

# KONSTRUIRANJE KALUPA ZA INJEKCIJSKO PREŠANJE OTPRESKA S UNUTRAŠNJIM NAVOJEM

*Damir Godec, Mladen Šercer, Goran Osrečki*

Strukovni članak

Suvremena proizvodnja polimernih tvorevina injekcijskim prešanjem zahtijeva što viši stupanj automatizacije, od pripreme materijala za preradu, do pakiranja i otpreme. Kalup za injekcijsko prešanje predstavlja središnji dio sustava za injekcijsko prešanje, te je i on obuhvaćen tim zahtjevima. To se prije svega odnosi na automatsko odvajanje uljavnog sustava od otpresaka te automatsko vađenje otpresaka iz kalupne šupljine bez potrebe za dodatnim zahvatima. U radu je sažeto opisan tijek konstruiranja kalupa za injekcijsko prešanje plastomernog otpreska s unutrašnjim navojem.

**Ključne riječi:** kalup za injekcijsko prešanje, otpresak, unutrašnji navoj

## Design of mould for injection moulding of moulded part with internal thread

Professional paper

Modern injection moulding of polymer parts requires high degree of automatization, from preparation of material for processing to packing and transport. Mould for injection moulding is the central part of injection moulding system, so these requirements apply to it as well. Above all they apply to automatic separation of runner system from mouldings and to automatic demoulding without the need of additional operations. The paper describes the design process of mould for injection moulding of thermoplastic part with internal thread.

**Keywords:** internal thread, mould for injection moulding, moulded part

## 1

### Uvod

#### Introduction

Kalup predstavlja središnji dio sustava za injekcijsko prešanje. Kako su otpresci sve kompleksniji i kompliciraniji, to zahtijeva sve kompleksnija konstrukcijska rješenja za ostvarivanje ukupne funkcije kalupa. S druge strane, postupak injekcijskog prešanja nastoji se maksimalno automatizirati, što podrazumijeva i potpuno automatsko djelovanje kalupa. Čepovi s unutrašnjim navojem predstavljaju obitelj otpresaka koja zahtijeva posebnu pozornost pri konstruiranju sustava za vađenje otpreska iz kalupa, posebice ako je riječ o većem broju kalupnih šupljina. U radu je prikazan tijek razvoja kalupa za injekcijsko prešanje čepa s unutrašnjim navojem, s dvije kalupne šupljine, a posebna je pozornost posvećena izboru i proračunu elemenata za vađenje otpreska iz kalupa.

## 2

### Kalupi za izradu otpresaka s navojem

#### Moulds for manufacturing of moulded parts with thread

Navoj na otpresku predstavlja vrstu podreza, i najčešće povećava kompleksnost konstrukcije kalupa. Povećanje te

kompleksnosti varira, a ovisi o raznim faktorima kao što su (prema [1]):

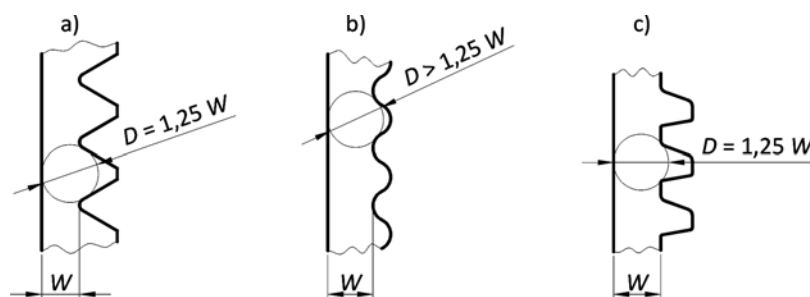
- *vrsta navoja* (unutrašnji ili vanjski, kontinuirani ili diskontinuirani)
- *način izrade* (otprešan ili ostvaren s pomoću metalnog umetka)
- *vrsta proizvodnje* (ručna, djelomično ili potpuno automatizirana proizvodnja)
- *ostali faktori*.

### 2.1

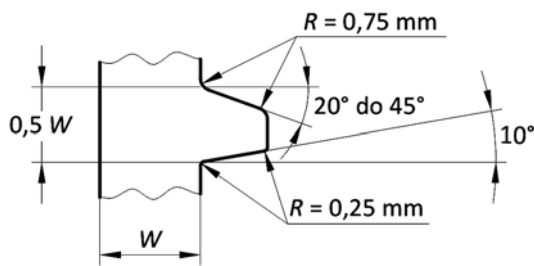
#### Oblici navoja [2]

#### Thread shapes [2]

Slika 1 prikazuje najčešće vrste navoja koje se pojavljuju na polimernim otprescima. *V* oblik navoja prikazan na slici 1a) ponekad se preporučuje ukoliko su sile na navoju male. Obli navoj prikazan na slici 1b) može podnijeti veće sile, međutim promjer najvećeg upisanog kruga prelazi 1,25 debljine stijenke otpreska, te može doći do deformacije prilikom hlađenja otpreska. Kompromis je navoj prikazan na slici 1 c). Konstrukcija tog navoja omogućuje velike sile opterećenja navoja, dok je istodobno smanjena mogućnost deformacije prilikom hlađenja otpreska.



**Slika 1** Vrste navoja: a) *V*-navoj, b) obli navoj, c) pilasti navoj [2]  
**Figure 1** Thread types: a) *V*-thread, b) round thread, c) buttress thread [2]



Slika 2 Profil pilastog navoja za polimerne otpreske [2]  
Figure 2 Buttress thread form for polymer moulded parts [2]

Početne dimenzije pilastog navoja prikazane su na slici 2. Od te točke, daljnja konstrukcija se treba prilagoditi primjeni otpreska.

## 2.2

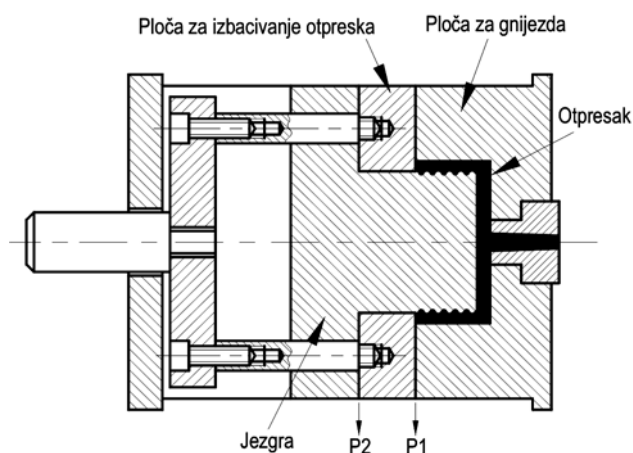
### Kalupi za otpreske s unutrašnjim navojem [1] Moulds for moulded parts with internal thread [1]

Unutrašnji navoj se definira kao vrsta unutrašnjeg podreza koji oblikuje ograničenja koja sprječavaju skidanje otpreska s jezgre povlačenjem. Većina kalupa za otpreske s unutrašnjim navojem izvedeni su s jezgrom koja prilikom otvaranja kalupa rotira. Ukoliko se ne zahtijeva visoka proizvodnost, mogu se koristiti manje složene konstrukcije kalupa. Jedna od takvih je učvršćena navojna jezgra. Ostala načela temelje se na svlačenju otpreska s jezgre, djelovanju slobodne navojne jezgre, odvrtanju navojnih jezgri, te djelovanju raskoljivih navojnih jezgri.

