

**RAZVOJ IDEJNOG REŠENJA I KONSTRUKCIJE ALATA ZA IZRADU FITINGA  
LUKOVA Ø110/15° Ø110/30°****DEVELOPMENT AND DESIGN OF MOLD FOR INJECTION MOLDING OF FITTINGS  
Ø110/15° Ø110/30°**Zvonko Magoč, Mladimir Milutinović; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je konstrukciono rešenje alata/kalupa za injeksiono presovanje fittinga lukova Ø110/15° i Ø110/30°, koji predstavljaju standardne elemente kanalizacione instalacije. Pored toga, primenom softverskog paketa Moldex3D izvršena je analiza procesa po fazama u cilju provere validnosti konstrukcije alata i usvojenih tehnoloških parametara.

**Abstract** – In this paper a design solution for mold for injection molding of Ø110/15° and Ø110/30° fittings is given. Those fittings are standard elements of a sewer system. In addition, the mold design and the molding process parameters were analyzed using software package.

**Ključne reči:** Injeksiono presovanje, luk, numerička simulacija, Moldex3D.

**Key words:** Injection molding, fitting numerical simulation, Moldex 3D.

**1. UVOD**

Polimeri su materijali koji se sastoje iz većeg broja molekula – monomera. Polimer je složenica grčkog porekla sastavljena od reči poli – mnogo i meros – deo. Polimeri se sastoje iz većeg broja monomera (mono – jedan) grupisanih u složeniji lančasti molekul i međusobno su polarizovani (povezani u veće agregate)

Sintetički materijali, koji imaju amorfnu makromolekularnu strukturu, čine veliku grupu konstrukcionih materijala koji se jednom rečju nazivaju plastike. Za proizvodnju plastičnih masa koriste se jedinjenja organskog i mineralnog porekla koja predstavljaju polazne sirovine. Organske sirovine mogu biti biljnog ili životinjskog porekla. Mineralne sirovine se koriste kao polazni materijal za dobijanje hemijskog jedinjenja koja se različitim procesima prevode u poluproizvode u obliku granula, tableta, praha, smole, tečnosti [1]. Sirovine mineralnog porekla su [1]:

1. Nafta,
2. Ugalj i
3. Zemni gas.

Analiza plastičnih masa izvodi se praćenjem opštih karakteristika, načina oblikovanja, dodatnih materijala kao i njihov zadatak, a najznačajnija klasifikacija plastičnih masa je prema glavnim hemijskim familijama i prema njihovoj prirodi.

Sve plastične mase, uzimajući za osnovu smolu, dele se na više osnovnih grupa prema tabeli (tabela 1.).

**Tabela 1.** Pregled osnovnih plastičnih masa [1]

Vrsta plastične mase	Familija – hem. priroda	Vrsta plastične mase	Familija – hem. priroda
Termo-plastične plastične mase	Polietileni	Termo-reaktivne plastične mase	Fenoli
	Polipropileni		Aminoplasti
	Polivinilhlorid		Epoksidne smole
	Polistiroli		Poliestri*
	Poliamidi		Urelici
	Poliformaldehid		
	Polikarbonati		
	Celuloze		
	Metakrili		
	Politetrafluoretileni		
Acetati			

Napomena \*Pripadaju i jednoj i drugoj grupi plastičnih masa [2].

**2. PRERADA PLASTIČNIH MASA POSTUPKOM INJEKCIJNOG PRESOVANJA**

Injeksiono presovanje se zasniva na omekšavanju pripremljene plastične mase u zagrejanom cilindru i njenim periodičnim ubrizgavanjem u temperiranu kalupnu formu u kojoj dolazi do otvrdnjavanja proizvoda (slika 1.).

Proces injeksionog presovanja sastoji se od više faza. Prva faza ciklusa je zatvaranje kalupa, a ostvaruje se jedinicom za zatvaranje kalupa. Za tu operaciju potrebno je određeno vreme zatvaranja kalupa.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mladimir Milutinović, vanr. prof.

Podesivi profili brzine i sile zatvaranja služe kako bi se alat zaštitio od oštećenja.

U slučaju brizganja komada sa šupljinom, jezgra se takođe uvlače nakon zatvaranja alata, a mašina uspostavlja veliku silu zatvaranja.

Sledi približavanje mlaznice ka dizni alata, mlaznica jedinice za brizganje prislonjena je na alat, a zatim se podiže pritisak kontakta kako bi sprečio povratak ulivene mase.

