



Tomaž Pintarič

PREDELAVA PLASTIČNIH MAS

Strokovno področje: Strojništvo



Datum objave gradiva: oktober 2017



KOLOFON

Avtor: **Tomaž Pintarič**

Drugi avtorji (slikovno, multimedijsko gradivo): **Franček Pintarič, Arch d.o.o.**

Naslov: **Predelava plastičnih mas**

Elektronska izdaja

Založil: **Konzorcij šolskih centrov**

Novo mesto, oktober 2017

url: <http://www.razvoj-upd.si/wp-content/uploads/2017/07/17.-PREDELAVA-PLASTICNIH-MAS-Tomaz-Pintaric.pdf>

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID=293623552
ISBN 978-961-7046-14-4 (pdf)



To delo je ponujeno pod Creative Commons
Priznanja avtorstva – Nekomercialno deljenje
pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija licenco



Kazalo vsebine:

1. Osnove plastike	6
1.1. Kaj je »Plastika«?	7
1.2. Zakaj imenujemo plastiko za material 3. tisočletja?	7
1.3. Iz česa je narejena plastika?	8
1.4. Kako se plastike razvršča?	10
1.4.1. Termoplasti	11
1.4.2. Duroplasti	18
1.4.3. Elastomeri	19
1.5. Kakšne so fizične lastnosti plastike?	20
1.6. Fizikalne lastnosti plastike	23
1.6.1. Gostota	23
1.6.2. Toplotna prevodnost	23
1.6.3. Električna prevodnost	24
1.6.4. Prepustnost svetlobe	24
1.7. Kako poiskati pravo plastiko	24
2. Postopki izdelave in obdelave plastike	26
2.1. Priprava ustrezne plastične mešanice pred predelavo	28
3. Ekstrudiranje	33
3.1. Ekstruder	33
3.2. Izdelava profilov in drugih dolgih izdelkov z ekstruzijo	36
3.3. Ekstruzija in pihanje	36
4. Brizganje plastike	40
4.1. Stroj za brizganje	42
4.2. Orodje za brizganje	45
4.3. Osnove za določitev orodja	46
4.4. Parametri brizganja	47
4.5. Brizganje termoplastov in elastomerov	48
5. Termoformiranje	50
5.1. Načini termoformiranja	51
5.2. Tehnološki postopek termoformiranja	54
5.3. Tehnološka oprema za termoformiranje	55
6. Dela pri predelavi plastike	58
6.1. Delo s strojem za brizganje plastike	58



6.1.1.	Pregled in nadzor stroja za brizganje	59
6.1.2.	Menjava orodja za brizganje	60
7.	Recikliranje plastike	61
7.1.	<i>Ovire pri recikliranju plastike</i>	62
7.2.	<i>Načini recikliranja</i>	62
7.2.1.	Toplotna depolimerizacija.....	62
7.2.2.	Termično stiskanje	63
7.3.	<i>Pomen oznake plastike za recikliranje</i>	63
8.	Viri in literatura:	65



Povzetek

Gradivo za usposabljanje vsebuje vse glavna področja predelave plastike. Razdeljeno je na posamezne enote. Na začetku so poglavja, ki predstavijo plastiko kot material, nato sledi poglavje priprave plastike za obdelavo. Sledijo postopki za predelavo plastike, ekstrudiranje, brizganje in termoformiranje. Največji poudarek je na brizganju plastike, kajti s tem postopkom se predela več kot 70 % vse plastike.

Vsaka enota ima na začetku ključna vprašanja in na koncu pregledna vprašanja. V gradivo so vgrajeni prosto dostopni video posnetki posameznih tehnoloških postopkov predelave plastike. Le-ti nam nazorno pokažejo realne procese in simulacije procesov. Gradivo za usposabljanje je namenjeno za pridobivanje znanj o plastiki in tehnologijah za predelavo plastike. Omogoča pa tudi samostojno učenje o plastiki in predelavi plastike.

Ključne besede

plastika, termoplasti, duraplasi, elastomeri, ekstruder, brizganje, termoformiranje, recikliranje

1. Osnove plastike

Odgovorili bomo na naslednja vprašanja:

- Kako razvrstimo plastiko?
- Iz česa je narejena plastika?
- Kakšna je kemična struktura navadne plastike?
- Iz kakšne plastike je narejen CD?
- Ali se plastiko lahko reciklira?
- Kakšne so lastnosti plastike?
- Kje vse se uporablja plastika?

Posnetek 1: **Kako iz plastične mase nastane izdelek**

<https://vimeo.com/209791560>



Slika 1: *Plastika pred predelavo* /<https://www.moja-dejavnost.si/izdelki-iz-plastike-po-narocilstajerska/jan-caks-sp/MM15w6do/>



1.1. Kaj je »Plastika«?

Izraz »plastika« ni izraz za samo en določen material. Tako kot »kovina« ne more pomeniti samo železo ali aluminij, je »plastika« splošen izraz za številne materiale, ki se razlikujejo v strukturi, lastnostih in sestavi. Lastnosti plastike se razlikujejo tako široko, da se izraz po večini uporablja kot nadomestilo ali dopolnilo za konvencionalne materiale, kot npr. les ali kovina.

Skupno vsem plastikam je njihova zgradba iz zelo dolgih molekularnih verig (verižne molekule), ki se med sabo mešajo ali povezujejo. Pravimo jim makromolekule (makro = veliko). Te makromolekule pogosto vsebujejo več kot 10.000 individualnih strukturnih elementov. Individualni elementi teh molekularnih verig so razporejeni en za drugim kot koralde na ogrlici. Plastiko si lahko predstavljamo kot klobčič volne, zgrajen iz mnogo posameznih nitk. Iz tega klobčiča bi bilo zelo težko potegniti eno samo nitko. Tako kot volna drži vse nitke, tako plastika drži vse makromolekule skupaj. Posamezne strukture elementov, ki tvorijo makromolekule, se imenujejo »monomeri« enote (mono = enojen, meros = del). Za makromolekule in s tem tudi za plastiko, uporabljamo tudi izraz »polimeri« (poly = več).

Plastika je material, ki ga sestavljajo organski elementi v makromolekularni sestavi. Ti sestavi so narejeni sintetično ali pa s pretvarjanjem naravnih materialov. Glavna lastnost plastike je, da se enostavno oblikuje in da jo lahko obremenimo čez mejo plastične deformacije pod določenimi pogoji (npr. visoka temperatura ali pritiski).

1.2. Zakaj imenujemo plastiko za material 3. tisočletja?

Nekaj razlogov:

- plastika je povzročila novo industrijsko revolucijo;
- že 20 let je plastika po volumnu in vrednosti proizvodnje pred jeklom;
- po predvidevanjih bo leta 2020 le še 20 % kovin med industrijskimi materiali, leta 1945 je bil delež kovin 80 %;
- najrazvitejši in največji proizvajalci plastike: ZDA, Japonska, ZRN;
- letna rast proizvodnje je od 5,5 % do 22 % že vrsto let;
- poraba plastike na prebivalca je merilo standarda - Slovenija je s 60 kg na prebivalca dokaj visoko;
- plastika je cenejša od jekla, je pa tudi gradivo za najdražje izdelke;
- ogromen izbor lastnosti: v prodaji je cca 6500 vrst plastik, razvrščenih v približno 300 kemijskih skupin;



- plastika lahko dosega ekstremne mehanske lastnosti, npr. natezna trdnost na enoto teže je 80-krat večja kot pri jeklu;
- plastika je glavni funkcionalni del vseh vej visoke tehnologije: informatika (trakovi, diski, CD-ji, ...); elektronika (vezja, upori, kondenzatorji, tranzistorji, tudi prevodniki in polprevodniki, ...); medicina (večina aparatov, "nadomestni deli telesa", ...); konstrukcije vesoljskih vozil; skoraj vsi športni rekviziti; avtomobili;
- s stališča ekologije je plastika med najprijaznejšimi materiali, če seveda upoštevamo celoten ekosistem (ohranitev vrst, klima, tla, energija, voda, zrak, surovine, odpadki);
- plastična embalaža se je po količini prebila na 1. mesto - če bi vso embalažo zamenjali za plastično, bi zmanjšali onesnaženje za 25 %;
- plastika se surovinsko in energetske uspešno sanira;
- plastika rešuje problem zalog surovin na Zemlji;
- PVC - "najbolj umazana plastika" - je preživel 30 let napadov, a proizvodnja še vedno raste. V PVC pa so shranjene vse zaloge krvi.

1.3. Iz česa je narejena plastika?

Plastika ali polimer je sestavljena in osnovnih elementov monomerov. Največkrat naredimo polimere iz ene osnovne snovi na način, da spremenimo osnovni material. Lahko pa uporabimo različne mešanice.

Osnovna materiala za monomere sta po večini surova nafta in zemeljski plin. Ogljik je osnovni element, ki ga potrebujemo za polimere. Teoretično lahko pridobimo ogljik iz lesa, premoga in celo atmosferskega CO₂. Vendar te surovine niso uporabljene, ker je proizvodnje monomerov iz zemeljskega plina in nafte bolj poceni.

Na začetku so monomere pridobivali kot odpadni material pri proizvodnji bencina in kurilnega olja. Ko se je potreba po plastiki povečala, se je monomere začelo načrtno proizvoditi v rafinerijah.

Pridobivanje polimerov:

Pri pridobivanju polimernih snovi razlikujemo tri vrste reakcijskih procesov:

1. Polimerizacija

Polimerizacija je najbolj razširjen industrijski postopek sinteze termoplastičnih mas. Monomeri tekočih ali plinastih substanc se nalagajo drug na drugega na mestih dvojnih valenc, ki razpadejo. Pri tem se ena valenca porabi za zvezo z drugim monomernim delcem, pri čemer se ne izloča noben stranski produkt.

Primer: $-CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 -$ (polietilen)

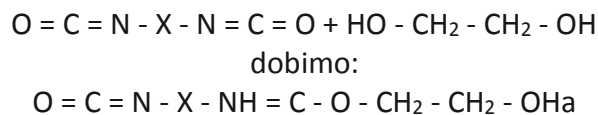
2. Polikondenzacija

Pri polikondenzacijskem procesu se različni monomeri preko reakcijsko sposobnih končnih skupin spojijo skupaj, pri čemer se kot stranski produkt izloči voda, amonijak ali drugi nizkomolekularni stranski produkti. Značilni produkti polimerizacije so poliestri, polikarbonati in poliamidi.

Primer: fenol + formaldehid = fenolna smola + voda

3. Poliadicija

Pri poliadiciji se združujeta dva različna monomerna delca, ki vsebujeta atomske skupine in sta sposobna za reakcijo. Reakcijo spajanja monomernih delcev sproži preseljevanje vodikovega atoma iz enega monomera k drugemu. Pri tem ne nastajajo nobeni stranski produkti.

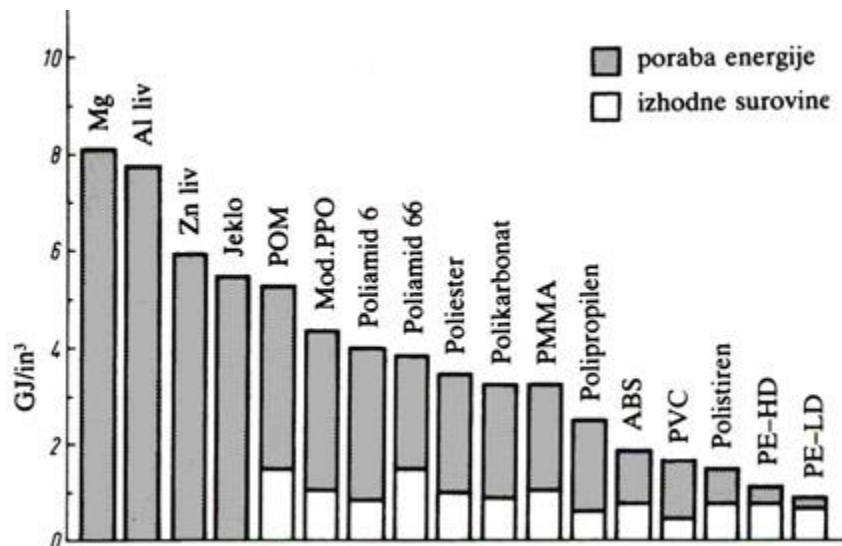


Slika 2: Prikaz polimera /<http://polymerknowhow.blogspot.si/>

Posnetek 2: Nastanek plastike in najbolj uporabne plastike

<https://vimeo.com/100330260>

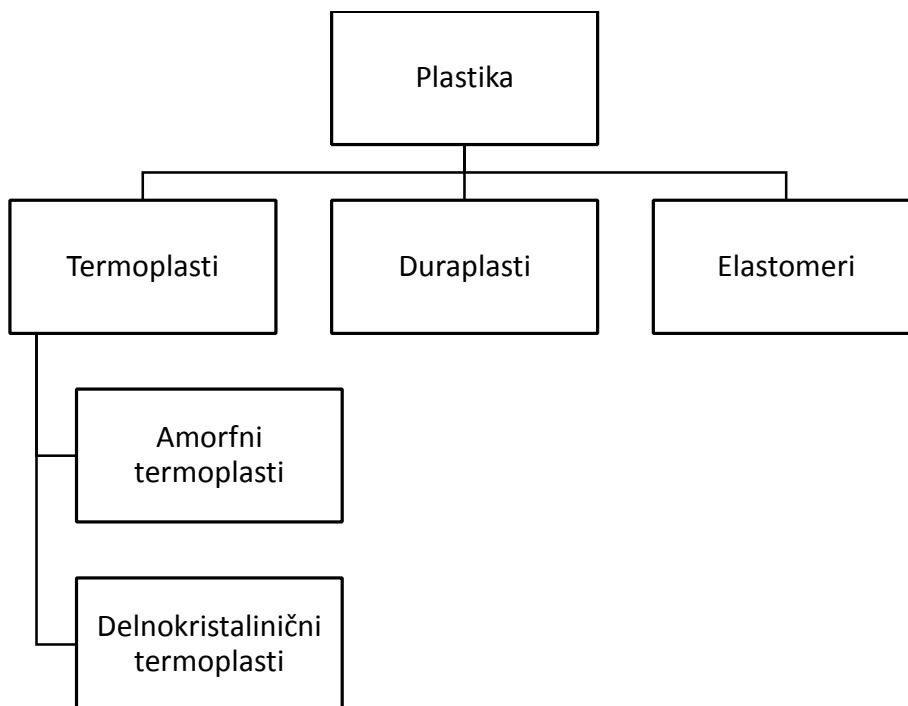
Na spodnji sliki je prikazana poraba energije za nekatere kovine in polimerne materiale.



Slika 3: Poraba energije za pridobivanje kovin in plastik /<http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali.htm/>

1.4. Kako se plastike razvršča?

Poznamo tri velike skupine plastičnih materialov, ki se med sabo razlikujejo. Slika 4 prikazuje tri velike skupine s primeri.



Slika 4: Osnovna delitev plastike

1.4.1. Termoplasti

Termoplastične mase so danes v svetu pa tudi pri nas najbolj razširjene. Njihova prednost pred ostalimi je reciklaža, kar z drugimi besedami pomeni možnost večkratne predelave. Z ekološkega vidika imajo torej pred seboj še svetlo prihodnost.



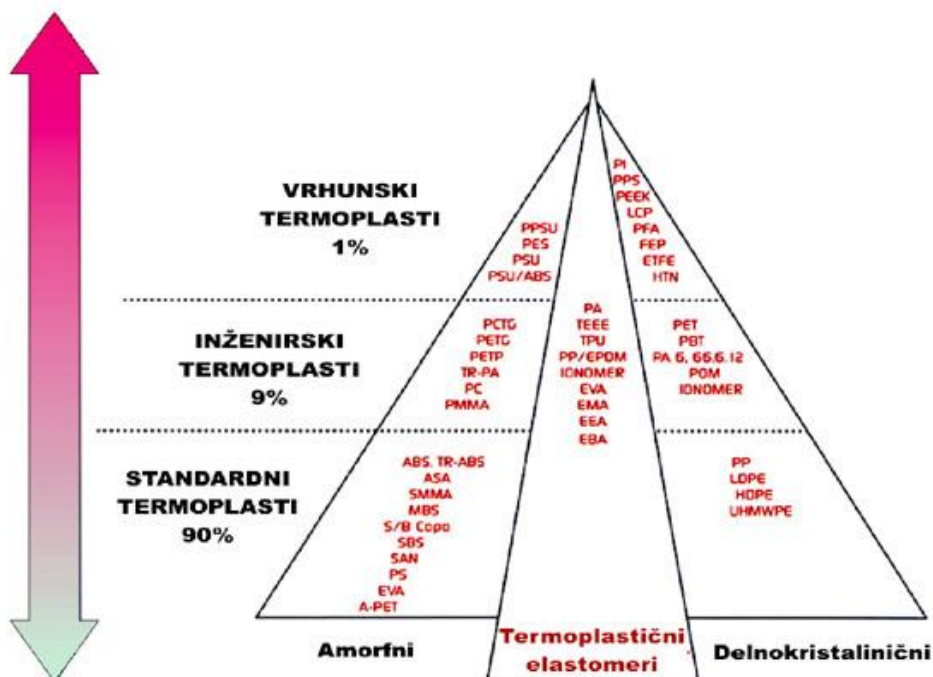
Slika 5: Izdelki iz termoplastov

Termoplasti so linearni razvejani polimeri, ki se največkrat predelujejo pri povišani temperaturi. Od tod izvira tudi ime termoplasti - thermos = toplo. Pri višjih temperaturah postane polimer tekoč in primeren za brizganje. Po ohlaiditvi talina otrdi in obdrži dano obliko. Njihova slaba lastnost je torej v tem, da niso odporni proti povišani temperaturi, saj se dokaj hitro začnejo mehčati in izgubijo svoje mehanske lastnosti.