#### 2.2.1

##### Svlačenje otpreska s jezgre [1] Stripping moulded part from core [1]

Otpresak s unutrašnjim navojem može se skinuti s jezgre uporabom ploče za skidanje otpreska. To je moguće ostvariti kada je riječ o navoju kružnog profila, a otpresak mora imati potrebnu elastičnost prilikom vađenja iz kalupne šupljine. Pri tome vrijede ista načela kao i kod bilo kakvog unutrašnjeg podreza, npr. otpresak prilikom vađenja iz kalupne šupljine mora imati mjesta da bi se mogao raširiti tako da podrezi mogu prijeći preko izbočenih dijelova na navojnoj jezgri. To znači da vanjski dio otpreska mora biti tako konstruiran, da se u potpunosti oblikuje u dijelu kalupne šupljine koji se nalazi u jednoj polovici kalupa. Ukoliko bi se dio kalupne šupljine nalazio na ploči za



Slika 3 Svlačenje otpreska s jezgre [1]  
Figure 3 Stripping moulded part from core [1]

izbacivanje, ona bi ograničavala prostor za širenje otpreska.

Kalup tog tipa prikazan je na slici 3. Sastoji se od jedne kalupne šupljine za otpresak čepa s unutrašnjim navojem. Otpresak se oblikuje s pomoću kalupne šupljine i jezgre, dok se otpresak iz kalupne šupljine vadi s pomoću ploče za izbacivanje. Kalup se prvo otvara na sljubnici P1, te se radi podreza i stezanja otpreska izvlači iz kalupne šupljine i ostaje na jezgri. U sljedećoj fazi kalup se otvara na sljubnici P2, a ploča za izbacivanje svlači otpresak sa žiga.

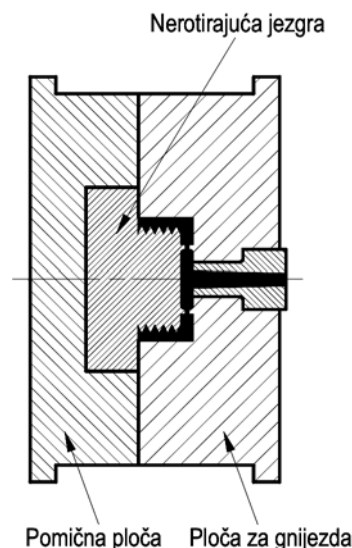
#### 2.2.2

##### Učvršćena navojna jezgra [1] Fixed threaded core [1]

Slika 4 prikazuje presjek kalupa s učvršćenom navojnom jezgrom. Profil navoja nalazi se na nerotirajućoj jezgri koja je pričvršćena za pomični dio kalupa. Prilikom otvaranja kalupa otpresak ostaje na jezgri, te ga naknadno odvrće poslužitelj kalupa.

Prednosti tog konstrukcijskog rješenja, u usporedbi s jezgrom koja se odvrće, su sljedeće:

- znatno niža cijena kalupa (nije potreban mehanizam za odvrtanje jezgre)
- minimalni troškovi održavanja (nema pomičnih dijelova u samom kalupu).



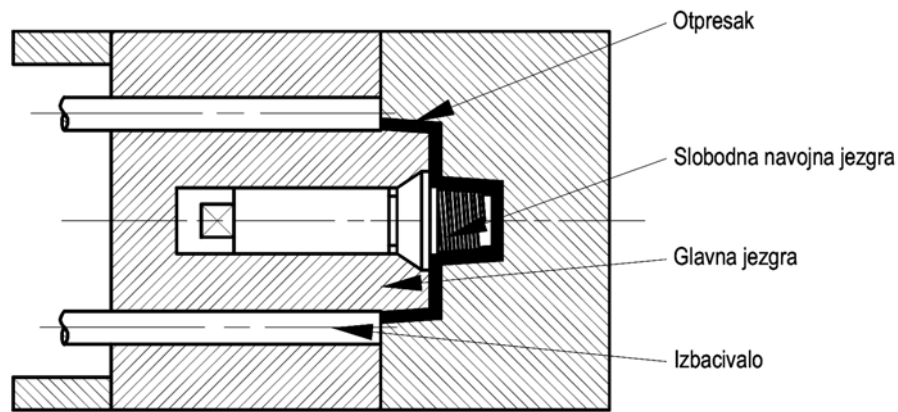
Slika 4 Učvršćena navojna jezgra [1]  
Figure 4 Fixed threaded core [1]

Veliki nedostatak tog rješenja, osobito kod kalupa s više kalupnih šupljina, je što se svaki otpresak treba odvrnuti ručno, što znatno povećava vrijeme ciklusa. Radi toga se teško postiže ponovljivost parametara, što rezultira različitim svojstvima otpresaka od ciklusa do ciklusa.

#### 2.2.3

##### Slobodna navojna jezgra [1] Free threaded core [1]

Kada otpresak velikih dimenzija sadrži mjestimične provrte s navojem, ili ima nekoliko provrta s navojem jedan blizu drugoga, potrebno je razmotriti konstrukciju kalupa sa slobodnim jezgrama. Ta konstrukcija isključuje automatsko odvrtanje jezgri, te time znatno smanjuje cijenu kalupa. Ukoliko su provrti vrlo blizu, automatsko odvrtanje je nepraktično. Dio presjeka kalupa s takvim načelom prikazan je na slici 5. Navoj u provrtu otpreska oblikuje se s pomoću slobodne navojne jezgre. Jezgra se smješta u provrt



Slika 5 Slobodna navojna jezgra [1]  
Figure 5 Free threaded core [1]

u glavnoj jezgri. Kada se kalup otvara, otpresak se izbacuje s pomoću izbacivala. Jezgra se izbacuje zajedno s otpreskom, te je naknadno odvrće poslužitelj. U tom je postupku potrebno koristiti dva kompleta navojnih jezgri. Na kraju prvog ciklusa injekcijskog prešanja, pričuvni set jezgri se može umetnuti u kalup, te počinje sljedeći ciklus. Za vrijeme drugog ciklusa, jezgre iz prvog ciklusa se odvrnu s otpreska, te se mogu pripremiti za sljedeći ciklus.

