

DIZAJN, RAZVOJ PROIZVODA I KONSTRUKCIJA ALATA ZA INJEKCIJONO PRESOVANJE DEKORATIVNE MASKE ZA ELEKTROINSTALACIONI PROGRAM
PRODUCT AND MOLD DESIGN FOR INJECTION MOLDING OF DECORATIVE MASK FOR ELECTRICAL INSTALLATION PROGRAM

Tamara Iličić, Mladimir Milutinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratik sadržaj – U radu je prikazan proces modelovanja dekorativne maske za elektroinstalacioni program kao i projektovanja alata za izradu ovoga dela injekcionim presovanjem. Izvršena je numerička simulacija procesa u cilju provere validnosti dizajna dela, konstrukcije alata i parametara procesa. Na bazi relevantnih faktora usvojena je odgovarajuća mašina

Ključne reči: Polimeri, injekciono presovanje, maska prekidača, ABS, mašine za brizganje.

Abstract – In this paper the process of modeling a decorative mask for the electrical installation components is given as well as a mold design for mold injection of this part. A numerical simulation of the injection molding process was carried out in order to validate the part and mold design, and to check the process parameters. In continuous, based on the relevant factors, an injection machine was selected.

Keywords: Polymers, injection molding, mask for power switch, ABS, injection molding machine.

1. UVOD

Osnovni cilj dizajna je da proizvodu daje kvalitete u tehničko–funktionalnom smislu, estetskom, ekonomskom i ergonomskom pogledu, da bi ga u određenom vremenskom periodu prihvatio potrošač. Suština dizajna je zapravo stvaranje efikasnih proizvoda.

Neophodne osobine koje dobar proizvod mora da ima su dobre funkcije i performanse, bezbednost, kvalitet, ekološka pogodnost, jednostavnost primene i ugradnje, ergonomija, estetika, kratko vreme do tržišta, itd.

Pri projektovanju proizvoda od termoplasta neophodno je voditi računa o karakterističnim problemima koji se mogu javiti u toku procesa, a koji se moraju sprečiti. Jedna od najbitnijih stavki je adekvatan izbor vrste materijala koji će se brizgati. Pravilnim izborom nuspojave će se svesti na minimum, a greške se mogu izbeći. Debljina zida znatno utiče na proces brizganja i na sam kvalitet otpreska, prema tome treba se težiti ka tome da se pravilno definiše kako ne bi došlo do neželjenih efekata. Primena rebara za ojačavanje poboljšaće čvrstoću kod iste debljine zida i olakšaće tečenje materijala unutar kalupne šupljine.

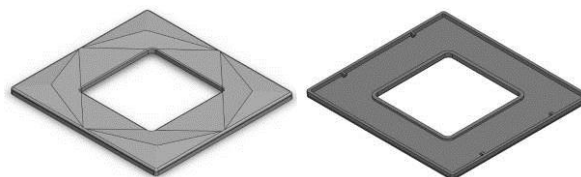
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mladimir Milutinovic, docent.

Nagibi na otpresku olakšaće njihovo izbacivanje iz alata, ukoliko se ne definiše pravilno može doći do oštećenja i dela i alata. Neizostavno je i zaobljenje ivica radi lakšeg tečenja materijala, lakšeg vađenja i poboljšanog spoljašnjeg izgleda otpreska. Još jedna veoma bitna stavka koja umnogome utiče na proces brizganja je skupljanje dela. Ono se mora predvideti i pravilno definisati da bi se izbegle deformacije otpreska i ostali nedostaci.

2. DIZAJN I FUNKCIONALNE KARAKTERISTIKE DEKORATIVNE MASKE

Usvojeni dizajn dekorativne maske koja će se razmatrati i analizirati uz pomoć CAD programskih sistema je prikazana na slici 2.1.



Slika 2.1 Dizajn dekorativne maske „SolidWorks 2018“

Programski paket koji će se koristiti za modeliranje dekorativne maske je "SolidWorks 2018".

