

Napovedovanje porazdelitve debeline sten pri enostavnih orodjih za termoformiranje

Ertugrul Selcuk Erdogan¹ – Olcay Eksi^{2,*}

¹ Univerza v Trakiji, Tehniška fakulteta, Oddelek za strojništvo, Turčija

² Univerza Namika Kemala, Tehniška fakulteta v Çorluju, Oddelek za strojništvo, Turčija

Analiza po metodi geometrijskih elementov (GEA) je pristop, ki se še ni uveljavil pri napovedovanju debeline sten delov, ki nastanejo s termoformiranjem. Metoda daje porazdelitev debeline sten le za enostavne komponente, simulacije postopka termoformiranja pa zahtevajo podrobnejši popis spremenljivk procesa in nekatere parametre materiala za pripravo primernega modela po metodi končnih elementov. Simulacija kljub zahtevam daje bolj realistične rezultate kot analiza po metodi geometrijskih elementov. Cilj te študije je primerjava rezultatov analize po metodi geometrijskih elementov, analize po metodi končnih elementov in eksperimentalne analize.

Polipropilen je bil ekstrudiran z laboratorijskim ekstruderjem s polžem premera 55 mm, ki omogoča izdelavo termoplastičnih folij debeline 1 do 3 mm in širine 30 mm. Ekstrudirana polipropilenska folija je bila izdelana pri konstantni hitrosti približno 1 m/min. Polipropilenska folija je bila ekstrudirana na debelino 2 mm (0,01 mm) s 5 in 15 odstotnim deležem ogljikovih vlaken za določitev vpliva ojačitve na končno porazdelitev debeline sten. Preiskan je bil vpliv ojačitvenih vlaken na parametre procesa termoformiranja. Za termoformiranje folij je bil uporabljen laboratorijski stroj z ročnim upravljanjem turškega podjetja Yenyurt Machinery Co. Ltd. iz Istanbula. Enota ni namenjena masovni proizvodnji in primerna je le za laboratorijske poskuse. Enota za preoblikovanje uporablja samo toploto in podtlak, dela pa lahko s folijami debeline 1 do 3 mm. V eksperimentalni študiji je bila uporabljena tehnika negativnega oz. vakuumskega preoblikovanja. Pri vakuumskem termoformiranju se uporabljajo ženska orodja, ki se postavijo pod folijo, ta pa se nato oblikuje po konturi orodja. V študiji so bila za izdelavo komponent uporabljena tri različna ženska orodja (valjasto, konično in kockasto). V članku je podana korelacija med tremi različnimi metodami napovedovanja debeline sten. Navaja tudi natančnost metod napovedovanja debeline sten pri termoformiranju polimernih folij.

Za termoformiranje v laboratorijski enoti so bile uporabljene folije različnih debelin iz amorfne polistirena (PS), enostavnega za preoblikovanje, in semikristaliničnega polipropilena (PP). Profil debeline komponent je bil določen eksperimentalno. Ugotovljene porazdelitve debeline sten so bile primerjane z rezultati analize po metodi geometrijskih elementov (GEA) za tri geometrije orodja. Opravljena je bila tudi simulacija termoformiranja s programsko opremo LS-Dyna Explicit.

Glavni povzročitelji neenakomerne porazdelitve debeline so oblika vpenjalnega obroča, homogenost porazdelitve ojačitvenih vlaken v matriksu, anizotropne lastnosti zaradi smeri ekstrudiranja ter grobe in porozne površinske napake. Za enakomernjšo porazdelitev debeline izdelkov je nujna izbira primerne geometrije vpenjalnega orodja, ki ustreza geometriji izdelka. Geometrija vpenjalnega orodja bi bila lahko okrogla za valjaste in konične izdelke ter pravokotna za pravokotne izdelke. Takšna oblika lahko uravnoteži napetosti v vseh smereh ter zagotovi enakomerne deformacije za enakomernjšo porazdelitev debeline.

Termoformiranje se je uveljavilo v proizvodni industriji pri izdelkih, ki so veliki in zahtevajo veliko ročnega dela. V primerjavi z drugimi proizvodnimi postopki je zelo učinkovito ter je primerno za visokoučinkovito masovno proizvodnjo. Članek predstavlja inovativen pristop k napovedovanju debeline izdelkov za raziskovalce. Raziskovalci in inženirji se lahko seznanijo tudi z rezultati različnih tehnik napovedovanja debeline sten. Rezultati in ugotovitve tega dela torej podajajo novo znanje na področju postopkov termoformiranja.

Ključne besede: termoformiranje, napovedovanje debeline sten, analiza po metodi geometrijskih elementov (GEA), polistiren, polipropilen, simulacija termoformiranja