## 2.2.4

### Automatsko odvrtnanje navojnih jezgri [1]

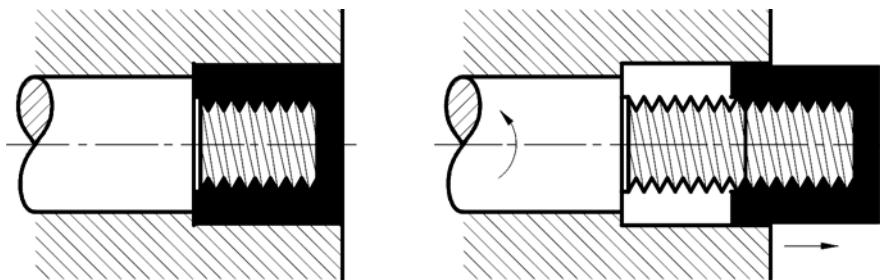
#### Automated unscrewing of threaded core [1]

Visoka cijena ljudskog rada i ostali zahtjevi suvremene proizvodnje zahtijevaju da se procesi što je moguće više automatiziraju. Radi toga je ručno odvijanje pojedinih komponenti iz kalupa isključeno u svim slučajevima osim kod podešavanja ubrizgavalice i malih serija. Stoga, ukoliko nije moguće svlačenje otpreska s navojne jezgre, treba primjenjivati složeniju konstrukciju kalupa s

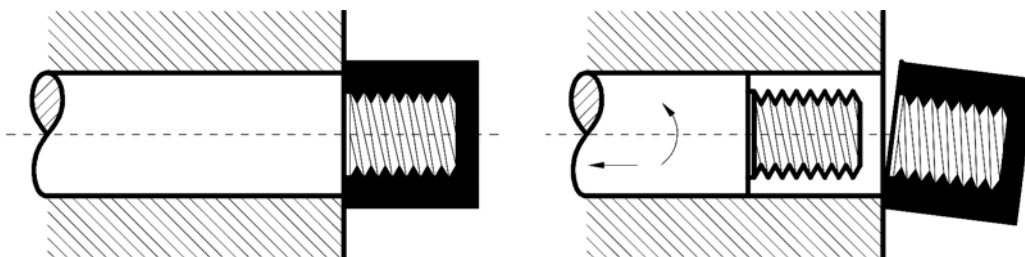
automatskim odvrtnanjem navoja. U takvom kalupu, da bi se otpresak skinuo s jezgre, mora se vrtjeti ili navojna jezgra ili kalupna šupljina. Kako bi se ostvarilo potrebno kružno gibanje, mehanizam za odvrtnanje se smješta iza pomične kalupne ploče na mjesto standardnog uređaja za izbacivanje. U nekim slučajevima treba postojati i standardno izbacivalo, pa se i ono može ugraditi u kalup.

S gledišta konstrukcije kalupa, postoje tri moguća rješenja. U prvom, navojna jezgra se odvrće kako bi se izvukao otpresak (slika 6). U drugom slučaju, osim što se rotira, jezgra se također povlači unatrag (slika 7), dok u trećem slučaju rotira kalupna šupljina (slika 8). Izvedba s rotirajućom kalupnom šupljinom nije moguća kod rotacijski simetričnih dijelova. Konstrukcija otpreska određuje koje će se od tih rješenja primijeniti.

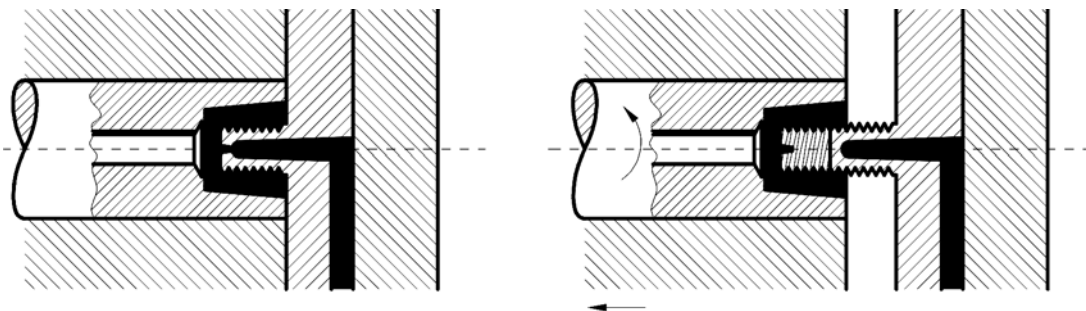
Za odvrtnanje mogu se koristiti razni izvori energije. Najčešće se koriste ručno odvrtnanje preko sustava zupčanika ili lančanika, zatim korištenje energije stroja prilikom otvaranja kalupa, hidraulička ili pneumatska energija i električna energija.



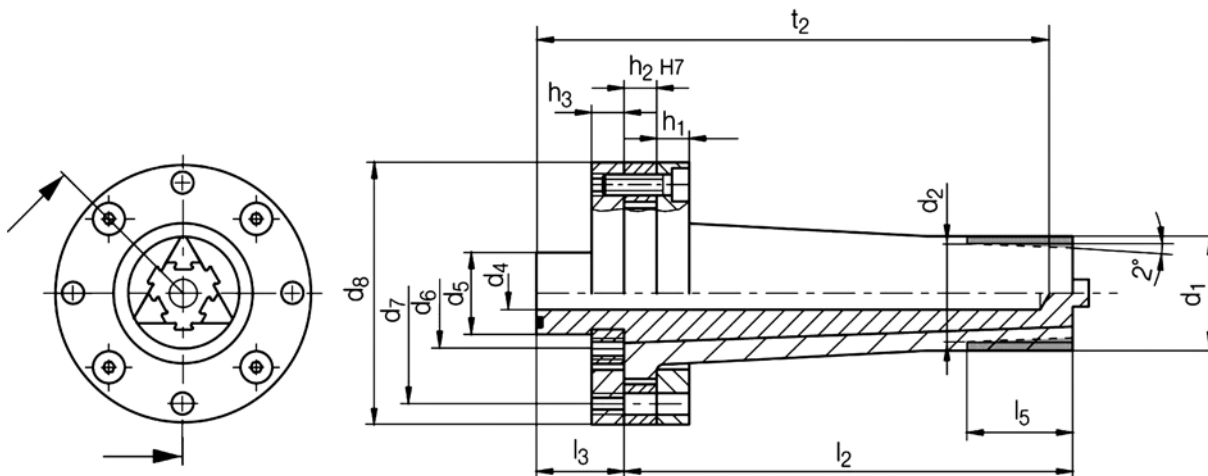
Slika 6 Načelo rada aksijalno učvršćene navojne jezgre [1]  
Figure 6 Axial fixed threaded core acting principle [1]