Danas je veoma teško uskladiti zahteve tržišta, lake ugradnje, pritom vodeći računa o estetici i izradi alata. U korak sa vremenom i konkurencijom insistira se na tome da se proizvod što lakše montira, a pritom se mora voditi računa da se zadovolje i visoki estetski zahtevi, pored što lakše izvedbe alata. Cela prednja površina maske ima veliki sjaj, kako zbog estetike, tako i zbog smanjenog skupljanja prašine i lakšeg čišćenja maske.

Delovi sa nepotrebno debelim površinama veoma su podložni iskrivljenju, greškama i drugim oštećenjima, tako da su kod maske korišćeni tanki zidovi čime će se, između ostalog, smanjiti i vreme ciklusa. Primenjen je tehnološki nagib od 1°, kako bi se smanjio stres i olakšalo izbacivanje gotovog dela iz kalupa. Sve ivice maske su zaobljenje određenim vrednostima radijusa radi smanjenja koncentracije stresa i poboljšanog protoka materijala u kalupu.

Dizajn maske koji je prikazan u ovom radu predviđen je da odgovara sklopovima sa dva modula, za ugradnju u zid, a načini na koji mogu prekidati strujno kolo su serijski, naizmenični i unakrsni. Maska je, takođe, predviđena da bude kompatibilna sa monofaznom (sa i bez uzemljenja) priključnicom.

3. MATERIJAL ZA IZRADU DEKORATIVNE MASKE

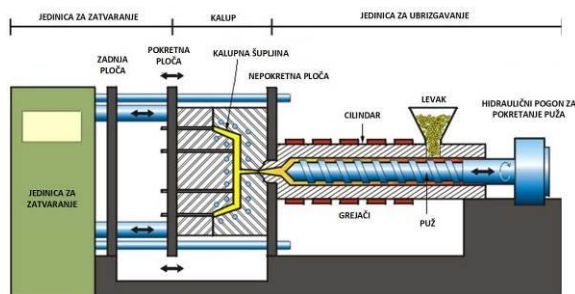
Materijal koji će se koristiti za izradu dekorativne maske je ABS (akrilonitril butadien stiren). ABS ima jaku otpornost na korozivne hemikalije i na fizičke uticaje. Raznim kombinacijama u njegovom sastavu može se modifikovati otpornost na udarce, žilavost i otpornost na toplotu. Ima nisku temperaturu topljenja što ga čini posebno jednostavnim za korišćenje u procesu brizganja. Skupljanje otpreska od ABS-a u kalupu pri optimalnim uslovima prerade iznosi $0,4^{\circ} \div 0,7^{\circ}$ u smeru tečenja i $0,30^{\circ} \div 0,5^{\circ}$ normalno na smer tečenja.

ABS vrlo malo apsorbuje vlagu, međutim, vrlo nizak sadržaj vlage dovodi do problema prerade i grešaka na površini uzorka. Zato se preporučuje sušenje granulata na temperaturi $343 \div 358\text{K}$ u trajanju 2÷4 sata.

4. INJEKCIONO PRESOVANJE

Sušтина postupka injekcionog presovanja je ubrizgavanje rastopljenog polimera pod visokim pritiskom u temperiranu kalupnu šupljinu, pri čemu dolazi do njegovog hlađenja i očvršćavanja, nakon čega se dobija otpresak koji je oblikovan prema kalupnoj šupljini. Posle toga sledi otvaranje alata i vađenje otpreska. Taj postupak se ciklično ponavlja u određenim vremenskim intervalima, a nakon brizganja otpresak se može doradivati po potrebi.

Brizganje se izvodi na specijalnim mašinama, koje se popularno zovu ubrizgavalice (ili brizgaljke). Osnovni delovi ovakvih mašina su prikazani na slici 4.1.



