

RAZVOJ INJEKCIJSKI PREŠANE POLIMERNE SPAJALICE

DEVELOPMENT OF INJECTION MOULDED POLYMER CLIP

Božo Bujanić, Saša Vurušić

Pregledni rad

Sažetak: Razvoj novog polimernog proizvoda u izravnoj je ovisnosti o karakteristikama proizvodnog procesa i karakteristikama materijala proizvoda. Veliki broj različitih polimera čini razvojni proces jako složenim. U radu će za razvoj polimerne spajalice biti korišteni CAE alati. Tijekom razvojnog procesa posebna pozornost bit će pridana izboru vrste polimera. Također će biti simulirano punjenje kalupne šupljine da bi se izbjegli potencijalni problemi pri injekcijskom prešanju. Rezultati dobiveni simulacijom bit će korišteni za optimiranje spajalice, konstruiranje kalupa i za optimiranje parametara preradbe poput tlaka ubrizgavanja, temperature stijenke kalupne šupljine itd.

Ključne riječi: injekcijsko prešanje, polimer, razvoj, simulacija, spajalica

Review article

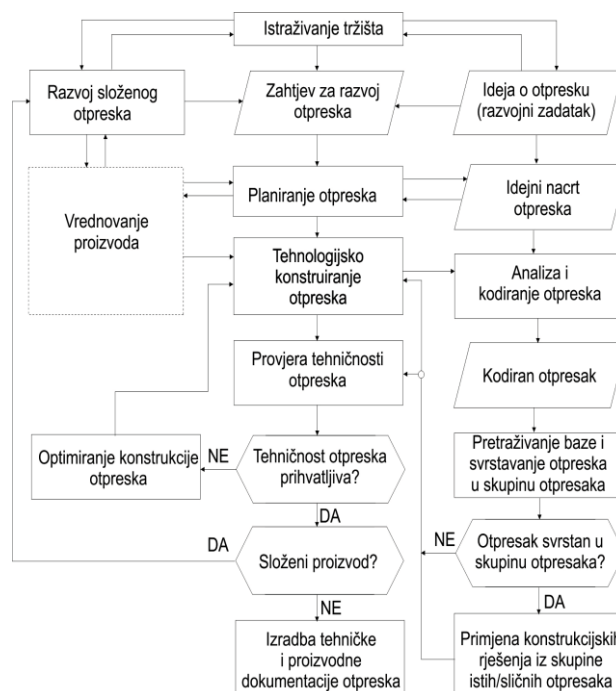
Abstract: The development of a new polymer product directly depends on the characteristics of a production process and characteristics of the material. Large number of different types of polymers make the development process very complex. In this paper, CAE tools will be used for the new plastic paper clip development. During the development process special attention will be paid to the choice of the polymer material. Also, simulation of injection moulding will be conducted in order to avoid potential injection moulding problems. The results gained from the simulation will be used for the optimization of the paper clip, for the mould design and for optimization of processing parameters, e.g. injection pressure, mould cavity wall temperature, etc.

Key words: clip, development, injection moulding, polymer, simulation

1. UVOD

Razvoj novog proizvoda počinje fazom istraživanja i planiranja razvoja. U toj se fazi na temelju zahtjeva kupaca, analize tržišta ili drugih kriterija utvrđuje potreba za proizvodnjom određenog proizvoda i formulira se zahtjev za razvojem proizvoda. [1] Prema zakonitostima metodičkog konstruiranja, u početnoj fazi konstruiranja proizvoda treba definirati ukupnu i parcijalne funkcije proizvoda. [2, 3] Pri svakom razvoju novog proizvoda treba imati na umu da oko 75% svih grešaka na proizvodima nastaje tijekom njihova razvoja. U toj je fazi njihovo uklanjanje najjeftinije i najbezbolnije. S druge strane analize pokazuju da se 80% svih grešaka otkrije i uklanja tek tijekom proizvodnje, kontrole kvalitete i upotrebe proizvoda. Uklanjanje grešaka u tim fazama uvijek je skuplje. [1] Slika 1. prikazuje shemu razvoja injekcijski prešanih polimernih otpresaka. [4]

Središnju fazu konstruiranja ponajviše karakterizira visoka uzajamna povezanost triju glavnih aktivnosti: oblikovanja, dimenzioniranja i izbora materijala. Zbog interaktivnosti između faza, izvođenje nema čvrsti sekvencijski tok. Također u toj je fazi, zbog potrebe za visokim stupnjem sinteze i interaktivnosti, pomoć računala nezaobilazna. [5]



Slika 1. Shema razvoja injekcijski prešanih proizvoda [4]

2. TEHNOLOGIJSKO KONSTRUIRANJE SPAJALICE

2.1. Analiza zahtjeva na spajalicu

Proces tehnološkog konstruiranja počinje analizom zahtjeva koje spajalica mora ispunjavati. Najvažniji zahtjevi na funkcionalnost, proizvodljivost, ergonomiju i estetiku razmatrani su istodobno i ovisno. Njihov utjecaj na izgled spajalice vidi se na slici 2. Oblik i veličina spajalice mora omogućiti pridržavanje do 20 komada listova papira veličine A4 ili manje, dati se proizvoditi postupkom injekcijskog prešanja, biti lagana i sigurna za upotrebu, mora lijepo izgledati i ujedno služiti kao promocija *Veleučilišta u Varaždinu*.