Slika 7 Načelo rada aksijalno pomične navojne jezgre [1]  
Figure 7 Axial movable threaded core acting principle [1]



Slika 8 Načelo rada rotirajuće kalupne šupljine [1]  
Figure 8 Rotational threaded core acting principle [1]



Slika 9 Raskoljiva navojna jezgra [3]  
Figure 9 Collapsing threaded core [3]

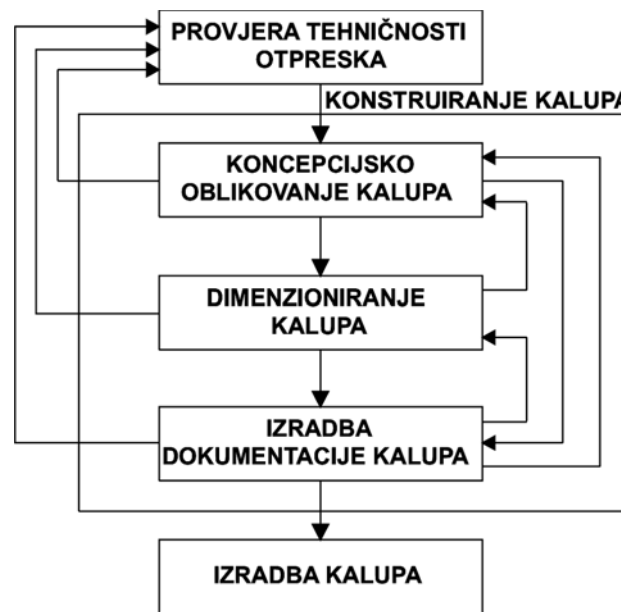
**2.2.5 Raskoljive navojne jezgre**  
Collapsing threaded core

Poklopci i ostali kružni dijelovi s promjerom jezgre između 16,4 mm i 89,8 mm mogu se izraditi s pomoću raskoljivih jezgri. Za promjere između 16,4 mm i 24,5 mm tim rješenjem mogu se izraditi samo isprekidani navoji. Glavni elementi raskoljive jezgre su središnji klin i rukavac jezgre koji je izrezan na segmente. Ti segmenti se izrađuju od čelika za opruge. Pomoću središnjeg klina ti segmenti zauzimaju položaj te oblikuju jezgru zadanog promjera. Kad se ploče za izbacivanje pomiču prema naprijed, središnji klin izlazi iz rukavca jezgre, a segmenti rukavca se uvlače prema središtu jezgre. Na jezgri se nalazi još jedan rukavac koji osigurava da se segmenti uvuku kad je to potrebno. Raskoljiva jezgra prikazana je na slici 9. Iako je izradba i održavanje raskoljivih jezgri skupo, za male i srednje serije kalupi s tim jezgrama su jeftiniji od kalupa s jezgrama koje se odvrtu, [3].

**3 Metodičko konstruiranje kalupa za injekcijsko prešanje čepa s unutrašnjim navojem**  
Methodical design of mould for injection moulding of cover with internal thread

Kako bi se proces konstruiranja kalupa za injekcijsko prešanje plastomera podigao na kvalitativno višu razinu, potrebno je načiniti raščlambu čitavog procesa konstruiranja na odgovarajuće faze, a unutar svake faze razraditi potrebne aktivnosti. Pri tome valja naglasiti u

kojim je aktivnostima potrebno provoditi optimiranje, [4]. Općenito, tijekom konstruiranja kalupa za injekcijsko prešanje plastomera moguće je grubo podijeliti u tri temeljne faze. To su faza razrade koncepcije kalupa, faza dimenzioniranja elemenata kalupa (proračuni kalupa), te faza izradbe dokumentacije kalupa (slika 10), [5]. U radu će biti naznačene aktivnosti vezane uz izbor i proračun elemenata sustava za vađenje otpreska iz kalupa.



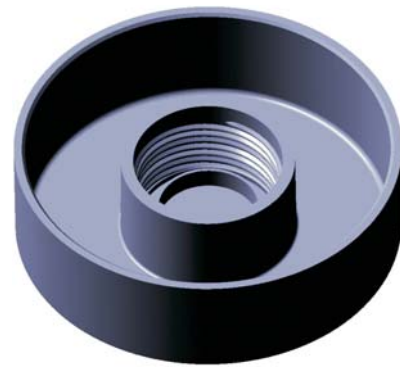
Slika 10 Temeljne faze konstruiranja kalupa za injekcijsko prešanje plastomera [6]  
Figure 10 Basic phases of mould for injection moulding of thermoplastics design [6]