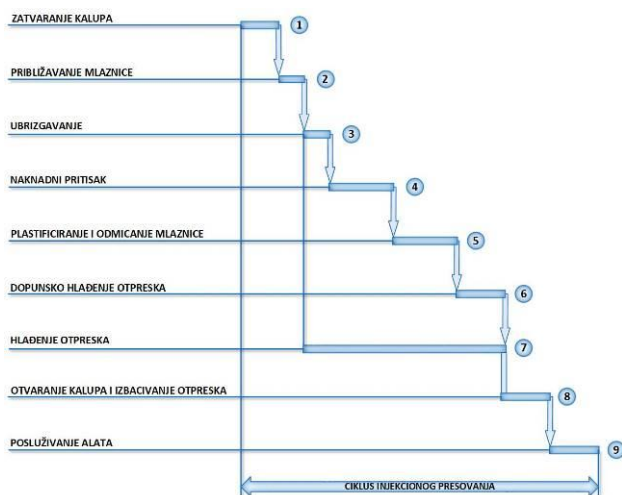
Slika 4.1 Mašina za injekciono presovanje [1]

Neke od prednosti injekcionog presovanja su:

- Kratko vreme ciklusa proizvodnje
- Konačno oblikovan proizvod, pogodan za upotrebu ili montažu sa veoma tačnim dimenzijama
- Ušteda materijala
- Estetski proizvod u željenim bojama
- Velika pogodnost u pogledu automatizacije procesa
- Brza proizvodnja velikih serija

Radni ciklus injekcionog presovanja prikazan je na slici 4.2 i predstavlja vreme koje je potrebno za izradu jednog ili više otpresaka, ako alat sadrži više kalupnih šupljina. Ciklus započinje zatvaranjem kalupa, a završava se njegovim posluživanjem.

Materijal se za vreme trajanja ciklusa mora zagrejati u cilindru za topljenje ubrizgavalice, da bi se postiglo dovoljno niskoviskozno stanje koje će omogućiti ubrizgavanje rastopa u kalupnu šupljinu.



Slika 4.2 Faze ciklusa injekcionog presovanja [1]

Parametri koji pritom utiču na kvalitet otpreska i uopšte proces brizganja su pritisak, temperatura i brzina puža. U skladu s tim moraju se pravilno i adekvatno definisati da bi proces bio uspešan.

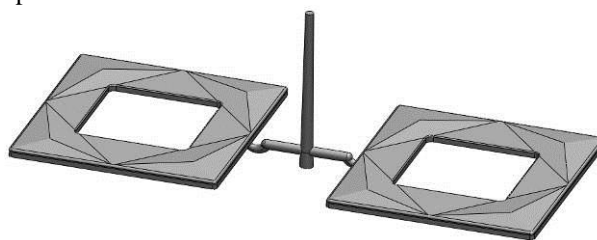
5. PROJEKTOVANJE ALATA ZA IZRADU DEKORATIVNE MASKE

Osnovni zadatak alata je prihvatanje rastopljene plastične mase u kalupnu šupljinu, njeno hlađenje i otvrtnjavanje do dobijanja gotovog otpreska i potiskivanja iz kalupne šupljine u ciklusnim ponavljanjima. Dakle, pri konstruisanju alata se, takođe, mora voditi računa o hlađenju i izbacivanju otpreska.

Osnovni elementi svakog alata su:

- Ulivni sistem
- Kalupna šupljina
- Sistem za izbacivanje otpreska
- Sistem za vođenje kalupa
- Kućište
- Elementi za temperiranje kalupa

Na slici 5.1 prikazan je grozd dekorativne maske sa dva otpreska.



Slika 5.1. Grozd dekorativne maske sa dva otpreska - "SolidWorks 2018"

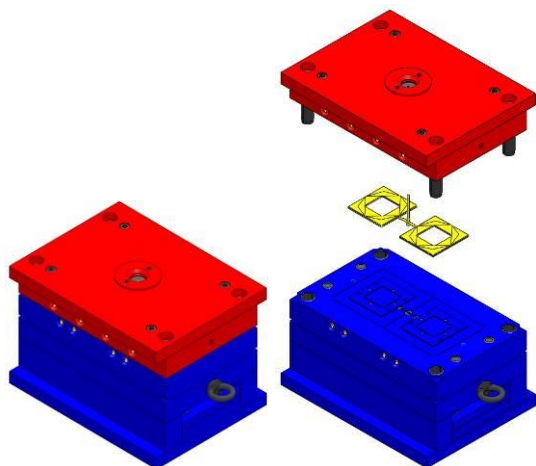
Prilikom konstruisanja alata neophodno je voditi računa o ekonomičnosti i racionalnosti, s toga se preporučuje da što više delova bude standardnih dimenzija, ukoliko je to moguće. Upotrebom standardnih delova smanjuju se rokovi izrade, postiže se visok kvalitet otpreska, a time i veća ekonomičnost.