U tom trenutku element za ubrizgavanje, u ovom slučaju pužni vijak, deluje kao klip. Pritisak ubrizgavanja može biti između 300 i 2500 bara u zavisnosti od alata i vrste plastomera. Ubrizgavanjem počinje i hlađenje rastopa u kalupnoj šupljini.

Završetkom punjenja kalupne šupljine dolazi do prelaska sa pritiska ubrizgavanja na naknadni pritisak u cilindru za ubrizgavanje. Naknadni pritisak je po pravilu niži od pritiska ubrizgavanja, jer više ne postoji visok otpor tečenja rastopa. Njegov zadatak jeste da izravna (ispegla) komad dopunskim punjenjem kalupne šupljine.

Naknadni pritisak deluje do "pečaćenja" tj. do trenutka kada se spojno mesto između kalupne šupljine i ulivnog sistema toliko ohladi i očvrstne da više nije moguće proticanje rastopa.

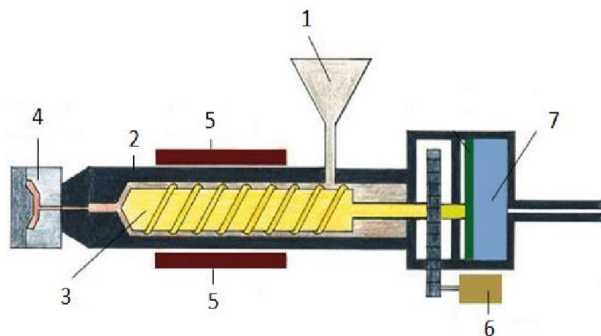
Time je omogućeno odmicanje mlaznice od ulivnog kanala i započinjanje plastifikacije.

Uporedno sa plastifikacijom, a pri odmaknutoj mlaznici, dolazi do uzimanja potrebne količine plastomera za naredni ciklus. Plastomer u obliku granulata se pretvara u rastop prolazeći duž rotirajućeg pužnog vijaka.

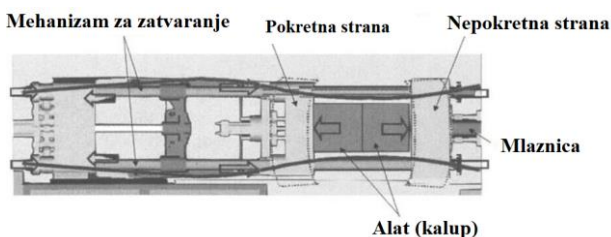
Toplota potrebna za zagrevanje plastomera dovodi se grejačima smeštenim na cilindru za topljenje. Potrebno vreme hlađenja otpreska često je duže od vremena ubrizgavanja, naknadnog pritiska, plastificiranja i vraćanja mlaznice. Zbog toga je potrebno dopunsko vreme hlađenja da se otpresak ohladi na temperaturu koja omogućuje pouzdano potiskivanje otpreska iz kalupne šupljine.

Kada se otpresak dovoljno ohladi, kalup se otvori odmicanjem pokretnog od nepokretnog dela. Tokom te faze se potiskuje otpresak iz kalupne šupljine.

Ciklus se završava istekom vremena za pripremu za naredni ciklus, nakon čega je mašina spremna za novi ciklus. Na narednoj slici (slika 2.) prikazana je šema mehanizma za zatvaranje alata [3].



Slika 1. Šema mašine za brizganje plastike: 1 - Koš, 2 - Cilindar, 3 - Puž, 4 - Kalup, 5 - Grejači, 6 - Motor, 7 - Hidraulični fluid [1]



Slika 2. Šema mehanizma za zatvaranje alata [3]

### 3. ALATI ZA INJEKCIONO PRESOVANJE

Alati za preradu plastičnih masa su tipičan primer kompleksnih alata. Od njih se očekuje da budu efikasni i pouzdani u njihovoj eksploataciji. Izrada kalupa zahteva određeno vreme i predstavlja veoma bitnu fazu koja se sastoji iz nekoliko podfaza. Kalup je najpre potrebno dizajnirati, zatim izraditi njegove delove, sklopiti u jednu funkcionalnu celinu i na kraju izvršiti njegovu probu. Sa tog aspekta kalupi za preradu plastičnih masa treba uspešno da odgovore na nekoliko zadataka i zahteva [4]:

- Tehnološki – u jednom radnom ciklusu kompletno oblikovati jedan ili više proizvoda, preuzeti rastoplenu masu, razdeliti je, popuniti kalupne šupljine, ohladiti je, prevesti je u čvrsto stanje i izbaciti proizvod,
- Konstrukcijski – treba preuzeti sile bez deformacija, osigurati potrebna kretanja alata pri otvaranju/zatvaranju i izbacivanju proizvoda kao i osigurati tačno vođenje delova alata i
- Funkcionalni – ulivni sistem, sistem oblikovanja i odzračivanja, sistem za temperiranje (hlađenje, grejanje), izbacivački sistem, vođenje i centriranje, prihvatanje prese, prihvatanje opterećenja i prenos potrebnog kretanja [4].