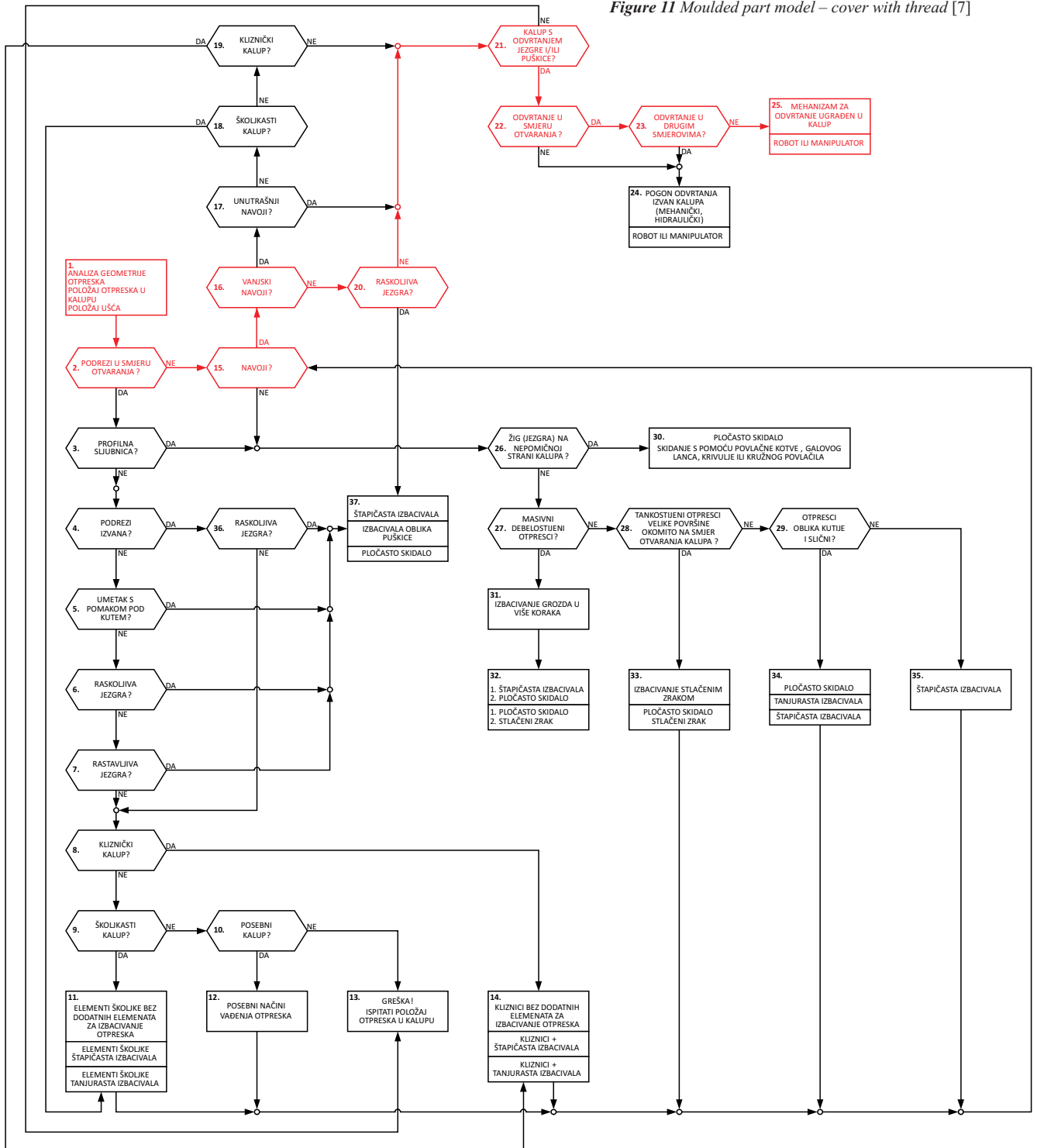
### 3.1 Konceptijsko oblikovanje kalupa za čep Conceptual design of mould for cover

U konkretnom primjeru potrebno je oblikovati kalup za injekcijsko prešanje otpreska - čep s unutrašnjim navojem (slika 11), s dvije kalupne šupljine.

Za potrebe konceptijskog oblikovanja kalupa moguće je rabiti dijagrame odlučivanja za načelno određivanje konstrukcijskih rješenja za pojedine parcijalne funkcije kalupa te morfološku matricu, [8].



Slika 11 Model otpreska - čep s navojem [7]  
Figure 11 Moulded part model – cover with thread [7]



Slika 12 Dijagram odlučivanja za načelno određivanje sustava za vađenje grozda iz kalupne šupljine [7]  
Figure 12 Decision diagram for conceptual determination of moulded part ejection system from mould cavity [7]

Uporabom ovih dijagrama definiran je kalup koji ima [7]:

- kućište standardnog sustava tipa N
- čvrsti uljevni sustav s točkastim tunelnim ušćem
- temperiranje kalupnih ploča
- vođenje i centriranje glatkim vodećim zaticima, vodećim i centrimnim vitkama
- odzračivanje kalupne šupljine preko dosjednih ploha.

U slučaju određivanja rješenja sustava za vađenje otpreska iz kalupa postojeći dijagram odlučivanja ponudio je rješenje - mehanizam za odvrtnje navoja u kalupu (slika 12).

Međutim unutrašnjost otpreska oblikuje se s pomoću dvije jezgre; navojne jezgre i obične kružne jezgre koja oblikuje kružni vijenac s unutrašnje strane otpreska. Nakon odvrtnja navoja, ukoliko se ne omogući dodatno rješenje

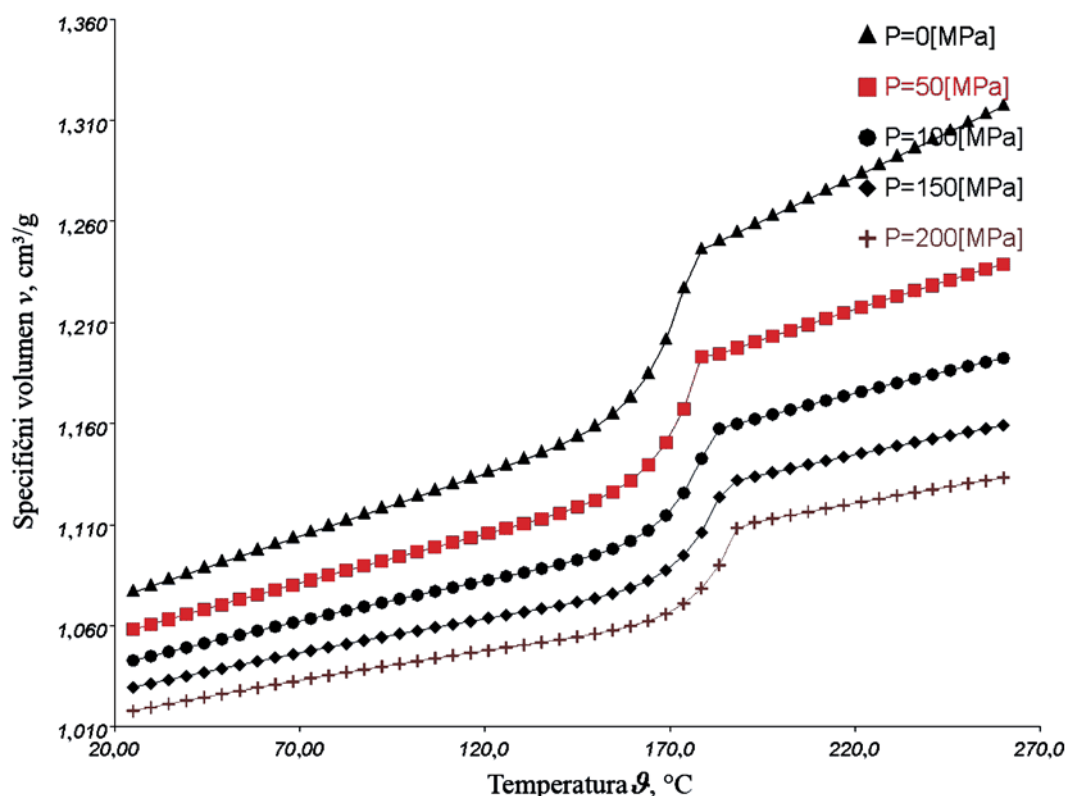
za svlačenje otpreska s kružne jezgre, otpresak bi ostao na toj jezgri. Stoga je dodatno izabrano rješenje s uporabom štapićastih izbacivala koja svlače otpresak s kružne jezgre. Također je zaključeno kako postojeći dijagram nije dao potpuno rješenje u konkretnom primjeru.