Pored usvojenog injekcionog presovanja, kao tehnološkog postupka, ABS-a kao materijala otpreska, usvaja se i srednjeserijska proizvodnja. U skladu sa tim kao tehnološki najoptimalnije rešenje se usvaja da se u jednom ciklusu brizganja izrađuju dva radna komada.

Takođe se, kao tehnološki najoptimalnije rešenje usvaja hladan ulivni sistem, tačnije tunelni ulivni sistem, čija je osnovna pogodnost ta što se ulivni otpad odmah odvaja od otpreska, dakle, nije potrebna dodatna operacija njegovog odvajanja.

Na slici 5.1 se jasno može videti mesto ulivanja rastopa u kalupnu šupljinu, koje je pozicionirano baš tu zbog simetričnog popunjavanja rastopa.

Na osnovu ovih podataka usvaja se alat pravougaonog oblika sa dve kalupne šupljine i jednom podeonom ravni, slika 5.2.



Slika 5.2. Prikaz alata u zatvorenom položaju - "SolidWorks 2018"

Nepokretni deo alata obeležen je crvenom bojom, pokretni deo alata predstavljen je plavom bojom, dok je otpresak prikazan u žutoj boji.

Prsten za centriranje dizne centrira diznu kroz koju se vrši ubrizgavanje rastopljenog polimera. Ona naleže na nosač nepokretne kalupne ploče i njen ulazni otvor je uvek okrugao, poliran i konusan, da bi se olakšao protok rastopa.

Rastopljeni ABS se ubrizgava u kalupne šupljine kroz ulivni sistem, potom otvrdnjava i u toku otvaranja alata ostaje u pokretnom delu, zajedno sa otpreskom. Pri definisanju razvodnih kanala vodilo se računa da budu izvedeni tako da obezbede ravnomernu raspodelu mase, istom brzinom po celoj kalupnoj šupljini.

Nakon ubrizgavanja u kalupnu šupljinu i delovanja naknadnog pritiska deo otvrdnjava hlađenjem preko kanala za hlađenje, koji su predviđeni i izvedeni u odnosu na oblik i dimenzije otpreska. Kanali se na kraju povezuju priključcima, a u ovom slučaju kao rashladna tečnost koristi se voda. Vodilo se računa da ne budu previše blizu otpresku, da ne bi došlo do prevremenog očvršćavanja mase.

Nakon što je deo očvrstnuo deluje sistem za izbacivanje, odnosno izbacivačke igle, koje se nalaze u pokretnom delu alata. Nakon izbacivanja alat se ponovo zatvara i spreman je za novi ciklus.

Bitno je napomenuti da su pokretne i nepokretne kalupne ploče pozicionirane u noseće ploče formi. One su konstruisane jer predstavljaju ekonomičnije rešenje u vidu uštede materijala i cene izrade.

Nepokretna noseća ploča se spaja sa nepokretnom steznom pločom, dok se pokretna noseća ploča naslanja na osnovnu ploču, koja obezbeđuje alatu potrebnu krutost. Njihovo vođenje je obezbeđeno paralelnim vodičama.

Osnovna ploča naleže na odstojnike koji održavaju rastojanje od pokretne stezne ploče, kako bi se omogućilo kretanje izbacivačkog sistema.

Izbacivački sistem alata za brizganje maske čine donja ploča izbacivača, gornja ploča izbacivača, izbacivačke igle za izbacivanje maske i izvlačka ulivnog sistema. Izbacivanje ulivnog sistema se odvija pomoću izvlačka, a ulivna čaura sa tunelom omogućava odvajanje ulivka od otpreska.