Danes v svetu obstaja cela množica različnih termoplastičnih materialov. Njihovi proizvajalci iz meseca v mesec ponujajo nove izpeljanke, ki so danes več ali manj namenjene specifičnim izdelkom. Termoplasti tudi vedno bolj odžirajo tržni delež duroplastov (termoplasti odporni proti višjim temperaturam) in elastomerov (termoplastični elastomer).

Nepoznavalci tega področja imajo nemalo težav pri izbiri ustreznega materiala za svoj izdelek. Danes termoplaste lahko delimo na več načinov. Na področju strojništva jih največkrat delimo na:

- amorfne termoplaste
- delnokristalinične termoplaste



Slika 6: : Delitev termoplastov /<http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali-termoplasti.htm/>



Na sliki 6 lahko vidimo delitev termoplastov in hkrati odstotek uporabe določene skupine termoplastov v praksi.

Za takšno delitev se strojniki največkrat odločajo zato, ker posamezna skupina močno vpliva na tolerance izdelka. Amorfní materiali po predelavi manj krčijo in so zato dimenzijsko manj problematični. Delnokristalinični materiali se pri predelavi bolj krčijo.

V Sloveniji se omenjeni materiali največkrat predelujejo s tehnologijo brizganja, ekstrudiranja, pihanja, termoformiranja in stiskanja.

Pri našem vsakdanjem delu se najpogosteje srečujemo z naslednjimi vrstami termoplastov: PA, PP, HDPE, LDPE, ABS, ASA, SAN, PS, PVC, PMMA, PC, PBT, PET, POM, PEI.

Termoplaste označujemo s kraticami – velikimi črkami, ki povedo kemično strukturo plastike. Dodatno pa lahko uporabimo še oznake, ki opredelijo njihovo uporabo, polnilo in osnovne lastnosti, kot npr. gostota ali viskoznost.

Primer oznake plastike

PE –HD

Ime plastike: linearni polietilen visoke gostote

Okrajšava za osnovni polimerni material

- PE = polietilen

Kodne črke za dodatne lastnosti

- H = prva črka za posebne lastnosti: H = high (visok)
- D = druga črka za posebne lastnosti D = density (gostota)

Največ uporabne tehnične plastike

PA - Udarna odpornost ter samo-mazalnost

Poliamidi, PA, so delno kristalinični termoplasti. Najpogostejši inženirski obliki sta PA6 in PA66, tudi PA12. Poliamidi imajo številne podskupine, splošno znana je modifikacija z oljem, PA6 + olje, ki je samo-mazalna izvedba. Izdelani so s postopkom litja, PA6G, ali ekstrudiranja, PA6E. Poliamidi so trdni in žilavi. Imajo dobre drsne lastnosti ter visoko odpornost proti obrabi. Poliamidi so dovzetni za vlago. Temperaturno so obstojni v intervalu od -40 °C do 110 °C, za kratek čas do 150 °C. Temperaturno obstojnost je potrebno preveriti za vsak tip poliamida posebej. Poliamid uporabljamo za ležaje, transportne valje, kolesa za škripce, zobnike, jermenice, puše, smučarska vezi in drugo.



POM - Visoka trdnost in odlična obdelovalnost

Poliacetal (acetal, polioksimetilen), POM, je visoko kristalinični polimer. Ima dobro natezno trdnost, visoko trdoto, nizek koeficient trenja, dobro dimenzijsko stabilnost, togost, žilavost, tudi pri nižjih temperaturah, kemijsko odpornost, dobre obrabne in drsne lastnosti, dobre elektroizolacijske lastnosti ter visoko prebojno trdnost. Temperaturno uporaben od - 40 °C do 105 °C, za kratek čas zdrži tudi do 140 °C. Izpeljanke POM + PTFE, POM GF30, POM + PE in ostale izboljšujejo trenje in obrabno odpornost. Obstočnost v alkoholih, bencinu ter ostalih organskih medijih. POM je prvi med enakimi z vidika razmerja med ceno in kakovostjo. Strojna obdelava nesimetričnih izdelkov zahteva poseben tehnološki pristop.

PE - Obdelovalnost ter kemijska odpornost

Polietilen, PE, je delno kristaliničen termoplast. Poznamo HDPE (PE300), HMWPE (PE500) ter UHMWPE (PE1000). Razlikujejo se po molekularni masi ter mehanskih lastnostih. Temperaturno območje do 95°C, krajši čas do 120°C. Material se lomi pri -50°C. Obstočen je v razredčenih kislinah, alkoholih, oljih, HDPE ter tudi v bencinu. Primeren je za stik z živili. Lepljenje zaradi nepolarnosti ni priporočljivo. Ima odlične elektroizolacijske lastnosti. Se vari. Za PE1000 je značilna manjša gostota 0.94 g/cm³ (HDPE 0.96 g/cm³), kar mu izboljša količnik trenja ter obrabno in udarno odpornost. Uporaba PE1000; vodila, transportni trakovi, podajalni sistemi, strojni deli črpalk in drugo. HDPE uporabimo pri mehansko manj izpostavljenih aplikacijah kot so tesnila, držala, pokrovi in drugo.

PP - Varilnost ter kislinska in kemijska odpornost

Polipropilen, PP, je delno kristaliničen termoplast. Napolarna struktura mu omogoča veliko molekularno maso. Na ta način je odporen na kemikalije in vodne raztopine soli, kislin in baz. Homopolimeri so pri sobni temperaturi togi in žilavi. Za vodo ni dovzeten. Temperaturno uporaben do 100 °C, krajši čas do 130 °C. Pri 0° se lomi. PP je enostaven za obdelavo, toplotno oblikovanje in varjenje. Dobra odpornost na udarce ter boljša odpornost na praske kot HDPE. Primeren je za kontakt s hrano. Uporablja se za izdelavo hladilnih stolpov, čistilnih stolpov za izpiranje plinov, komponente črpalk, stenske obloge, kuhinjske pulte in drugo.

PP-HT - Temperatura in sterilizacija

Polipropilen za visoke temperature, PP-HT, je inovativen material na osnovi polipropilena, ki s svojimi karakteristikami zapolnjuje vrzel med poliolefini in tehničnimi termoplasti. Je dimenzijsko stabilen ter toplotno obstočen od -30 °C do 105 °C, krajši čas tudi do 140 °C. Primeren je za višje mehanske obremenitve. Sorazmerno lahka tehnična plastika s specifično gostoto 0.93 g/cm³. Uporabljamo ga za sterilizacijske strojne elemente predvsem v medicini ter pri mehansko zahtevnejših aplikacijah, avtoklave, ki morajo ustrezati zahtevam živilske industrije.



PET - Dimenzijska stabilnost in kemična odpornost

Polietilentereftalat, PET, je delno kristalinični termoplast z dobrimi električno izolativnimi lastnostmi. Material je trden, trd, žilav in dimenzijsko stabilen. PET plastiko uporabljamo v temperaturnem območju med $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zaradi odličnih drsnih lastnosti in dobre obrabne odpornosti se PET plastika pogosto uporablja za mersko stabilne tehnične izdelke z majhno obrabo, dobrimi drsnimi lastnostmi in temperaturno stabilnostjo. Primer aplikacije so komponente črpalk, ohišja krogličnih ležajev, drsni ležaji, grla luči, stikala, zobniki, drsni elementi, sklopke. Fiziološka varnost je zagotovljena s strani BfR in FDA certifikatov.

PVC - Togost ter kislinska in kemijska odpornost

Polivinilklorid, PVC, je material z visoko togostjo ter nadpovprečno kemično odpornostjo. Obstojen v kislinah, razredčilih, bencinu, bazah, alkoholih in drugo. PVC se vari in lepi. Ima dobro električno izolativnost. Temperaturno je uporaben do $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lomi se pri $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zmerna odpornost na udarce in zmerna delovna temperatura ter zelo dobra odpornost na vlago. Odlikuje ga dobra dimenzijska stabilnost. Je samogasen. Gori s sajastim plamenom. PVC uporabljamo za izdelavo posod za shranjevanje kemikalij, komponent za cisterne, komponent za črpalke, za električne izolatorje, fitinge in drugo. Pri strojni obdelavi je potrebno hlajenje, odrezki se ne lomijo, temveč navijajo na obdelovanec.

PTFE - Kemijsko obstojen z nizkim trenjem

Polietrafluoretilen, PTFE, znan kot Teflon, je delno kristalinični termoplast. Ne navzema se vlage. Površina PTFE je spolzka, praktično nelepljiva. V kolikor želimo lepiti, je potrebno predhodno jedkanje ali plazmiranje. Temperaturni razpon od $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $260\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dolgoročna sončna svetloba mu ne spremeni lastnosti. PTFE se pogosto modificira s pomočjo polnil, ki izboljšujejo trenje, togost in trdoto ter obrabo in dimenzijsko stabilnost. Odporen je skoraj na vse kemikalije. Ima odlične dielektrične lastnosti. Uporaba za tesnila, batne in drsne obročke, drsni ležaji, električne in toplotne izolatorje, varilne čeljusti, membrane, prenosniki toplote in drugo.

PEEK - Temperatura ter stabilnost

Poliariletereterketon, PEEK, lahko neprestano delujejo na $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, krajše do $310\text{ }^{\circ}\text{C}$. PEEK odlikujejo superiorne lastnosti. V številnih primerih lahko nadomesti kovinske materiale. PEEK ima nadpovprečen odziv pri dinamičnih obremenitvah, nizek koeficient toplotnega raztezanja, visoko natezno in upogibno trdnost, visoka udarna žilavost. Odporen je na večino kemičnih snovi ter na rentgenske žarke, abrazivno odporen. Dimenzijsko stabilen material z nizkim koeficientom trenja, se lahko sterilizira z vročo paro. Uporablja se za izdelavo vročevodnih števcov, zobniških dvojic, rotorjev, drsnih ležajev in drugo.

PVDF - Kemična in kislinska odpornost

Polivinilfluorid, PVDF, je visoko kristalinični termoplast. Dobre električne, kemične, termične in mehanske lastnosti ohranja skozi temperaturni spekter od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Odporen je na zunanje vremenske vplive, UV sevanje, gama žarke in številne kemične snovi. PVDF je samogasen z minimalnimi emisijami dima. Je zelo dober električni izolator. Ne absorbira vode, ni toksičen. Primeren je za stik z živili. Mehanska obdelava je enostavna kot pri PA. Vari se s klasičnimi varilnimi metodami. Uporabljamo ga v aplikacijah, ki pogojujejo visoko kemijsko in kislinsko odpornost in/ali so v stiku z živili.

ABS - Visoka togost in žilavost

Akrilonitril butadien stiren, ABS, je delno kristalinični termoplast. Ima dobro odpornost na praske, dobro trdnost in togost. Temperaturno območje uporabe je med $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Odlično zmanjšuje hrup. Zaradi dobrih mehanskih lastnosti je ABS plastika pogosto uporabljena v preciznem inženiringu. Teoretična gostota ABS je $1,05\text{ g/cm}^3$. ABS sodi v skupino lažjih polimerov, skupaj s PE in PP. Glavne lastnosti; majhna absorpcija vode, dobra trdnost, togost in trdota, zmerno temperaturno območje uporabe, dobra dimenzijska stabilnost in odpornost na toplotno deformacijo, enostaven za strojno obdelavo ter dobra odpornost na kemikalije.

PC - Brezbarven in oblikovno stabilen

Polikarbonat, PC, je amorfen termoplast. Odlikuje ga visoka togost, električno izolativne lastnosti in odpornost na temperaturne deformacije. Ima dobro udarno trdnost ter dimenzijsko stabilnost. Temperaturni doseg od $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, za krajši čas tudi do $130\text{ }^{\circ}\text{C}$. PC ima nadpovprečno časovno in vremensko obstojnost. Zaradi transparentnosti PC pogosto uporabljamo za optično čiste dele, v elektrotehniko in medicini. Izpeljanka z dodatkom stekla PC GF30 zviša trdnost in togost (E modul) ter nekoliko zniža žilavost. Dobre elektroizolacijske lastnosti so neodvisne od vlage in temperature. Uporabljamo ga za varnostne revizijske zaščite, razna ohišja, table, ohišja filtrov, medicinski elementi. FDA certifikat zagotavlja fiziološko varnost.

PMMA - Transparentnost ter obdelovalnost

Polimetilmetakrilat, PMMA, oziroma akrilno, pleksi steklo je amorfen termoplast. Lahek, steklu podoben material z 1.19 g/cm^3 . Ima odlično odpornost na vremenske vplive ter nadpovprečno optično čistočo. Temperatura uporabe do $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Prozorne akrilne plošče so boljše, varnejša izbira kot steklo, saj so 17-krat močnejše in polovico lažje. Je enostavno za obdelavo, lepljenje in oblikovanje. Lito akrilno steklo je izjemno kvalitetno, z odličnimi tehničnimi lastnostmi in visoko trdnostjo. Ekstrudirano se lažje oblikuje z vakuumom in je primerno za aplikacije zahtevnejših oblik. Ima dobro odpornost na vremenske vplive in UV sevanje, dolga življenjska doba, dobre akustične lastnosti, odlična površinska trdota. Uporaba za vitrine, izložbena okna, trgovinske regale, police, okvirjanje, oznake, zaščitne zasteklitve, svetila in strešna okna, predelne stene in drugo.



PPE - Udarna trdnost in hidrolitična odpornost

Polifenileneter, PPE, je amorfen termoplast. Temperaturno uporaben med $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $115\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ima visoko odpornost na temperaturno obremenitev, dimenzijsko stabilnost in zelo majhno absorpcijo vlage. Z 1.06 g/cm^3 sodi med lažje inženirske plastike. Dobra trdnost, togost in trdota. Enostaven za strojno obdelavo. Nekoliko slabša odpornost na kemikalije. PPE je zelo težko vnetljiv. Uporablja se za nadzorne plošče, pogonske sklope, bela tehnika, elektrotehnične komponente in drugo. Ima FDA certifikat. Izpeljanka s steklenimi vlakni PPE GF30 izboljša togost, natezno ter upogibno trdnost, odpornost na udarce se nekoliko zmanjša.

PUR - Velik raztezek ter obrabna odpornost

Poliuretan, PUR, je termoplastični elastomer. Material ima visoko natezno trdnost z velikim raztekom ter visok E modul. Na razpolago so različne trdote Shore A. PUR je izredno odporen na obrabo. Njegov histerezni učinek je skoraj ničen. Ima dober oprijem s kovinami. Temperatura delovanja od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, za krajši čas tudi do $110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Neobstojen je v alkoholih, vroči vodi, oljih in maščobah, kislinah in bazah. UV ni stabilen. Za strojno obdelavo potrebujemo ostra orodja. Nekateri uporabniki ga pred strojno obdelavo zamrznejo, s čimer si olajšajo struženje oziroma rezkanje. Uporaba; dušilni elementi, puše, tesnila, oblazinjenje koles, obrabni elementi in drugo.

PSU - Trdnost ter kemijska odpornost

Polisulfon, PSU, je amorfen termoplast. Je prozoren, visoko transparenten material. Odlikuje jih visoka trdnost, togost in žilavost tudi pri temperaturi do $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zgornja temperatura uporabe polisulfona je $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, krajše tudi do $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. PSU je tako kot PA higroskopičen, mehanske lastnosti se mu z navzemanjem vlage spreminjajo. Je nepolaren, zato ima dobre elektroizolacijske lastnosti zanemarljive dielektrične izgube. PSU je termično stabilen z majhnim koeficientom toplotnega raztezanja. Obstojen je v bencinu, olju, alkoholih, nekaterih kislinah in bazah. Pri strojni obdelavi ne hladimo oziroma ne mažemo. Material lahko poliramo. Uporablja se pri mehansko zahtevnejših aplikacijah kjer je zahtevana prozornost, kot so ohišja, zobniki, drsni elementi in drugo.

PPSU - Mehanska ter kemijska odpornost

Polifensulfon, PPSU, je amorfen material. Odlikuje ga odlična udarna žilavost in kemična odpornost. Temperatura obratovanja izdelkov iz PPSU je do $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, za krajši čas tudi do $210\text{ }^{\circ}\text{C}$. Material ima izredno udarno odpornost in kemično stabilnost. Uporablja se v avtomobilski industriji za izdelavo aplikacij, kjer potrebujemo odpornost na ogenj ob visoki udarni trdnosti, v vodovodnih sistemih za vročevodne fitinge, v zobozdravstvu in kirurgiji, kjer od elementov zahtevamo večkratno sterilizacijo. PPSU material uporabljamo tudi za izdelavo notranjih komponent v letalski industriji.

PEI - Superiorne mehanske lastnosti

Polieterimid, PEI, je amorfen polimer. Ima odlične mehanske, toplotne ter električne lastnosti. Visoko trdnost, togost in nekoliko nižjo žilavost. Dinamično odporen je tudi v daljšem časovnem

razponu. Nizka obraba ob nizkem količniku trenja. Temperatura obratovanja izdelkov iz PEI je do 170 °C, krajši čas tudi do 200 °C. Značilen je po visoki odpornosti na ogenj. Odporen je tudi na sevanje zato se uporablja v nuklearni industriji. Obstojen je v etrih in alkoholih ter razredčenih kislinah. Uporabljajo se za izdelavo ležajev, zobnikov, rotorjev za ventilatorje, drsni elementov in podobno.

1.4.2. Duroplasti

Za razliko od termoplastov, katerih proizvodnja nenehno narašča, pa je področje duroplastov mnogo bolj mirno. Vzrok temu je verjetno v tem, da duroplastov ne moremo reciklirati, preoblikovanje se namreč lahko opravi le enkrat. Ko se pri termoreaktivni snovi pod vplivom visoke temperature sproži kemična reakcija, pri kateri snov polimerizira, se makromolekule, ki so med seboj mrežasto prepletene, čvrsto združijo na zelo kratkih razdaljah v toge, trde členkaste spoje, tako da je celotno telo ena sama velika, prostorskoumrežena makromolekula z amorfno strukturo. To duroplastom omogoča veliko trdnost in obstojnost oblike (od tod tudi ime duros = trd). Vež, ki nastane med makromolekulami se ne sprosti niti s segrevanjem, zato so te snovi po reakciji neraztaljive in se razkrojijo šele pri sežigu.