### 3.2

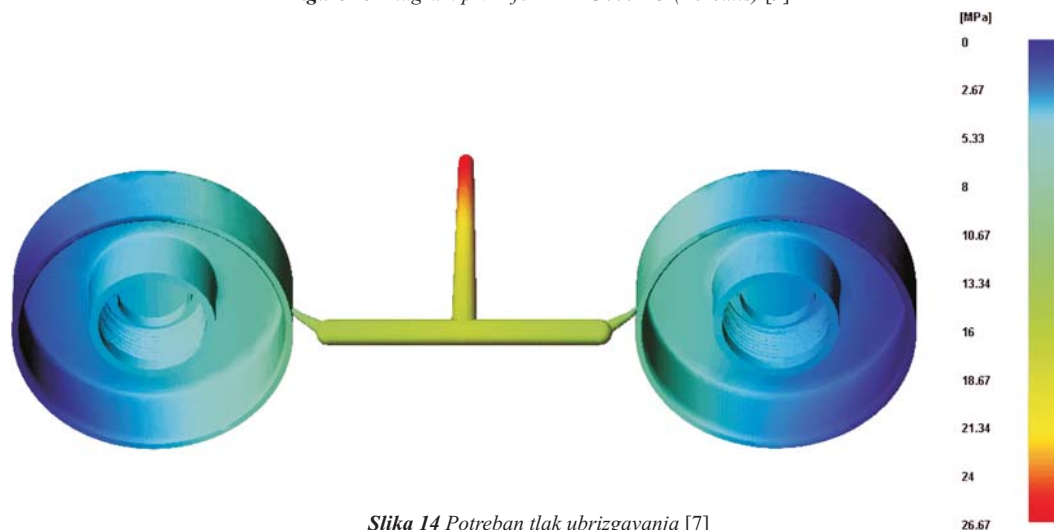
#### Dimenzioniranje - proračun kalupa

#### Dimensioning - mould calculation

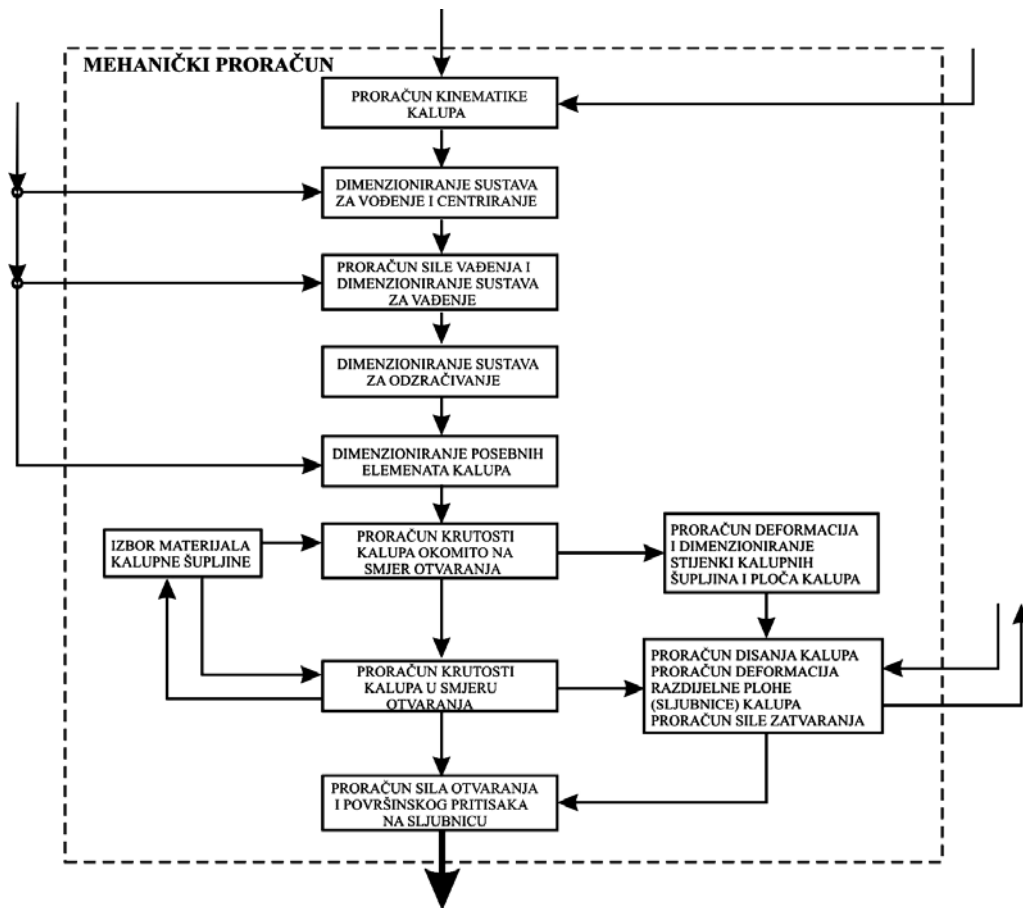
Materijal od kojeg je potrebno načiniti čep je polipropilen PP, tvrtke Borealis, trgovačke oznake RG 460MO. Slika 13 prikazuje dijagram  $p-v-T$  za izabrani materijal. Karakteristična izmjera otpreska (debljina stijenke) iznosi 2,54 mm.



