vzdolžno in prečno raztezanje se lahko poveča, kar povečuje upor v obeh smereh. Povečanje odpornosti je še posebej pomembno pri uporabi folij za embalažo.



Etiirana folija (tudi termoskrčljiva), ko se segreva, sprošča notranje napetosti in se skrči preko pakiranega predmeta v prozoren, vodoodporen, elastičen film.

➤ **Ekstrudiranje plošč (tehnološka linija v Prilogi 1.2)**

Uporablja se za izdelavo različnih debelinskih plošč z uporabo različnih polimerov, kot so PS, PP, PE itd. Za pridobivanje embalaže hrane s termooblikovanjem (stekla, posode, plošče, margarinski pladnji, jogurt, sladice itd.). Linija za obdelavo (glej Dodatek 1), podobno kot pri listih, ima tudi kalendarski sistem (polirni valjčki za glajenje plastičnih ploščic), transportne in vodilne valje, rezalno opremo.

➤ **Plate co-extrusion (Annex 1.3)**

By using a suitable number of extrusions to feed different plastics, by means of a combining device or a feeding unit, to a common nozzle, multilayer structures of different materials with different properties can be formed. This is called co-extrusion.

Co-extrusion is the simultaneous extrusion of multiple layers of material (from two or more extruders) through the same strip. A) Minimum thickness 30 - 120 μm . B) One and the same extruder can deposit one or two layers of polymer. C) Each extruder must ensure a laminar flow of the polymer melt to avoid mixing the layers. Multilayer films or sheets with 2-9 layers can be obtained. Polymers: PET, HDPE, LDPE, PS, etc.

➤ **Premazovanje in ekstruzijsko laminiranje (tehnološka linija 1.4)**

Ekstruzija in laminacija se uporabljajo za:

- zaščita pred vlago;
- ovira za vodno paro, kisik, aromo itd. ;
- odpornost proti maščobam;
- vroče zapiranje;
- atrakcija za prodajo, npr. izdelava sijajnih površin.

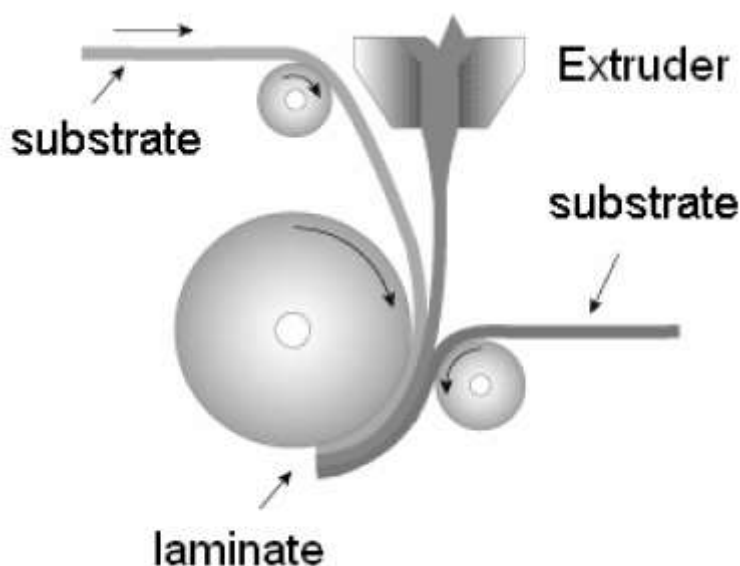
Za isti namen se uporabljajo tudi druge tehnologije: vroče valjana laminacija (laminacija je dosežena s prešanjem kartona in folije skozi niz toplotnih valjev s prevleko iz teflona pri pravilni hitrosti in temperaturi. Tako je film pritrjen na vrh in / ali spodnji del kartona). Adhezivno laminiranje (neprekinjen prehod dveh filmov / folij, od katerih je med več valji prevlečen z visoko hitrostjo lepila. Postopki se razlikujejo od vrste uporabljenega lepila in načina nanosa).

Uporaba ekstrudiranja in laminatnih kartonov ponuja izjemne promocijske prednosti v smislu vizualne privlačnosti potrošnikov. Premazovanje in ekstruzijsko laminiranje doda tanko plast plastike preko kartona, ki lahko zagotovi odpornost na maščobo in vlago in po potrebi toplotno odpornost. Plastične prevleke so lahko vroče zaprte. Odvisno od uporabe, je lahko kartona prekrita z eno ali dvema stranskima ekstruzijama. Aluminijska plast zagotavlja embalažo z oviro za svetlobo, vlago, maščobo in plin. Aluminijska folija je pogosto prekrita s plastiko, da se zagotovi varnost izdelka in toplotno tesnjenje. Na količino plastične mase, ki jo dobimo z ekstrudiranjem, vpliva



predvsem pretok in temperatura plastične mase. Najpogosteje uporabljeni polimeri so PE, PP, PET, metaliziran poliesterski film.

Karton, zavito na valj, preide pred napravo za predobdelavo površine nizkotemperaturne koronske pločevine, da pritrdi tiskarske barve, premaze in lepila, nato pa je prekrita s staljenim polimerom, PE, PP ali PET, s kontrolirano količino in temperatura. Takoj se prevlečena površina stisne na površino ohlajenega jeklenega valja. Roler filma ali filma se nahaja takoj po ekstruderju iz plastičnega premaza. Filma ali filma poteka od valja do utora med staljenim plastičnim filmom in hladilnim valjem, tako da plastika opravlja funkcijo folije / film lepila na kartonu, s čimer nadzoruje plastično površino. Povratni pokrovi imajo NSO (ne-Set-Off) konec, sloji za tiskanje pa običajno imajo sijajni konec.



Slika 4 Ekstruzijski premaz in laminacija, glede na ⁶

Na koncu je prevlečena lepenka ovita na velikih jeklenih jedrih (sodih) v serijah med 1 in 3 tone, odvisno od izdelka. Vsak boben ima edinstveno identifikacijsko kodo ⁷. Glej prilogo 1.4.

➤ **pločevine in iztiskanje pihanih filmov (tehnološka linija priloga 1.5)**

Na splošno so filmi po definiciji manjši od 200 µm debeline (1 mikron = 1×10^{-6} m). Film se uporablja za tesno ovojno embalažo (edinstveni paketi, skupine paketov, tovore na paletah), za izdelavo ovojnic in vrečk ter v kombinaciji z drugimi plastičnimi ali drugimi materiali prek laminiranja, ki tvorijo tudi embalažo.

⁶ Rory Wolf, Tehnološka odločitev - Adhezivna laminacija ali ekstrudiranje / Laminacija

⁷ după IGGESUND PAPERBOARD, Referenčni priročnik, ekstruzijski premaz in laminacija



Pločevinke in pihane filmske ekstruzije so preprosti, ekonomični in produktivni procesi. To je najbolj uporabljena metoda. S tem se dosežejo visokokakovostni listi in filmi. Načeloma je metoda sestavljena iz tankoslojne tube (od nekaj mikronov do desetih milimetrov), ki se razširi s pomočjo zračnega tlaka. Premer pločevine je od nekaj centimetrov do več kot 20 metrov. Uporablja se za polimere HDPE, LDPE, PP, MDPE (polietilen srednje gostote: 0,926 - 0,940 g / cm³). Za dilatacijo folije dobimo tudi njeno navzkrižno raztezanje in za vlečenje valja za navijanje dobimo vzdolžno raztezanje. Pihano filmsko ekstrudiranje dveh polimerov (priloga 1.6), na primer polietilen - poliamid, polietilen - polistiren.

➤ **Jemanje telesa iztiskanje**

Uporablja se za proizvajalce valjev (steklenice, vial) in druge vrste votlih teles (prazne znotraj).

Uporabljeni polimeri: poliolefini (PE, PP), plastificirani PVC, PET, PS, ABS, najlon (PA) itd.

Z ekstrudiranjem cev nastane v ustreznem kalupu na cav izdelano telo. V notranjosti cevi piha stisnjen zrak in polimerna cev v visko plastičnem stanju se razteza do sten plesni v stiku, s katerim se ohladi.

Koraki:

- se ekstrudor stalno bremeni polizdelek v obliki cevi;
- cev je vstavljena med čeljustaste čeljusti, ki definirajo zunanjo konturo želenega produkta;
- plesen je zaprt, konec rezalne cevi pa je zaprt hkrati. Glej prilogo 1.6;
- navzkrižni zrak se navadno filtrira s steriliziranimi filtri. Za odstranitev post sterilizacije nastale embalaže se postopek "steklenička" včasih uporablja s temperaturo materiala 150-230 ° C, na katero je valj iz plesni praktično sterilen, pri čemer se stekleničko za hrano skoraj ujema s oblikovanje. Hladne tekoče tekočine zaradi kratkega časa hlajenja.