Slika 7: Izdelki iz duraplastov

Kljub temu pa so duroplasti na številnih področjih nezamenljivi. Odlikuje jih predvsem velika temperaturna obstojnost in trdnost.

V splošnem jih delimo na:

PF - Fenolna smola (fenoplasti)

UF - Urea smola

MF - Melanin (aminoplasti)

UP - Nenasičene poliesterske smole Alkidna smola

- Alilna smola
- Poliimidi

- Polibismaleinimid
- Polietierimid
- Poliamidimid
- Polibenzimidazol

KEP - Epoksi smola

PUR - Puliuretan

V Sloveniji se duroplasti predelujejo predvsem s tehnologijo brizganja.

1.4.3. Elastomeri

Elastomeri nastanejo tako, da se nitaste makromolekule kavčuka med vulkanizacijo na redkih mestih elastično povezujejo. Ta elastična vez omogoča veliko raztegljivost snovi, vendar pa kljub tej elastičnosti členkastih vezi molekule niso razdružljive in je ponovna taljivost, tako kot pri duroplastih, nemogoča. Snov se pri segrevanju ne tali in se razkroji šele pri sežigu, tako da je tudi ta proces ireverzibilen.

Prvi poznani elastomer je bil kavčuk, ki je lepljiva, žilava plastična masa z zelo dolgimi, popustljivimi in upogljivimi molekularnimi verigami. Z različnimi primesmi in z vulkanizacijo se nitaste makromolekule med seboj členkasto sprimejo in tvorijo nerazdružljivo elastično zvezo. Tako iz plastičnega kavčuka dobimo elastično gumo, ki se pod mehansko obremenitvijo elastično preoblikuje, nato pa se pri razbremenitvi povrne v prvotno obliko. Za elastičnost je pri elastomerih merilo število veznih točk: mehki materiali imajo malo veznih točk, medtem ko imajo trdi materiali veliko veznih točk. Struktura elastomerom pa je amorfn.



Slika 8: Izdelki iz elastomerov

1.5. Kakšne so fizične lastnosti plastike?

Plastika je lahek material

Plastika je lahek gradbeni material, pogosto lažji od kovin in keramik. Več vrst plastik je lažjih od vode in zato lahko plavajo. Uporabljajo se za lahke sestavne dele letal, plovil, v avtomobilski industriji, pakiranju in za športna orodja. Aluminij je trikrat težji od polietilena (PE), jeklo je osemkrat težje od polietilena.

Plastika je enostavna za obdelavo

Obdelovalne temperature plastike segajo od sobne temperature do približno 250 °C – v posebnih primerih tudi do 400 °C. (Za primer – najnižja obdelovalna temperatura za jeklo sega preko 1400 °C!). Nizka obdelovalna temperatura omogoči lažjo predelavo z manj potrebne energije. Zaradi tega so izdelki iz plastike cenejši, tudi če so bolj kompleksnih oblik. Različne metode obdelav, kot brizganje ali pihanje, bomo podrobneje predstavili kasneje.

Plastiki lahko dodajo različne dodatke in jo na enostaven način zelo izboljšamo

Zaradi nizke obdelovalne temperature je v plastiko možno dodajati različne dodatke, npr. barvila in pigmente, polnila (lesna moka, mineralni praški), ojačevalce (steklo, ogljikova vlakna) in zrak za proizvodnjo penaste plastike.

Z barvili je možno različno obarvati plastiko. V večini primerov zaradi tega ni potrebno naknadno barvanje in lakiranje.

Plastiki lahko dodamo neorganska polnila v obliki praška ali peska. Dodamo lahko v velikem razmerju (tudi do 50 %). Polnila povečajo modul elastičnosti in tlačne trdnosti in pripomorejo k pocenitvi plastike. Organska polnila, kot so tkanine tekstilskih vlaken ali celuloznih mrež, povečajo trdoto. To se največkrat uporablja za avtomobilske gume, kjer uporabljamo elastomere. To nam izboljša mehanske lastnosti (odpornost na praske), poveča toplotno prevodnost in odpornost na svetlobo. Z dodajanjem mehčalcev (določeni estri in voski) lahko spremenimo mehanske lastnosti trdih plastik do nivoja, da le-te dosežejo stanje podobno elastomerom.

Steklena, ogljikova in armirna (npr. kevlar) vlakna so materiali, ki jih lahko uporabljamo za ojačenje plastike. Vlakna so lahko kratka ali dolga, lahko so kot tkanja. Če jih plastiki pravilno dodajamo, nam to omogoča veliko povečanje trdnosti in togosti.

Zrak se uporablja pri proizvodnji sintetičnih penastih plastik, katerih gostota se lahko zmanjša do ene stotine gostote začetnega materiala. Zaradi toplotnoizolacijskih materialov so penaste plastike primerne za proizvodnjo zelo lahkih gradbenih materialov (izolacijski stiropor).

Plastika imajo nizko prevodnost

Plastika se lahko uporablja kot izolator pri električnem toku. Uporabljamo jo za izolacijo električnih kablov kot tudi za izolacijo proti toplotnim obremenitvam. Plastiko lahko tako uporabimo za



gradnjo hladilnih sistemov, kot tudi za toplotno obremenjene sisteme. Prenos toplote je pri plastiki približno 1000-krat manjši kot pri kovinah.

Plastika ima nizko električno prevodnost

Plastika praktično nima nič prostih elektronov, zato je električna prevodnost pri plastiki manjša kot pri kovinah. Elektroni prenašajo toploto in električni tok v kovinah. To lastnost plastike lahko spremenimo s pomočjo dodatkov.

Plastika je odporna na mnogo kemikalij

Kemijske vezi, ki povezuje atome v plastiki se razlikuje od kemičnih vezi pri kovinah. Zaradi tega plastika ne more rjaveti kot kovine. Nekatere plastike so močno odporne proti kislinam, bazam ali vodnim raztopinam soli. Vendar pa so v veliko primerih topne v organskih topilih, kot sta bencin in alkohol.

Plastika je prepustna

Plastika ima visoko stopnjo prepustnosti plinov. To je posledica velikih razdalj med molekulami. To je kar velika pomanjkljivost plastike. To se razlikuje od tipa plastike. Prepustnost je lahko tudi uporabna pri membranah za razsoljevanje morske vode, pri izdelavi filtrov ali celo nadomestilih za organe.

Plastiko je možno reciklirati

Plastiko lahko recikliramo ali ponovno izkoristimo z uporabo različnih metod. Lahko pridobimo energije pri sežiganju plastik, ki jih ni možno ekonomsko reciklirati. Nekaterih plastik ne moremo sežigati brez težav, ker se pri sežiganju sproščajo nevarni plini. Pri sežiganju teh plastik moramo uporabiti filtre. To velja še posebej za plastike, ki vsebujejo klor (kot PVC) ali fluor (kot PTFE, boljše poznano pod trgovskim imenom Teflon).

Danes je obvezno označiti vsak plastični izdelek z identifikacijskim simbolom. Ko se izdelek reciklira, lahko preko tega simbola vemo iz kakšne plastike je zgrajen. Plastike ločimo po tipu plastike in jih recikliramo.

Druge lastnosti plastike

Nekatere plastike so **prožne**. Čeprav se moč in modul elastičnosti razlikuje med določenimi vrstami plastik, so po večini manjše kot pri podobnih lastnostih kovin. V veliko primerih je njihova visoka prožnost prednost pri obdelavi in uporabi.

Veliko vrst plastike ima boljše **odpornost proti udarcem** kot steklo. Ker se jo da zelo dobro obdelati, lahko dosežemo enake optične in druge lastnosti, kot jih ima steklo. Plastika ni tako občutljiva kot steklo, vendar pa se lahko hitro opraska. Zaradi tega se plastiko vse bolj uporablja kot nadomestilo za steklo v gradbeništvu, pri sestavnih delih za avtomobile in za očala.



Pregledna vprašanja:

1. V katere tri velike skupine razvrstimo plastiko?
2. V kateri dve podskupini razvrstimo termoplaste?
3. Kako označujemo termoplaste?
4. Kako temperatura vpliva na termoplaste?
5. Naštej nekaj termoplastov in njihovo uporabnost!
6. Katere so glavne lastnosti duraplastov?
7. Naštej nekaj duraplastov in njihovo uporabnost!
8. Katere so glavne lastnosti elastomerov?
9. Naštej nekaj elastomerov in njihovo uporabnost!
10. Kako lahko primerjaš težo plastike s kovino?
11. Kakšne obdelovalne temperature imajo plastike v primerjavi s kovinami?
12. Kakšna je prepustnost plastike?
13. Kakšna je toplotna in električna prevodnost plastike?
14. Ali lahko vse plastike recikliramo? Kaj storimo, če se odpadna plastika ne da reciklirati?

1.6. Fizikalne lastnosti plastike

- Kako se lahko gostota plastike primerja z gostoto kovin?
- Kako dobro plastike prevajajo toploto?
- Kako dobro plastike prevajajo električni tok?
- Kakšne so optične lastnosti plastike?

1.6.1. Gostota

Plastike imajo zelo majhno gostoto. Gostota je bistveno manjša kot pri večini drugih materialov. Gostote plastike so od približno 0,9 do 2,3 g/cm³. Zelo nizko gostoto imata polietilen (PE) in polipropilen (PP). Oba materiala imata manjšo gostoto kot voda, zato oba plavata. Zaradi boljšega vzgona je možno ti dve plastiki ločiti od težjih plastik v vodi. Večina plastik ima gostoto od 1 do 2 g/cm³. Izjemoma lahko plastike dosežejo večjo gostoto od 2 g/cm³ (politetrafluoroetilen).

Glavna razloga, da ima plastika bistveno manjšo gostoto kot kovine sta:

1. Atomi kovin (aluminij, jekla) so težji od atomov v plastikah, ki so večinoma ogljik, dušik, kisik in vodik.
2. Povprečna oddaljenost med atomi je večja pri plastiki kot pa pri kovinah.

Gostota aluminija je približno 2.7 g/cm³ in gostota jekla je 7.8 g/cm³.

1.6.2. Toplotna prevodnost

Toplotna prevodnost je lastnost, kako dobro material prenaša toploto. Toplotna prevodnost plastik je od 0,15 do 0,5 W/mK. Plastike imajo zelo nizko toplotno prevodnost. Kovine imajo lahko tudi do 2000 večje toplotne prevodnosti. Kovine zelo dobro prevajajo toploto. Zrak ima še do 10-krat manjšo toplotno prevodnost kot plastika.

Glavni razlog slabega prevajanja toplote pri plastiki je malo število elektronov, ki se prosto gibljejo v materialu. Kovine te elektrone imajo, zato veliko boljše prevajajo toploto.

Nizka toplotna prevodnost je velika težava pri obdelavi plastike. Zaradi nizke toplotne prevodnosti toplota, ki jo potrebujemo za obdelavo, počasi prehaja v notranjost. Po obdelavi pa se toplota težko odpravi.

Nizka toplotna prevodnost je velikokrat tudi prednost pri uporabi plastike. Za primer: držala za lonce so narejena iz plastike. Ne segrejejo se tako hitro kot kovine. Tako lahko lonec odstavimo z ognja ne da bi si opekli prste. Plastiko uporabljamo tudi kot izolacijski material v gradbeni industriji. V plastiko vmešamo zrak, ki prevaja toploto še slabše kot plastika. Tako proizvajamo penasto plastiko s toplotno prevodnostjo, ki predstavlja povprečne vrednosti za zrak in plastiko. Po



drugi strani pa je tudi možno dodati kovine kot dodatek v plastiko, da se poveča toplotna prevodnost.

1.6.3. Električna prevodnost

Električna prevodnost je lastnost, kako dobro lahko material prenaša električni tok. Plastike načeloma zelo slabo prevajajo električni tok. Plastike imajo nizko prevodnost električnega toka oziroma imajo veliko električno upornost. Električna upornost je odvisna od temperature. Če temperatura naraste, se električna upornost zmanjša in tako plastika postane bolj prevodna.

Električna prevodnost pri plastikah je nizka zaradi nizkega števila prostih elektronov.

Če želimo plastiki omogočiti boljšo električno prevodnost, lahko dodamo kovinske praške. Plastike, ki imajo do 20 % kovinskih praškov, imajo lahko do 10.000 večjo prevodnost.

Zaradi velike električne upornosti se plastiko uporablja kot izolacijski material za električne naprave in žice.

1.6.4. Prepustnost svetlobe

Ko svetloba obsije material, le določen del svetlobnega žarka preide skozi material. Del žarka se vpije v materialu ali pa se odbije. Lastnost materiala, da vpije del žarka, se imenujemo prepustnost svetlobe. Amorfní termoplasti kot so PC, PMMA, PVC in UP smole imajo prepustnost za svetlobo kot okensko steklo. Njihova prepustnost je približno 90 %.

Prepustnost svetlobe je odvisna od vplivov okolice in temperature.

1.7. Kako poiskati pravo plastiko

Predstavili smo le nekatere fizikalne lastnosti plastike. Vsaka fizikalna lastnost ima določene razpone in razrede. Te lastnosti so pomembne tako za načrtovalce izdelkov, kot tudi za oblikovalce, ki izdelke izdelujejo.

Podatke o lastnostih posameznih plastik lahko dobimo v tabelah in priročnikih. Danes je možno uporabiti računalnik, da olajša iskanje prave plastike. Različni proizvajalci plastike so razvili podatkovne baze lastnosti posameznih plastik.

Na računalniku lahko najdemo veliko strani z opisi, kar nam omogoča hitro in enostavno izbiro plastike za določen del, ki ga načrtujemo.

V podatkovnih bazah proizvajalcev plastike najdemo točne podatke o posameznih lastnostih plastike. Na spodnji sliki vidimo lastnosti termoplasta akrilonitril butandien stiren – ABS. Prikazuje mehanske lastnosti materiala, ki ga proizvaja podjetje Bayer AG, s trgovskim imenom Novodur P2H-AT. Vidimo lahko nekatere mehanske lastnosti.

INEOS
STYROLUTION

Novodur P2H-AT TECHNICAL DATASHEET
Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

DESCRIPTION
Novodur® P2H-AT is a general purpose injection molding grade providing high flowability and contains an antibiotic additive.

FEATURES

- High flowability
- Good stiffness
- High gloss

APPLICATIONS

- Household appliances
- Sport articles
- Oven casings

Property, Test Condition	Standard	Unit	Value
Rheological Properties			
Melt Volume Rate 220 °C/10 kg	ISO 1133	cm ³ /10 min	27
Mechanical Properties			
ISO2 Notched Impact Strength, 23 °C	ISO 180A	kJ/m ²	16
ISO2 Notched Impact Strength, -30 °C	ISO 180A	kJ/m ²	7
Charpy Notched Impact Strength, 23 °C	ISO 17916A	kJ/m ²	16
Charpy Notched Impact Strength, -30 °C	ISO 17916A	kJ/m ²	7
Charpy Unnotched, 23 °C	ISO 17916J	kJ/m ²	100
Charpy Unnotched, -30 °C	ISO 17916J	kJ/m ²	80
Tensile Stress at Yield, 23 °C	ISO 527	MPa	44
Tensile Strain at Yield, 23 °C	ISO 527	%	2.1
Tensile Stress at Break, 23 °C	ISO 527	MPa	> 15
Tensile Modulus	ISO 527	MPa	2300
Flexural Strength, 23 °C	ISO 178	MPa	70
Flexural Modulus, 23 °C	ISO 178	MPa	2400
Hardness, Ball indentation	ISO 2013-1	MPa	110
Thermal Properties			
Visual Softening Temperature VSTB/ISO (DIN, 50 °C/h)	ISO 206	°C	98
HMI Deflection Temperature A, (annealed at 8.00 °C, 1.8 MPa)	ISO 75	°C	93

Contact us:
Phone: +386 (21)331 9309 - 168
mailto:info@ineos-styrolution.com
www.ineos-styrolution.com

Page 1 of 3
Revision Date: 2017.04.24

Slika 9: Mehanske lastnosti termoplasta ABS Novodur P2H-AT /www.ineos-styrolution.com/

Pregledna vprašanja:

1. Gostota jekla je približno 7.8 g/cm³. Kolikšne so gostote večine plastik?
2. Koliko krat so kovine bolj toplotno prevodne od plastike?
3. S kakšnimi dodatki lahko plastiki povečamo električno prevodnost?
4. Kakšno prepustnost svetlobe imajo nekatere plastike v primerjavi s steklom?



2. Postopki izdelave in obdelave plastike

- Kako pridobimo surovo plastiko?
- Na kakšne načine lahko iz surove plastike naredimo uporabne izdelke?
- Kako lahko plastične izdelke obdelamo?
- Kako pripravimo plastiko za izdelavo izdelkov?

Surovo plastiko pridobimo s kemični procesi. Največkrat se nahaja v obliki zrn ("granulat"), praha, paste, smole ali tekočina. Predelamo jo v polizdelke ali končne izdelke.

Polizdelki so vmesni proizvodi, ki čakajo na nadaljnjo predelavo v končne izdelke z različnimi tehnikami obdelave (preoblikovanje, rezanje, varjenje). Polizdelki so plošče, folije, cevi in profili. Končni izdelki so izdelani s postopki primarnega oblikovanja (brizganja). Končni izdelki so plastične košare, orodja in ohišja.