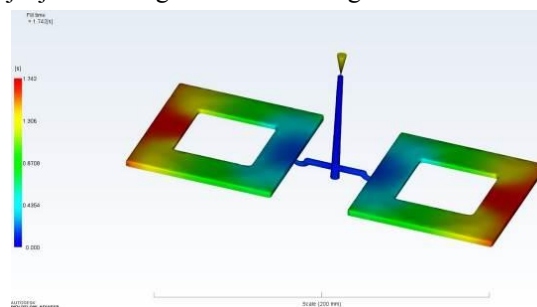
6. ANALIZA PROCESA POMOĆU NUMERIČKIH SIMULACIJA

Kompletna simulacija procesa injektionog presovanja izvršena je u programskom paketu „Autodesk Moldflow Adviser 2018“, koji omogućava potpunu vizualizaciju i analizu svih potrebnih faza procesa injektionog presovanja, uključujući i detekciju potencijalnih odstupanja fizičko-mehaničkih i geometrijskih karakteristika delova od onih koje su projektovane.

U ovom programu će se, na osnovu modela dekorativne maske izvršiti numerička simulacija, pri čemu će se dobiti rešenja u vidu proračuna i to za:

- Fazu punjenja kalupne šupljine (modul „Fill“)
- Fazu plastificiranja i delovanja naknadnog pritiska (modul „Pack“)
- Proračuna hlađenja otpreska (modul „Cool“)

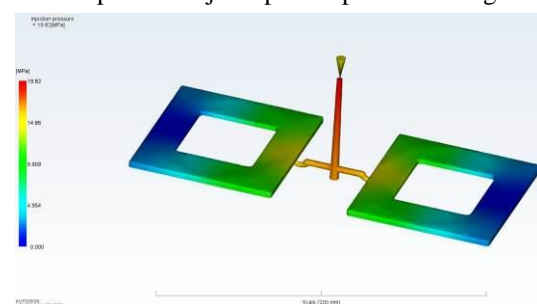
Na slici 6.1 se mogu videti rezultati za slučaj vremena ubrizgavanja materijala. Svaka promena u vremenu punjenja može negativno uticati na gotov deo.



Slika 6.1 Vreme ubrizgavanja

Ova analiza može ukazati na to da li treba da se izvrši neka korekcija u vidu izmene lokacije ulivnog sistema, ako se primeti da protok materijala nije ravnomeran. Takođe, može se primetiti zastoj u toku punjenja, što će negativno uticati na debljine zidova otpreska i pojave defekata u smislu dimenzija, estetike i čvrstoće. Vreme ubrizgavanja materijala za dekorativnu masku iznosi nešto više od jedne sekunde i punjenje će se bršiti bez poteškoća.

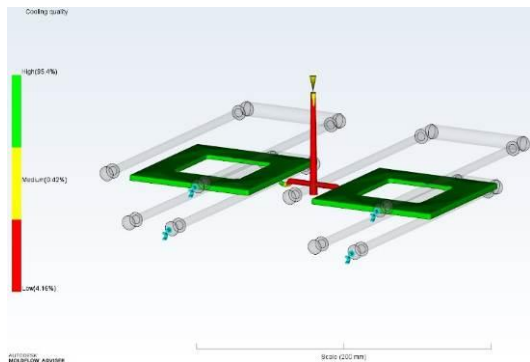
Na slici 6.2 prikazana je raspodela pritiska ubrizgavanja.



Slika 6.2 Pritisak ubrizgavanja

Delovanje naknadnog pritiska treba dopunskim punjenjem da izravna neravnine na otpresku koje su nastale skupljanjem materijala prilikom hlađenja. Na početku procesa pritisak je nula, da bi se kasnije povećavao u korak sa kretanjem fronta protoka. Što su veće razlike u pritisku, to je veća mogućnost pojave defekata. Na slici 6.2 se vidi da se raspodela pritiska odvija ravnomerno, tj. simetrično.

Na slici 6.3 se može uočiti da je kvalitet hlađenja hlađenja veoma dobar, tako da nema potrebe za eventualnim povećanjem vremena trajanja dodatnog hlađenja otpreska.