### 4. S LINE PROGRAM FITINGA

Komponente S line programa kanalizacione instalacije kompanije „Peštan“-Arandelovac su posebna (unapređena) linija proizvoda koje karakteriše visok kvalitet i prepoznatljivi dizajn. Proizvode se u Light Blue RAL 5012 boji, na sebi imaju "Peštan kućicu" logo firme, ali koja istovremeno ima i značajnu funkcionalnu ulogu. Naime, logo se nalazi na površini komada i definiše uglove pod kojima se postavljaju određeni fitinzi, kao što su lukovi  $\varnothing 110/15^\circ$  i  $\varnothing 110/30$ , prikazani na slici 3.



Slika 3. Dizajn S line fittinga

U tabela 2 navedene su mehaničke karakteristike komponenti S line-a programa [5].

Osnovni sastav S line smeše:

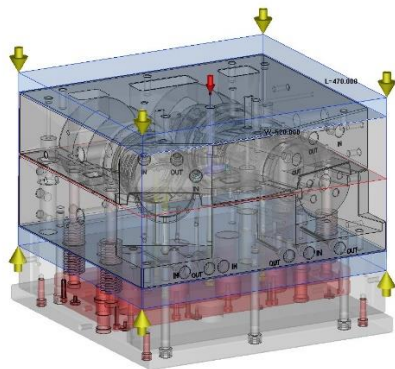
1. Borealis PP BEC 5012 – Borealis,
2. Kreda Peštan S5,
3. Listab CA – Chempson PolymerAdditive AG i
4. Masterbač - hemikalija.

Tabela 2. Mehanička svojstva S line-a fittinga [5]

Materijal	PP-H (Polipropilen kopolimer)
Gustina	Cevi ( $\varnothing 32 - \varnothing 160$ ) – $1,3 \text{ g/cm}^3$ , fitting – $1,4 \text{ g/cm}^3$
Temperaturna otpornost	Kratkotrajna do $95^\circ\text{C}$ , dugotrajna do $60^\circ\text{C}$
Koeficijent linearnog širenja	$0,05 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$
Hemijska otpornost	$\text{pH } 2 - \text{pH } 12$
Modul elastičnosti	$2400 - 3100 \text{ MPa}$
Način spajanja	Muf i gumica – otpornost na curenje do pritiska od $0,5 \text{ bar}$

## 5. IDEJNO REŠENJE ALATA

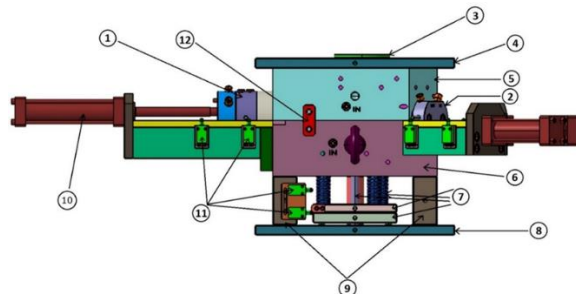
Na slici 4 dato je idejno rešenje unapređenog alata za injekciono presovanje fittinga prikazanih na slici 3. Alat se sastoji iz dve kalupne šupljine, jedna za luk  $\varnothing 110/15^\circ$ , a druga za luk  $\varnothing 110/30^\circ$ . Podozna ravan se nalazi na sredini komada. Zbog toga što alat čine dve kalupne šupljine (gnezda), obe su opremljene sa po dva izbijača. Da ne bi ulivak ostao u alatu dodat je poseban izbijač za vađenje ulivka. U alatu se koriste jednolični okrugli izbijači. Razlog zašto se koriste dva različita gnezda je najviše ekonomski. Proizvodi su relativno novi na tržištu i njihova potražnja još nije toliko zastupljena, pa se komadi proizvode u malim serijama, svega nekoliko hiljada. Razvoj dva različita alata za svaki komad bi bio ekonomski neisplativ u ovom trenutku jer bi, s obzirom na plasman proizvoda, vreme povrata investicije (troškovi razvoja i izrade alata) bilo veoma dugo. Alat koristi hladni ulivni sistem, sa centralnim ulivkom.