8.3.2 Termoformiranje

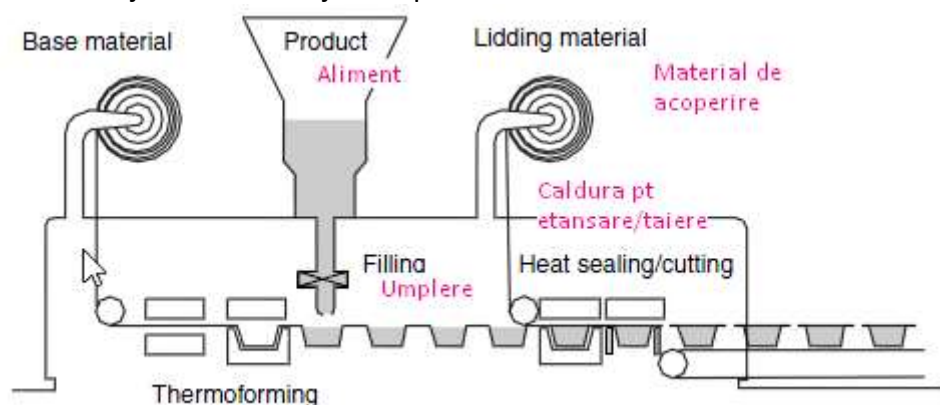
Postopki termooblikovanja vključujejo termoplastne liste, ki namakajo za segrevanje, nato pa sledi vakuum, tlak ali oblikovanje bata. Folijo se lahko raztegne na kalupu in vzame pirska obliko (pozitivno oblikovanje) ali pa lahko vzame obliko jamskega kalupa (negativno oblikovanje). Pri stiku s kalupom se toplota izgubi in material ohladi postane tog. Oblike termoformiranih izdelkov so običajno preproste (škatle, pladnji za hrano, različne posode). Termoformiranje se konkurira brizganje in brizganje. Glavne prednosti tega postopka so sorazmerno nizki stroški



termoformiranja, nižji stroški kalupov in enostavnost oblikovanja velikih površin s tanjšimi deli. Slabosti: omejene oblike, neenakomerna debelina. Notranja folija se napaja iz tuljave in segreje pred oblikovanjem ali v kalupu, nato pa folijo nastane v kalupu z različnimi metodami.

Tako oblikovana votlina je napolnjena s hrano, torej v odprtem ali vakuumskem ozračju, po kateri se zgornja folija uporablja za zapiranje, ki je zaradi toplote in tlaka tesno privarjena iz notranje folije.

Uporabljajo se naprave za navzkrižno rezanje za ločevanje končnih izdelkov. Sledi označevanje izdelkov in njihov izpust.



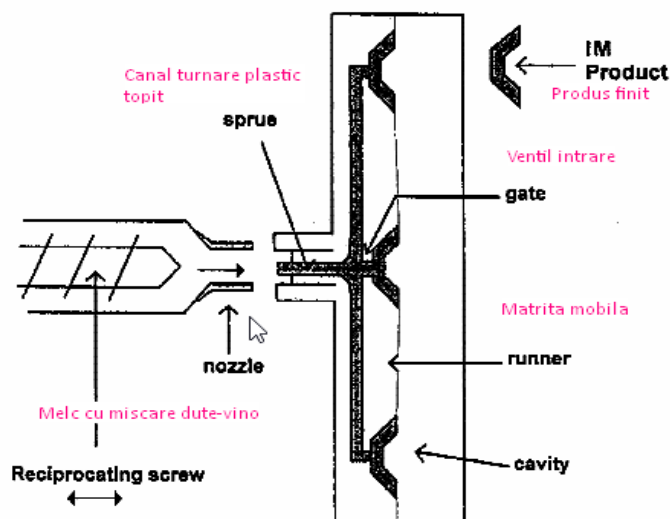
Slika 4. Termoformiranje, polnjenje, zapiranje linije⁸

8.3.3 Vbrizgavanje

Načelna metoda: je vbrizgavanje staljenega polimera v hladen kalup pri visokem tlaku.

⁸ RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN TEHNOLOGIJA HRANE PAKIRANJA, Blackwell Publishing Ltd, 2003





Slika 5 Shema postopka brizganja⁹. Glej tudi Prilogo 1.7.

Koraki postopka brizganja so:

- oskrbovanje jeklenk s plastičnimi zrcni, na katere se polž premika z obračanjem;
- material se segreje do taljenja zaradi zunanjega segrevanja in notranjega trenja valja;
- Polž se premakne in talina pred njim prehaja;
- Polž se premika naprej in injicira raztopljeni material v hladni plesen;
- material se ohladi in se hitro strdi na visok tlak, ki ga ustvari polž in vhodni ventil, ki se ne spušča;
- Odpre se kalup in izdelki se izlijejo z vrčem.

Prednosti: visoka produktivnost zaradi velikega števila kalupov in visoke hitrosti oblikovanja, dobre natančnosti oblikovanih izdelkov, minimalne izgube zaradi ostankov, lahko dobijo predmeti s kompleksno obliko in različnimi velikostmi. Linija za injiciranje je lahko popolnoma avtomatizirana. Obstaja možnost pridobitve jamskih teles (PET steklenic) z brizgalnim vbrizgavanjem. Glavna pomanjkljivost je visoka cena plesni.

8.3.4 Tlačno stiskanje

Načelo metode: taljeni polimer se v kalup stisne.

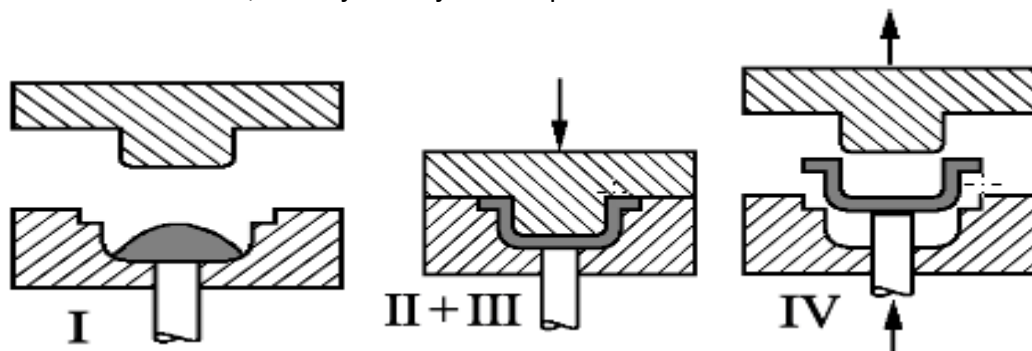
Stopnje stiskanja:

- I. Dobava odprte plesni s polimerom (granule, pilule, prah, predoblikovan polizdelek). Polimer lahko predhodno segrejemo, da skrajšamo cikel oblikovanja.
- II. Polimerno zapiranje in ogrevanje (enotno v celotni masi) do temperature taljenja in stiskanja s pomočjo zgornjega dela (običajno hidravlično aktivirano).

⁹ Vlachopoulos and Strutt Polymer processing, Materials Science and Technology September 2003



- III. Enakomerno hlajenje nastalega predmeta s pritiskom do prikazane temperature za odstranitev.
- IV. Obdelovancu, ki iz vijaka izlije iz kalupa.



Prednosti: možnost pridobivanja velikih dimenzij objektov z nizko izgubo polimerov, zmanjševanje notranjih napetosti in deformacij delov, natančnost in odlična dimenzijska stabilnost, nizko in ponovljivo krčenje, dobra površinska obdelava realiziranih objektov, visoka produktivnost sodobnih procesov, ki združujejo stiskanje z brizganjem ali iztiskanjem.

Pomanjkljivosti: ni indicirano za krhke predmete ali zapletene oblike, globina votline je omejena na 2-3 krat premera, količina vnesenega materiala v kalup je treba strogo nadzorovati¹⁰.

8.4 Oblikovanje plastične embalaže za recikliranje

V podporo procesu oblikovanja plastične embalaže za hrano v prilogi 2 so označeni drugi polimeri, namenjeni za pakiranje hrane, ki niso vključeni v oddelek 8.1, prav tako je podana tabela A2.1 s fizikalnimi lastnostmi glavnih polimerov, ki se uporabljajo v plastiki tabela A2.3 z uporabo indikacij polimerov za embalažo hrane, tudi tabela A2.2 z uporabo indikacij polimerov za togo plastiko in pajek diagram sl. A2.1 z uporabnimi lastnostmi polimerov za embalažo za živila . V prilogi 3 so dani nekaj odlomkov o oblikovanju delov, namenjenih oblikovanju iz plastike.

Ustrezna zasnova končne strukture embalažnega materiala in proizvodnih tehnik pomeni, da sestavljanje: - izbire substratov - izbire drugih surovin, - sestave laminatov, - tiskanja in drugih postopkov - izbire proizvodne tehnike, - uporaba dobrih proizvodnih praks bo posledično imela primeren material za pakiranje. Tiskanje se lahko opravi na primarni embalaži, ki vsebuje funkcionalno pregrado, ki zmanjšuje migracijo sestavin iz katere koli plasti na neprehrambni strani pregrade, v živilih, na "sprejemljive" nivoje (specifična migracijska meja SML ali stopnja migracije brez skrbi)¹¹.