Slika 6.3 Kvalitet hlađenja otpreska

7. IZBOR MAŠINE ZA INJEKCIONO PRESOVANJE

Osnovna funkcija koju mašina mora da ispuni je priprema rastopa za ubrizgavanje, odnosno proces plastifikacije materijala koji se kroz levak za punjenje dostavlja u radni cilindar. Rastop se iz cilindra pod dejstvom pritiska puža, pomoću mlaznice i ulivnog sistema dovodi do kalupa gde se ubrizgava, hladi i otvrdnjava.

Zadatak mašine je da pre ubrizgavanja obezbedi zatvaranje alata, a nakon ubrizgavanja i otvrdnjavanja otvaranje kalupa, posle čega se vrši vađenje otpreska.

Osnovni delovi svake mašine su:

- ⊗ Jedinica za ubrizgavanje
- ⊗ Jedinica za zatvaranje alata
- ⊗ Alat
- ⊗ Jedinica za temperiranje
- ⊗ Pogonska jedinica
- ⊗ Upravljačka jedinica

Mašina za injekciono presovanje se usvaja u odnosu na parametre dobijene analizom mase i zapremine otpreska, gabarita alata, kao i simulacijom dobijenih rezultata. Za određivanje mase i zapremine otpreska koristiće se ranije spomenuti program "Solid Works". Na osnovu usvojene izrade od dva otpreska u jednom ciklusu, vrste materijala (ABS), ali i ulivnog sistema, dobija se prikaz vrednosti mase i zapremine za ceo grozd, slika 7.1.

Očitana zapremina otpreska iznosi: $V=27,199 [cm^3]$

Očitana specifična gustina ABS-a je: $\rho=0,96 [g/cm^3]$

Ukupna masa grozda: $m=V \cdot \rho=27,199 \cdot 0,96=26,11 [g]$

Kapacitet ubrizgavanja: $W=(0,9 \cdot m)/(k \cdot \rho)=32,637 [cm^3]$

Dimenzije kalupnih ploča: $296 \times 396 [mm]$

Visina kalupa: $276 [mm]$

Pritisak brizganja: $180.000 [MPa]$

Na osnovu ovih rezultata usvaja se mašina zlatne serije firme ARBURG "ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION".



Slika 7.1 Mašina za injekciono presovanje "ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION" [4]

8. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je razumevanje procesa dizajna, razvoja i projektovanja dekorativne maske za elektroinstalacioni program, projektovanja alata za njegovu izradu, simulacija koja pomaže u sprečavanju nastajanja defekata i izbor mašine, kao neophodna stavka u procesu injekcionog brizganja. S obzirom da se danas zahteva izrada proizvoda sa visokim kvalitetom i funkcijama sa vrlo malim rokovima izrade, pored mogućnosti izbora standardnih elemenata, razvijeni su i alati koji pružaju mogućnost izrade više različitih proizvoda u jednom alatu tako što se menja samo kalupna šupljina. Time se umnogome doprinosi uštedi vremena i novca. Takođe, pored toga razvijeni su savremeni računarski sistemi koji doprinose i bržem razvoju proizvoda i alata, ali i omogućavaju konstruktoru da prepozna određene nedostatke i poboljša proces u svakom njegovom segmentu. Pored tehničkih i funkcionalnih karakteristika, maska je dizajnirana da ispuni sve neophodne zahteve, od kompatibilnosti, bezbednosti, preko funkcionalnosti, eksploatacije, pa do estetskih zahteva.

9. LITERATURA

- [1] Vilotić D: "Tehnologija injekcionog presovanja polimera", Fakultet tehničkih nauka, Departman za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, (2007).
- [2] Vilotić D.: „Mašine za injekciono presovanje,“ Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [3] Perošević B.: „Kalupi za injekciono presovanje plastomera,“ Naučna knjiga, Beograd, 1995.
- [4] www.arburg.com

Kratka biografija:



Tamara Iličić, rođena je u Novom Sadu 4. oktobra 1989. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Savremenih tehnologija oblikovanja plastike odbranila je 2015. godine. Mater rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti savremenih tehnologija oblikovanja plastike odbranila je 2020. godine.