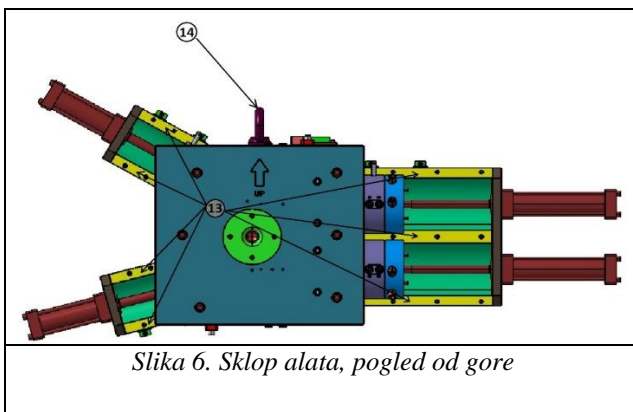
Slika 4. Idejno rešenje alata za S line fitting luk  $\varnothing 110/15^\circ \varnothing 110/30^\circ$

## 6. RAZVOJ KONSTRUKCIJE ALATA S LINE FITINGA LUK $\varnothing 110/15^\circ \varnothing 110/30^\circ$

Razvijena konstrukcija alata data u dve projekcije, sa označenim glavnim elementima prikazana je na slikama 6 i 7.



Slika 5. Sklop alata, pogled sa strane



Slika 6. Sklop alata, pogled od gore

1. Sklop skupljajućeg trna,
2. Sklop bočnog trna,
3. Centrač,
4. Nepokretna vezivna (stezna) ploča,
5. Nepokretna gravurna (kalupna) ploča,
6. Pokretna gravurna (kalupna) ploča,
7. Izbijački sistem (noseća izbijačka ploča – gornja i potporna izbijačka ploča – donja,
8. Pokretna vezivna (stezna) ploča,
9. Gređice (odstojnici),
10. Hidraulični cilindri,
11. Mikroprekidači,
12. Mehanička blokada (blokada),
13. Klizne površine bočnih i skupljajućih trnova, na nosačima trnova i
14. Kuka za transport.

## 7. SIMULACIJA PROCESA INJEKCIONOG PRESOVANJA S LINE FITINGA LUK $\varnothing 110/15^\circ \varnothing 110/30^\circ$

Simulacija procesa injekcionog presovanja je urađena u programskom paketu Moldex 3D.

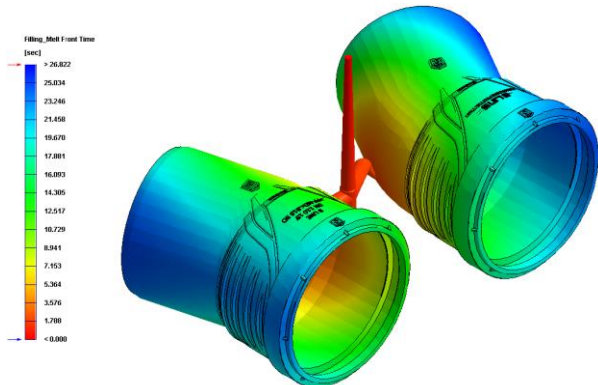
U programskom paketu Moldex 3D proces se analizira kroz nekoliko faza ciklusa:

1. Predgrevanje alata tj. kalupnih (gravurnih) ploča,
2. Punjenje kalupnih šupljina,



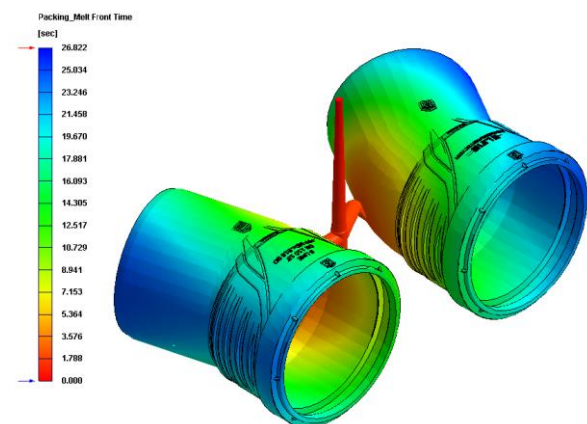
3. Delovanje naknadnog pritiska,
4. Hlađenje,
5. Deformacije otpreska u kalupu.

Sa slike (slika 7.) može se videti da je vreme popunjavanje kalupne šupljine dobijeno na osnovu simulacije 26,8 sekundi, da je popunjavanje 100%, tj. da je kalup popunjen u celosti, što predstavlja identičan rezultat kao u praksi. Vreme brizganja teži da se smanji što je više moguće. Kada su manji pritisci i brzina popunjavanja, duže traje popunjavanje kalupne šupljine i može doći do pojave fleka. Uzrok tome jeste prisustvo krede u smeši.