Najbolj pogosti postopki za izdelavo končnih izdelkov iz plastike:

- **Injekcijsko brizganje**
Vbrizgana snov teče pod velikim pritiskom skozi šobo cilindra (ekstruderja) v dolivno pušo orodja, po dolivnih kanalih v formo orodja. Količina raztopljenega materiala mora biti dovolj velika, da v celoti zapolni formo orodja. Doziranje in brizganje opravi polž. Nato sledi ohlajanje stiskanca v orodju, odpiranje orodja in izmetavanje končnega izdelka.
- **Dvokomponentno brizganje**
Za izdelke, ki imajo trdo zunanjo površino in slabšo notranjost (lahko tudi penasto). Poznamo tudi trokomponentno brizganje.
- **Izdelava večbarvnih brizgancev**
V prvi stopnji izdelamo osnovni ali nosilni del v eni barvi, nato se orodje zavrti za 180 ° in druga brizgalna enota vbrizga material z drugo barvo. Stroj ima dve brizgalni enoti, neodvisni druga od druge.
- **Injekcijsko brizganje z vpihovanjem plina (N2)**
Pri brizganju vpihujemo v orodje tudi plin, s katerim stanjšamo debele stene izdelkov. Na ta način skrajšamo čas brizganja in zmanjšamo porabo materiala. Brizganje s plinom je tehnika predelave umetnih mas s katero proizvajamo votle dele v plastičnih izdelkih. Navadno brizganje s plinom poteka na standardnih brizgalkah za injekcijsko brizganje, pri čemer

najprej orodje delno zapolnimo s staljenim polimerom, nato pa dovedemo plin ali tekočino skozi brizgalno šobo stroja ali pa skozi eno ali več orodnih šob.

- **Ekstrudiranje**

Ekstrudiranje je zelo podobno injekcijskemu brizganju, le da tu stopljeno plastiko potiskamo skozi matrico namesto v orodje. Je ena temeljnih tehnik obdelovanja plastike, uporabljamo pa jo za izdelovanje dolgih predmetov s konstantnim prerezom, kot so plastične cevi, okenski profili, izolirane električne žice itd. Postopek je podoben brizganju, le na koncu ekstruderja nimamo orodja, temveč posebne glave.

- **Vpihovanje.**

V tem primeru imamo na koncu ekstruderja posebno glavo, ki nam izdeluje neprekinjeno cev brez oblike. Posebno priprava z orodjem, ki ima oblikovano zunanjo obliko izdelka, ujame in odreže del pripravljene cevi. S pomočjo stisnjenega zraka oblikujemo termoplast tako, da izdelki pridobijo zunanjo obliko. Orodja so enostavna, saj formirajo samo zunanjo obliko artikla, notranjo obliko oblikuje stisnjen zrak.

- **Vakumiranje - termoformiranje**

Pri vakumiranju ali termoformiranju segrejemo cca. 0,5 mm debelo folijo in jo postavimo na orodje, ko izsesamo zrak se ustvari vakum in folija se izoblikuje v želeno obliko.

- **Potapljanje**

Uporablja se pri elastomerih. V talino damo želeno obliko (npr. rokavice), povlečemo ven in ohladimo.

- **Plastificiranje kovin**

Kovina se segreje na cca. 200-250 °C, na kovino damo hladen prah termoplasta in le-ta se napeče nanjo.

- **Roto postopek**

Orodje se vrti, material je v obliki prahu in prah se napeče ob steno. Ko se ohladi, dobimo izdelke brez šiva (za cisterne), material je zelo homogen.

- **Izdelava folij**

Izdelujemo jih s pomočjo ekstruderja in vročega zraka. Količina vročega zraka določa debelino folije, premer naprave pa širino folije. Dolžina je neomejena.

Plastiko lahko obdelamo tudi s postopki odrezovanja (struženje, rezkanje in žaganje).

Plastiko lahko tudi varimo in spajamo z mehanskimi pritrditvami (vijaki, kovice).



2.1. Priprava ustrezne plastične mešanice pred predelavo

Zakaj pred izdelavo plastike mešamo?

Kakšne so funkcije posameznih aditivov?

Kako lahko izvedemo mešanje?

Zakaj plastiko pred predelavo sušimo?

Da lahko zagotovimo vse zahtevane mehanske in druge lastnosti končnih izdelkov, moramo največkrat pred procesom predelave plastike mešati. Mešamo lahko različne vrste plastike, osnovni plastiki lahko dodajamo različne dodatke. Velikokrat pa plastiki dodajamo tudi zmleto plastiko, ki je ostala od predelave v predhodnih fazah. To so lahko neuporabni izdelki, dolivni kanali in drugi ostanki. V procesu predelave lahko dodajamo do 50 % plastike, ki je že bila enkrat v procesu predelave. Če dodajamo dodatke, različne plastike ali zmleto odpadno plastiko, moramo poskrbeti, da bomo pred predelavo plastiko ustrezno zmešali. V proces predelave lahko dodajamo tudi regenerirano plastiko. To je plastika, ki smo jo pridobili s postopkom regeneracije. Regeneracija je postopek reciklaže plastičnih izdelkov, ki jih več ne potrebujemo.

Dodatki plastike pred predelavo

Z dodajanjem dodatkov plastiki spremenimo njegove lastnosti. Dodatke in učinke imamo prikazane v spodnji tabeli.

Tabela 1: Dodatki in učinki aditivov pri plastiki

Dodatki	Učinek
antioksidanti (toplotni stabilizatorji)	zavirajo reakcije, ki povzročajo degradacijo plastike pri oksidaciji
stabilizatorji svetlobe	zavirajo reakcije, ki povzročajo degradacijo plastike, ko je le-ta izpostavljena svetlobi (ultravijolična svetloba)
maziva	vplivajo na obdelovalne lastnosti plastike med plastificiranjem
mehčala	znižajo modul elastičnosti
pigmenti	obarvajo plastiko
ojačevalna sredstva	dvignejo modul elastičnosti

Merjenje

Za uspešno mešanje aditivov s surovo plastjo je pomembno natančno merjenje posameznih komponent. Merjenje lahko izvedemo na dva načina. Dodatke lahko določimo in izmerimo po prostornini ali po teži.

Prostorninsko merjenje dodatkov je enostavno, vendar ni natančno. Glavni razlog nenatančnosti je, da so dodatki običajno v granuliranem stanju. Prostori med zrnji se razlikujejo po velikosti.

Bistveno bolj natančno je merjenje s tehtanjem. To je natančna metoda, ki jo lahko tudi avtomatiziramo. Oprema je dražja, vendar je za kvalitetno pripravo plastike nujno potrebna.

Mešanje

Cilj mešanja je, da se aditivi enakomerno porazdelijo po celotni plastiki. Mešalniki imajo dozirni polž. Hitrost dozirnega polža reguliramo s pomočjo frekvenčnega regulatorja, ki pridobiva signale z nadzornega krmilnika. Razlikujemo med dvema metodama mešanja in sicer hladno ter vroče mešanje. Hladno mešanje se izvaja pri sobni temperaturi. Posamezne komponente so zgolj zmešane.



Slika 10: Mešalniki z avtomatiziranim sistemom za dodatke

Vroč mešanje vključuje segrevanje mešanega materiala. Pri temperaturi do 140 °C se nekateri dodatki topijo in razpršijo v plastiko. Mešalnik izvaja močno relativno gibanje med delci mešanega materiala. Material se zlije zaradi toplote, ki nastane zaradi trenja in v nekaterih primerih z zunanjim ogrevanjem.



Slika 11: Mešalnik za vroče mešanje

Sušenje plastike pred predelavo

Veliko plastik je potrebno pred predelavo sušiti. Sušenje granulotov poteka z vročim zrakom za nehigroskopične materiale ter s suhim zrakom za higroskopične materiale, kot so PA, PC, ABS, PBT, PET itd...

Ti higroskopični materiali vsebujejo na polimerno verigo nameščene polarne funkcionalne skupine, ki delujejo kot majhni magnetki za vodne molekule v bližini. To vodo moramo odstraniti iz materiala, saj nam pri višjih temperaturah lahko reagira z polimerom in s tako imenovano hidrolizo uničuje (prekinja oziroma skrajšuje) polimerne verige. Skrajšane polimerne verige imajo veliko slabše mehanske lastnosti, izdelki so slabi.

Sušilniki so lahko nameščeni na lijak za doziranje plastik za predelavo ali pa so samostojne enote, ki pripravljajo sušeno plastiko.



Slika 12: Manjše in večje izvedbe sušilnikov za plastiko

Mletje plastike

Mletje dolivkov in neustreznih plastičnih izdelkov ravno tako sodi v proces priprave plastike za predelavo. Odpadne izdelke in dolivne sisteme zmeljemo, zmleto plastiko pa mešamo in dodajamo plastiki za predelavo. Mlini za izdelke in dolivne sisteme so večinoma mehanske izvedbe. Mlin ima na rotirajočem delu tri nože, na stabilnem delu pa še dva noža. Noži so postavljeni nekoliko poševno, da prihaja do lepega škarjastega odrezovanja. Mlevna komora je izdelana tako, da izdelki, ki jih meljemo, ne skačejo in se ne odbijajo od nožev.



Slika 13: Manjši in večji mlin za plastiko



Pregledna vprašanja:

1. Zakaj dodajamo aditive plastičnemu materialu?
2. Kateri dodatni stroji in naprave nam omogočajo enakomerno distribucijo v plastiki?
3. Katera metoda dodajanja aditivov v plastiko je najbolj natančna?
4. Katero plastiko moramo pred predelavo sušiti in zakaj?
5. Zakaj uporabljamo mline za plastiko?

3. Ekstrudiranje

- Kako poteka postopek ekstrudiranja?
- Kateri deli sestavljajo stroj za ekstruzijo - ekstruder?
- Kako lahko osnovni ekstruder nadgradimo?
- Izdelava cevi in profilov z ekstruzijo.
- Izdelava votle embalaže z ekstruzijo in pihanjem.

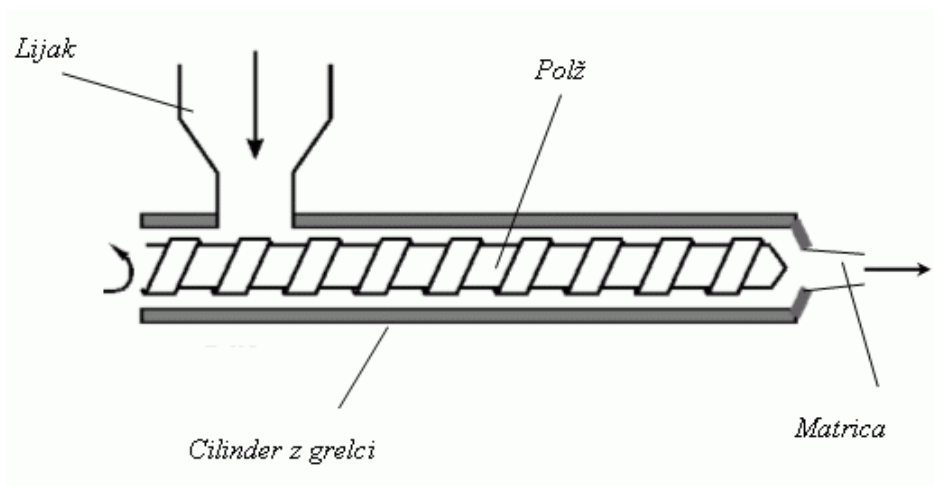
Posnetek 3: **Prikaz postopka ekstrudiranja**

<https://vimeo.com/100327604>

Ekstruzija je neprekinjena izdelava "neskončnega polizdelka" iz plastike. Paleta izdelkov se razteza od enostavnega polizdelka, kot so plastične cevi in profili, do zapletenih okenskih profilov. Ekstruderju lahko dogradimo napravo za pihanje, ki osnovno cev, katero iztiskuje ekstruder, prilagodi obliki orodja s pomočjo stisnjenega zraka. Na ta način lahko izdelamo zelo zapletena votla telesa.

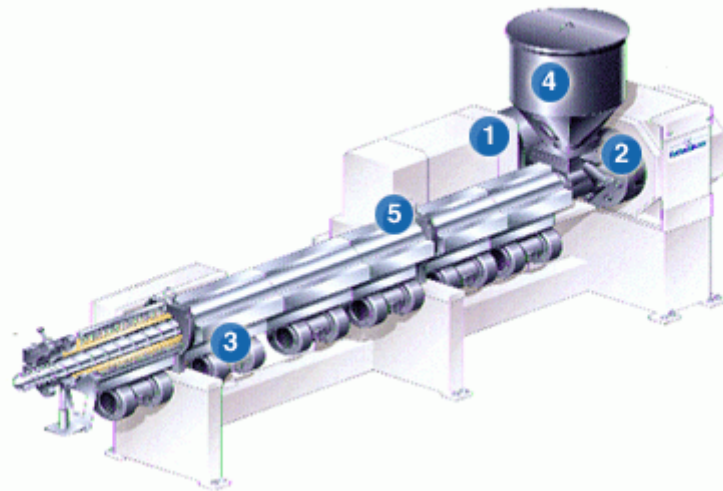
3.1. Ekstruder

Ekstrudiranje je postopek, pri katerem stopljeno plastiko potiskamo skozi matrico. Je ena temeljnih tehnik obdelovanja plastike. Uporabljamo jo za izdelovanje dolgih predmetov s konstantnim prerezom, kot so izolirane električne žice in podobno.



Slika 14: Shema ekstruderja

Pri postopku ekstrudiranja najprej v lijak nasujemo umetno maso, ki nato pade v batnico, kjer se segreje in nato stopi, vrteči se polž pa jo neprestano potiska naprej proti koncu batnice. Tu je na napravo pritrjena matrica, ki ima obliko končnega produkta. Ko se plastični material ekstrudira skozi njo, se ga še ohladi z vodo ali oljem.



Slika 15: Prerez ekstruderja z označenimi glavnimi deli

1. Pogonska enota
2. Transportni del z žlebom do cilindra
3. Cilinder z več grelnimi in hladilnimi conami
4. Lijak
5. Odprtina za odvajanje monomernih plinov in nezaželenih snovi, kot so zrak in vodna para, ki nastanejo ob topljenju umetnih mas

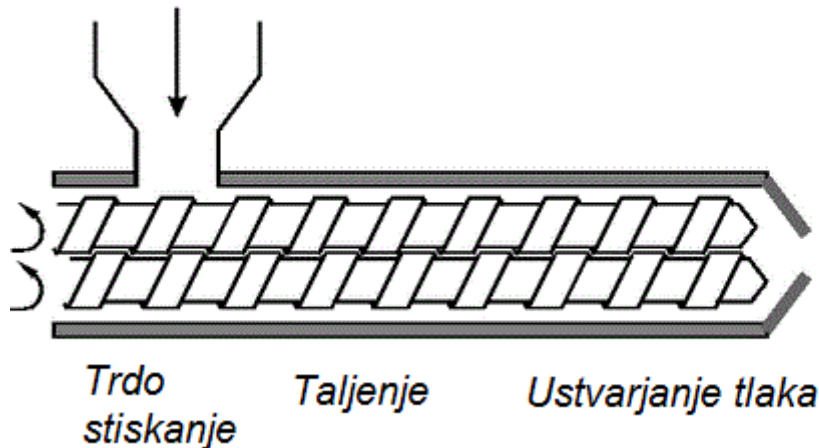
Polž

Polž je najpomembnejši del ekstruderja. Mora dozirati plastiko v cilindar, plastiko potiska skozi cilindar in jo plastificira. Največkrat uporabljamo tristopenjski pol. V prvi stopnji se dozira trdi material in se ga potiska naprej, v drugi kompresijski coni se plastificira, v tretji, zadnji coni, pa se že staljeni material homogenizira in segreje na željeno temperaturo obdelave.

Pomemben podatek polža je njegova dolžina L in njegov zunanji premer D . Razmerje L/D določa učinkovitost ekstruderja. Idealno bi bilo, če bi imeli zelo dolge polže z majhnimi premeri. Take polže je težko izdelati, kajti morajo biti zelo natančni in se morajo tolerančno prilagajati cilindru.

S polžem v cilindru dosežemo tlake od 70 do 350 barov, kar večinoma zadošča za ustrezno plastificiranje osnovnih termoplastik.

Zelo pogosto uporabljamo tudi večpolžne ekstruderje, ki so nadvse primerni za mešanje več vrst polimerov. Ker so ti ekstruderji zelo prilagodljivi, jih lahko priredimo za natančno željeni način mešanja. Na primer, polža sta lahko isto ali nasproti rotirajoča, lahko sta prikrivajoča se ali ne, ekstruder lahko vsebuje gnetilne dele in podobno.



Slika 16: Shema dvopolžnega ekstruderja

Ogrevalni sistem

Plastificiranje plastike v cilindru ni samo posledica trenja, ampak tudi posledica uvajanja toplote, ki jo omogoča ogrevalni sistem. Na zunanji steni cilindra imamo več grelnih naprav. Grelne naprave so razdeljene na različna območja. Včasih imamo vmes tudi hladilne naprave. S pravilno razporeditvijo ogrevalnih in hladilnih sistemov lahko dosežemo ustrezno temperaturo po celotni dolžini cilindra.

Glava ekstruderja

Ekstruder plastificirano pravilno ogreto plastiko potiska do glave, kjer imamo razdelilni kanal. V kanalu imamo jedro, ki da talini željeno obliko. Tudi glava mora imeti ustrezno gretje, da lahko vzdržuje pravilno temperaturo taline. Z nastavitvijo jedra v kanalu glave poskrbimo, da imamo enakomerno debelino taline po obodu oziroma pravilno debelino sten, če gre za profile. Nastavitev jedra v kanalu je lahko mehanska. Z vijaki po obodu vplivamo na zračnost med jedrom in kanalom. Novejši ekstruderji imajo elektronsko nastavitev jedra.

Koekstruzija

Koekstruzija se uporablja, če mora biti končni izdelek sestavljen iz dveh materialov. Dva materiala kombiniramo v primeru, če želimo doseči dve različni lastnostni končnega izdelka. Velikokrat imamo izdelke, ki imajo zunanji sloj odporen proti pritiskom, notranji sloj pa je enostaven in ekonomičen. Koekstruzija se pogosto uporablja tudi pri izdelavi cevi ter izolaciji kablov.



3.2. Izdelava profilov in drugih dolgih izdelkov z ekstruzijo

Plastike, ki jih ekstrudiramo, morajo imeti visoko viskoznost. Od trenutka, ko material zapusti matrico in še ne vstopi v kalibrator, ta visoka viskoznost zagotavlja, da material ohrani svojo obliko in se ne izteče.