Slika 13 Dijagram  $p-v-T$  za PP RG460MO (Borealis) [9]  
Figure 13 Diagram  $p-v-T$  for PP RG460MO (Borealis) [9]



Slika 14 Potreban tlak ubrizgavanja [7]  
Figure 14 Necessary injection pressure [7]



Slika 15 Aktivnosti analitičkog mehaničkog proračuna kalupa [5]  
 Figure 15 Analytical mechanical mould calculation activities [5]

### 3.2.1

#### Reološki proračun kalupa - potreban tlak ubrizgavanja

Rheological mould calculation - necessary injection pressure

Za potrebe reološkog proračuna provedena je računalna simulacija injekcijskog prešanja s pomoću programa *Moldflow Mold Adviser*. Slika 14 prikazuje rezultat analize potrebnog tlaka ubrizgavanja.

Kako se radi o relativno kratkom uljevnom sustavu i relativno debljoj stijenci otpreska, rezultat za potreban tlak ubrizgavanja od 26,67 MPa je očekivan.

### 3.2.2

#### Toplinski proračun kalupa

Thermal mould calculation

U okviru toplinskog proračuna, analitičkim pristupom određene su karakteristične temperature ciklusa injekcijskog prešanja, vrijeme hlađenja otpreska i vrijeme ciklusa injekcijskog prešanja, te je proračunata toplinska bilanca kalupa.

Tablica 1 prikazuje sažete rezultate provedenog toplinskog proračuna.

Tablica 1 Sažeti rezultati toplinskog proračuna kalupa [7]  
 Table 1 Summarized thermal mould calculation results [7]

Parametar	Vrijednost	Jedinica
Temperatura stijenke kalupne šupljine ( $\vartheta_K$ )	35	°C
Temperatura taljevine ( $\vartheta_T$ )	240	°C
Početna temperatura ciklusa ( $\vartheta_P$ )	28,8	°C
Dodirna temperatura ( $\vartheta_D$ )	45,4	°C
Temperatura otvaranja kalupa ( $\vartheta_{OK}$ )	24,6	°C
Temperatura medija za temperiranje ( $\vartheta_M$ )	25	°C
Vrijeme hlađenja otpreska	25,5	s
Pomoćna vremena	4,5	s
Vrijeme ciklusa injekcijskog prešanja	30,0	s
Toplina izmijenjena s okolinom	377,7	W
Toplina koju plastomer dovodi kalupu	525,4	W
Toplina koju medij odvodi kalupu	147,7	W
Promjer kanala za temperiranje	7,0	mm
Debljina stijenke kalupne šupljine	17,4	mm
Brzina protoka medija za temperiranje	0,2	m/s

### 3.2.3

#### Mehanički proračun kalupa

#### Mechanical mould calculation

Tijekom mehaničkog proračuna kalupa uglavnom se provodi nekoliko aktivnosti prikazanih slikom 15. Za potrebe rada detaljnije će se raščlaniti samo kinematički proračun jer on u sebi sadrži proračune elemenata potrebnih za vađenje iz kalupa otpresaka s navojem.

Prva aktivnost kinematičkog proračuna kalupa je proračun potrebnog otvaranja kalupa (odmicanje pomičnog od nepomičnog dijela kalupa) koje ovisi o visini grozda  $h_g$  i visini otpreska  $h_o$ . Pri tome treba osigurati nesmetano vađenje grozda iz kalupa, pa se navedenim visinama dodaje sigurnosni dodatak  $h_d$ .

Visina otvaranja kalupa  $h_{ok}$ :

- visina otpreska  $h_o = 20$  mm
- visina grozda  $h_g = 73,5$  mm
- dodatna visina otvaranja kalupa  $h_d = 6,5$  mm

$$h_{ok} = h_o + h_g + h_d \quad (1)$$

$$h_{ok} = 100 \text{ mm.}$$

S obzirom da je odvrtnje navojne jezgre ostvareno otvaranjem kalupa potrebno je provjeriti je li visina otvaranja kalupa dovoljna da osigura dovoljan broj okreta navojne jezgre.

Za daljnji proračun potrebni su sljedeći podaci:

- visina navoja na otpresku  $H = 10,5$  mm
- korak navoja na otpresku  $P = 4,5$  mm
- broj zubi velikog (središnjeg) zupčanika  $z_1 = 50$
- broj zubi malog zupčanika  $z_2 = 17$
- korak navoja navojnog vretena  $P_{nv} = 160$  mm

Potreban broj okreta navojne jezgre  $n_{nj}$  (uključujući jedan sigurnosni okret):

$$n_{nj} = \frac{H}{P} + 1 \quad (2)$$

$$n_{nj} = 3,33$$

Prijenosni omjer  $i$ :

$$i = \frac{z_1}{z_2} \quad (3)$$

$$i = 2,94$$

Broj okreta matice navojnog vretena  $n_m$ :

$$n_m = \frac{n_{nj}}{i} \quad (4)$$

$$n_m = 1,13$$

Hod matice navojnog vretena  $h_m$ :

$$h_m = n_m \cdot P_{nv} \quad (5)$$

$$h_m = 180,8 \text{ mm}$$

Potreban hod zaokružuje se na:

$$h_m = 181 \text{ mm}$$

Obzirom da je potreban hod matice navojnog vretena veći od prethodno izračunate visine otvaranja kalupa, usvaja se nova visina otvaranja kalupa:

$$h_{ok} = 181 \text{ mm}$$

Mehanički proračun elemenata za vađenje otpreska iz kalupne šupljine s navojem nije proveden jer su rabljeni standardni elementi kalupa (slika 16).



Slika 16 Standardni elementi kalupa za vađenje otpreska s navojem [3]  
Figure 16 Standard mould elements for ejection of moulded part with thread [3]

Slike 17 i 18 prikazuju pojednostavljeni sklopni model kalupa za injekcijsko prešanje otpreska s navojem.

## 4

### Zaključak

### Conclusion

U radu je dan pregled konstrukcijskih rješenja za vađenje otpresaka s navojem iz kalupa. Na konkretnom primjeru otpreska s navojem – čep, provedeno je metodičko konstruiranje kalupa. Suvremeni pristup aktivnostima razvoja kalupa za injekcijsko prešanje zahtijeva primjenu suvremenih metoda proračuna i konstruiranje s pomoću računala. Metodičko konstruiranje olakšava put do optimalne konstrukcije kalupa. Dijagrami odlučivanja za načelno određivanje pojedinih sustava, usmjeravaju konstruktora prema optimalnom rješenju, međutim konstruktor svojim iskustvom može prepoznati i ispraviti nelogičnosti u proračunu.