Slika 7. Vreme popunjavanja kalupne šupljine

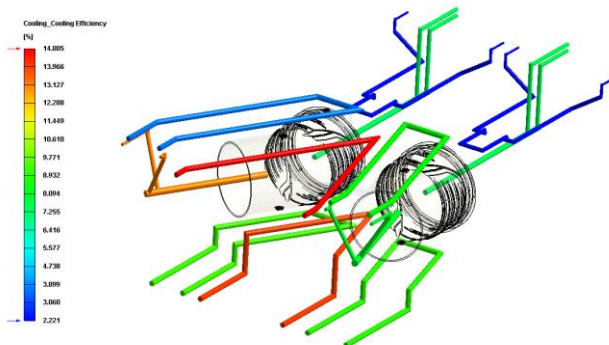
Naknadni pritisak (slika 8.) je produženo delovanje pritiska u cilindru radi popunjavanja šupljina nastalih skupljanjem materijala pri hlađenju. Vrednost naknadnog pritiska treba da bude od 60% do 70% od pritiska brizganja. Vreme trajanja naknadnog pritiska u praksi je do 2 sekunde za prikazane komade. Generalno, vreme trajanja naknadnog pritiska zavisi od debljine zida. Prema standardu EN 1451 za debljinu zida 1,8 mm potrebno je vreme 1,8 - 2 sekunde naknadnog pritiska. Pri hlađenju delova istovremeno dolazi do njihovog skupljanja. Usled nedovoljne vrednosti naknadnog pritiska može doći i do formiranja šupljina, tj. do pojave vazduha unutar ulivka, što uzrokuje da se udubljenja pojave i na samoj površini komada.



Slika 8. Naknadni pritisak

U nastavku (slika 9.) dat je stepen iskorišćenja kanala za hlađenje. Rezultati simulacije pokazuju da je srednja vrednost stepena iskorišćenja 7,28%. Razlog zašto je

stepen iskorišćenja toliko nizak je zbog modifikovanja kanala za potrebe ispravnosti simulacije o kojoj je bilo reči na početku poglavlja. Stepenn iskorišćenja kanala za hlađenje je znatno veći u praksi.



Slika 9. Stepenn iskorišćenja kanala za hlađenje

## 8. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je proces injektionog presovanja S line fittinga luk  $\varnothing 110/15^\circ$  i luk  $\varnothing 110/30^\circ$  zajedno sa razvijenom konstrukcijom alata za njihovu izradu postupkom injektionog presovanja. Na osnovu 3D modela fittinga u programskom paketu Moldex 3D numeričkom simulacijom sprovedena je analiza prema stvarnim parametrima iz proizvodnje.

Rezultati dobijeni numeričkom simulacijom se u velikoj meri poklapaju sa rezultatima realnog procesa što pokazuje da su numeričke simulacije pouzdane inženjerske alatke i da se u tom smislu mogu koristiti u budućnosti kako za projektovanje tehnološkog procesa, tako i za projektovanje samih alata.

## 9. LITERATURA

- [1] Milorad Jovanović, Vukić Lazić, Dragan Adamović, Neda Ratković: Mašinski materijali, Mašinski Fakultet, Kragujevac, 2003.
- [2] Bogdan Nedić, Vladislav Đukić: Plastične mase, Mašinski Fakultet, Kragujevac, 2004.
- [3] Bogdan Nedić, Nataša Vesić, Darko Vasiljević: Boja, kolometrija i plastične mase, Mašinski Fakultet, Kragujevac, 2018.
- [4] Boško Perošević: Kalupi za injektiono presovanje plastomera (termoplasta), naučna knjiga, Beograd, 1995.
- [5] [www.Pestan.net/wp-content/uploads/2018/08/2018-PIPING\\_SOLUTIONS-SRB-web.pdf](http://www.Pestan.net/wp-content/uploads/2018/08/2018-PIPING_SOLUTIONS-SRB-web.pdf) (13.05.2019.)

### Kratka biografija:



**Zvonko Magoč** rođen u Vrbasu. Diplomirao 2017. godine na Fakultetu tehničkih nauka, smer mašinstvo. Zaposlen u kompaniji „Peštan” na poziciji WCM lidera.

**Mladimir Milutinović** rođen je u Arilju 1967. godine Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2013. god., iste godine izabran je u zvanje docenta. Oblast interesovanja su tehnologije plastičnog deformisanja, aditivne i virtuelne tehnologije