

Spasojević B.¹, Popović, M., Pjević M., Mladenović, G., Puzović, R.²

SIMULACIJA PROCESA KOVANJA PRIMENOM NAPREDNIH SOFTVERSKIH ALATA

Rezime

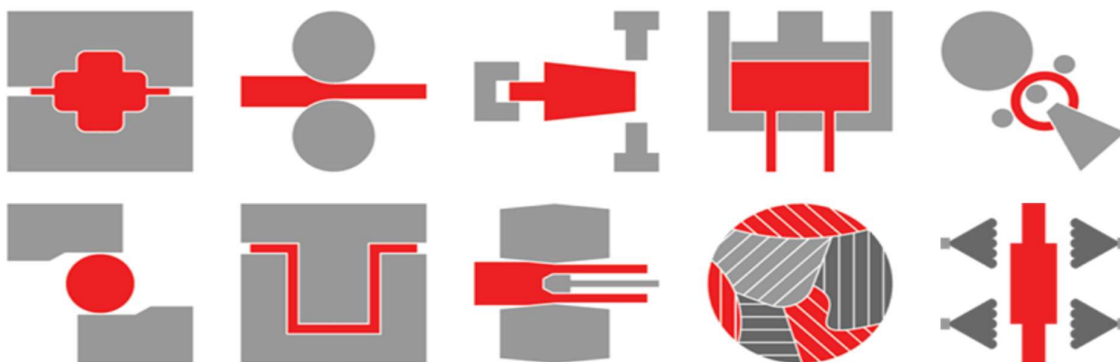
U radu je prikazan postupak simulacije procesa kovanja u toplom stanju na primeru dela oblika zupčanika. Kovanje je jedna od najstarijih tehnoloških metoda obrade metala plastičnim deformisanjem. U industrijski razvijenim zemljama projektovanje tehnologije kovanja se izvodi primenom CAD/CAE alata, tj. primenom informacionih tehnologija u svim fazama projektovanja, počev od konstrukcije otkovka, pa do projektovanja faza oblikovanja i optimizacije procesa, konstrukcije i izrade alata. Ovakav koncept projektovanja tehnologije kovanja obezbeđuje visok kvalitet otkovka, smanjenje ukupnih troškova proizvodnje i povećanje konkurentnosti na tržištu u odnosu na tradicionalno projektovanje procesa koje se bazira na iskustvenom radu inženjera. Simulacije procesa kovanja u toplom stanju odrađene su u softveru QForm.

Ključne reči: Kovanje, CAD/CAE, Simulacija, QForm

1. UVOD U SIMULACIJU PROCESA KOVANJA PRIMENOM QFORM SOFTVERA

Softver **QForm**, kompanije „QForm Group FZ LLC“, UAE, jedan je od softvera za simulaciju, koji se koristi za razvoj i optimizaciju različitih procesa oblikovanja metala, za proizvodnju delova u vazduhoplovstvu, odbrani, automobilskoj industriji, energetici i drugim industrijama. Mnogi od kovanih ili ekstrudiranih proizvoda koji su razvijeni uz pomoć QForm-a mogu se naći kao deo našeg svakodnevnog života. Softver se razvija od 1991. godine pa nudi više od 30 godina iskustva u simulaciji oblikovanja metala. Za rad je korišćena edukativna verzija softvera, dobijena od proizvođača na 3 meseca u sklopu onlajn takmičenja studenata.

QForm može da simulira većinu procesa oblikovanja metala uključujući: hladno i toplo kovanje, slobodno kovanje, valjanje prstenova i točkova, poprečno valjanje, valjanje vijaka, ekstrudiranje profila, oblikovanje limova... (slika 1)



Slika 1 Shematski prikaz tehnologija koje se mogu simulirati primenom QForm-a [1]

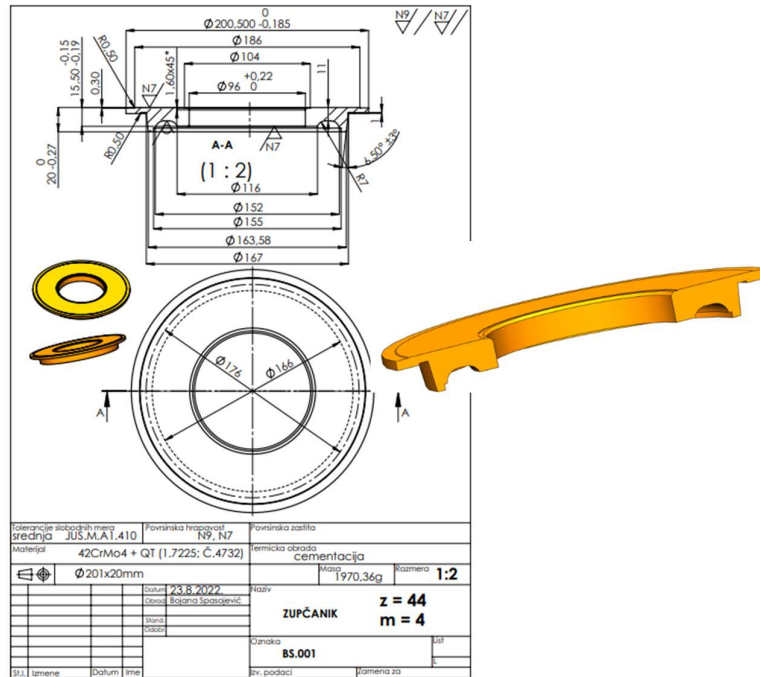
Slobodno kovanje sa ravnim kalupima često se koristi za operacije prethodnog kovanja za dalje korake kovanja, na primer na čekiću. Ono predstavlja zapravo prvi proces kovanja kojim su ljudi ovladali.

