

USE OF SIMULATIONS IN THE CONSTRUCTION OF THE DIE CASTING MOLDS

UPOTREBA SIMULACIJA LIJEVANJA U KONSTRUKCIJI KALUPA ZA TLAČNI LIJEV

GROS, Josip; MEDIC, Srđan; DUKARIC, Tomislav & DRAZIC, Toni

Abstract: *This article researches die casting, nominally casting product that is limited by the requests of one client. It also explains the construction of the tool for die casting per se. The material used for the casting product is zinc alloy $ZnAl_4Cu_3$. The simulation of casting has been made in the software package NovaFlow. Within the analysis of the stimulation the modifications have been made in the mold. The final result of this process was the development of the first casting product that was accurate and precise according to the technical documentation.*

Key words: *Die casting, metal casting simulation, $ZnAl_4Cu_3$, NovaFlow*

Sažetak: *U radu se proučava tlačno lijevanje odljevaka koji je ograničen sa zahtjevima klijenata. Objasnjen je konstrukcija alata za tlačni lijev. Materijal odljevka bio je cinkova legura $ZnAl_4Cu_3$. Izrađena je simulacija lijevanja u programskom paketu NovaFlow. Analizom simulacije lijevanja načinjene su modifikacije na kalupu. Što je doprinijelo da prvi odljevak bio načinjen točno i precizno prema tehničkoj dokumentaciji.*

Ključne riječi: *Tlačni lijev, simulacija lijevanja, $ZnAl_4Cu_3$, NovaFlow*



Author's data: Josip, **Groš**, mag. ing. stroj., Veleučilište u Karlovcu, J.J. Strossmayera 9, Karlovac, jgros@vuka.hr; Srđan, **Medić**, dr.sc., Veleučilište u Karlovcu, J.J. Strossmayera 9, Karlovac, smedic@vuka.hr; Tomislav, **Dukarić**, student Veleučilišta u Karlovcu, J.J. Strossmayera 9, tdukaric@gmail.com; Toni, **Dražić**, student Veleučilišta u Karlovcu, J.J. Strossmayera 9, tonidrazic1@gmail.com

1. Uvod

Termin "tlačni lijev", obično znači lijevanje pod visokim tlakom. Tehnologija tlačnog lijeva je proces proizvodnje odljevaka u kojem se litina (rastaljeni metal) uvodi u višekratni (stalni) kalup pod tlakom 10 - 210 MPa. Tlak se u kalupu održava sve dok se skrućivanje odljevka potpuno ne završi. Kalup je izrađen od materijala odnosno legura visokootpornih na toplinu i trošenje. Kalupi trebaju biti konstruirani tako da se proizvedu kompleksni oblici odljevaka s visokim stupnjem točnosti dimenzija, kako bi kasnija mehanička obrada bila gotovo nepotrebna. U jednom kalupu moguće je odliti više desetaka tisuća odljevaka.

Lijevanje pod tlakom primjenjuje se u serijskoj i masovnoj proizvodnji odljevaka. Proces proizvodnje je često puta i automatiziran što omogućuje povećanje produktivnosti, poboljšanje kvalitete odljevaka, sniženje cijene gotovog proizvoda. Za razliku od ostalih načina lijevanja koji su naizgled teški i prljavi, lijevanje pod tlakom omogućuje potrebne higijensko-tehničke uvjete rada.

Odljevci lijevani pod tlakom su važne komponente gotovo svih proizvoda od automobila pa do dječjih igračaka. [1]

2. Strojevi za tlačni lijev

Strojevi za tlačni lijev dijele se na:

- strojeve s hladnom komorom
- strojeve s toplom komorom

Prema položaju tlačne komore dijele se na:

- strojeve s vertikalnom komorom
- strojeve s horizontalnom komorom

Za lijevanje pod tlakom upotrebljavaju se specijalni strojevi na koje se učvrsti metalni kalup. Lijevanje u kalup obavlja se preko jednog cilindra (komore) u koji se dovodi litina (rastaljeni metal). Cilindar je s jedne strane zatvoren pomičnim tlačnim klipom. Na drugoj strani cilindra nalazi se kanal (uljevni sustav) koji litinu vodi u kalup. Sila tlaka prenosi se hidrauličkim sredstvom (uljem), s visokotlačnih pumpi na pogonski klip koji s tlačnim klipom čini jednu cjelinu. Kretanjem tlačnog klipa u komori potiskuje se litina u kalupnu šupljinu. Nakon hlađenja odljevka kalup se otvara i odljevak se pomoću izbacivača odvaja od kalupa i odgovarajućim alatom vadi iz njega. Ciklus lijevanja se ponavlja zatvaranjem kalupa za ponovno lijevanje odljevaka. [1]

Strojevi za tlačno lijevanje različitih su veličina. Postoje strojevi kojima sila zatvaranja kalupa iznosi nekoliko desetaka kN, a masa stotinjak kilograma te strojeva kojima je sila zatvaranja kalupa iznosi nekoliko desetaka MN, a masa i nekoliko stotina tona. Litina se u kalup ubrizgava pod tlakom od 80 do 100 MPa, a brzina strujanja litine može doseći i do 100 m/s. [1]

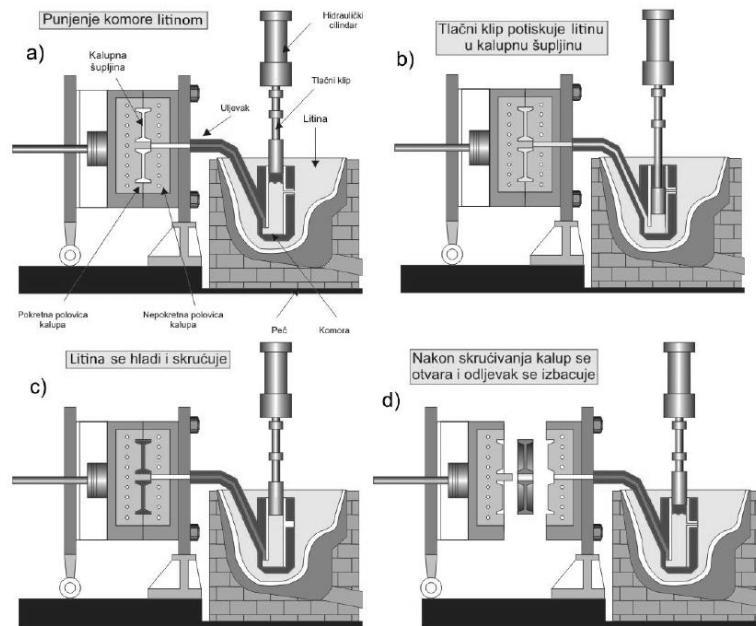
U rad će biti korišten horizontalni stroj s toplom komorom.

2.1. Strojevi s toplom komorom

Tlačna komora uronjena je u litinu i zagrijana na njenu temperaturu (slika 1.a). Sustav za ubrizgavanje litine sastoji se od hidraulički pokretanog tlačnog klipa te spojne cijevi i mlaznice. Na početku je kalup za ulijevanje litine još je otvoren, a tlačni klip se nalazi u početnom položaju. Tlačni cilindar, klip i spojna cijev uronjeni su u litinu te im je temperatura približno jednaka njoj. Pomicanjem pokretnog dijela kalupa dolazi do njegova zatvaranja, a zatim slijedi tlačenje litine pomoću tlačnog klipa u kalupnu šupljinu. Pomakom klipa prema dolje povećava se tlak u cilindru i litina iz cilindra struji kroz spojnu cijev i mlaznicu u kalup (slika 1.b).