Posnetek 4: **Izdelava profilov z ekstruzijo**

<https://www.youtube.com/watch?v=ZU1bbXonMkY>

Posnetek 5: **Izdelava profilov z ekstruzijo**

<https://www.youtube.com/watch?v=tZn5uSPzX-k>

Posnetek 6: **Izdelava cevi z ekstruzijo**

<https://www.youtube.com/watch?v=SqyrJUNhXwg>

Matrica da profilu, ki ga izdelujemo, osnovno obliko. Pravo obliko in dimenzijsko natančnost pa pridobi v kalibratorju. Kalibrator ima pravilno zunanjo obliko profila, ki ga izdelujemo. Kalibrator ima drobne izvrtine, preko katerih vakum prisiljuje plastiko, ki potuje preko kalibratorja, da le-ta prevzame zunanjo obliko kalibratorja. Kalibrator je ponavadi potopljen v hladilni vodi, ki ohladi izdelani profil. Namesto hladilne vode se lahko uporablja hladilno olje.

Po kalibraciji je nameščena vlečna naprava, ki poskrbi za vleko profila iz kalibratorja. Zelo pomembno je, da je hitrost vlečenja profila sinhronizirana s hitrostjo plastike iz matrice. Če je vlek prehitel, lahko pride do zelo tankih sten profilov, ali celo do trganja. Če so hitrosti premajhne, pa proces ne da ustrezne dimenzijske natančnosti.

Za vlečno napravo imamo pripravo za rezanje profilov na določeno dolžino. Pri tej napravi je zelo pomembno, da nam pri rezanju omogoča horizontalni pomik, kajti proces je kontinuiran. Če rezalna naprava nima horizontalnega premika, ne bomo imeli ravnih rezov in prihajalo bo do zvijanja končnih izdelkov. Če izdelujemo cevi, imamo namesto priprave za rezanje navijalne naprave.

3.3. Ekstruzija in pihanje

Posnetek 7: **Različni postopki pihanja izdelkov iz plastičnih mas**

https://www.youtube.com/watch?v=AD_Y4yZc54U

Na posnetku so prikazani različni postopki pihanja izdelkov.

Pihanje je proces izdelovanja votlih predmetov z vpihavanjem zraka v kos umetne mase, tako da se ta razširi po notranjih stenah orodja. S tem postopkom nastanejo plastične steklenice, kantice za gorivo ali kemikalije, sodi in podobno.

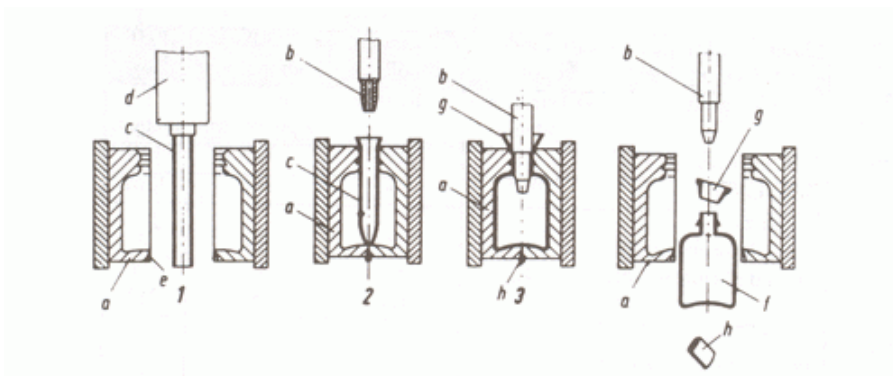
Ločimo tri glavne načine pihanja: ekstruzivno pihanje, brizgalno pihanje in raztežno pihanje. Te tehnike se med seboj ločijo po količini porabljenega materiala, obratovalnih stroškov, kvaliteti in ceni izdelkov ter hitrosti proizvodnje.

Ekstruzivno pihanje

Ekstruzivno pihanje se uporablja za večje izdelke, težke od 1,5 kg pa do 250 kg. Naprej oblikujemo predoblikovanec (ponavadi cev) v plastičnem stanju. To naredimo z ekstruderjem, ki ima na glavi matrico za izdelavo cevi. V naslednjem koraku ga primejo oblikovalna orodja, nato pa ga pritisk plina od znotraj potisne ob stene orodja. Ostane nam le še da odščipnemo in zavarimo dno posode ter ostanek pri grlu.

Na sliki 17 imamo prikazane 4 faze ekstruzivnega pihanja:

1. Ekstrudiranje predoblikovanca.
2. Zapiranje orodja, spodnji del cevi se zavari s stiskalnim robom orodja.
3. Vtis kalibrirnega trna, kalibriranje grla in napihovanje ter ohlajevanje.
4. Snemanje izdelka, ločevanje odrezka grla in dna.



Slika 17: Faze ekstruzivnega pihanja

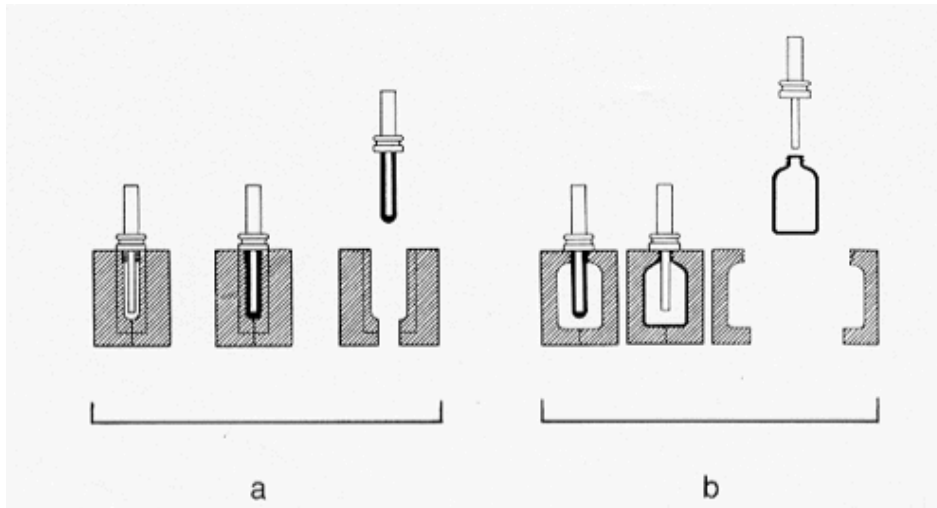
a - orodje, **b** - kalibrirni pihalni trn, **c** - predoblikovanec (cev), **d** - cevna glava, **e** - stisnjen rob, **f** - pihan izdelek, **g** - odrezek grla, **h** - odrezek dna ploščo

Brizgalno pihanje

Brizgalno pihanje uporabljamo predvsem za manjše predmete, kjer želimo doseči zelo natančno

debelino stene, kvaliteten finiš vratu in pri polimerih, ki jih ne moremo ekstrudirati. To so ponavadi tube in ampule, stekleničke za kozmetiko in manjše posode za farmacijo.

Pri tej tehniki izbrizgamo predoblikovanec v orodje v obliki kegljastega tulca, jedro pa nam služi za pihalni trn. Pri tem se vrtijo trni s predoblikovanci iz brizgalnega orodja v kondiciorno komoro, nato v pihalno raztezno orodje in končno, na izmetavanje.

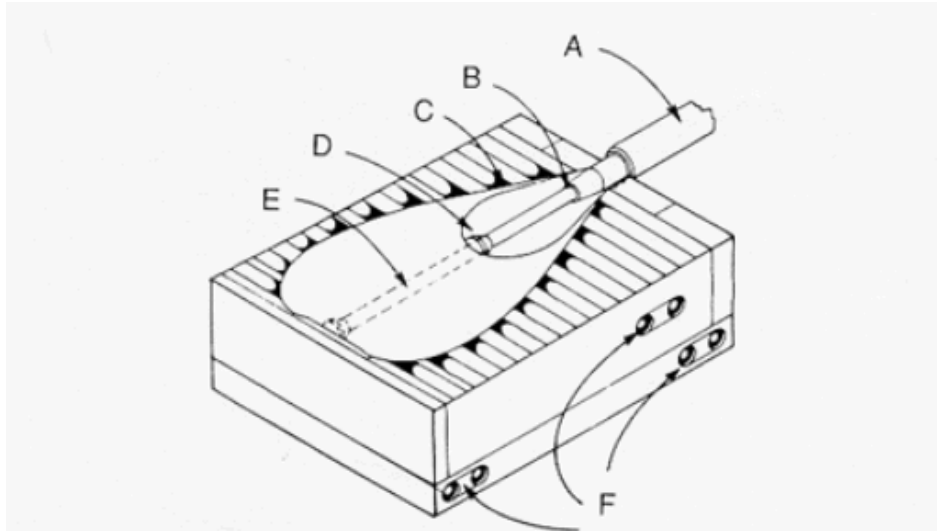


Slika 18: Faze brizgalnega pihanja

- a. Polimer je izbrizgan v kalup
- b. Segret predoblikovanec napihnemo na hladne stene orodja

Raztezno pihanje

Zaradi potreb po močnejših plastenkah, ki bi bile primerne za gazirane pijače s pritiskom CO₂, se je razvila tehnologija razteznega pihanja. Z njo proizvajamo steklenice za gazirane pijače, pa tudi za olje, vodo, alkohol in ostale tekočine. Proizvajamo lahko plastenke s kapaciteto od pol pa do petih litrov, tudi preko 10.000 kosov na uro. Bistvo razteznega pihanja je v tem, da preoblikovance, ki jih dobimo po eni od že prej opisanih metod pihanja, po predhodnem temperiranju raztegnemo v obe osi 5 do 10-krat in tako dosežemo večkratno povečanje togosti, udarne in natezne trdnosti ter zmanjšanje teže. Zmanjša se tudi za plastiko značilna prepustnost za kisik, ogljikov dioksid in vodno paro.



Slika 19: Raztezno pihanja

- A. Pihalni trn
- B. Vstop zraka
- C. Oddušniki zraka
- D. Predoblikovanec
- E. Izteg palice
- F. Ohlajevalni kanali

Pregledna vprašanja

1. Kakšen je postopek ekstrudiranja izdelkov?
2. Kateri izdelki se izdelujejo s postopkom ekstrudiranja?
3. Kateri del je na ekstruderju najbolj pomemben in za kaj skrbi?
4. Kako je izdelan najbolj pogosto uporabljen polž?
5. Kakšne lastnosti mora imeti plastika, da ne izteče, ko jo potisnemo skozi matrico?
6. Kaj določa matrica ekstrudiranemu materialu?
7. Zakaj se uporablja koekstruzija?
8. S katerim postopkom izdelujemo platenke in rezervoarje za gorivo motornih vozil?

4. Brizganje plastike

- Kako poteka postopek brizganja plastike?
- Kako je izdelan brizgalni stroj?
- Kakšne so funkcije posameznih komponent?

Posnetek 8: **Animacija brizganje plastike 1**

<https://www.youtube.com/watch?v=b1U9W4iNDiQ>

Posnetek 9: **Animacija brizganje plastike 2**

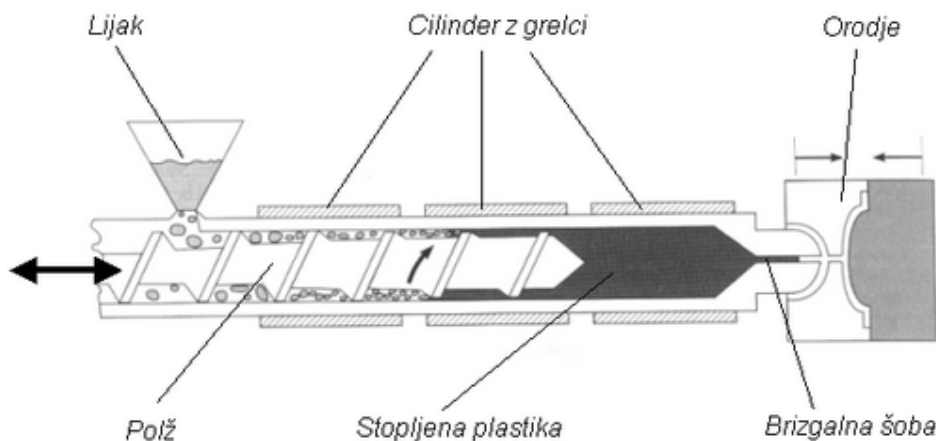
<https://www.youtube.com/watch?v=f7mtu-dhyIM>

Posnetek 10: **Kako narediti plastični izdelek z brizganjem**

<https://www.youtube.com/watch?v=RMjtmSr3CqA>

Na posnetkih je prikazan postopek brizganja plastike.

Brizganje plastike je najpomembnejši postopek predelave plastike. Približno 60 % vseh plastičnih izdelkov je narejeno na ta način. Stoji za brizganje omogočajo izdelavo izdelkov iz plastike, ki tehtajo od nekaj mg do 90 kg.



Slika 20: Postopek brizganja plastike

Injekcijsko brizganje je proces, pri katerem potiskamo stopljeno plastiko v orodje ali matrico. Ko se plastika ohladi, lahko orodje odpremo in izvržemo plastični del. Dandanes je injekcijsko brizganje zelo razširjeno, saj se lahko uporablja tako za masovno proizvodnjo kot tudi za izdelavo posameznih testnih primerkov. Brizgalne naprave se med seboj ločijo predvsem po sili spenjanja



orodja, ki je lahko od 200 kN za majhne laboratorijske naprave, pa do 100.000 kN v velikih industrijskih strojih.

Sam proces brizganja je sestavljen iz naslednjih korakov:

1. **Zapiranje orodja:** Zapiralna enota zapre obe polovici orodja.
2. **Brizganje:** Pred brizganjem najprej nasujemo umetno maso v obliki zrnca v lijak. Od tu ti padejo v lijak, kjer se stopijo, polž pa jih potiska naprej. Ko se akumulira dovolj stopljenega materiala, se polž pomakne naprej in potisne stopljeno plastiko skozi šobo v orodje.
3. **Dodatno doziranje:** Potem ko je plastika dodana v orodje, sledi pavza, v kateri se doda primanjkljaj mase zaradi krčenja pri strjevanju.
4. **Ohlajanje:** Plastiko pustimo da se ohladi in strdi v orodju.
5. **Odpiranje orodja:** Ločimo obe polovici orodja.
6. **Izmet izdelka:** Izdelek vzamemo iz orodja, ga obrežemo, ostanke pa lahko po navadi zopet uporabimo.

Injekcijsko brizganje je primerno za masovno proizvodnjo. Pri tem postopku plastiko spremenimo v končni izdelek v eni sami operaciji. V eni sami operaciji lahko izdelamo zelo zapletene oblike izdelkov. Z brizganjem največ izdelujemo izdelke iz termoplastov. Brizga se lahko tudi duraplaste in elastomere.

Ekonomičnost brizganja izdelkov je odvisna od števila izdelkov na enoto časa. Na to najbolj vpliva čas hlajenja izdelka v orodju. Ta čas je odvisen od debeline stene izdelka. Čas cikla je čas, ki preteče od začetka izdelave izdelka do končanja izdelka. Čas cikla merimo od takrat ko se orodje zapre, do časa, ko se ponovno zapre.

Injekcijsko brizganje je relativno nov način predelave polimerov, ki se je v zadnjem času zelo razširil. Ima tako dobre kot slabe lastnosti:

- Velike proizvodne zmogljivosti.
- Ne zmanjševanje visokih toleranc izdelkov pri velikih serijah.
- Lahko uporabimo različne materiale.
- Visoka stopnja avtomatizacije.
- Majhna količina odpadkov.
- Malo potrebne obdelave po brizganju.

Slabe lastnosti pa so:

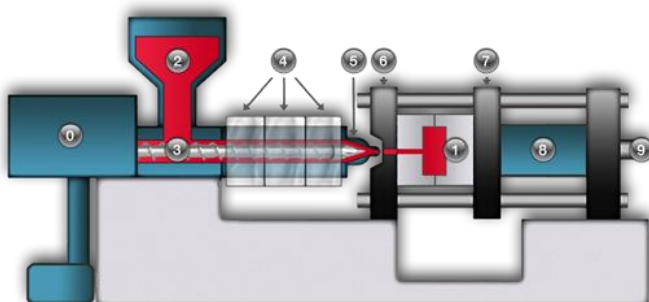
- Visoki stroški nakupa orodja.
- Visoki so lahko obratovalni stroški.
- Oblika izdelkov mora biti taka, da se jih lahko vbrizga v orodje.

4.1. Stroj za brizganje

Stroji za brizganje so namensko izdelani stroji. Ker moramo pri brizganju zagotavljati velike tlake za brizganje plastike v orodje in za zapiranje in odpiranje orodij, je večina strojev narejena na hidravlični pogon. V novejšem času pa so se razvili tudi popolnoma električni stroji.