¹ Bojana Spasojević, mast. inž. maš., (bojana.98.bs@gmail.com)

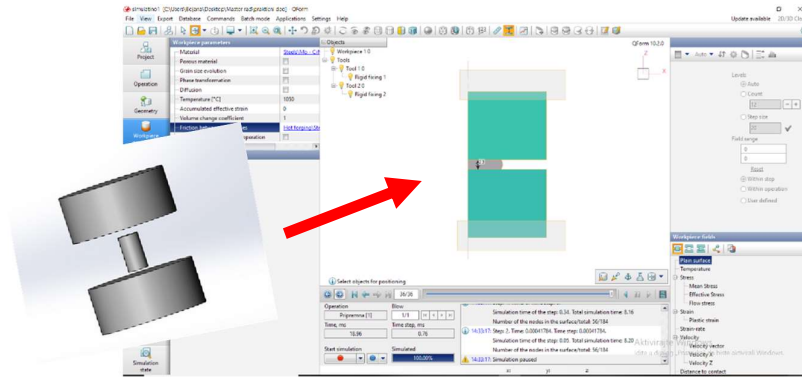
² Prof. dr Mihajlo Popović (mpopovic@mas.bg.ac.rs), doc. dr Miloš Pjević, (mpjevic@mas.bg.ac.rs), prof. dr Goran Mladenović, (gmladenovic@mas.bg.ac.rs), prof. dr Radovan Puzović, (rpuzovic@mas.bg.ac.rs), Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet

2. RAZRADA TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE I SIMULACIJA PROCESA KOVANJA ZA IZRADU DELA „ZUPČANIK“

Za ilustraciju simulacije kovanja, izabran je zupčanik koji je komponenta novog motora, fabrike motora koja sprovodi plan smanjenja troškova proizvodnje. Iz tog razloga, potrebno je projektovati tehnologiju proizvodnje zupčanika sa najvećom mogućom stopom iskorišćenja materijala i u skladu sa važećim standardima. Na slici 2 prikazana je tehnička dokumentacija zupčanika. S obzirom da je deo osnosimetričan, da bi se uštedelo u računarskom vremenu, tokom simulacije u Qform-u specificirano je da tip problema bude „2D osno simetričan“.

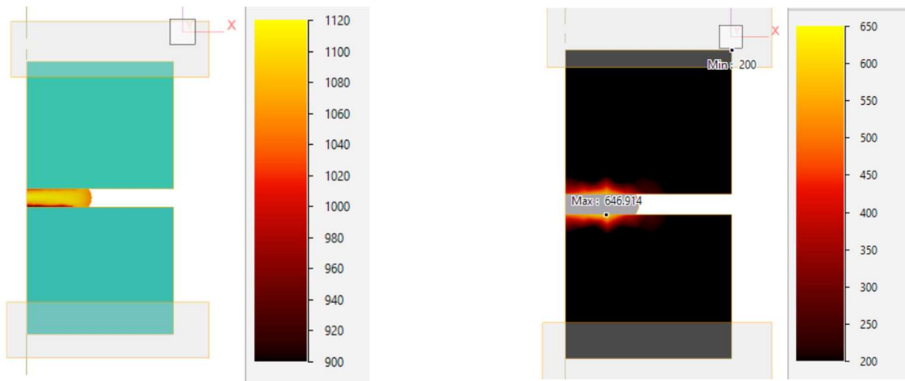


Određivanjem dimenzija priprema i alata za pripremno kovanje, pristupa se analizi procesa pripremnog kovanja, uvozom dxf fajla modela priprema i alata u softver Qform.