Slika 2. Idejna skica spajalice


2.2. Izbor materijala

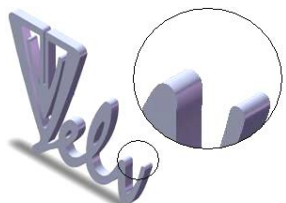


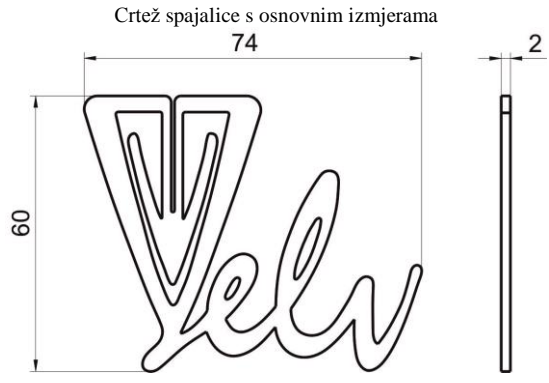
Kao materijal odabran je poliamid 6 proizvođača *BASF* trgovačkog naziva *Ultrad B3S (PA6)* zbog svojih mehaničkih svojstava i dostupnosti na tržištu. Najvažnije mehaničko svojstvo odabranog materijala je njegova žilavost i visoka otpornost na krhki lom. Za izbor materijala korištena je baza materijala *CAMPUS*.

2.3. Oblikovanje spajalice

Za oblikovanje spajalice primijenjeni su programski paketi *Adobe Flash CS4* i *SolidWorks 2007*. Postupak modeliranja prikazan je u tabeli 1. Prilikom modeliranja u obzir su uzeti svi zahtjevi postavljeni na spajalicu.

Tabela 1. Postupak modeliranja spajalice

<p>1. Crtanje izgleda spajalice, ispunjavanje zahtjeva funkcionalnosti, ergonomije i estetike (<i>Adobe Flash CS4</i>)</p>	
--	---

<p>2. Modeliranje osnovnog oblika, ispunjavanje zahtjeva funkcionalnosti, ergonomije i estetike (<i>SolidWorks 2007</i>)</p>	
<p>3. Modeliranje radijusa, ispunjavanje zahtjeva proizvodljivosti, ergonomije i estetike (<i>SolidWorks 2007</i>)</p>	
<p>4. Modeliranje skošenja stijenki, ispunjavanje zahtjeva proizvodljivosti (<i>SolidWorks 2007</i>)</p>	
<p>Crtež spajalice s osnovnim izmjerama</p> 	

2.4. Provjera tehničnosti spajalice

Pri provjeri tehničnosti spajalice uzeti su u obzir pretpostavljeni uvjeti preradbe. Za to su upotrijebljene analitičke i numeričke metode u obliku programskog paketa za simulaciju injekcijskog prešanja. Provjera tehničnosti započeta je izračunom vremena hlađenja otpreska. Spajalica se može promatrati kao pločasti otpresak debljine 2 mm. Podaci potrebni za proračun vremena hlađenja otpreska su:

- karakteristična izmjera otpreska $s_0 = 2 \text{ mm}$
- koeficijent oblika (ploča) $K_0 = 1$
- koeficijent unutrašnjosti $K_{U2} = 8/\pi^2$
- temperatura taljevine $T_T = 533 \text{ K (260 } ^\circ\text{C)}$
- temperatura stijenke kalupne šupljine $T_K = 343 \text{ K (70 } ^\circ\text{C)}$
- temperatura postojanosti oblika $T_{PO} = 373 \text{ K (100 } ^\circ\text{C)}$
- efektivna toplinska difuznost poliamida $a_{ef} = 6,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$

$$\bar{t}_h = \frac{s_o^2}{K_O \cdot a_{ef} \cdot \pi^2} \cdot \ln \left[K_{U2} \cdot \frac{T_T - T_K}{\bar{T}_{PO} - T_K} \right] = 10,7 \text{ s} \quad [1]$$

Simulacija punjenja kalupne šupljine načinjena je u programskom paketu *Mold Adviser*. Najvažniji ulazni parametri simulacije bili su: polimer – *Ultramid B3S*, temperatura taljevine $T_T = 533 \text{ K}$ (260 °C) i temperatura stijenke kalupne šupljine $T_K = 343 \text{ K}$ (70 °C). Rezultati simulacije prikazani su na slikama 3-9. U prvom dijelu analiziran je optimalan položaj ušća, dok se u drugom dijelu simulacije analizirao utjecaj položaja ušća na temperaturu čela taljevine, tlak u kalupnoj šupljini i potrebno vrijeme popunjavanja kalupne šupljine. Od ostalih rezultata dobivenih simulacijom potrebno je istaknuti vrijeme hlađenja koje je iznosilo 6,2 sekunde.