¹⁰ <http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>

¹¹ EUPIA, Letak za tiskanje Tiskarske barve za pakiranje hrane



8.4.1 Nekateri koncepti ekološke zasnove

Nekaj konceptov ekološke zasnove:

- a) Za uporabo združljive plastike. Dodatek 2, slika A2.2, prikazuje indikacije o združljivosti osnovnih materialov za pakiranje s svojimi sestavnimi deli.
- b) Uporaba materialov različnih gostot. Glej sliko 1.
- c) Za kritje z nalepkami max. 2/3 površine embalaže. V avtomatskih napravah optični sistem ločevanja razvršča plastično embalažo. Če je zajeto 67% ali več embalaže, se bo razvrstilo na podlagi materiala etikete. Če načrt embalaže ne omogoča sledenja temu predlogu, potem:
 - Uporabite nalepko iz istega materiala kot embalaža.
 - Uporabite nalepko z drugačno gostoto kot embalaža.
- d) Črna in zelo temna barva motita samodejno razvrščanje embalaže in absorbirajo oddano svetlobo iz ločilnega optičnega sistema. Neoblikovana ali neprozorna embalaža po recikliranju ima več aplikacij kot barvne. Nekateri aditivi, ki se uporabljajo za zapiranje barve, lahko embalaža preprečuje, da bi cilinder ali trakovi proizvedli recikliran PET.
- e) Komponente črnih, ki se uporabljajo za barvno embalažo, ali njihovo tiskanje lahko kontaminirajo recikliran material, zato morajo tiskarske barve uporabiti ki jih ne vsebuje seznam izključitev EUPIA (European Printing Ink Association).
- f) Nedopustna lepila lahko okužijo z recikliranimi materiali in jih v komponentah recikliranja ne boste odstranili, zato je priporočljivo uporabljati topne v lepilih za vročo vodo ali visoko temperaturo, topno v alkaliji.
- g) Silikon se lahko drži recikliranega materiala, zato se mora, če je mogoče, odreči njeni uporabi.

8.4.2 Prepustnost plastike

Pri oblikovanju so podane nekaj pojmov o prepustnosti plastike. V razmerah ravnovesja je koeficient prepustnosti neporozne plastike določen z razmerjem:

$P = D \times S$ (Crank, 1975)

P – koeficient prepustnosti materiala;

D – difuzijski koeficient, ki meri, kako hitro neželena komponenta preide skozi polimer;

S – koeficient topnosti živila, ki kaže, koliko je neželene sestavine v pakirani hrani.

Po preoblikovanju, brez navedbe podrobnosti o predstavitvi formul, je dosežen naslednji izraz:

$$P = \frac{QL}{At(p_1 - p_2)} \quad (1)$$



V sistemu SI $P =$

$$\frac{\text{The amount of unwanted compound} \times \text{wall thickness}}{\text{area} \times \text{exposure time} \times \text{difference of partial pressures of the component}} = \text{cm}^3 \times \text{cm} / \text{cm}^2 \times \text{s} \times \text{Pa}$$

V katerem:

Q – Količina neželene spojine - cm^3 ;

L – Debelina stene pakiranja polimera – cm

A – Polimerna površina, skozi katero lahko preide neželena komponenta - cm^2 ;

t – Čas izpostavljenosti - sekunde;

$p_1 - p_2$ – Razlika v delnem tlaku neželene komponente, ki se nahaja v pakiranju zunaj, in tista enake spojine, ki se nahaja v notranjosti pakiranja. V skladu z Daltonovim zakonom: tlak plina je enak vsoti komponent plinov¹².

Za zrak - sestava zraka, izražena z volumskim odstotkom, (r) sestavnih delov je naslednja:

Kisik (O_2): 20,93 %

Dušik (N_2): 78,10 %

Argon (Ar): 0,9325 %

Ogljikov dioksid (CO_2): 0,01 %

Vodik (H_2): 0,0018 %

Neon (Ne): 0,0005 %

Kripton (Kr): 0,0001 %

Xenon (Xe): 0,00000 %

Zapuščanje preostalih komponent brez O_2 in N_2 lahko zapišemo Daltonov zakon o zraku:

$$p_{\text{air}} = p_{\text{O}_2} + p_{\text{N}_2} \quad (2)$$

¹² Obdelava hrane: načela in aplikacije, druga izdaja. Edited by Stephanie Clark, Stephanie Jung, and Buddhi Lamsal, © 2014, cap 11. Joongmin Shin and Susan E.M. Selke, Food Packaging



Parcialni tlaki vsakega sestavnega plina zraka se izračunajo s pomočjo relacij:

$$r_{O_2} \times p_{air} = p_{O_2} \quad (3)$$

$$r_{N_2} \times p_{air} = p_{N_2}$$

Za zrak pri atmosferskem tlaku ($p_{atm} = 1 \text{ bar}$ v absolutni lestvici) so delni tlaki dveh plinastih komponent:

$$p_{O_2} = 0,21 \times 1 = 0,21 \text{ bar} = 21000 \text{ Pa} \quad (4)$$

$$p_{N_2} = 0,79 \times 1 = 0,79 \text{ bar} = 79000 \text{ Pa} \quad (5)$$

$$p_{aer} = p_{O_2} + p_{N_2} = 0,21 + 0,79 = 1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}^{13}$$

Primer: Hrana, pakirana v kozarcu iz PET z debelino $0,1 \text{ cm}^3$ in površino 400 cm^2 , postane žareča, če absorbira $3 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$. Koeficient prepustnosti (P) O_2 je $1,2 \times 10^{-15} \text{ cm}^2 \times \text{cm} / \text{cm}^3 \times \text{s} \times \text{Pa}$. Parcialni tlak O_2 v kozarcu je 0 . Katera je življenjska doba tega izdelka (t.j., čas, ki ga razbije)?

Iz (1) dobimo: $t = Q \times L / AP(p_{ext} - p_{int})$ kje:

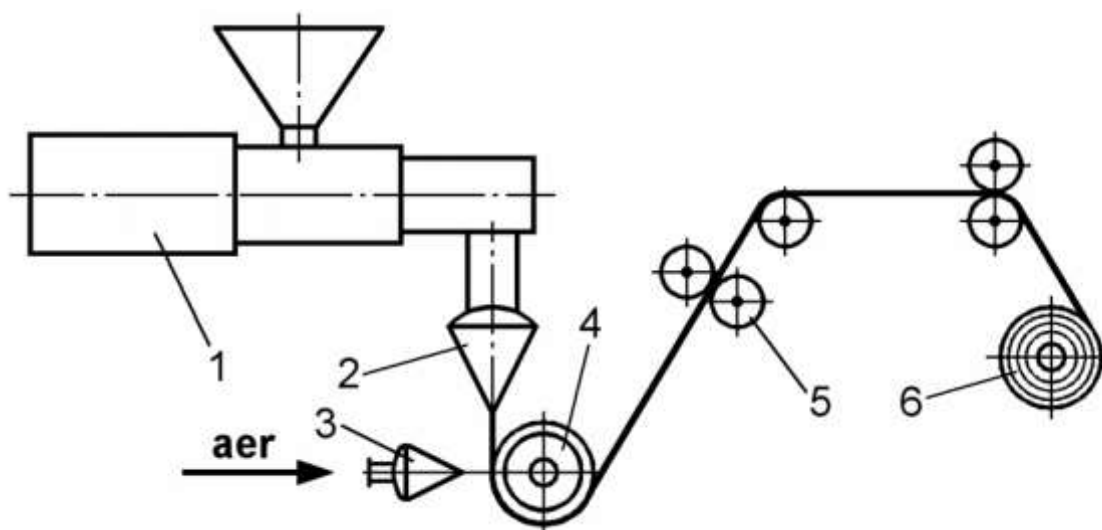
$$t = 3 \times 0,1 / 400 \times 1,2 \times 10^{-15} \times (21000 - 0) = 29761904 \text{ sekund} / 24 \times 3600 = 344 \text{ dni}$$

V prilogi A2.4 so podatki o koeficientih prepustnosti glavnih polimerov. Pozornost v prilogi 2 je P izražena v $\text{cm}^3 \times \text{cm} / \text{cm}^2 \times \text{s} \times \text{cmHg}$, pri čemer je $1 \text{ cmHg} = 1332,22 \text{ Pa}$, tako, npr. delni tlak kisika $p_{O_2} = 21000 \text{ Pa} = 21000 / 1332,22 = 15,76 \text{ cmHg}$.