Nakon što se odljevak u kalupu skrutnuo, tlačni klip se vraća u početni položaj (slika 1.c), a kalup se otvara horizontalnim pomicanjem pomične ploče. To omogućuje ponovno punjenje tlačnog cilindra, dok je kalup spreman za izbacivanje odljevka [2]. Pomoću izbacivača odljevak se odvaja od pokretnog dijela kalupa (slika 1.d). Ako je osjetljive površine ili većih dimenzija, odljevak se pomoću priručnog pomagala (klijesta) vadi iz pokretnog dijela kalupa i odlaže na radni stol. Odljevci se slažu u palete i hlade na okolnu temperaturu. Nakon hlađenja slijedi daljnja obrada odljevaka kao što je odvajanje uljevnog sustava i srha s diobene ravnine. Tlačna komora spojena je s toplom komorom (trajno je uronjena u litinu i zagrijana na temperaturu litine). Tako se mogu taliti i lijevati samo legure koje ne otapaju materijal tlačne komore i koje imaju niže talište. Zato se strojem za tlačni lijev s toplom komorom najčešće lijevaju legure cinka, kositra, olova i magnezija.

Strojevima s toplom komorom lijevaju se odljevci vrlo male mase (od nekoliko grama) pa sve do 25 kg. Strojevi s toplom komorom su automatizirani. Brzina rada im je 50...500 ciklusa lijevanja na sat. Specijalni strojevi za lijevanje odljevaka malih dimenzija (npr. elementi patentnog zatvarača) od cinkovih legura mogu se lijevati čak i brzinom do 1800 ciklusa na sat.



Slika 1. Rad stroja sa toplom komorom [2]

a) punjenje komore litinom, b) potiskivanje litine u kalupnu šupljinu, c) hlađenje litine, d) izbacivanje odljevka

3. Konstrukcija alata za tlačni lijev – pepeljara

3.1. Izrada prototipa

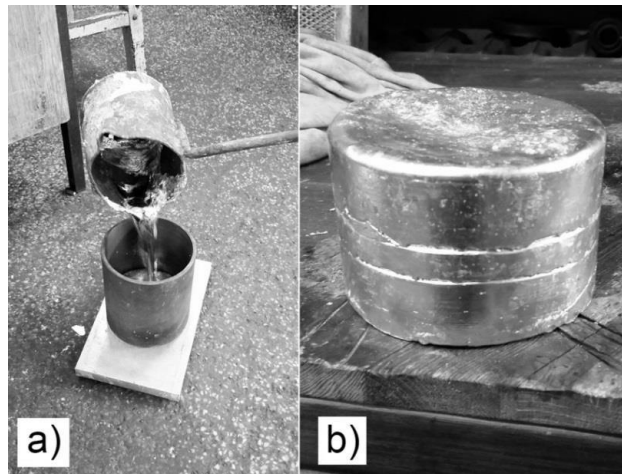
Klijent je došao sa polimernim prototipom pepeljare kakvu je želio proizvesti (slika 2.).



Slika 2. Polimerni prototip pepeljare

Nakon analize prototipa i uvjeta u kojima bi se finalni proizvod koristio, a uz uvid u proizvodne mogućnosti tvrtke, klijent se odlučio na metalnu varijantu pepeljare. Kao prikaz finalnog proizvoda izrađen je prototip pepeljare koristeći sljedeće tehnologije:

- Prva faza - kalup za lijevanje valjka poslužila je željezna cijev, a rastaljena legura je lijevačkom žlicom uzeta iz komore tlačnog stroja (slika 3a). Kokično je odliven valjak od cink legure koja se koristi u tlačnom lijevu (slika 3b).



Slika 3. Priprema materijala za prototip
a) lijevanje legure u kalup, b) valjak izvađen iz kalupa

- Druga faza - slika 4 . prikazuje valjak strojnu obradu nakon odlivenog odljevka. Prvo je vanjska forma bila tokarena na CNC obradnom centru, a nakon toga poglodani su gornji utori za držaće.