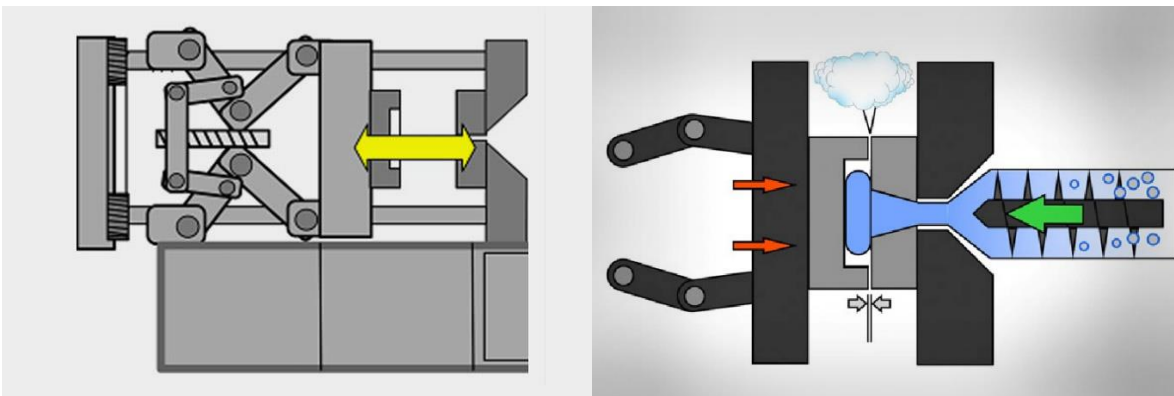
Slika 21: Stroj za brizganje



Slika 22: Shema stroja za brizganje

Material – plastika – prihaja v cilindru iz lijaka **2**. V cilindru imamo polža **3**, ki se vrti v cilindru ter s tem potiska plastiko v cilindru. Na cilindru so grelni enote **4**, ki omogočajo topljenje plastike, del potrebne toplote pa plastika pridobi s trenjem. V cilindru polž plastiko homogenizira in plastificira. Polž je povezan z batom **0**, ki celotni polž premakne in preko šobe **5** vbrizga plastiko v orodje **1**. Orodje je vpeto med fiksno vpenjalno ploščo **6** in premično vpenjalno ploščo **7**. Premično ploščo največkrat premikajo vzvodi **8**, ki jih potiska vpenjalni hidravlični cilindri **9**.

Osnova stroja za brizganje je horizontalna postelja, na kateri je brizgalna enota. Le-ta se lahko tudi premika. Na stroju lahko menjamo oziroma prilagajamo cilindre in polže ter šobe na koncu cilindra. Vpenjalna enota, v katero vpne orodje, je podobna horizontalni stiskalnici. Po navadi ima štiri vodila, ki so vpeta v fiksno vpenjalno ploščo na sredini stroja in fiksno ploščo na koncu stroja. Na vodilih je premična vpenjalna plošča. Prednja stran orodja se vpne na fiksno vpenjalno ploščo, zadnja stran orodja pa na premično vpenjalno ploščo. Ker sta obe vpenjalni plošči pokončni, to omogoča prosto izpadanje izdelkov iz orodja.



Slika 23: Vpenjalni del stroja za brizganje

Premično vpenjalno ploščo največkrat premikajo vzvodi, ki jih pri brizgalnih strojih imenujemo »škarje«. Vzvode premika hidravlični cilinder, ki zagotavlja vpenjalno silo.

Prednosti tega sistema so njegovo samozaporno delovanje, hiter in ugoden proces gibanja ter hitrost. Slabosti zapiralnega sistema z vzvodi pa so lahko zlomi in trajne deformacije orodja, če imamo nepravilnosti v sistemu delovanja. Sistem zapiranja z vzvodi je tudi drag za vzdrževanje.

Zapiralni sistem je lahko tudi v celoti hidravličen. To pomeni, da premično vpenjalno ploščo premika hidravlični cilinder direktno. Prednost tega sistema je večja natančnost, variabilno pozicioniranje ter manjša nevarnost deformacije orodja. Slabosti tega sistema so nižja hitrost zapiranja in odpiranja orodja, omejena sila zapiranja orodja ter večja poraba energije (za velike sile moramo imeti velike hidravlične cilindre, ki zahtevajo velike pretoke hidravličnega olja in s tem velike hidravlične sisteme). Nadaljnja pomanjkljivost je večja potreba po energiji.

Posnetek 11: **Brizganje plastike – Prikaz tehnologije in stroja Engel**

<https://www.youtube.com/watch?v=dxr0TRn9ioo>

Postelja stroja za brizganje in krmiljenje

Postelja stroja mora zagotavljati ustrezno togost stroja. Na eni strani imamo montiran sistem za brizganje, na drugi pa sistem za odpiranje in zapiranje orodja. V postelji imamo celoten hidravlični sistem.

Posnetek 12: Hidravlični sistem na brizgalnem stroju

<https://vimeo.com/100330257>

Krmiljenje stroja je v posebni omarici, ki je lahko samostojna ali pa je pritrjena na stroj za brizganje. Na sodobnih strojih je vnos parametrov izveden s tipkovnico. Celotni proces krmiljenja stroja je programski. Mikroračunalnik zagotavlja nadzor procesa, spremlja procesne in proizvodne podatke, shrani podatke in dokumentira postopek.

Najsodobnejši stroji za brizganje plastike so popolnoma električni. Vsi pogoni so izvedeni s električnimi pogoni in vijaki. Ti stroji porabljajo do 30 % manj energije in jih je lažje upravljati. Pri delu pa so bolj natančni in zagotavljajo višjo kakovost končnih izdelkov, ker parametri niso odvisni od zunanjih dejavnikov. Opremljeni so z roboti za odvzem izdelkov in odpadkov.



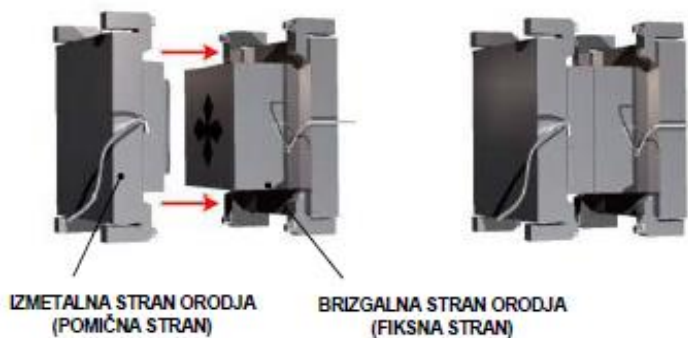
Slika 24: Sodobni električni stroj za brizganje plastike opremljen z robotom

Posnetek 13: **Prikaz delovanja električnega stroja za brizganje**

<https://vimeo.com/100325152>

4.2. Orodje za brizganje

Orodje za brizganje plastike ni sestavni del stroja za brizganje. Konstruirati in izdelati ga moramo za vsak plastični izdelek. Orodje ima vedno dva osnovna dela. Velikost orodja je določena z velikostjo plošč in širino celotnega orodja. Velikost orodja in širina orodja sta pomembna podatka za izbiro brizgalnega stroja, na katerem se bo orodje uporabljalo. Vsak brizgalni stroj ima določeno maksimalno velikost plošč orodij (kolikšne plošče lahko vpenemo na vpenjalne plošče brizgalnega stroja). Brizgalni stroji imajo tudi določeno minimalno širino orodja, ki ga lahko vpenemo in maksimalno širino vpetja. Določen je tudi maksimalni pomik stroja pri odpiranju.



Slika 25: Izmetalna in brizgalna stran orodja za brizganje

Orodje je vedno sestavljeno iz brizgalne strani orodja, kjer imamo obliko končnih izdelkov in sistem za razvod plastike. Ta del orodja je fiksno vpet. Drugi del orodja je namenjen za izmet izdelkov. Ta del je premičen. Orodje vedno konstruiramo tako, da izdelki po ohlaiditvi ostanejo na izmetalni strani orodja. Ko se premična stran orodja premakne, se izdelki potegnejo iz brizgalne strani orodja. Najbolj enostavna orodja so izdelana tako, da izdelki s seboj potegnejo tudi dolivne sisteme, ki jih potem odstranimo iz izdelkov. Na izmetalni strani orodja imamo sistem za izmet izdelkov. V orodju so posebna vodila, ki se s pomikom orodja v odpiranje premaknejo in prisilijo izdelke, da se odstranijo iz orodja. Ti vzvodi so v večini primerov povezani za posebno izmetalno ploščo orodja, ki jo vzmet po ponovnem zapiranju orodja prisili v prvotni položaj. To prepreči, da bi izmetalni vzvodi poškodovali orodje pri ponovnem zapiranju.

Ker morajo orodja v čim krajšem času ohladiti plastiko v notranjosti in s tem zagotoviti fiksno obliko izdelka, jih je potrebno dodatno hladiti. Brizgalno in izmetalno stran orodja opremimo s sistemom za hlajenje. Največkrat hladimo z vodo. Orodja za brizganje duraplastov pa moramo med delom ogrevati.



Da zagotovimo natančno zapiranje orodja, so zahtevnejša orodja opremljena z vodili, katera zagotovijo, da se izmetalna stran natančno prilagodi brizgalni strani orodja.

4.3. Osnove za določitev orodja

Izdelava orodja za izdelek iz plastike je zelo draga. Cena orodja je lahko od 1.000 EUR pa do 100.000 EUR. Ta visoka cena je posledica zahteve po kvalitetnih materialih orodij, ki bodo imeli ustrezno trdnost, trdoto in temperaturno obstojnost. Pri nekaterih plastikah (npr. PVC) od materialov za izdelavo orodij zahtevamo tudi kemično odpornost. Materiali mora biti tudi dobro obdelovalni, drugače ne moremo v njih izdelati zahtevnih oblik izdelkov. Če želimo gladke površine izdelkov iz plastike, moramo zagotoviti materiale in postopke obdelave pri izdelavi orodij, ki bodo zagotovili minimalno hrapavost površine.

Za kašno orodje se bomo odločili, je odvisno od zahtev izdelka, zahtev orodja, zahtev stroja in od tehnološko prevzemnih zahtev.

Zahteve izdelka:

- določena oblika izdelka (debelina sten, snemalni koti, zaokrožitve, mere),
- določena izvedba izdelka (enokomponenten, večkomponenten),
- naknadna obdelava izdelka (lakiranje, mehanska obdelava, varjenje),
- material izdelka (razmerje med debelino in potjo tečenja mase),
- določene uporabne zahteve (mehanske, optične, vizualne, ekonomične).

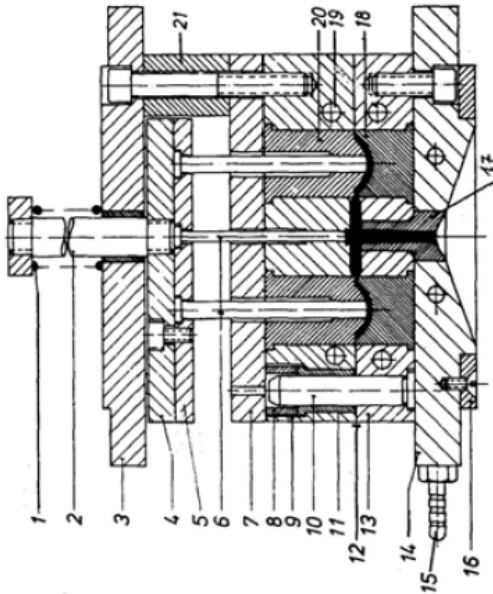
Zahteve orodja:

- prototipno ali produkcijsko,
- tehnična možnost izdelave,
- način dela orodja (avtomatsko, polavtomatsko, ročno),
- določen opis dela (ščipanje dolivkov, vlaganje segmentov),
- določena življenjska doba orodja, število izdelanih kosov in čas cikla.

Zahteve stroja:

- glede na tehnologijo izdelave (horizontalni stroj, vertikalni stroj, večkomponentni),
- priključne mere za orodje (centriranje, velikosti plošč, širina orodja, minimalno in maksimalno odpiranje),
- priključitev in sinhronizacija orodja s strojem (izmetavanje, priključki za hlajenje ali ogrevanje, hidravlični in pnevmatični priključki, nadzor in krmiljenje).

SESTAVNI DELI ORODJA



1. Tlačna vzmet
2. Izmetalni drog
3. Vpenjalna plošča– izmetalna stran
4. Izmetalna plošča
5. Vračalna plošča
6. Izmetač
7. Podložna plošča
8. Centrirna puša
9. Oblikovna plošča– izmetalna stran
10. Vodilni steber
11. Vodilna puša
12. Delilna ravnina
13. Oblikovna plošča – dolivna stran
14. Vpenjalna plošča – dolivna stran
15. Hladilni priključek
16. Centrirni obroč
17. Dolivna šoba
18. Oblikovni vložek – dolivna stran
19. Hladilni kanal
20. Oblikovni vložek– izmetalna stran
21. Distančna letev

Slika 26: Sestavni deli orodja

4.4. Parametri brizganja

Pri brizganju plastike je kar nekaj pomembnih parametrov, ki jih moramo upoštevati, da bomo dosegli ustrezno kvaliteto izdelkov. Parametri pri brizganju so odvisni tudi od zahtev po ekonomičnosti izdelave. Parametre moramo ustrezno nastaviti, spremljati in jih po koncu obdelave zabeležiti. To nam omogoča, da lahko po menjavi orodja na brizgalnem stroju v čim krajšem času in ob minimalni količini neustreznih izdelkov dosežemo zahtevano kvaliteto izdelkov.

Najbolj pomembna parametra pri brizganju plastike sta temperatura in tlak plastike, ki se brizga. Kvaliteto izdelka zagotavlja tudi sila stiskanja orodja ter sila zadrževanja brizgalne enote. Pravilno morajo biti nastavljeni tudi časi in hitrosti posameznih operacij. Poskrbeti moramo, da ima izdelek dovolj časa, da se ohladi na orodju.

Parametri so odvisni tudi od konstrukcije orodja. To velja predvsem za izvedbo dolivnega sistema.

Tlak brizganja na brizgalnem stroju je fiksno določen. Tlak nastavimo na največjo zgornjo mejo, ki jo ne smemo preseči. Hitrost brizganja pa prilagajamo orodju in izdelku.



Pri brizganju imamo tri faze. V prvi fazi brizganja se votel prostor v orodju, ki predstavlja izdelek, napolni s plastiko. Ko je prostor zapolnjen, se taljenje začne upočasnjevati. Nastopi druga faza, to je stiskanje izdelka. Ker je plastika stisljiva (tudi do 7 %), je potrebno v tej fazi poskrbeti za dodatno polnjenje izdelka. Brizgalni stroji imajo za to nastavitve posebni parameter, ki ga imenujemo naknadni pritisk. Ko je dosežen ustrezeni nivo tlaka, preidemo v tretjo fazo brizganja, ki jo imenujemo ohranjanje tlaka. To ohranjanje tlaka nam ohrani ustrezno oblikovan izdelek pri konstantni prostornini. Izdelek pridobi obliko in postane dovolj trden. Tlak se zniža in s tem je faza ohranjanja tlaka končana.

Pomemben je čas, ko pride iz faze stiskanja v fazo ohranjanja tlaka. Če je prehod prehitel, dobimo nepopolne izdelke (nezadostno stisnjene). Če pa je prehod prepozen, lahko povzroči prekomerno vbrizgavanje. Posledica so sledi na izdelkih.

Čas hlajenja se začne s polnjenjem cilindra in konča z odstranitvijo dela iz kalupa. To obdobje se prilagodi tako, da oblikovan del doseže določeno končno temperaturo, s čimer se stabilizira njegova oblika. Čas hlajenja je odvisen tudi od sistema hlajenja orodja.

4.5. Brizganje termoplastov in elastomerov

V nasprotju s termoplastiko, ki se strdi pri hlajenju, elastomeri in termoseti dosežejo svojo stabilnost s kemično reakcijo po izdelavi. V tej reakciji so vhodni materiali prečno povezani, kar se začne s toploto, ko pride do predelave v brizgalnem stroju.

Postopek brizganja mora biti prilagojen tem posebnim zahtevam. To se nanaša zlasti na temperature. Temperature v vbrizgalni enoti morajo biti nižje od tistih, ki se uporabljajo pri termoplastih, da se prepreči prezgodnja navzkrižna povezava. Te temperature ležijo med 80 °C in 100 °C. Ker je del toplote proizveden zaradi trenja, je morda celo potrebno ohladiti plastificirni valj, da zadrži temperature.

Toplota se najprej dobavi materialu v kalupu, da se pospeši navzkrižno povezovanje. To pomeni, da se kalup ne ohladi, kot pri termoplastih, ampak se segreje na temperature od 160 do 200 °C. To je najbolj zamuden del cikla. Tako kot čas hlajenja termoplastov, se čas ogrevanja termoplastov in elastomerov poveča, ko se debelina stene oblikovanega dela povečuje. Zato se je treba pri tem postopku izogibati izdelavi posebej debelih delov.

Zlasti pomembno je, da se med delom kalupi (npr. delilna linija) tesno zaprejo. Razlog za to je zelo nizka viskoznost talitev, kar lahko zelo enostavno povzroči nastanek bliskavice.

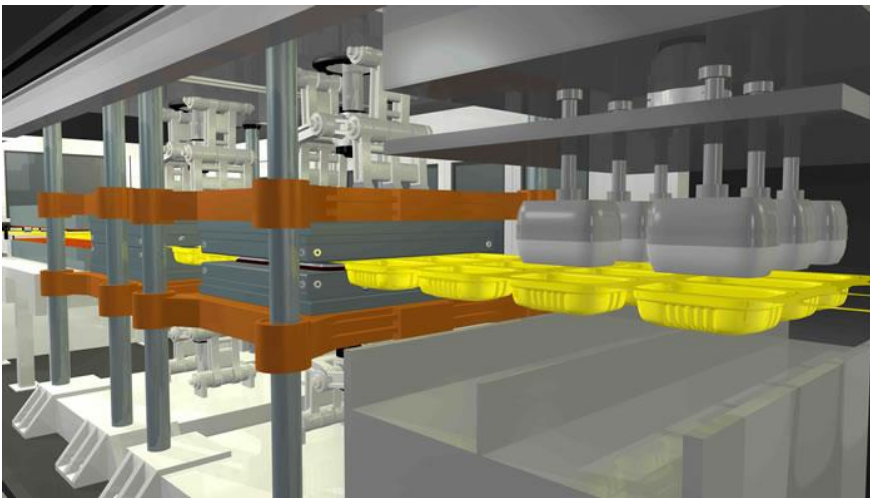


Pregledna vprašanja:

1. Opiši postopek brizganja plastike!
2. Za kakšne izdelke je primer postopek brizganja plastike?
3. Kako imenujemo čas med končanjem izdelave izdelka do končanja novega izdelka pri brizganju plastike?
4. Naštej in opiši korake procesa brizganja plastike!
5. Katere so glavne prednosti brizganja plastike pred drugimi postopki?
6. Katere so slabosti procesa brizganja plastike pred drugimi postopki?
7. Kako je definirana ekonomičnost brizganja in od česa je najbolj odvisna?
8. Opiši stroj za brizganje in njegove glavne dela!
9. Opiši oba najbolj pogosta sistema za delovanje strojev za brizganje!
10. Katera glavna parametra definirata stroj za brizganje?
11. Opiši orodje za brizganje plastike!
12. Kateri parametri definirajo izdelavo orodja za brizganje?
13. Opiši glavne parametre brizganja in njihov vpliv na proces in končni izdelek!
14. Opiši brizganje duraplastov!
15. Opiši brizganje elastomerov!