¹³ https://ro.wikipedia.org/wiki/Legea_lui_Dalton



1.1 Iztiskanje plošč s ploščatim polnilom



Priloga 1. 1 Shema široke reže za plastične folije, po

<http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>

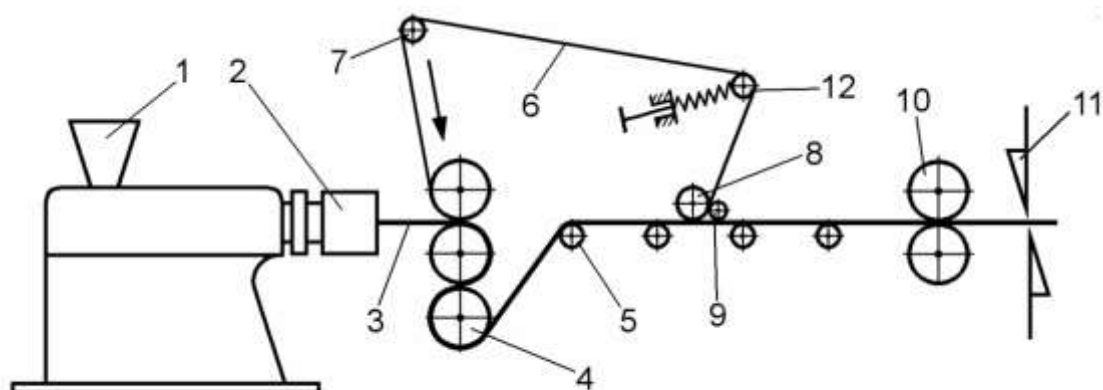
1. Ekstruder, 2. Vrtilna glava s široko šobo, 3. Sistem za hlajenje zraka, 4. Hladilni boben, 5. Gladilni valji, 6. Ovojni boben.

Taljenje polimera, ki se ekstrudira kot membrana, od iztiskane glave preko predilne glave s široko šobo je dimenzijsko stabilno, je v stiku z več izravnalnimi zvitki, preden se ga potegne in zavije na boben. Kromirana površina prvega bobna je zelo polirana tako, da je dobljena pločevina zelo sijajna in visoka. Pri iztiskanju s široko režo (zlasti pri visokih delovnih hitrostih) je sorazmerno visoka usmeritev filma v smeri stroja (to je v smeri ekstrudiranega toka) in ena zelo nizka v prečni smeri.

Dvostransko usmerjen film se lahko proizvaja z ekstrudiranjem s široko režo z uporabo raztezne naprave. Na primer, polistiren najprej ekstrudira skozi široko šobno glavo, ki se vrti pri okoli 190 ° C in ohladi na okoli 120 ° C, tako da poteka med valji. Premikanje pločevine pri 130 ° C poteka tako v vzdolžni kot na prečni smeri nekaterih palice, ki izvajajo napetost. Stopnja raztezanja je od 3: 1 do 4: 1 v obeh smereh.



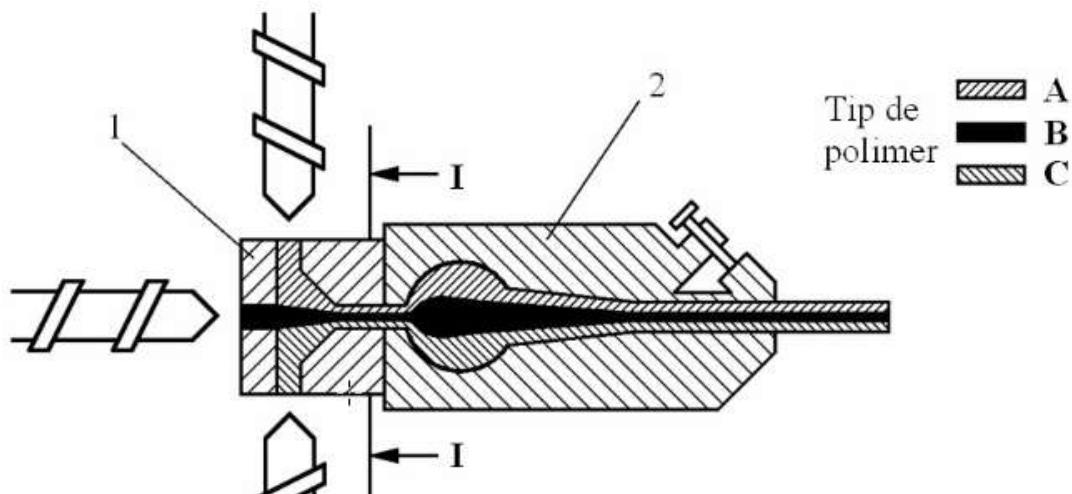
1.2 Iztiskanje tankih plošč



Priloga 1.2 Shema tankozidnega ekstruzijskega sistema za plošče po.

1. Ekstruder, 2. Široka šoba za vrtanje šob, 3. Ekstrudirana plošča, 4. Sistem zvitkov (kalandri), 5. Transportni trak z zvitki, 6. Neprekinjen trak iz tkanih steklenih vlaken, 7,8,9,12 vodilnih zvitkov, 10. Gumijasti strelni bobni, 11. Rezalni sistem

Co-ekstrudiranje tankih plošč

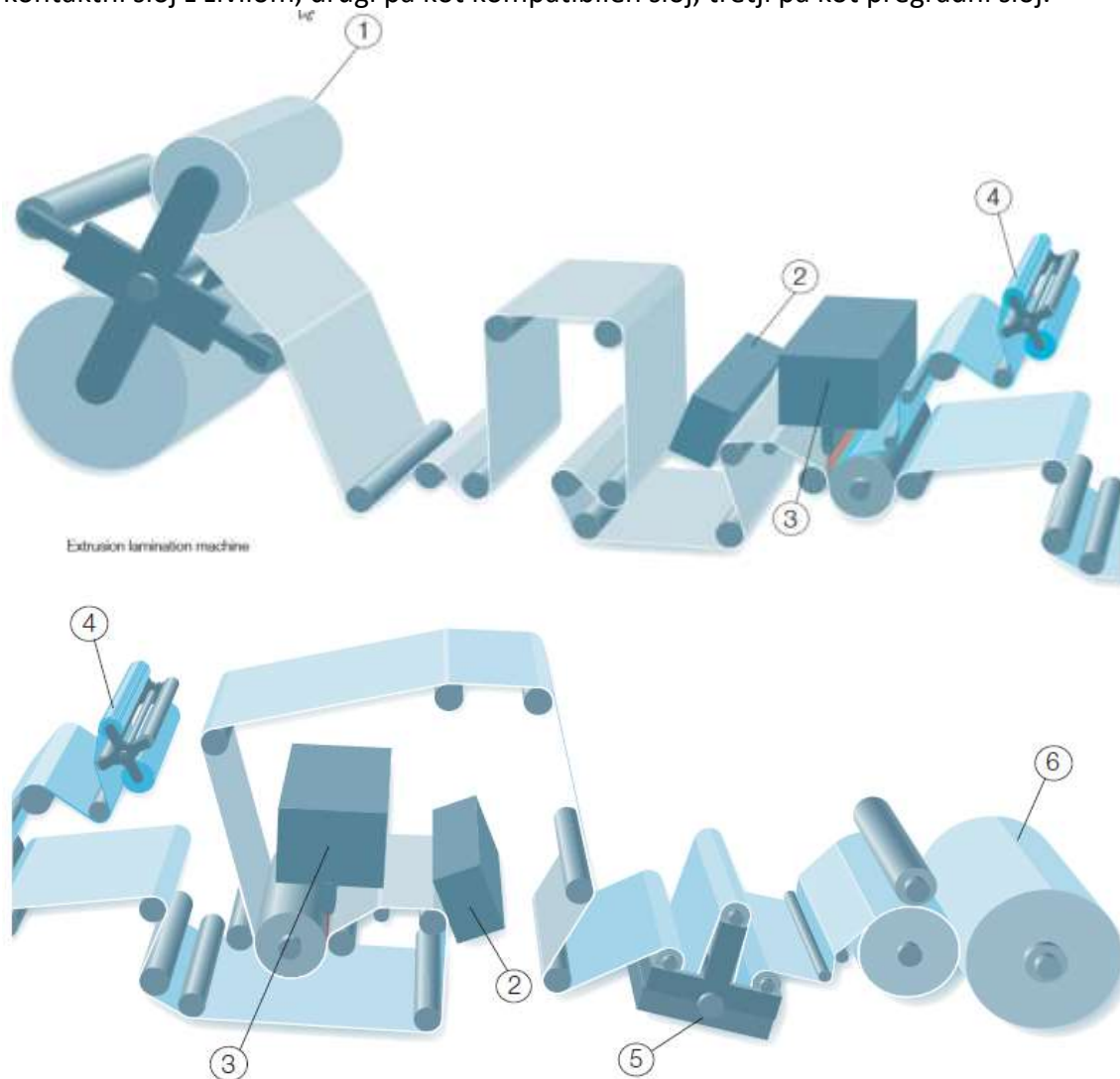


Priloga 1.3 3 ko-ekstruzije iz polimerov.

1. Oskrbni blok, 2. Glava za iztiskanje.



Dobimo tanko ploščo od 30 do 120 μm , iz treh polimerov, ki se prvič uporablja kot kontaktni sloj z živilom, drugi pa kot kompatibilen sloj, tretji pa kot pregradni sloj.

