

# Termoformiranje (5. Deo)

**P**rednosti oblikovanja termoformiranjem su brojne i uključuju sledeće: proizvodnja artikala se vrši u aluminijumskim ili epoksidnim kalupima koji nisu skupi; maksimalni pritisci u kalupima za vakuumsko oblikovanje su manji od 102 kPa, a kod termoformiranja pod pritiskom su u opsegu od oko 200 kPa do 2 MPa; mogu se prerađivati koekstrudirane ili laminirane ploče sa do 5 različitih plastičnih materijala u kombinaciji i do 9 slojeva; kod termoformiranja pod pritiskom se dobijaju otpresci slični onima kod injekcionog presovanja ali sa mnogo bržim ciklusima; mogu se proizvoditi veoma veliki (1-2,5 m), relativno jednostavni artikli; cena opreme za termoformiranje je niža u poređenju sa drugim postupcima, mada je dodatna oprema skuplja od osnovne opreme; ambalaža se može proizvesti sa tanjim zidovima u odnosu na druge postupke; kod kalupa sa više šupljina na brzim mašinama može se proizvesti i 100.000 artikala na sat; promene dizajna proizvoda nisu skupe iz razloga jeftinijih alata u odnosu na druge postupke prerade. Međutim, termoformiranje ima i određenih nedostataka, a to su: detalji dizajna se mogu oblikovati samo na jednoj strani artikla bez upotrebe specijalnih alata; precizna kontrola debljine zida je teška; debljine zidova i dimenzije artikla mogu da variraju od artikla do artikla; proizvodni troškovi su veći u odnosu na druge postupke iz razloga viškova (škarta) materijala pri opsecanju; materijalni troškovi su veći zbog toga što je najpre potrebno proizvesti ploče ili folije za termoformiranje, dok se kod injekcionog presovanja ili ekstrudiranja polazi direktno od plastičnog materijala.

Različiti materijali se mogu termoformirati, pri čemu veći problemi postoje kod kristalastih materijala.



## Procesne temperature

**Ciljani temperaturni limit za termoformiranje.** Temperatura na kojoj ploča treba da se oblikuje pod normalnim uslovima. Temperatura treba da bude dostignuta u ploči i merena pre nego što dođu u kontakt kalup i ploča. Kod izvlačenja plitkih artikala prilikom brzih ciklusa vakuumiranja i/ili oblikovanja pod pritiskom, ponekad su moguće i niže temperature ploče a time i brži ciklusi. Veće temperature su potrebne kod dubokog izvlačenja i predistezanja.

**Donji temperaturni limit termoformiranja.** Najniža temperatura na kojoj materijal može da se termoformira bez nastanka neželjenih napona. To znači da ploča treba da dođirne svaki ugao kalupa pre nego što se dostigne donji temperaturni limit. Materijal koji se prerađuje ispod ovog limita imaće znatno povećane napone i deformacije, što će kasnije dovesti do krivljenja, loše udarne žilavosti i/ili do drugih fizičkih promena u finalnom proizvodu.

**Gornji temperaturni limit termoformiranja.** Temperatura na kojoj plastična ploča počinje da se degradira ili na kojoj ploča postaje previše fluidna i savitljiva za termoformiranje. Ove temperature su povezane sa pogoršanjem fizičkih svojstava materijala.

**Temperatura kalupa.** Visoke temperature kalupa obezbeđuju visok kvalitet finalnog proizvoda, i to: bolju udarnu žilavost i bolja fizička svojstva; minimalna unutrašnja naprezanja; bolju distribuciju materijala i bolja optička svojstva. S druge strane, artikli tankih zidova se često termoformiraju sa kalupima čije su temperature 17-32 °C, što smanjuje vreme trajanja ciklusa. Dodatni naponi koji se formiraju nisu tako izraziti kod tankih artikala i mogu se tolerisati.



Slika 12. Električni grejači za zagrevanje ploče

**Temperatura vadenja iz kalupa.** Temperatura na kojoj se artikal može izvaditi iz kalupa bez krivljenja. Ponekad se artikli mogu vaditi i na većim temperaturama ako se koristi utvrđeno rashladno sredstvo. Uobičajeno je to temperatura toplotne distorzije (HDT) na 0,455 MPa.

## Materijali za termoformiranje

**Polistiren – PS.** Jedan od najviše korišćenih materijala za termoformiranje. Polistiren otporan na udar – PS-HI ima mnogo bolju udarnu žilavost u odnosu na PS, ali je i skuplji. Ima lošu otpornost na UV-zračenje. Za preradu termoformiranjem se koriste svi tipovi grejača. Prethodno sušenje nije neophodno. Oblikovanje termoformiranjem je veoma lako. Postupak vakuusnog oblikovanja obezbeđuje dobar kvalitet. U pitanju je materijal koji se lako i brzo oblikuje, zahvaljujući niskoj temperaturi termoformiranja.

**Polikarbonat – PC.** Transparentan poput stakla. Ima odličnu udarnu žilavost, dobru termičku otpornost, odličnu dimenzionu stabilnost i dobra električna svojstva. Potrebno je pred-sušenje na 120 °C kada se radi o vakuuskom oblikovanju. Vreme sušenja je dugo. Grejanje ploče je neophodno sa obe strane ukoliko se radi o debljinama preko 3 mm. Visoka temperatura termoformiranja čini da je vreme grejanja dugo. Osim vakuusnog, moguće je primeniti termoformiranje pod pritiskom i pozitivno termoformiranje.

**Akronitril/butadien/stiren – ABS.** Odlukuje se žilavošću, čvrstoćom i krutošću. Toplotno je i hemijski otporan, a odlukuje se i dimenzionom stabilnošću i otpornošću na pužanje. Za grejanje se koriste svi tipovi grejača, a temperatura oblikovanja je prilično niska (počinje na oko 100 °C), te je grejanje relativno brzo.

**Poli(vinil-hlorid) – PVC.** Za grejanje se koriste sve vrste grejača, a sušenje nije potrebno. Fleksibilna priroda materijala ga čini veoma otpornim na termičke napone, tako da pojava pukotina pod naprezanjem nije nikada problem.

Tabela 3. Procesne temperature za termoformiranje

Temperatura, °C	PC	ABS	PC/ABS blenda	PA/ABS blenda
Ciljani limit	190	165	180-190	165
Donji limit	180	125	150	150
Gornji limit	205	195	210	205
Max. temp. ploče za vadenje iz kalupa	145	95	95	95
Temp. kalupa	80-125	50-95	50-95	50-95
Temp. klipa	*	120-150	120-150	120-150

\* Za 5 °C manje od temperature ploče; \*\* Podaci se odnose na termoplaste firme Bayer, i to: "Makrolon" – PC; "Lustran" – ABS; "Bayblend" – PC/ABS; "Triaks" – PA/ABS.

Nastavak u Biltenu 1/2007