Slika 3. Analiza optimalnog položaja ušća



Slika 4. Vrijeme ubrizgavanja za položaj ušća I



Slika 5. Vrijeme ubrizgavanja za položaj ušća II



Slika 6. Temperatura čela taljevine za položaj ušća I



Slika 7. Temperatura čela taljevine za položaj ušća II



Slika 8. Tlak u kalupnoj šupljini za položaj ušća I



Slika 9. Tlak u kalupnoj šupljini za položaj ušća II

U drugom dijelu optimiranja razmatran je utjecaj različitih temperatura plastomerne taljevine i temperatura stijenke kalupne šupljine na vrijeme ubrizgavanja otpreska i tlak u kalupnoj šupljini. Rezultati za temperaturu taljevine $T_T = 523 \text{ K}$ (250 °C) i temperaturu stijenke kalupne šupljine $T_K = 333 \text{ K}$ (60 °C) prikazani su slikama 10 i 11.



Slika 10. Vrijeme ubrizgavanja – parametri simulacije II



Slika 11. Tlak u kalupnoj šupljini – parametri simulacije II

3. REZULTATI I RASPRAVA

Analizom zahtjeva koje polimerna spajalica mora ispuniti utvrđene su osnovne smjernice za tehnologijsko konstruiranje. Odabran je materijal iz grupe poliamida, za koji se očekuje da optimalno ispuni mehaničke, estetske i ekonomske zahtjeve. Pri modeliranju spajalice računalo se ne samo na funkcionalne, ergonomske i estetske zahtjeve, već se spajalica konstruirala na temelju zahtjeva postupka injekcijskog prešanja. Izračunato vrijeme hlađenja otpreska i rezultat dobiven simulacijom injekcijskog prešanja nisu iste vrijednosti. Razlog tome može biti u različitim ulaznim parametrima koji se uzimaju u obzir pri svakom postupku. U analitičkom postupku nisu uzeti u obzir kanali za temperiranje, niti karakteristike medija za temperiranje, dok su ti podaci obuhvaćeni u numeričkoj metodi. Analiza optimalnog položaja ušća ponudila je nekoliko mogućih mjesta. Daljnjim istraživanjem pokazano je da položaj ušća ima značajan utjecaj na tijek punjenja kalupne šupljine. To je pokazano na primjerima potrebnog vremena ubrizgavanja, temperature čela taljevine i tlaka ubrizgavanja. Vrijeme ubrizgavanja i tlak u kalupnoj šupljini za parametre simulacije II pokazuju više vrijednosti, što ukazuje na to da je položaj ušća II nepovoljniji od položaja ušća I. Ponekad nije moguće

odabrati najbolji položaj ušća zbog npr. konstrukcijskih ograničenja kalupa za injekcijsko prešanje. U takvim slučajevima treba optimalno odrediti položaj ušća u odnosu na sve postavljene zahtjeve. Drugi dio simuliranja procesa punjenja kalupne šupljine obuhvatio je optimiranje temperatura preradbe. Snižavanje temperature taljevine i temperature stijenke kalupne šupljine za 10 °C uzrokovalo je povišenje potrebnog vremena ubrizgavanja na 1,6 sekundi i povišenje tlaka u kalupnoj šupljini na 45,87 MPa. Takvi rezultati su se mogli i očekivati. Međutim, snižavanje temperatura taljevine i temperature stijenke kalupne šupljine pokazalo je povišenje potrebnog vremena hlađenja otpreska od 6,87 s što nije bilo očekivano. Jedan od razloga koji to može objasniti je taj da je došlo do razvitka veće količine viskozne topline zbog više smične viskoznosti polimerne taljevine.

4. ZAKLJUČAK

Tehnologijsko konstruiranje spajalice uključilo je primjenu inženjerskih numeričkih i analitičkih alata. Modeliranje pomoću računala i dobivanje modela spajalice na računalu omogućilo je simuliranje punjenja kalupne šupljine, te optimiranje položaja ušća i parametara preradbe. Međutim, rezultati dobiveni simulacijama trebaju biti samo smjernica i ne smije im se slijepo vjerovati. Inženjeri trebaju biti ti koji donose konačne odluke na temelju rezultata simulacija, analitičkih i numeričkih izračuna i svojeg iskustva.

4. LITERATURA

- [1] Raos P., Čatić I., (1992.), *Razvoj injekcijski prešanih polimernih tvorevina*, Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb
- [2] Koller R., (1976.), *Konstruktionmethode für den Maschinen Geräte und Apparatebau*, Springer Verlag, Berlin
- [3] Roth K., (1982.), *Konstruieren mit Konstruktionkatalogen*, Springer Verlag, Berlin
- [4] Bujanić B., Čatić I., Grupna tehnologija kod injekcijskog prešanja, *Polimeri* 28 (2007.), 1., 40-45
- [5] Raos P., Tehnologijsko konstruiranje u suvremenom konceptu razvoja injekcijski prešanih proizvoda, *Polimeri* 13 (1992.), 3-10

Kontakt autora:

Božo Bujanić
Šestan-Busch d.o.o.
bozo.bujanic@velv.hr