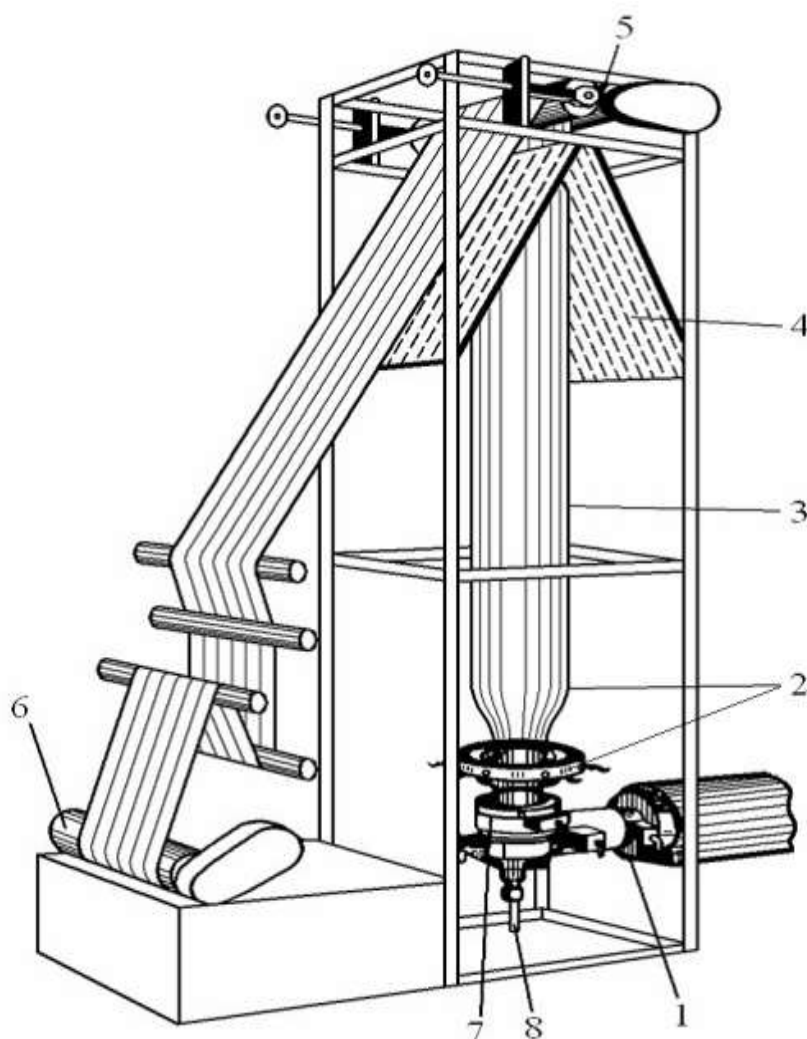


Priloga 1.4 Ekstruzijski premaz in laminacija

1. Karton, 2. Predhodna obdelava iz Corona na strani za tiskanje, 3. Prevlaka z raztaljeno plastiko iz ekstruderja, 4. Rolo z laminiranim filmom ali listom, 5. Obdelava z električnim razelektrivjo v Coroni za izboljšanje karakteristik plašča, Končni navijalni boben.

Po IGGESUND PAPERBOARD, Referenčni priročnik, ekstruzijski premaz in laminacija





Priloga 1.5 Vrstica za ekstruzijo folije in folije z odtočno cevjo navpično, po <http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>.

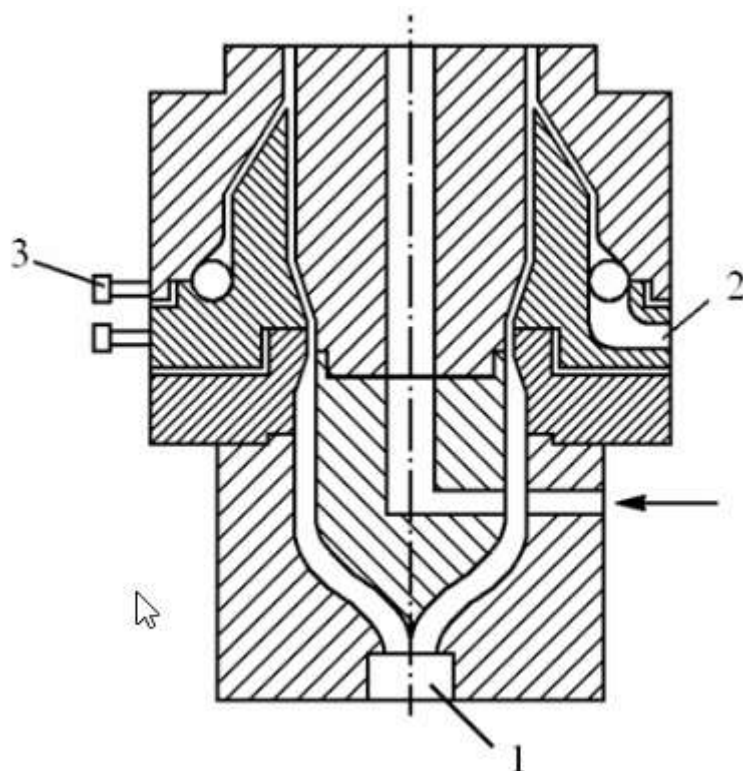
1. Ekstruder, 2. Hladilna cona, 3. Blew film, 4. Vodilne plošče, 5. Zapiralni cilindri filma, 6. Naprava za namakanje 7. Hladilni obroč, 8. Vhod zraka za dilatacijo filma.

Lastnosti:

- tlak plina vodi do povečanja premera in prečne črte;
- rastlinska produktivnost omejuje možnosti hlajenja cevi za odzračevanje;
- razmerje pihanja, razmerje premera pihalne cevi in reža za iztiskanje = 2: 1 - 3: 1 (običajno);
- vzdolžno raztezanje je zagotovljeno s streljanjem in izravnavo vlog iz jekla in prekrito s puhasto gumo;
- da dobimo enakomerne lastnosti na obeh osi, je potrebno, da se vzdolžno raztezanje razteza navznoter.

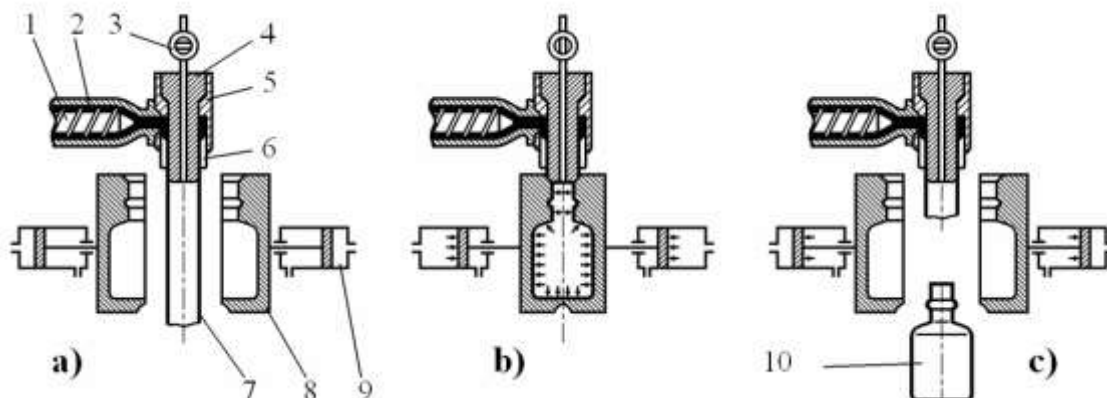


Simultano iztiskanje izpihanega filma



Priloga 1.6 Glava ekstruzije, da dobite dvostransko prepleteno pločvino. <http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>.

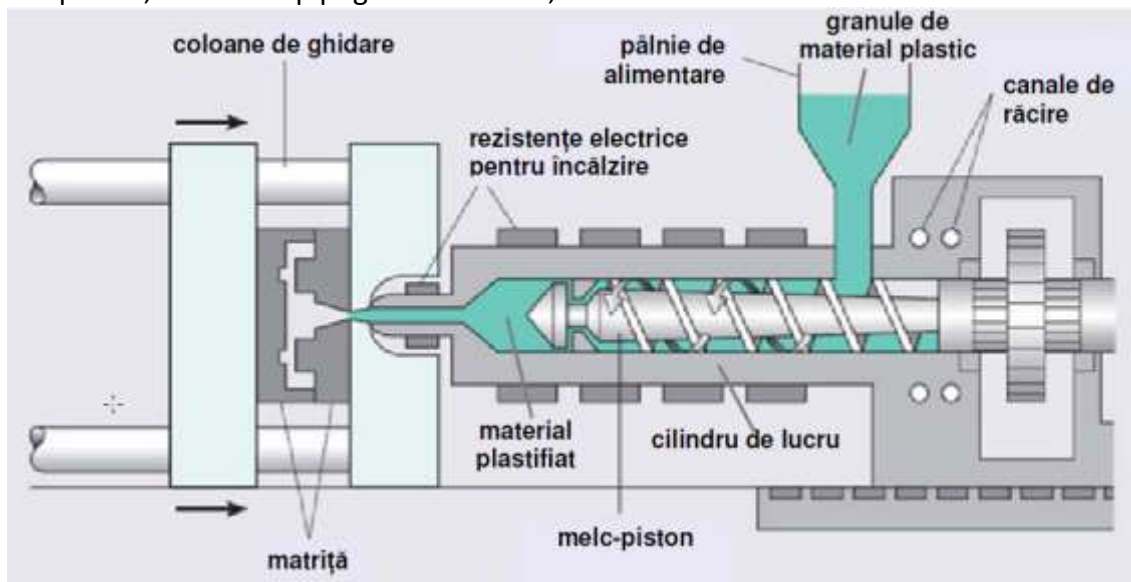
1. Uvedba notranjega sloja polimera, 2. Uvedba zunanjega sloja polimera, 3. Nastavitev



Priloga 1.7 Tehnološki postopek pridobivanja jamskih teles z ekstrudiranjem. Po

<http://www.tsocm.pub.ro/educatie/cepa/Ambalaje%20-%20CEPA%20-%20Curs%206.pdf>.