5. Termoformiranje

- Kaj je značilno za postopek termoformiranja?
- Kakšno plastiko lahko predelujemo z termoformiranjem in kateri izdelki se izdelujejo s tem postopkom?
- Kateri različni procesi obstajajo?



Slika 27: Postopek termoformiranja

Posnetek 14: **Simulacija postopka termoformiranja in posnetek postopka termoformiranja**

<https://vimeo.com/127491079>

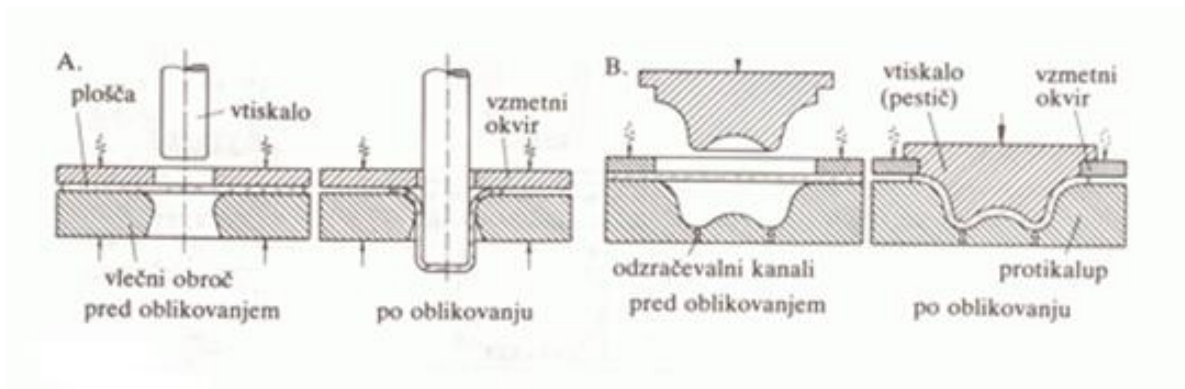
Posnetek 15: **Prikaz orodja za termoformiranje in principa termoformiranja z vakuumom**

<https://vimeo.com/174558559>

Termoformiranje je proces, pri katerem plošče iz plastike najprej segrejemo, nato pa jih oblikujemo v željeno obliko z različnimi tehnikami vlečenja, raztegovanja in krivljenja. Ta tehnologija se uporablja predvsem za izdelovanje cenenih izdelkov kot so pladnji, embalaža, plastične posode in podobno.

5.1. Načini termoformiranja

- **Krivljenje, upogibanje, robljenje, rolanje:** Je zelo podobno kot pri oblikovanju pločevine, saj gre tudi tu segreta plošča skozi valje, ki jo oblikujejo v željeno obliko.
- **Vlečno termoformiranje:** Pri tem postopku ne pride do velikih površinskih raztegov in tanjšanja materiala. Najprej ploščo iz umetnih mas segrejemo, nato pa jo s pestičem potisnemo v željeno obliko. Ločimo vtiskovanjem s pestičem brez matičnega dela (slika 28 A) ter globoki vlek s pestičem in matričnim delom orodja (slika 28 B).

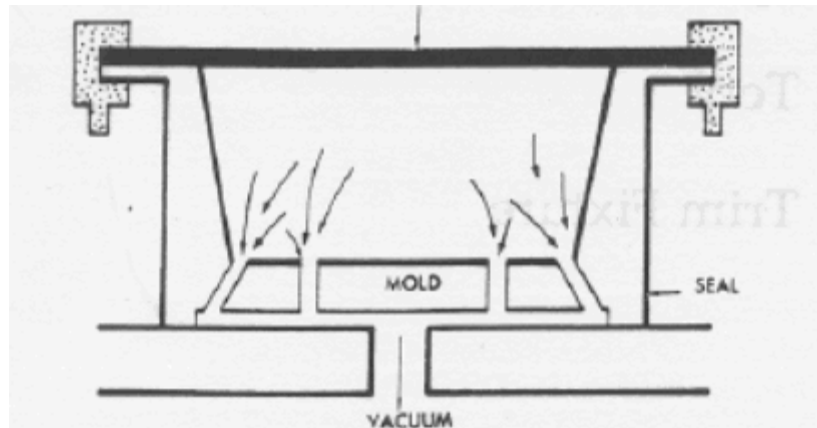


Slika 28: Prikaz termoformiranja

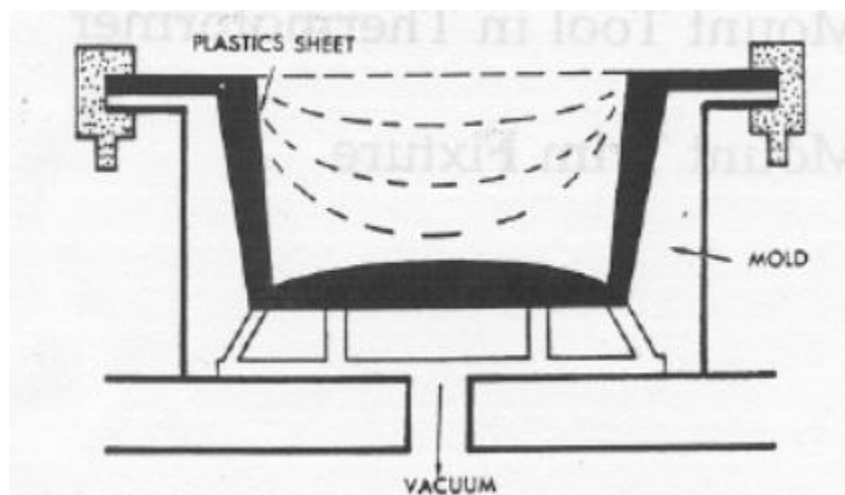
- **Raztežno termoformiranje:** Tu uporabljamo fiksni okvir, tako da se materiali raztegnejo dvoosno in v veliki meri. Poznamo mehansko raztezanje z vtiskali (pestiči) in pnevmatsko raztezanje, bodisi vakuumiranje (na sliki 29) bodisi pihano termoformiranje.

Vakuumsko oblikovanje se uporablja le za manjši vlek, saj dosežemo raztezke le do 40 %. Pri razteznem vakuumiranju se del, ki se prvi dotakne orodja, zalepi in se več ne razteza, zato obstaja nevarnost preveč stanjšanih vogalov in robov.

Pri pihanju se poslužujemo toka zraka, ki je nasproten gibanju materiala. Ta zaradi tega drsi na zračni blazini namesto na orodju. Na ta način dobimo trdno in enakomerno raztegnjene izdelke (npr. kupola).



Slika 29: Vakuumsko termoformiranje - ustvarimo vakuum pod segreto plastično ploščo

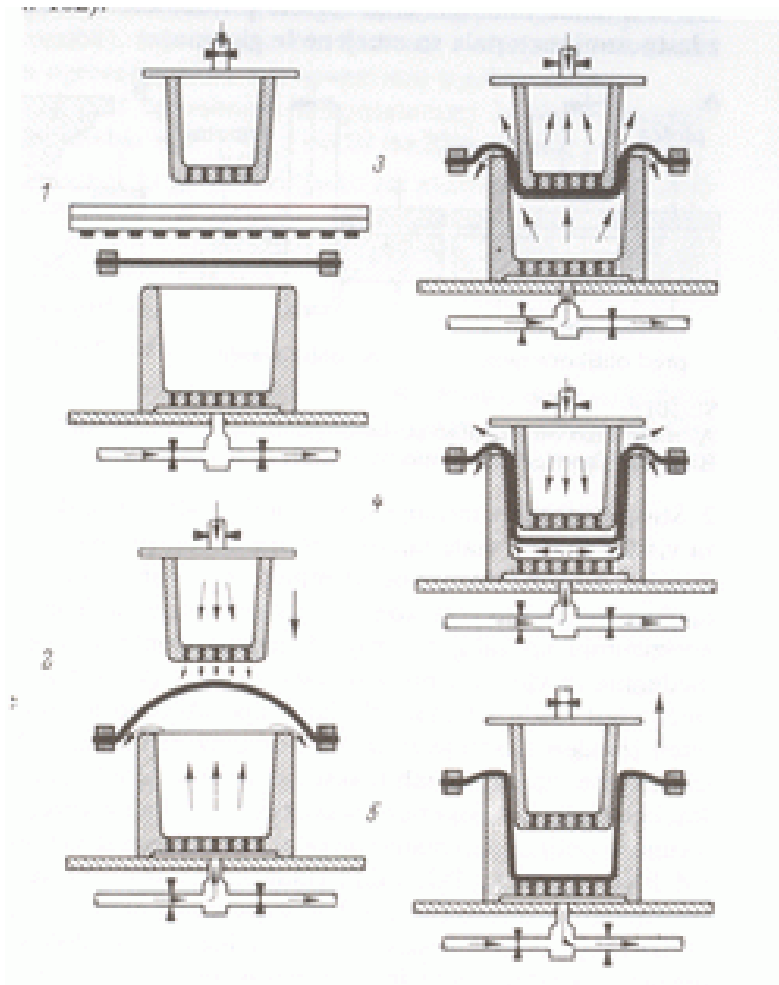


Slika 30: Vakuumsko termoformiranje - Razlika v tlakih potisne ploščo na stene orodja

Pri vakuumskem termoformiranju je problem neenakomerna debelina sten.

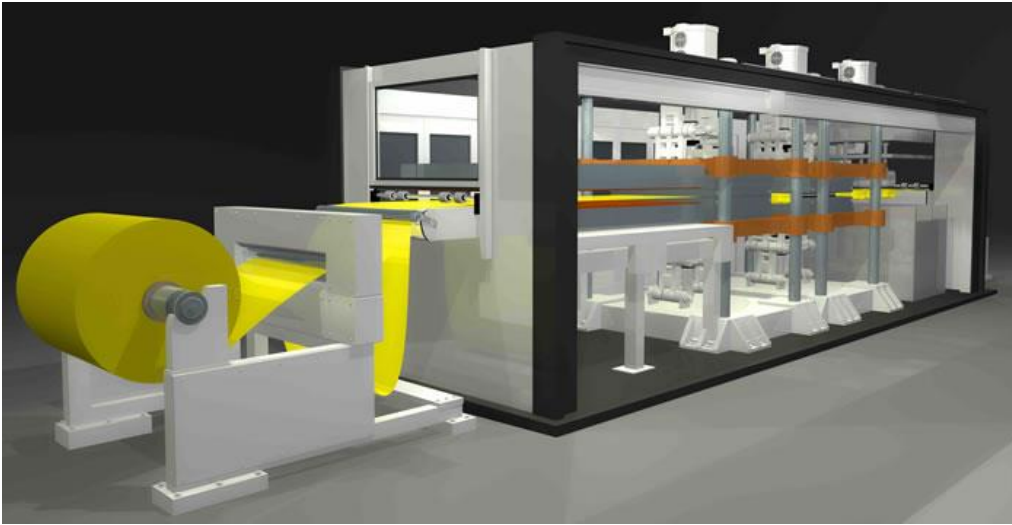
Da optimalno izkoristimo vse metode, se večkrat poslužujemo kombiniranega termoformiranja:

1. Ogrevanje, tako vpenjalni okvir kot grelci so premični
2. Okvir se spušča in je zatesnjen, vpihujemo vroč zrak
3. Preoblikovanje s pestičem, material drsi na zraku (air slip)
4. Nadaljevanje preoblikovanja s pestičem, material drsi na zraku (air slip)
5. Oblikovanje z vakuumom



Slika 31: Kombinirano termoformiranje

S termoformiranjem predelujemo plastično folijo ali plastične plošče debeline od 0,1 do 12 mm. Plastične plošče so zložene v zalogovniku, plastična folija pa je navita na kolutu.



Slika 32: Termoformiranje iz plastične folije

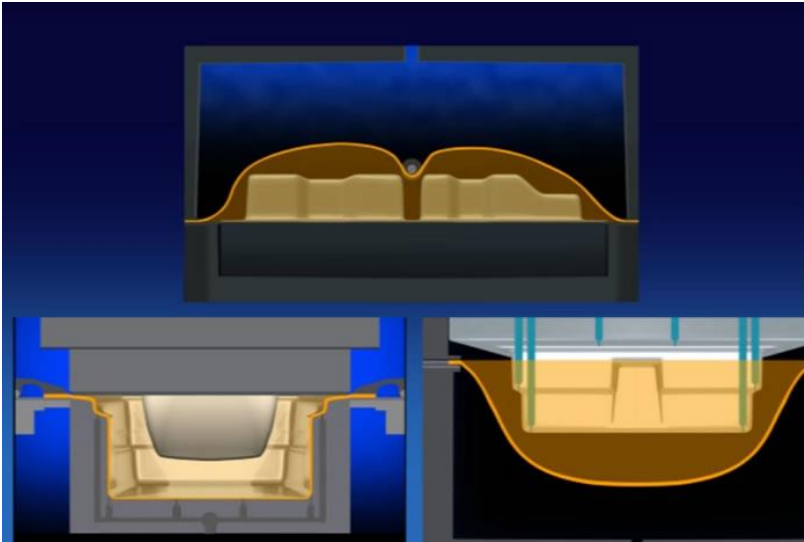
5.2. Tehnološki postopek termoformiranja

Postopek poteka v treh korakih, ogrevanje, oblikovanje in hlajenje. V prvem koraku se polizdelek segreje. To lahko dosežemo s konvekcijo, kontaktom ali infrardečim sevanjem. Najpogosteje uporabljena metoda je infrardeče sevanje, ki neposredno prodre v notranje površine plastike. Plastika se tako zelo hitro in enakomerno segreje, njegova površina pa se ne poškoduje s pregrevanjem.

Drugi korak je oblikovanje izdelka. V tem koraku se plastika raztegne. Ogret polproizvod je fiksiran v vpenjalni napravi. S pomočjo stisnjenega zraka ga potisnemo v kalup ali na kalup. To je odvisno od oblike izdelka. Na kalup ali v kalup lahko ogreto plastiko potisnemo tudi s pomočjo vakuumu. Ta postopek ima težave v tem, da lahko natančno oblikujemo samo eno stran izdelka. Natančno se oblikuje tista stran izdelka, ki se dotika kalupa. Zaradi tega se razlikuje med pozitivnimi in negativnimi procesi, glede na to, ali je notranja ali zunanja stran izdelka oblikovana natančno. Postopek je prikazan na sliki 33.

V negativnem postopku se ogreta plastika **pritisne v kalup**. V pozitivnem postopku se ogreta plastika **pritisne na kalup**. Med tem postopkom se plastika vpne v orodju in se raztegne. To povzroči, da ima izdelek neenake debeline sten. Stene vogalov so posebno tanke.

Da bi ta učinek čim bolj zmanjšali, ogreto plastiko v prvem koraku oblikujemo s posebnim orodjem, da mu damo predobliko, v drugem koraku pa potem izdelke oblikujemo s stisnjnim zrakom ali vakuumom.



Slika 33: Negativni in pozitivni način termofrmiranja

Tretji korak hlajenje se začne takoj, ko se ogreta plastika dotakne hladnejšega kalupa. Da bi skrajšali čas hlajenja, lahko kalup opremimo z dodatnim hladilnim sistemom. Hlajenje se lahko dodatno pospeši s hlajenjem s strani oblikovanega dela, ki je obrnjen stran od kalupa. To hlajenje zagotovim s pihanjem hladnega zraka.

5.3. Tehnološka oprema za termofrmiranje

Postopek lahko tehnično izvedemo z enostopenjskimi ali večstopenjskimi stroji. Na strojih z eno postajo so naprave v gibanju, plastična folija pa ohranja enak položaj od segrevanja do odstranitve iz kalupa (slika 34).



Slika 34: Stroj za termofmiranje

V večstopenjskem stroju se ogreta plastika neprekinjeno premika iz ene tehnične postaje na drugo.

Slabost enostopenjske naprave je njegov dolg čas cikla, ki je enak vsoti potrebnih časov za vse posamezne korake. Čas cikla večstopenjskega stroja je enak času, ki je potreben za najdaljši posamezni korak.



Slika 35: Termoformiranje velikih izdelkov /Plastoform d.o.o.)



Za izdelavo embalaže (npr. jogurtove lončke) in za velike dele, kot so plavalni bazeni ali deli motornih vozil, se uporabljajo procesi termooblikovanja.

Pregledna vprašanja:

1. Kaj je značilno za postopek termoformiranja?
2. Kakšno plastiko lahko predelujemo z termoformiranjem in kateri izdelki se izdelujejo s tem postopkom?
3. Kateri različni procesi termoformiranja obstajajo?

6. Dela pri predelavi plastike

Dela pri predelavi plastike so tako različna kot je različna plastika, ki jo predelujemo. Spoznali smo tudi veliko različnih postopkov za predelavo plastike. Nekatera dela pri predelavi plastike so značilna za vse postopke predelav, nekatera pa so specifična za posamezne postopke. Največ plastike se predela s postopki brizganja, zato je osnovno usposabljanja namenjeno za predelavo plastike z brizganjem.

Dela za pripravo plastike za predelavo so značilna za vse postopke. Usposobljeni delavci za predelavo plastike morajo znati ločiti posamezne plastike, da ne pride do zamenjav. Poznati morajo načine mešanja, zahteve po sušenju posamezne plastike in ustrezna doziranja plastike.

