



Povzetek projekta Po kreativni poti do znanja 2017 – 2020, 1. odpiranje, za namen objave in predstavitve na spletni strani sklada

1. Polni naslov projekta: Optimizacija procesa kalandriranja za izboljšanje mehanskih lastnosti plastične embalaže

- **V katero področje na prvi klasifikacijski ravni KLASIUS-P se uvršča projekt glede na vsebinsko zasnovu** (neustrezno področje izbrišite):

5 - Tehnika, proizvodne tehnologije in gradbeništvo

2. V sodelovanju z: (navede se univerza oz. samostojni visokošolski zavod, ki je prijavil projekt in članica, ki je nosilka projekta ter partner/ja – podjetje/ji oz. organizacija, ki je/sta bilo/i vključeno/i v projekt)

Univerza v Ljubljani/Fakulteta za strojništvo (prijavitelj/nosilka projekta),

Univerza v Ljubljani/ Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Panplast d.o.o.

3. Besedilo:

- Opredelite problem, ki se je razreševal tekom izvajanja projekta

Procesa kalandriranja in termoformiranja sta predelovalna procesa za izdelavo polimernih folij in polimerne embalaže, ki se uporabljata v prehrabni industriji (npr. embalaža za mesne izdelke). Tako izdelana embalaža mora poleg zelene oblike izkazovati določene mehanske lastnosti, zračno in optično prepustnost, ki so odvisne od vrste polimernega materiala, kemijskih dodatkov in od pogojev predelave. Vrsta polimernega materiala in razni dodatki (barvila, mehčala, ...) nam pogosto opredeljujejo ceno izdelka, medtem ko lahko z nastavitvijo predelovalnih parametrov močno vplivamo na mehanske lastnosti ter zračno in optično prepustnost izdelkov.

Cilj projekta je bil optimizirati postopke kalandriranja in termoformiranja za izdelavo plastičnih posod v prehrabni industriji preko poznavanja in merjenja osnovnih termičnih in mehanskih lastnosti ter pridobiti korelacijo teh lastnosti s procesnimi pogoji.

- Opišite potek reševanja problema oz. kratek povzetek projekta

Delo na projektu je bilo razdeljeno na 3 večje sklope:

Sklop 1. Pregleda relevantne literature

Sklop 2. Priprave vzorcev pri različnih pogojih

Sklop 3. Dela v laboratoriju, ki vključuje: DSC, nanoindentacijo, časovno-odvisno karakterizacijo
in reološko analizo materialov.

Sklop 1. Pregleda relevantne literature

Študentje so sledili naslednjim korakom: i) postavitev vprašanja na katera želimo dobiti odgovore, ii) formiranje ključnih besed, iii) iskanje člankov/knjig, iv) eliminacija nepomembnih informacij in v) pisanje odgovorov na vprašanja. Pregled literature je bil usmerjen v: izdelovalne tehnologije, eksperimentalne metode in korelacijo izdelovalnih tehnologij in končnih lastnosti.

Na podlagi zbrane literature so bila pripravljena poročila s pregledom trenutnega znanja na

področjih, ki so naštet zgoraj.

Sklop 2. Priprave vzorcev pri različnih pogojih

Študentje so pripravili vzorce, ki so jih potrebovali za nadaljnjo testiranje. Polimerne granule so bile najprej pretaljene v ekstruderju, da smo dobili polimerno talino. Talina je bila vodena na več valjev s katerimi smo polimerno talino preoblikovali v folijo (proces kalandriranja). Del folije smo vzeli za testiranje, drug del folije pa je uporabljen za izdelavo posodic (s postopkom termoformiranja).

Pripravljeni so bili vzorci 3 različnih barv polimerne folije in 3 različnih barv izdelkov, skupno 9 različnih vzorcev.