Slika 4. Strojna obrada prototipa

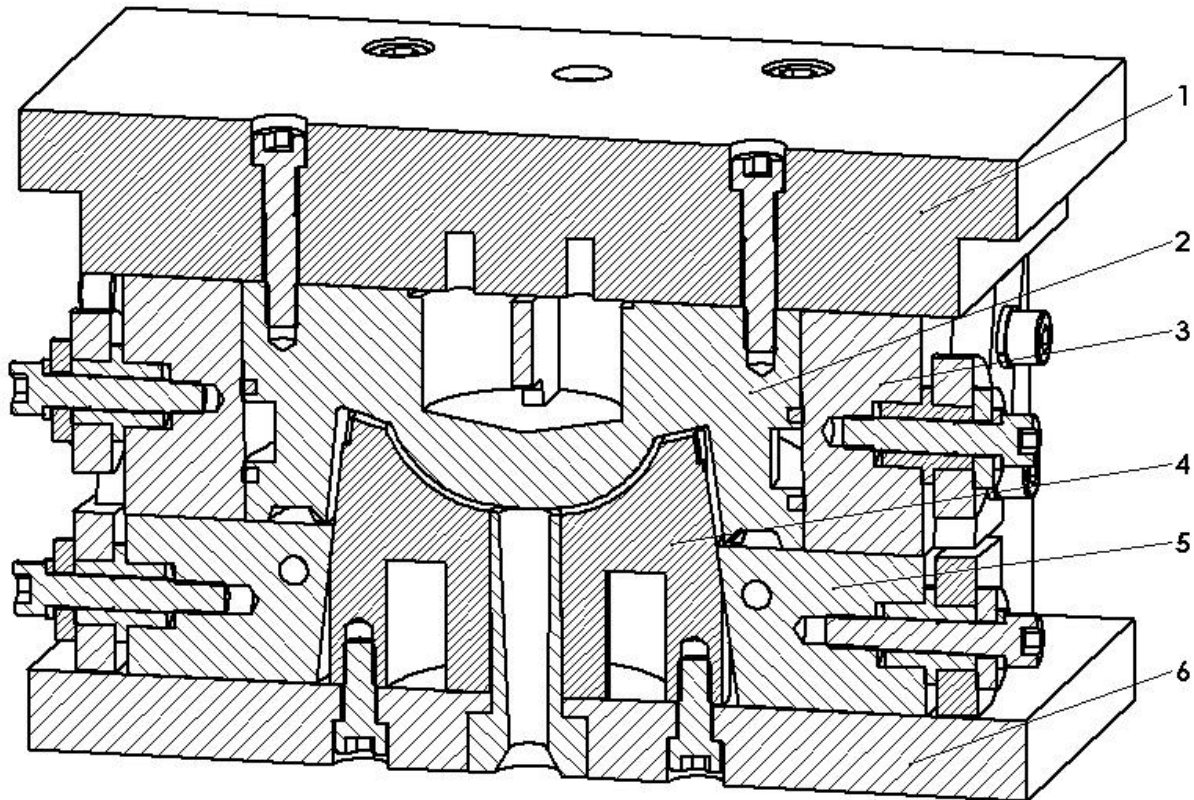
- Treća faza- nakon strojne obrade prototip je galvaniziran i prezentiran klijentu. Slika 5. prikazuje gotovi prototip. Nakon odobravanja klijenta započela je konstrukcija alata za tlačni lijev.



Slika 5. Pepeljara sa galvanskom prevlakom nikla

3.2. Konstrukcija alata

Alat je u potpunosti konstruiran u programskom paketu Solidworks 2013. Svaki dio alata je konstruiran po mjeri za potrebe proizvoda, osim steznih i vodećih elemenata koji su katalogski kupljeni. [4] Slika 6. prikazuje poprečni presjek konstruiranog alata za tlačni lijev pepeljare.



Slika 6. Poprečni presjek alata za tlačni lijev pepeljare

Alat je konstruiran tako da uljevni spust direktno puni kalupnu šupljinu što je omogućilo simetrično punjenje cijele šupljine. Proizvod nakon lijevanja ostaje na žigu. Sa žiga ga izbacuje ploča žiga pomoću sistema škara (imaju ulogu poluge i povlačenja ploče). Glavni dijelovi su navedeni u tablici 1.