6.1. Delo s strojem za brizganje plastike

Stroj za brizganje plastike se lahko upravlja elektronsko ali ročno. Delovni cilinder se segreje na zelo visoko temperaturo, kar pomeni, da je vzdrževanje stroja za brizganje plastike zapleteno in nevarno opravilo. Za vzdrževanje, premikanje in namestitve stroja za brizganje se zahteva posebna usposobljenost. Razne nastavitve, kot so tlak brizganja, temperatura in čas zadrževanja izdelkov v stroju, morajo biti medsebojno organizirane. V nasprotnem primeru bo prišlo do neustreznih rezultatov ali nezadostne produktivnosti.

Stroj za brizganje plastike se lahko upravlja ročno ali popolnoma samodejno. Usposobljeni delavec lahko stroj sam ročno upravlja. Izdelke so iz orodjih včasih odstranjevali ročno. Konstrukcije orodij so zelo napredovale, zato večina procesov brizganja izdelke in dolivke izmetuje samodejno. Novejši stroji so opremljeni z roboti, ki odstranjujejo izdelke in dolivke. V primeru, če ročno odstranjujemo izdelke, moramo biti zelo previdni, kajti brizgalni stroji zapirajo orodja z zelo velikimi silami, ki lahko povzročijo hude poškodbe. Novejši stroji imajo za upravljanje sodobne CNC krmilnike, ki upravljajo stroj ter spremljajo in korigirajo parametre procesa brizganja. CNC krmiljenje je zelo dobro tudi zato, ker lahko hrani celoten proces brizganja. Na brizgalnem stroju tudi večkrat na dan menjamo orodja, zato je zelo dobro, da nam ni potrebno nastavljati parametre brizganja za nov izdelke, ampak samo pokličemo program, ki jih hrani. Varnostni predpisi zahtevajo, da je celoten proces pokrit z varnostnimi pokrovi. Če odpremo vrata delovnega prostora, se mora stroj obvezno ustaviti. Opremljen mora biti s tipko »nujni izklop«.



6.1.1. Pregled in nadzor stroja za brizganje

Delo na stroju za brizganje zajema več opravil. Pogoni strojev so hidravlični ali električni. V obeh primerih dosegajo stroji velike hitrosti premikanja, velike sile. Ker je potrebno plastiko segreti in plastificirati, so cilindri tudi toplotno obremenjeni. Zaradi vseh teh naštetih specifičnosti del pri predelavi plastike je potrebno upoštevati pravila varnega dela.

Pred začetkom dela na stroju za brizganje je potrebno opraviti pregled stroja.

Pregled stroja mora zajemati:

- Pregled hidravličnega sistema
- Pregled hladilnega sistema
- Pregled nivoja in temperatura olja
- Pregled temperatur na cilindrih
- Pregled postelje stroja
- Pregled dotoka plastike oziroma sistema za dotok plastike
- Pregled orodja

Pri pregledu hidravličnega sistema pregledamo hidravlične cevi. V hidravličnih ceveh imamo visoke tlake (150 bar), zato je potrebno pregledati priključke na hidravlične cilindre ter cevi. Pozorni moramo biti na zarez ali poškodbe na ceveh. Cevi se zaradi premikanja stroja primikajo, zato ne sme biti nobenih ovir na njih. Če opazimo puščanje, je potrebno pred delom to odpraviti.

Hladilni sistem skrbi, da hladilna voda stalno teče čez orodja in hladi izdelke in orodja. Poskrbeti moramo, da ni puščanja vode. Pred delom pregledamo, če imata obe polovici orodja hlajenje in da hlajenje normalno deluje.

Pri hidravličnih strojih pregledamo nivo olja in temperaturo olja. Če je hidravlično olje prehladno, ne bomo mogli dosegati ustreznih sil in moči hidravličnega sistema. Ker se hidravlično olje pri delu greje, imamo sistem za hlajenje olja. Pred začetkom dela moramo preveriti, če ta sistem deluje.

Temperature na cilindrih morajo biti ustrezno nastavljene. Če gre za klasičen starejši brizgalni stroj, se temperature nastavljajo ročno. Po navadi imamo zapisane podatke o višini posamezne temperature, glede na plastiko in izdelek, ki se trenutno dela. Novejši stroji imajo vse nastavitve v CNC krmilniku. Ne glede na način krmiljenja, pred začetkom dela preverimo indikatorje, če nam vse grelne naprave delujejo.

Pri pregledu celotnega stroja pregledamo, če nam varnostna vrata delujejo. Pregledamo tudi ostale naprave na stroju.



Pregledamo, če je zagotovljene dovolj plastike v lijaku ali sistemu za dovod plastike. Če je potrebno plastiko predhodno pripraviti, to naredimo preden poženemo stroj. Pripravimo si dovolj ustrezne mešanice in opravimo ostala opravila, ki so zahtevana za plastiko, ki se trenutno dela.

Pregled orodja opravimo pri odprtem orodju. Pregledamo stanje orodja. Po potrebi namažemo orodje in ga očistimo. Pregledamo, da v orodju ni izdelkov, dolivkov ali kakšnih drugih tujkov.

Delo na stroju za brizganje največkrat začnemo v ročnem načinu delovanja. To pomeni, da vse ukaze za delo izvedemo s pritiski na gumba za posamezni ukaz. Ta način na začetku nam omogoča, da preizkusimo delovanje celotnega stroja in procesa brizganja. Pri ročnem načinu dela na stroju moramo biti zelo previdni, ker večina varnostnih sistemov v tem načinu ne deluje. Naprej zapremo orodje, potem približamo brizgalno enoto in opravimo prvi brizg. Ta brizg ni popoln, ker cilindri ni napolnjen. Sledi polnjenje cilindra, odmik brizgalne enote in odpiranja orodja. Odstranimo največkrat nepopolne izdelke in opravimo še en ročni cikel. V drugem ali tretjem poizkusu dobimo ustrezne izdelke. Ko so izdelki ustrezni, stroj preklopimo v avtomatski ali polavtomatski način delovanja. Avtomatski način delovanja pomeni, da se ciklusi nepretrgoma sledijo, polavtomatski pa pomeni, da se stroj po opravljenem ciklusu vedno ustavi. Ta način uporabljamo, če moramo po vsakem cilju ročno pobrati izdelke iz orodja.

Ko stroj deluje v avtomatskem načinu spremljamo delo. Paziti moramo na to, da izdelki in dolivki normalno podajajo iz orodja in da imajo dovolj prostora za to. Kontroliramo parametre in indikatorje delovanja ter skrbimo za ustrezni dotok ali kontrolo plastike.

Posnetek 16: **Varno delo na brizganju**

<https://vimeo.com/44291415>

6.1.2. Menjava orodja za brizganje

Pri brizganju plastike večkrat menjamo orodja. Postopek menjave mora biti čim hitrejši, kajti ko menjamo orodje stroj stoji in ne dela izdelkov. Orodja so različnih dimenzij. Ker so iz jekla, so težka in z njimi težko manipuliramo. Do stroja jih večinoma pripeljemo iz skladišč za orodja na vozičkih. Stroji ali proizvodne dvorane imajo dvigala, ki nam pomagajo orodje dvigniti na stroj.

Pred menjavo orodja moramo poskrbeti, da v okolici stroja ni izdelkov in drugih ovir, ki nas bi motile pri menjavi orodja. Stroj pri menjavi mora biti v ročnem načinu dela. Pred menjavo premaknemo brizgalno enoto v zunanji položaj, orodje pa zapremo. Najprej odstranimo sisteme za hlajenje orodja. Večina orodij je na glavni plošči vpenjalne enote pripetih s sponami in vijaki. Prva brizgalna polovica orodja ima poseben okrogli nastavek za centriranje v fiksni vpenjalni strani.



Večina strojev imam posebne ukaze, ki jih uporabimo v času menjave orodja. Ti nam omogočajo, da stroj premika vpenjalni del, tudi v primeru, ko imamo odprto varnostno mrežo. Da lahko orodja prenašamo, imajo posebno izvrtino v težišču celotnega orodja. V to izvrtino ovijemo obroč, ki nam služi za prenos orodja.

Ko je orodje zaprto in ko smo poskrbeli za ustrezno varovanje, odvijemo vpenjala na premični strani orodja. Odpremo vpenjalni del orodja. Zadnja, izmetalna stran orodja, ostane na brizgalni polovici. Poskrbimo za dvig orodja in v naslednji fazi odstranimo še vpenjala na brizgani strani orodja. Orodje dvignemo in odstranimo iz stroja.

Novo orodje vpenemo na enak način, samo da izvedemo postopek v obratni smeri. Celo zaprto orodje dvignemo in centriramo v fiksno stran vpenjalnega dela. Zapremo premični del vpenjalnega orodja in pritrdimo sistem za vpenjanje. Ker so orodja različnih dimenzij, moramo poskrbeti za ustrezno nastavitve odpiranja in zapiranja orodja. Na koncu poskrbimo še za priklop hladilnega sistema orodja ter za nastavitve izmetavanja.

Če gre za zahtevnejši proces, moramo nastaviti še sisteme in robote za pobiranje izdelkov in dolivkov.

Posnetek 17: **Menjava orodja na stroju za brizganje plastike**

<https://www.youtube.com/watch?v=NxNfg7MNSHg>

<https://www.youtube.com/watch?v=3JrdJXFXQ3c>

7. Recikliranje plastike

Recikliranje plastike je predelava odpadne plastike.

Glavni nameni recikliranja plastike so neposredna ponovna uporaba, uporaba kot surovina za izdelavo novih izdelkov in pretvorba za gorivo.

Ker je plastika biološko nerazgradljiv material, je recikliranje postalo pomemben del svetovnih prizadevanj, kot del boja proti zmanjšanju količine plastike v toku odpadkov. Ta način nam omogoča zmanjševanje visoke stopnje onesnaževanja okolja s plastiko (približno osem milijonov metričnih ton odpadne plastike vsako leto konča v oceanih).

Primer recikliranja plastike je taljenje plastenkov od pijače ter uporaba te mase za izdelavo drugih uporabnih predmetov, kot so npr. mize in stoli. Plastiko se lahko reciklira tudi med posameznim proizvodnim procesom, tak primer so polietilenske vrečke in folija. Odstotek reciklirane mase je



nato ponovno vključen v glavni proizvodni postopek. Ta krožni postopek se uporablja že od začetka predelave plastike in še danes velja za enega izmed najbolj učinkovitih na tem področju.

7.1. Ovire pri recikliranju plastike

Če primerjamo donosno recikliranje kovin, recikliranje umetnih polimerov predstavlja izziv zaradi svoje nizke gostote in nizke vrednosti. Poleg tega na področju recikliranja plastike obstajajo tudi številne tehnične ovire. Segrevanje samo po sebi ni dovolj, da bi raztopilo velike molekule v plastiki. Plastični odpadki, ki jih mešamo morajo čimbolj podobni.

Ko se skupaj talijo različne vrste plastik, se nagibajo k ločevanju po plasteh, kot npr. olje in voda. To ločevanje pa povzroča strukturne slabosti v pridobljeni snovi, kar pomeni, da so mešanice polimerov uporabne le v določenih, omejenih primerih.

Naslednjo oviro za recikliranje predstavlja razširjena uporaba barvil, polnil in ostalih dodatkov v plastiki. Polimer je na splošno preveč viskozna snov, da bi iz nje lahko ekonomično odstranili polnila, ali pa bi se preveč poškodoval tekom cenejših procesov odstranitve polnil. Aditivi pa so redkeje uporabljeni v plastenkah in vrečkah, kar omogoča pogostejše recikliranje le-teh.

Še ena ovira v zmanjšanju toka plastičnih odpadkov in odlagališč pa je dejstvo, da številni majhni, pogosto prisotni plastični predmeti, nimajo univerzalnega trikotnega simbola recikliranja.

7.2. Načini recikliranja

Pred samim recikliranjem, je večina plastike razvrščena glede na njihovo vrsto smole. V preteklosti so proizvajalci plastike uporabljali identifikacijsko kodo smole. Šlo je za metodo kategorizacije polimernih tipov, ki jo je razvila Združba plastične industrije (Society of Plastic Industry) leta 1988. Polietilen tereftalat, imenovan tudi PET, ima npr. kodo smole 1. Večina proizvajalcev plastike se ne opira več na omenjeno kodiranje, saj se uporablja samodejne sisteme prepoznavanja in razvrščanja smole. To obsega vse od ročnega sortiranja plastičnih materialov, do mehaniziranih avtomatskih procesov, ki zajemajo drobljenje, sejanje, separacijo s stopnjo gostote zraka, tekočino ali uporabo magnetnih in zapletenejših vrst tehnologij (UV, laser). Nekateri plastični odpadki se pred recikliranjem ločijo tudi po barvi. To plastiko se nato razreže, zdrobi, nakar sledi postopek odstranjevanja nečistoč (npr. papirnatih etiket). Dobljen material nato stalijo in ga pogosto vlijejo v obliko pelet ter ga nato uporabijo za izdelavo drugih izdelkov.

7.2.1. Toplotna depolimerizacija

Pri tem postopku gre za predelavo mešanih polimerov v gorivo. To je precej manj občutljiv proces, saj je zanj značilno, da lahko uporabimo tudi različne mešanice polimerov.

7.2.2. Termično stiskanje

Ta proces se širi s »start up« podjetji, zlasti v Avstraliji, ZDA in na Japonskem. V proces termičnega stiskanja lahko vključimo vse nesortirane plastike, v vseh oblikah, od plastičnih vrečk do trših industrijskih odpadkov. Ravno to pa je največja prednost tega procesa, saj omogoča recikliranje vseh oblik plastik in ne le tistih ujemajočih. Pomanjkljivost, na katero se nanaša največ kritik, pa so visoki energetske stroški predelave.

7.3. Pomen oznake plastike za recikliranje

S predelavo in ponovno uporabo plastičnih materialov (recikliranjem) lahko zmanjšamo negativen vpliv na okolje na več ravneh. Poleg zmanjšanja količine plastičnih odpadkov na smetiščih, z recikliranjem prihranimo tudi energijo in porabimo manj nafte za proizvodnjo novih plastičnih materialov.










Slika 36: Skladišče odpadne plastike

Za izdelavo jope iz flisa je potrebnih 25 plasten iz poliestra. Reciklirane plaste zmeljejo in iz njih naredijo vlakna, iz katerih nato izdelajo flis. Flis je lahek in topel material, ki ga enostavno operemo, hkrati pa pri sušenju porabimo manj energije kot pri sušenju oblek iz volne. Slaba stran uporabe recikliranih plasten za izdelavo flisa je varnost delavcev, ki delajo pri predelavi plasten v vlakna, saj pri tem nastajajo prašni delci, ki so škodljivi za ljudi.

Žal je večino plastike težje reciklirati kot papir, steklo ali kovino. Recikliranje plastike otežuje njena zelo različna sestava ter uporaba različnih barvil in drugih dodatkov. Najbolj enostavno in poceni je recikliranje plastičnih vrečk in plasten, saj je pri izdelavi uporabljenih najmanj dodatkov. Pogosto otežuje recikliranje plastike tudi to, da na izdelkih ni označena vrsta plastike.

Tabela 2: Oznake plastike in uporaba

Oznaka	Vrsta plastike	Primeri najpogostejše uporabe
	Polietilen tereftalat	Plastenke, plastični kozarci
	Polietilen (visoka gostota)	Plastične vrečke, embalaža za detergente, šampone, plastične cevi
	Polivinilklorid	Cevi, izolacijski material za električne kable, gramofonske plošče
	Polietilen (visoka gostota)	Plastične vrečke, igrače, embalaža
	Polipropen	Plastična kuhinjska posoda in jedilni pribor, jogurtovi lončki
	Polistiren	Izolacijski material, plastični jedilni pribor, lončki in krožniki za enkratno uporabo
	Druge plastične snovi (pogosto polikarbonati)	CD, leče za očala, avtomobilski žarometi, ohišja električnih aparatov

Posnetek 17: Recikliranje plastičnih steklenic – izdelava jopice

<https://www.youtube.com/watch?v=zyF9Mxlcltw>



8. Viri in literatura:

- Hopmann C., Michaeli W., (2017) **Einführung in die Kunststoff –verarbeitung**; Hanser
- Michaeli W., Greif H., Wolters L., Vosseburger F. (2nd Edition) **Training in Plastics Technology**; Hanser
- Navodnik J., (2.dopolnjena izdaja 1995) **Plastik-rodjar**; Navodnik – kemijski inženiring
- Privšek H., (2017) **Umetnost brizganja**; Profidpt d.o.o.
- (2017). **Termoformiranje**. Pridobljeno 16. 9. 2017 iz <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-termoformiranje.htm>
- (2017). **Ekstrudiranje**. Pridobljeno 16. 9. 2017 iz <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-ekstrudiranje.htm>
- (2017). **Materiali**. Pridobljeno 12. 9. 2017 iz <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali.htm>
- (2017). **Polimeri in tehnologije predelave**. Pridobljeno 18. 9. 2017 iz http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/img/pool/5_Preoblikovanje_polimerov-PT-11-12.pdf
- (2017). **Pihanje**. Pridobljeno 17. 9. 2017 iz <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-pihanje.htm>
- (2017). **Injekcijsko brizganje**. Pridobljeno 20. 9. 2017 iz <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-tehnologije-injekcijsko-brizganje.htm>
- (2017). **Sintetične snovi - orodje za brizganje polimernih materialov**. Pridobljeno 20. 9. 2017 iz http://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_sinteticne_snovi_orodje_za_brizganje_polimernih_materialov_01?r=1
- (2017). **Sintetične snovi - postopki predelave polimernih materialov**. Pridobljeno 12. 9. 2017 iz http://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_sinteticne_snovi_postopki_predelave_polimernih_materialov_01
- (2017). **Sintetične snovi - tehnološka priprava na brizganja**. Pridobljeno 12. 9. 2017 iz http://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_sinteticne_snovi_teholoska_priprava_na_brizganja_01



- (2017). **Tehnična plastika**. Pridobljeno 12. 9. 2017 iz <http://tehnicka-plastika.com/index.php/plastika/>