Sklop 3. Dela v laboratoriju

- *DSC analiza*
 - Delo je zajemalo: pripravo vzorcev v Al posodice, kalibriranje, merjenje in analizo rezultatov.
 - Ugotovitve: stopnja kristalnosti je odvisna predvsem od temperature 2. valja pri kalandriranju.
- *Nanoidentacija*
 - Delo je zajemalo: pripravo vzorcev, pripravo programa za testiranje, merjenje in analizo rezultatov.
 - Ugotovitve: z naraščanjem temperature 2.valja naraščata modul in trdota vzorcev.
- *Reološke lastnosti taline*
 - Delo je zajemalo: razrez vzorcev, pripravo programa, kalibriranje, merjenje in analizo rezultatov.
 - Ugotovitve: i) vsi vzorci izkazujejo psevdoplastičnost; ii) razlika v viskoznosti med 200 in 210°C majhna, iii) pri vseh vzorcih in temperaturah prevladuje pri visokih frekvencah elastičen modul, pri nižjih pa viskozen modul; iv) folije imajo malo višjo vrednost modulov.
- *Časovno-odvisne lastnosti*
 - Delo je zajemalo: pripravo vzorcev, pripravo programa za testiranje, merjenje pri različnih temperaturah in analizo rezultatov.

Ugotovitve: vzorec iz belega materiala izkazuje najmanjšo voljnost.

- Navedite in opišite rezultate projekta ter njihov doprinos k družbeni koristnosti

Pregled relevantne literature

Na podlagi zbrane literature so bila pripravljena poročila s pregledom trenutnega znanja na področjih i) izdelovalnih tehnologij, ii) eksperimentalne metode in iii) korelaciji izdelovalnih tehnologij in končnih lastnosti.

Informacije so bile povzete v poročilu, ki lahko v podjetju služi kot zbirka trenutnega znanja na teh področjih. Ista zbirka informacij pa bo dobrodošla tudi za študente, ki jih omenjene tematike zanimajo.

Optimizacija procesa izdelave plastičnih posod

DSC analiza

- Glede na rezultate meritev in izračunov kristaliničnosti sklepamo, da je kristaliničnost v glavnem odvisna le od temperature drugega valja;
- Kristaliničnost je največja pri 50°C (T drugega valja), malo manjša pri 30°C in najmanjša pri 80°C;

Nanoidentacija

- Lastnosti folije na eni in na drugi strani niso enake.
- Z naraščanjem temperature 2.valja naraščata modul in trdota vzorcev, ker je zelo opazno na 1 strani folije, na drugi strani folije je ta učinek manjši.

Reološke lastnosti taline

- Vsi vzorci posodic in folij izkazujejo psevdoplastično obnašanje.
- Pri vseh vzorcih in temperaturah prevladuje viskozni modul (G") - talina ima karakter tekočine

Časovno-odvisne lastnosti

- Bel vzorec višjo voljnost od rumenega in prozornega vzorca, prozoren vzorec pa najnižjo voljnost.
- Z višanjem temperature vzorec postaja vedno bolj voljen.

Na podlagi pridobljenih rezultatov se jasno vidi, da različni izdelovalni parametri kot tudi materiali vplivajo na končne lastnosti izdelkov. Pokazali smo, da ima velik vpliv temperatura 2. valja pri kalandriranju, vendar imamo premalo podatkov (zaradi časovne omejenosti projekta), da bi lahko to trditev posplošili na vse vrste materialov in izdelkov.

V sklopu projekta smo torej pokazali, da je izredno pomembno nadzorovati tehnološke parametre. S tem pa lahko bistveno vplivamo na ogljični odtis izdelane embalaže pri procesih kalandriranja in termoformiranja in hkrati zmanjšamo negativni vplivi na okolje. Poleg tega pa smo skozi projekt izboljšali kompetence študentov in hkrati nadgradili kompetence obeh strani.

Doprinos k družbeni koristnosti

Z uporabo pravih izdelovalnih parametrov (še zlasti temperature valjev) se lahko poveča učinkovitost masovne proizvodnje plastičnih izdelkov kar lahko neposredno zmanjša količino porabljene energije in posledično uporabo neobnovljivih virov energije. Zmanjšan bo tudi ogljični odtis izdelane embalaže pri procesih kalandriranja in termoformiranja.

Poleg tega pa je sinergijsko povezovanje eksperimentalnega industrijskega in akademskega znanja izboljšalo kompetence študentov in hkrati nadgradilo kompetence obeh strani (delovnega in pedagoških mentorjev). To sodelovanje je rezultiralo v nadgradnji izobraževalnega procesa, študentje pa so pridobili še kako potrebne praktične izkušnje, ki jim bodo zagotovile prednosti pri zaposlitvi.