Pozicija	Dijelovi	Materijal	Obrade po redoslijedu
1	Pomična stezna ploča	ST 37-2	CNC glodanje / brušenje
2	Gnijezdo	X38CrMoV5-1	CNC glodanje / kaljenje / elektroerozija elektrodom / brušenje
3	Ploča gnijezda	ST 37-2	CNC glodanje / brušenje
4	Žig	X38CrMoV5-1	CNC glodanje / kaljenje / elektroerozija elektrodom / brušenje
5	Ploča žiga	X38CrMoV5-1	CNC glodanje / kaljenje / elektroerozija žicom / brušenje
6	Nepomična stezna ploča	ST 37-2	CNC glodanje / brušenje

Tablica 1. Glavni dijelovi alata

3.3. Materijal za lijevanje

Cink legura $ZnAl_4Cu_3$ tradicionalnog naziva "Zamak 2" primarno se koristi u tlačnom lijevu. Visoki stupanj tečenja u rastaljenom stanju i nisko talište pogoduju širokoj upotrebi tog materijala u tlačnom lijevu na strojevima sa toplom komorom. Visok standard odljevaka omogućuje vrlo precizne odljevke i omogućuje različite završne obrade (bojanje, niklanje, kromiranje, itd.). Odljevci se koriste u automobilske industriji, kao metalni dijelovi, kućanski elementi, u kućanskim aparatima, umjetnosti, itd. Tablica 2 prikazuje kemijski sastav materijala za lijevanje $ZnAl_4Cu_3$.

Kemijski sastav, %	Al	Cu	Mg	Pb	Cd	Sn	Fe	Ni	Si	Zn
MIN	3,8	2,7	0,035	-	-	-	-	-	-	Ostalo
MAX	4,2	3,3	0,06	0,003	0,003	0,001	0,020	0,001	0,02	Ostalo

Tablica 2. Kemijski sastav materijala za lijevanje $ZnAl_4Cu_3$

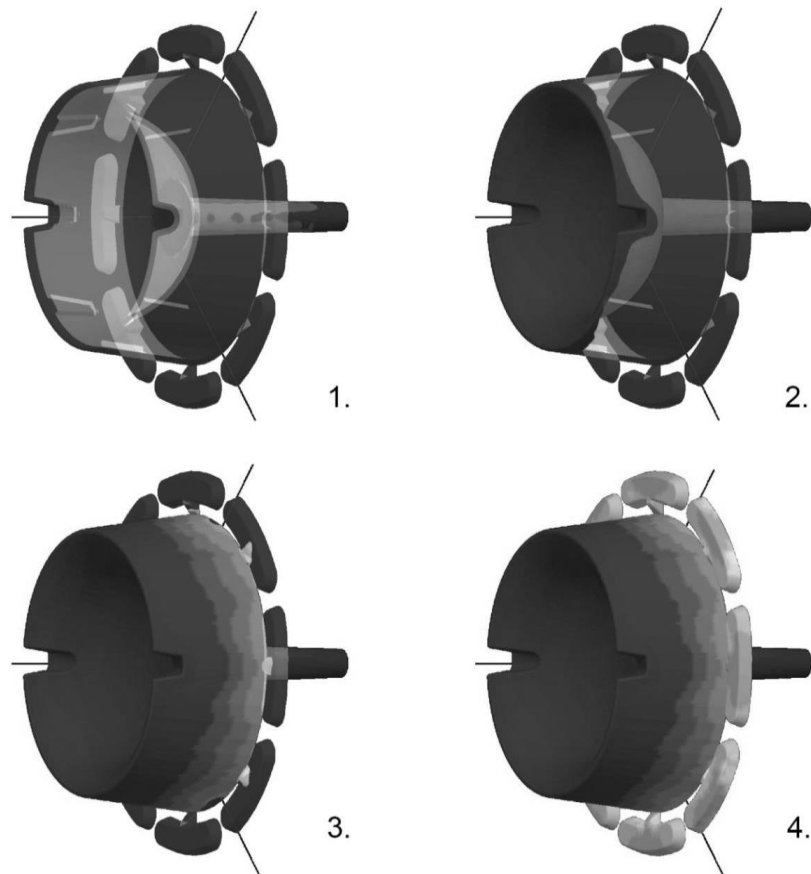
4. Simulacija lijevanja

Simulacija lijevanja izrađena je u aplikaciji Novacast - NovaFlow&Solid. Simulacija lijevanja vrši se zbog analize kalupne šupljine, a iz nje možemo kontrolirati i iščitati:

- izbor i analiza uljevnog sustava (položaj, dimenzije presjeka kanala)
- vrijeme punjenja
- smjerovi strujanja litine
- količina ispunjenosti u odnosu na skrućenje litine uslijed hlađenja
- skupljanje uslijed skrućenja
- prisutnost zračnih džepova uslijed loše ispune.