1. Ekstruder, 2. Taljen polimer, 3. Elektromagnetni ventil za sprejem komprimiranega zraka, 4. Mandrel, 5. Glava ekstruzije, 6. Podružnica, 7. Polizdelek iz plastične cevi, 8. Pol-plesen, 9. Pol-kalup pogonske cilindre, 10. končni izdelek.



Priloga. 1.8 Formiranje skozi injekcijo, ko:

<http://magnum.engineering.upm.ro/~gabriela.strnad/Tehnologia%20materialelor%20I%20-%20curs%20licenta%20an%20II/2%20CURS/capitolul%207.pdf>



A2. Druga plastika, ki se uporablja v embalaži za živila (glej tudi točko 8.1)– Ionomers

– Najbolj znan ionomer je Surlyn (Du Pont), povezan je s PE, je prozoren, trši in bolj odporen kot PE in zelo odporen na olja in maščobe ter ima odlične tesnilne lastnosti. Uporablja se za pakiranje mesa in sirov.

– **Etilen vinilacetat (EVA)** - je podoben PE in se uporablja v mešanici s PE. Na splošno se pri povečanju odstotka VA zmanjša temperatura pečenja in povečuje moč, povečuje prožnost pri nizkih temperaturah, povečuje upornost utrujenosti in povečuje fleksibilnost. Je tudi pomemben sestavni del v odpornem lepilu za visoko temperaturo, ki se uporablja v tehniki pakiranja.

– **Poliamidi (PA, najlon)** - PA lahko mešamo z PE, PET, EVA in EVOH. Lahko se oblikuje s pihanjem, da steklenice in kozarci pregledajo kot steklo, imajo majhno težo in dobro odpornost proti udarcem. PA film z dvosmerno orientacijo ima visoko odpornost na toploto in odlično odpornost na lomljenje in prebijanje. Ima dobro jasnost in se lahko zlahka termično deformira. Omogoča dobro oviro za okuse in vonj ter je odporna na olja in maščobe. Ima visoko prepustnost hlapov in je težko zapečatiti toploto. Te funkcije je mogoče izboljšati s prevleko PVdC. Tudi s polietilensko plastjo ali s koekstruzijo se ta struktura uporablja kot termoformabilna spodnja plošča za pakiranje slanine in sira v vakuumskih ali plinskih vložkih (pakiranje MAP / modificirana atmosfera). Film je mogoče metalizirati.

– **Poliviniliden klorid (PVdC)**. PVdC tesnila za ogrevanje in je odlična ovira za vodne in plinske hlapne ter za maščobne in mastne proizvode. Zaradi visoke oviro za plin in vonj se uporablja za zaščito občutljivih živil na okus in vonj zaradi izgube okusa in penetracije hlapnih snovi. Uporablja se v fleksibilnem pakiranju kot monomer, s koekstrudiranjem ali kot premazni material, ki ga je mogoče nanesti z raztopinami v organskih topilih ali vodnih disperzijah na plastične folije, kot so BOPP in PET ter papir in karton. PVdC je pogosto uporabljena sestavina v embalaži iz mesa in sira, prigrizki, čaja, kave in slaščic. Uporablja se za vroče polnjenje, retorte, skladiščenje pri nizkih temperaturah in MAP ter za polnjenje okolja in za distribucijo v različnih oblikah embalaže.

– **Stirol butadien (SB)** - SB kopolimer je tudi polimer za pakiranje - je odporen in prozoren, z zelo sijajnim premazom. Pihana folija ima visoko prepustnost za vodo in pline. Uporablja se za pakiranje svežih izdelkov.

– **Akrilonitril butadien stiren (ABS)** - je kopolimer z različnimi lastnostmi, odvisno od razmerja med tremi komponentami polimerov. Je trpežen material z dobro odpornostjo proti udarcem in raztezanjem ter je prilagodljiv. Je prozoren ali neprozoren in se uporablja pri izdelavi velikih posod.

– **Etilenski vinil alkohol (EVOH)** - To je odlična ovira za O₂ in je odporna na absorpcijo in penetracijo mnogih izdelkov, kot so olja, maščobe, okuse in vonjave. Je občutljiv na vlago in se zato uporablja pri ekstruziji v strukturah z več sloji, kot so folije za fleksibilno pakiranje, plošče za termooblikovanje in za vbrizgavanje steklenic, tako da ne pride v stik s tekočino.

PP / EVOH / PS in PS / EVOH / PE strukture se uporabljajo za pakiranje svežega mesa in testenin, solate, kave, kompote itd. PP / EVOH / PP je velika ovira, ki se uporablja za pasterizacijo izdelkov, kot so sadja, paštete, otroške hrane in polproizvodne hrane, ki



se lahko segreva v mikrovalovni pečici. Prav tako je lahko laminiran z ekstrudiranjem s številnimi drugimi polimeri za različne namene.

– **Polimetil penten (PMP ali TPX)** - je prozoren, odporen na temperature do 200 °C, ima dobro odpornost na kemikalije, prozornost in sijaj. Glavna uporaba embalaže za hrano je prevleka na kartonu z ekstrudiranjem za uporabo pri peki v obliki kartonskih škatel in pladnjev za kruh, pecivo in druga kuhana živila v embalaži. Pakirana hrana se lahko segreva v mikrovalovni pečici in v drugih pečicah.

– **Visoki nitrilni polimeri (HNP)** - Uporablja se pri proizvodnji drugih plastičnih materialov, kot sta ABS in SAN, ki jim dajejo pregrade lastnosti plinov in okusov ter dobro kemijsko odpornost. HNP je primeren za embalažo hrane in je izdelan pod blagovno znamko BAREX, ki se piha in izlije v filmu z ekstruzijo ali injekcijo. Je prozoren, odporen in tog. Uporablja se pri ekstruziji z HDPE za izdelavo steklenic in PE, PP in aluminijasto folijo za aplikacije v fleksibilnem pakiranju. Plošče lahko termoformiramo.

– **Fluoropolimeri (PCTFE / PTFE)** - PCTFE ima najvišje pregradne lastnosti vodnih hlapov vseh polimerov in je odporen na veliko kemikalij pri nizkih temperaturah. Lahko nadomesti aluminijasto folijo in je na voljo kot film ali plošče. Je prozoren, lahko ga zapremo za ogrevanje, lahko je laminiran, termoformiran, metaliziran in steriliziran. Relativno je draga in čeprav je možno, da se ne uporablja za embalažo za živila. PTFE (Teflon) ima visoko temperaturo taljenja in je inerten in voskast polimer. Uporablja se pri izdelavi pakirnih strojev.

– **Materiali na osnovi celuloze** - Regenerirana celulozna folija (RCF) je narejena iz ekstrahirane celuloze iz lesa, ki se raztopi in regenerira z ekstrudiranjem skozi režo, vlije na boben in obdelana s kislino, po tem pa se navije na boben v obliki filma. RCF, imenovan Cellophane, je znani material. Ni termoplastičen material, je polimer z visoko molekulsko maso, naravno pridobljen. Zaradi fleksibilnosti se plastificira z vlažilci vrste glikola. Stopnja fleksibilnosti se lahko spremeni od toge do zelo fleksibilne, jo je mogoče zviti ali uporabiti z zvijanjem. To je šibka ovira za vodne hlape, ta lastnost pa se uporablja pri izdelkih, ki morajo izgubiti vlago, kot so pekovski izdelki in druge mokro slaščice, da bi dosegli pravo teksturo, ko je pakiran. (Plastične folije, na primer PP ali PE bi ohranile previsoko relativno vlažnost znotraj embalaže in zato ugodile oblikovanju). Ko je suh, je RCF dobra ovira za kisik. Varjenje / tesnjenje za ogrevanje in pregrada, ki izboljša vodo in plin v hlapov, se lahko doseže s premazom z nitrocelulozo ali PVdC. Lahko je obarvana (rdeča za božična darila) in metalizirana in se lahko natisne. Celulozni acetat izvira tudi iz celuloze. Je zelo prozoren in sijajen. Lahko se natisne. Uporabil ga je laminiranje na kartonu in oknih za oblikovanje kartonov. V primerjavi z BOPP, ki ima podobne lastnosti, je dražji, nadomestili pa so ga tudi drugi polimeri, kot so PVC, PET, PP, PVA.