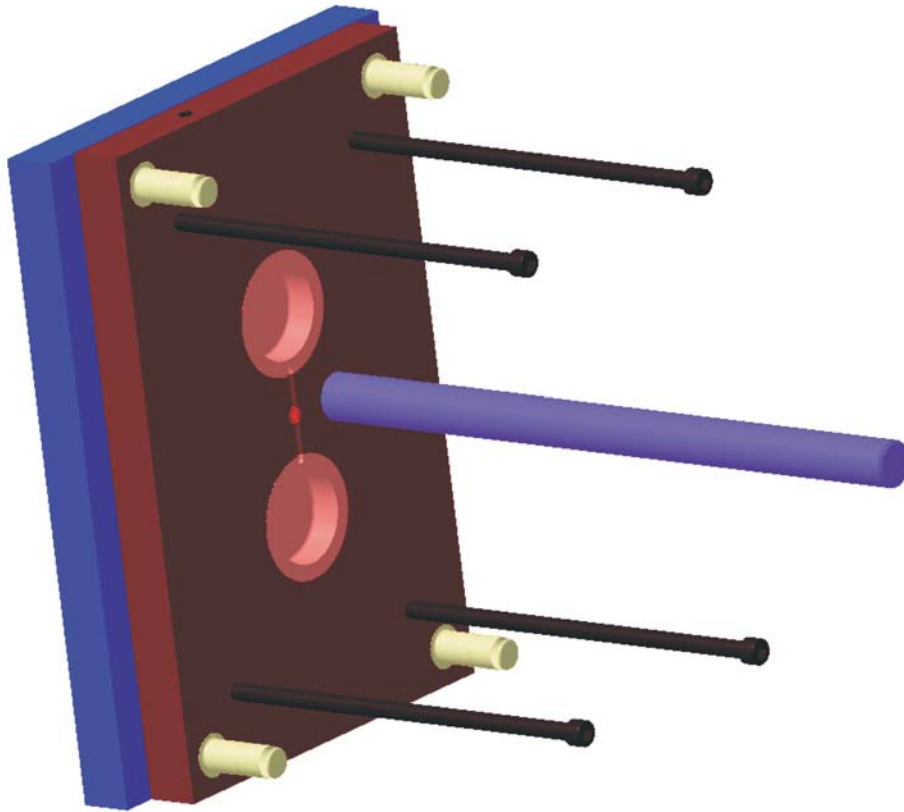
U radu je razrađena konstrukcija kalupa za injekcijsko prešanje odabranog otpreska s navojem primjenom metodičkog pristupa konstruiranju. Također je rabljen program za proračun elemenata za odvrtnje navoja tvrtke HASCO (*Transmission software Z1500*).

### Zahvala

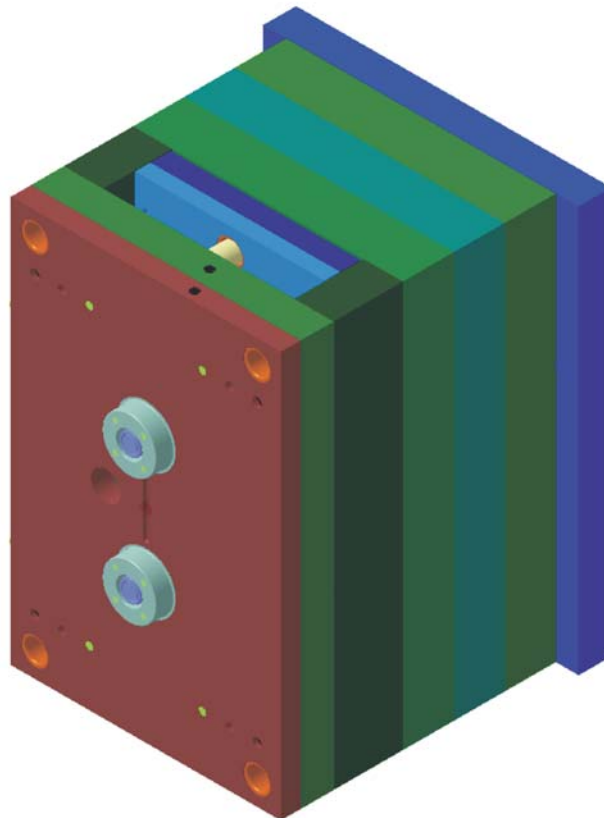
### Acknowledgement

Rad predstavlja dio istraživanja u okviru projekta **Povišenje učinkovitosti razvoja i preradbe polimernih proizvoda** (šifra projekta: 120-1521473-1808; voditelj projekta: prof. dr. sc. Mladen Šercer) i programa **Brza proizvodnja - od ideje do stvarnosti** (voditelj: prof. dr. sc. Pero Raos) koji su financirani od strane *Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske*. Autori zahvaljuju Ministarstvu na financijskoj potpori.





*Slika 17* Nepomični dio kalupa [7]  
*Figure 17* Fixed mould side [7]



*Slika 18* Pomični dio kalupa [7]  
*Figure 18* Movable mould side [7]

## 5 Literatura Literature

- [1] Pie, R. G. W. *Injection mould design*, George Godwin, London, 1978.
- [2] Rotheiser, J. *Joining of plastics: handbook for designers and engineers*, Hanser publishers, München, 1999.
- [3] HASCO: Interaktivni katalog, R5/2008, 2008.
- [4] Godec, D.; Čatić, I.; Perković, D. Simulation Application in Mould Development for Injection Moulding of Polymers, UPS'97, Proceedings, Sveučilište u Mostaru, Strojarski fakultet, Mostar, 1997, str. 93-98.
- [5] Raos, P. Sistemski pristup konstruiranju kalupa za injekcijsko prešanje duromera, Magistarski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1986.
- [6] Godec, D.; Šercer, M. Computer Support in Fabricating Moulds for Injection Moulding in Small and Medium Toolshops, 5th International scientific conference on production engineering, CIM '99, Conference Proceedings, Hrvatska udruga proizvodnog strojarstva, Opatija, 17.-18. 06. 1999, str. IV-041 – IV-051.
- [7] Osrečki, G. Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.
- [8] Čatić, I.; Raos, P. Theoretical Approach to Injection Mould Design Using Partial Functions and a Morphological Matrix, *Plastics and Rubber & Processing and Application*, 11, 3(1989), str. 131-135.
- [9] Modflow Plastic Advisor: Dijagram p-v-T za PP RG460MO (Borealis)

### Adrese autora

Authors' addresses

#### *Dr. sc. Damir Godec, viši asistent*

Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Ivana Lučića 5  
10000 Zagreb

#### *Prof. dr. sc. Mladen Šercer, redoviti profesor*

Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Ivana Lučića 5  
10000 Zagreb

#### *Goran Osrečki, dipl. ing. stroj.*

TEH-CUT d.o.o.  
Velimira Škorpika 1b  
10000 Zagreb