Za izradu simulacije uneseni su 3D modeli proizvoda, uljevnog sustava i preljev. Potrebno je definirati točku (površinu) koja predstavlja poziciju punjenja. Definira se površina presjeka šupljine spusta kroz koju se puni kalupna šupljina. Definišu se dimenzija, hod i brzina tlačnog klipa, te trajanje ciklusa.

Slika 7 prikazuje simulaciju lijevanja - punjenja kalupa litinom. Prvo litina ulazi kroz uljevni kanal (slika 7. 1). U dodiru sa donjim dijelom proizvoda litina se počinje koncentrično širiti po proizvodu (slika 7. 2). Litina zatim ispunjava ostatak kalupne šupljine koji predstavlja proizvod i počinje puniti preljeve (slika 7. 3). Na slici 7. 4, kalupna šupljina je u potpunosti ispunjena litinom. Na simulaciji se vidi da nije ostalo nikakvih zračnih džepova i ispunjenost kalupa je potpuna.



Slika 7. Faze ispunje kalupa u simulaciji

Nakon što su rezultati simulacije pokazali da je konstrukcija uljavnog kanala i kalupne šupljine pogodna za tlačni lijev na raspoloživom stroju, pristupilo se izradi alata.

Nakon što su izvedene dorade na dizajnu proizvoda, odnosno na gnijezdu, dodani su preljevi. Dodavanjem preljeva omogućilo se bolje odzračivanje i čišćenje samog odljevka. Tako dobiven odljevak zadovoljavao je kvalitetom površine (Slika 8.).



Slika 8. Gotovi odljevak pepeljare

5. Zaključak

U konstrukciji svih dijelova alata korištena je CAD aplikacija Solidworks 2013. Konstrukcija dijelova i cijelog sklopa s mehanikom otvaranja time je znatno ubrzana. Svi nacrti su također izvedeni u istoj aplikaciji. Upotreba takvih 3D aplikacija omogućava veliku fleksibilnost kod bilo kakvih izmjena na samom proizvodu ili na dijelovima alata, a svaka promjena je automatski izmijenjena na svim pozicijama i dokumentaciji.

Upotrebom programskog paketa za simulaciju lijevanja Novacast - NovaFlow&Solid, omogućen je uvid u pogreške u konstrukciji same kalupne šupljine i planiranju uljevnog i preljevnog sustava.

Uz pomoć suvremenih aplikacija, cijeli proces od ideje do proizvoda, puno je lakši i kvalitetniji. Uz dodatak suvremenih CNC obradnih strojeva i novih CAM aplikacija, vrijeme izrade je brzo i precizno. Takav način izrade alata smanjuje pogreške u lancu (ideja→konstrukcija→strojna obrada→alatnica), a pridonosi lakšem planiranju faza kao što su narudžbe dijelova, pripreme poluproizvoda, redosljed strojnih obrada i sklapanje alata. Simulacija lijevanja skraćuje konstrukciju alata te minimizira pogreške prilikom procesa lijevanja.

6. Literatura

- [1] Budić, I.: Posebni ljevački postupci, II. dio, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2009.
- [2] <http://www.ss-industrijska-strojarska-zg.skole.hr/upload/ss-industrijska-strojarska-zg/multistatic/74/10>>. Alati za preradu plasticnih masa.pdf (2/2016)
- [3] Kolumbić Z., Tomac N.: "Materijali – podloge za diskusiju"; Sveučilište u Rijeci; Filozofski fakultet, Odsjek za politehniku, Rijeka 2005;
- [4] <http://www.custompartnet.com/wu/die-casting> (2/2016)



Photo 018. Shoot / Mladica