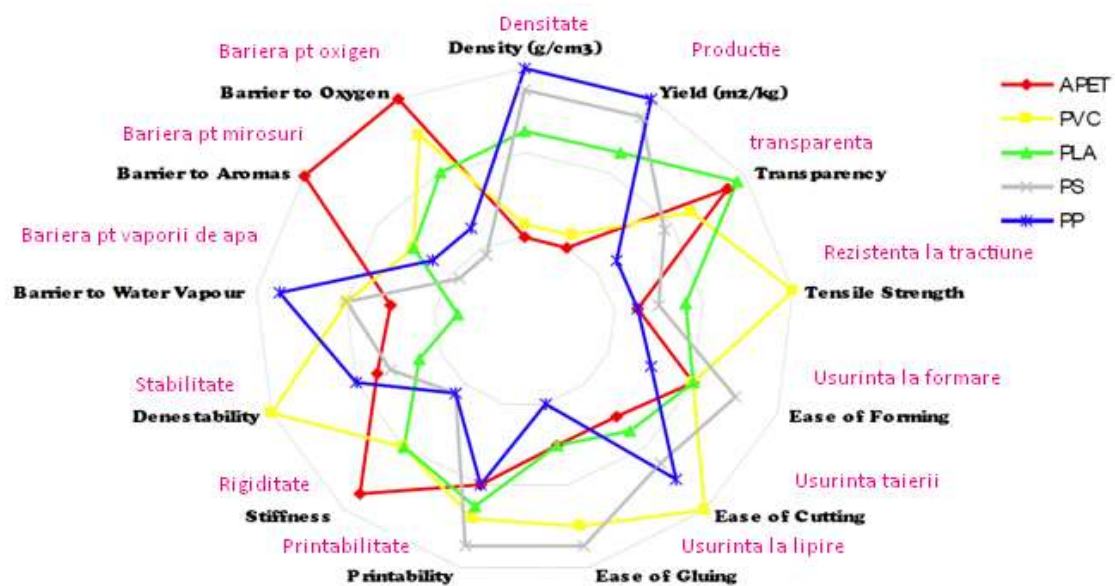
– **Polivinil acetat (PVA)** - To je polimer, ki tvori amorfni material z dobrimi adhezivnimi lastnostmi glede dostopnosti in moči posušenega varjenja. Glavna uporaba PVA v embalaži hrane je kot lepilo razpršeno v vodi. PVA lepila se uporabljajo za tesnjenje stranskih šivov zložljivih kartonskih škatel in embalaže valovitega kartona ter za laminiranje na aluminijasto folijo.



PRILOGA 2 PLASTIKE, VRSTE, LASTNOSTI IN ZNAČILNOSTI
ZA OBLIKOVANJE HRANE PAKIRANJA.

Tabela A2. 1 Lastnosti glavnih polimerov, ki se uporabljajo za plastično embalažo

Name	Density g/cm ³	Tm Melting °C	Tg glass °C	Tensile strength MPa	Elastic limit %
PET	1.37-1.455	260	75	55-75	50-150
LDPE	0.910 -0.940	98-115	-	8.0 -31	
PVC	1.30-1.58	100260	57-82	50-80	20-40
HDPE	0.952-0.965	130-137	-	18.5-24.8	55
PP	0.855-0.946	160	-	31-41	15
PS	1.04-1.05	240	95	45-60	3-4
ABS	1.04-1.05	-	105-115	29.6	20
SAN	1.06-1.1	-	102-104	32-40	4
PC	1.2-1.22	267	150	55-75	80-150
PA Nylon 6	1.15	254	-	59-90	50



Slika A2.1 Spider diagram lastnosti polimerov po uporabi za načrtovanje recikliranja plastične embalaže uporablja Mepex Consult AS 2017



Tabela A2.2 Tabela za uporabo plastike v težki embalaži za hrano po ¹⁴

Plastika	LDPE	HDPE	PP	PVC	PET	PS
Odobritev hrane	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Približna temperatura vročega polnila	80	95	120	Od 50 do 65 Odvisno od vrste	60 standardnih, 85 delnih toplotnih nastavitev, 95+ polni toplotni set	Od 60 do 95 glede na vrsto
Pregrada kisika	Zelo slab	Slab	Slab	Zmeren do dobrega	Dober	Slab
Pregrada za vlago	Dober	Odličen	Odličen	Zmeren	Zmeren	Slab
Moč udarca	Odličen	Dober	Slab do dober, odvisno od stopnje	Slab do dober, odvisno od stopnje	Odličen	Slab do zmeren glede na razred
Jasnost	Zmeren	Slab	Slab do dober, odvisno od stopnje	Dober	Odličen	Slab do odličen glede na razred
Glavne aplikacije	Mehke kape	Steklenice, kape in zapirala	Škatle in kadi, pokrovi za vijake, pokrovi na tečajih, nekaj steklenic	Steklenice / sticle	Gazirane pijače in druge steklenice	Jogurt in lonci za sire
Oblikovanje procesov	Brizganje, ekstrudiranje, brizganje	Brizganje, ekstrudiranje, brizganje	Brizganje, ekstrudiranje, brizganje, termoformiranje	Ekstrudiranje, brizganje, termoformiranje	Stretch-blow molding, termoformiranje	Vbrizgavanje, termoformiranje

¹⁴ F. Hannay, Nampak Skupina za raziskave in razvoj, Rigid Plastics Packaging - Materiali, procesi in aplikacije, Rapra Technology Limited, UK



Tabela A2.3 Lastnosti uporabe plastičnih materialov, ki se uporabljajo kot embalaža za živila ¹⁵

Material	Značilnosti izdelka		Marketing issues		Environmental issues		Cena
	Prednosti	Slabosti	Prednosti	Slabosti	Prednosti	Slabosti	
Poliolefini PP, PE	Dobra pregrada za vlago; Močan; Odpornost na kemikalije	Slaba plinska pregrada	Lahka	Rahlo meglenje ali prosojnost	Reciklirati; Visokoenergijski vir za sežiganje	Preprosto recikliramo v polprepustni obliki; težje prepoznavanje in ločevanje filmov	Poceni
Poliester	Močan; Odpornost na vroče polnjenje; Dobre pregrade lastnosti		Visoka jasnost; Odpornost proti poškodbam		Možnost recikliranja (a), (b)	Preprosto recikliramo v trdni obliki, vendar težje prepoznavamo in ločimo za filme	Poceni, vendar z višjimi stroški med plastiko
Polivinil klorid PVC	Oblikovljivi; Odpornost na kemikalije		Visoka jasnost		Možnost recikliranja (a)	Vsebuje klor; Zahteva ločitev od drugih odpadkov	Poceni

¹⁵ Po: KENNETH MARSH & BETTY BUGUSU, Pakiranje hrane in njegov vpliv na okolje, www.ift.org



Poliviniliden klorid PVDC	Visoka ovira za vlago in pline; Toplotno tesnjenje; Stojalo za vroče polnjenje;		Ohrani kakovost izdelka		Možnost recikliranja (a)	Vsebuje klor; Zahteva ločitev od drugih odpadkov	Poceni, vendar višji stroški med plastiko
Polistiren PS	Na voljo kot trda, filmska in penasta oblika	Slabe lastnosti ovir	Dobra jasnost		Možnost recikliranja (a)	Zahteva ločitev od drugih odpadkov	Poceni
Poliamid PA	Močan; Dobre pregrade lastnosti				Možnost recikliranja (a)	Zahteva ločitev od drugih odpadkov	Poceni, vendar višji stroški med plastiko
Etilen vinil alkohol EVOH	Visoke pregrade lastnosti olja in maščobe	Nizke pregrade lastnosti vlage; občutljiva na vlago	Ohrani kakovost izdelkov, ki so občutljivi na kisik		Možnost recikliranja (a)	Zahteva ločitev od drugih odpadkov	Poceni, ko se uporablja kot film
Polilaktična kislina PLA	Biorazgradljivi; Hidroliziraj				Možnost recikliranja (a), (c)	Zahteva ločitev od drugih odpadkov	Relativno drago
a) Vsi termoplasti so tehnično reciklirani in se reciklirajo za varstvo okolja in prispevajo k zniževanju stroškovne cene.							
b) Obsežno se reciklirajo za proizvodnjo neživilskih izdelkov.							
c) Makromolekule (polimere) lahko razgradimo na monomerno raven in predelamo.							

Tabela A2.2 Združljivi materiali



Tabela A2.4 Propustljivost glavnih polimerov po http://www.faybutler.com/pdf_files/HowHoseMaterialsAffectGas3.pdf

		COMPONENTS								
		HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PET	Paper	Steel Aluminum	
I	BODY	HDPE	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red
	LDPE	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	PP	Green	Green	Green	Red	Red	Green	Green	Green	Green
	PVC	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green
	PS	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green
	PET	Green	Green	Green	Red	Red	Green	Red	Red	Red
	Paper	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Red	Red
	Aluminum	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green



Polymer	Common/Trade Name	Permeability Coefficients at 25°C ($P \times 10^{10}$)	
		Oxygen	Moisture
Poly(isoprene)	Natural Rubber	23.3	2290
Poly(chloroprene)	Neoprene G	4.0	910
Poly(isobutene-coisoprene)	Butyl Rubber	1.3	110
Poly(vinyl chloride)	PVC (unplasticized)	0.045	275
Poly(tetrafluoroethylene)	Teflon	4.2	4.8
Poly(tetrafluoroethylene-co)	Teflon FEP	4.9	17
Poly(ethylene), low density (0.914 g/cm ³)	LDPE	2.2	68
Poly(ethylene), high density (0.964 g/cm ³)	HDPE	0.3	9
Poly(propylene) density (0.907 g/cm ³)	PP	1.2	35
Poly(vinylidene chloride)	Saran	0.005	0.5
Poly(trifluoro chloroethylene)	Kel-F81	0.04	0.1
Poly(ethyl methacrylate)	Plexiglas	1.2	3200
Poly(carbonate)	Lexan	1.4	1400
Poly(ethylene terephthalate)	PET	0.035	130

Permeability Coefficient P = (amount of permeate) (film thickness)/(surface area) (time) (pressure-drop across film).
Units of P : [cm³ cm]/[cm² s (cm Hg)].



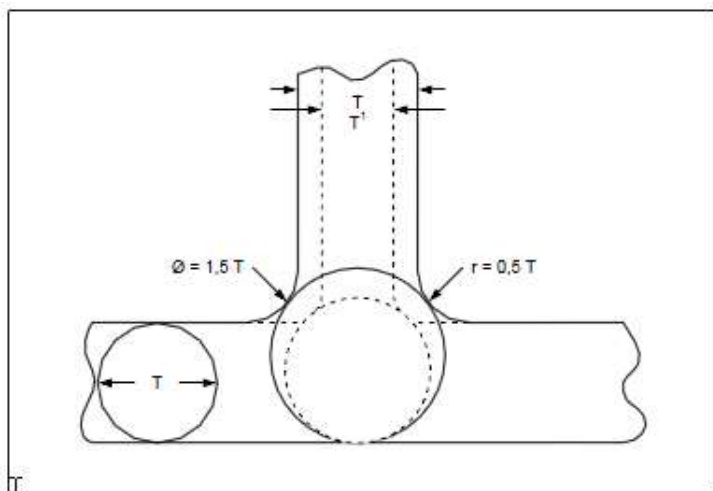
Ekodizajn v pakiranju hrane

Enota 8: Plastika v embalaži za živila

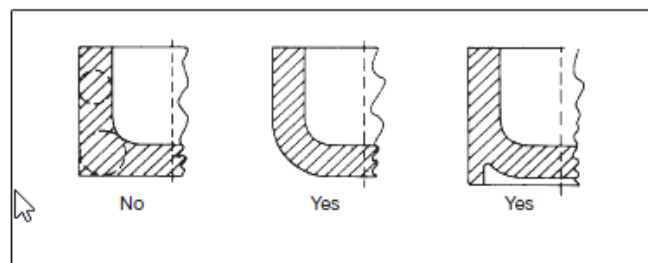
Priloga 2: Plastike, vrste, lastnosti in značilnosti za načrtovanje embalaže za živila.

Stran 5 od 5

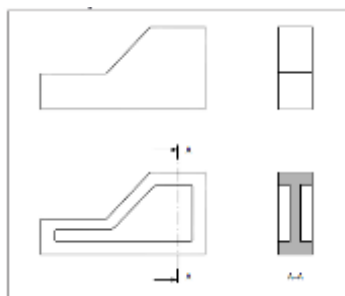
PRILOGA 3: NEKATERA PRIPOMOKA ZA OBLIKOVANJE PLASTIČNIH KISLIN, VKLOPLJENIH NA KOLI (IZDELKI IZ PROJEKTHNIH VODIČ - MODUL 1 DUPONT)
 DUPONT)



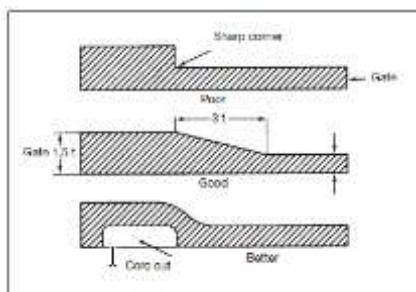
A3.1 Dimenzije rebra



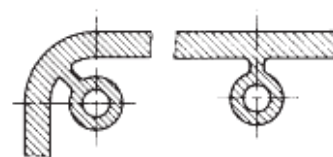
A3.2 Zasnova zunanjih kotov



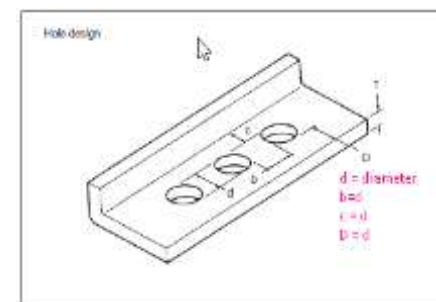
A3.3 Enotna oblika za steno



A3.4 Prehod na različno debelino



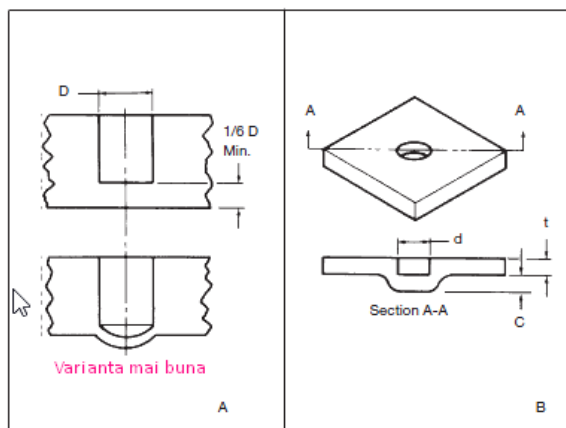
A3.5 Dober dizajn za šefe



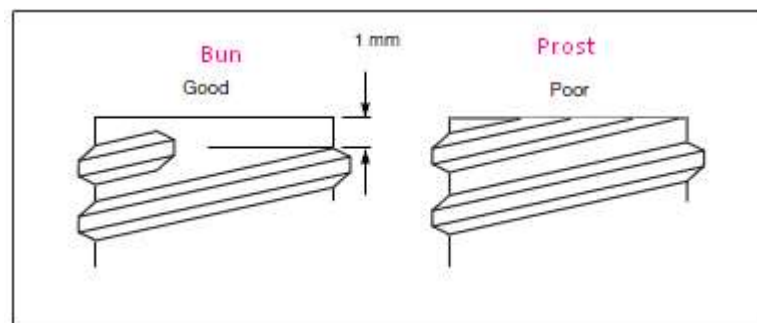
A3.6 Debelina lukenj



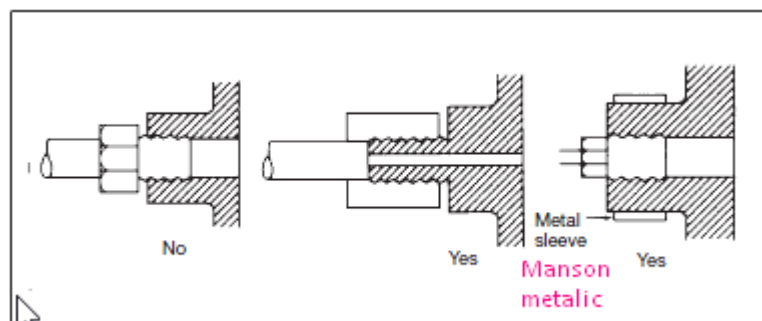
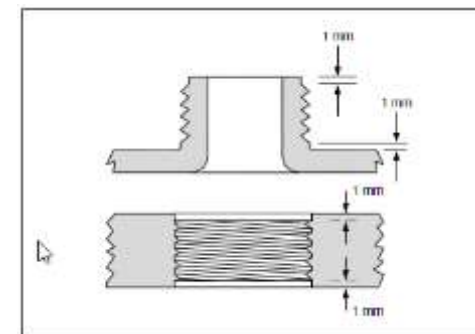
PRILOGA 3: NEKATERA PRIPOMOKA ZA OBLIKOVANJE PLASTIČNIH KISLIN, VKLOPLJENIH NA KOLI (IZDELKI IZ PROJEKTHNIH VODIČ - MODUL 1 DUPONT)
DUPONT)



A3.7 Nestrpljene luknje



A3.8 Popravite zaključke niti



A3.9 Navojni kovinski-plastični navoji

Tolerance: Na splošno z vlivanjem v kalup lahko dosežemo enake tolerance s:
 $\Delta t_o = \pm (0,1 \dots 0,0015 * a)$ [mm]
 kjer je a velikost v [mm].