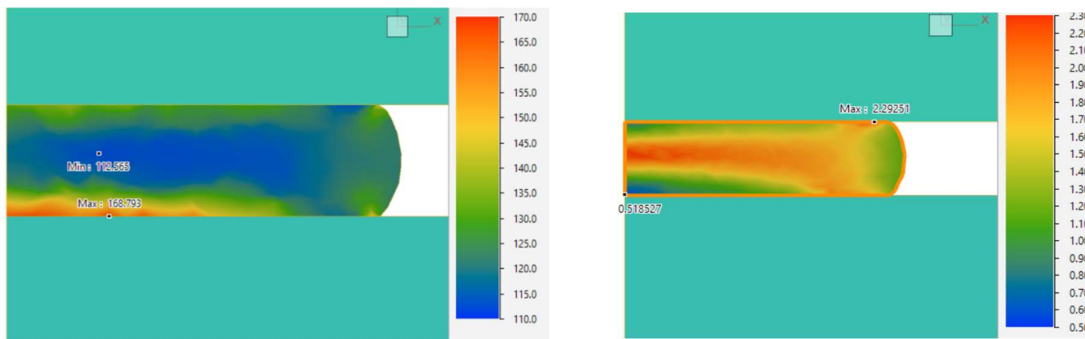


Slika 4 Alat i pripremak za operaciju pripremnog kovanja

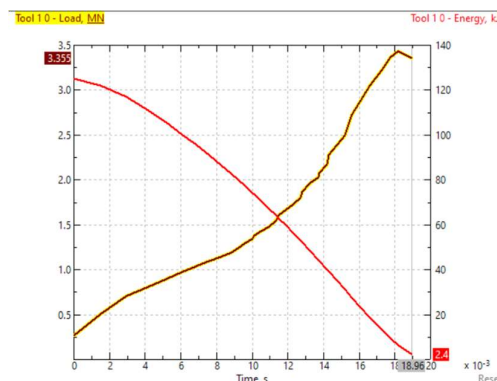
Posle definisanja svih parametara, izvršena je analiza, čiji su rezultati prikazani na slikama 5-7 [2].



Slika 5 Temperature obratka i alata na kraju procesa pripremnog kovanja

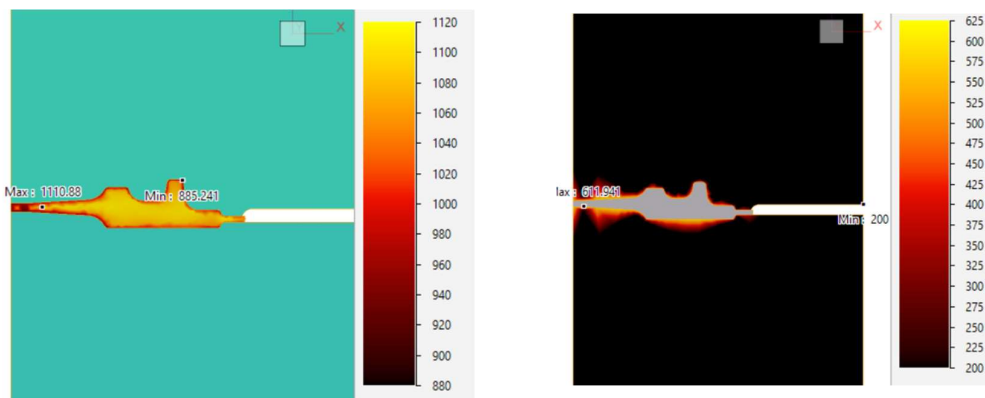


Slika 6 Efektivni naponi (levo) i plastične deformacije (desno) pri procesu pripremnog kovanja

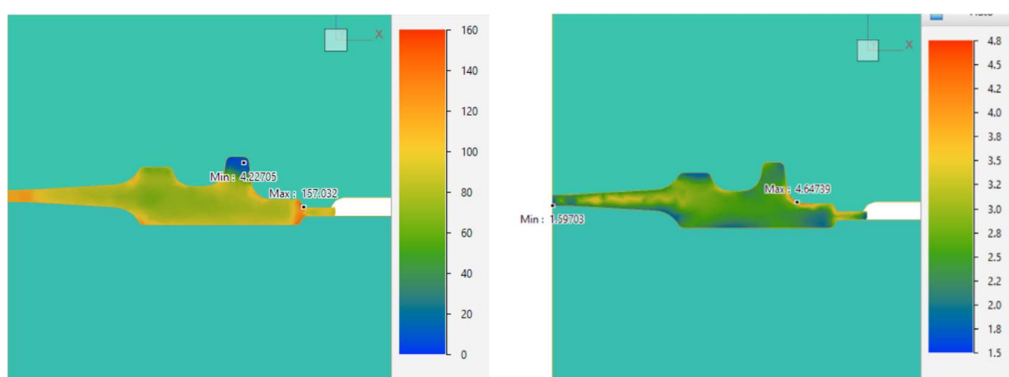


Slika 7 Opterećenje alata i utrošena energija čekića pri procesu pripremnog kovanja

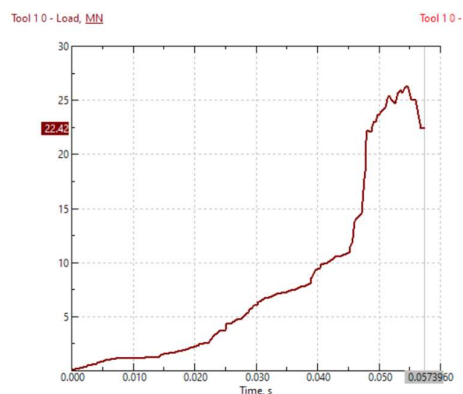
Prema istom postupku izvršena je analiza procesa završnog kovanja, što je prikazano na slikama 8-10 [2].



Slika 8 Temperature na kraju procesa završnog kovanja

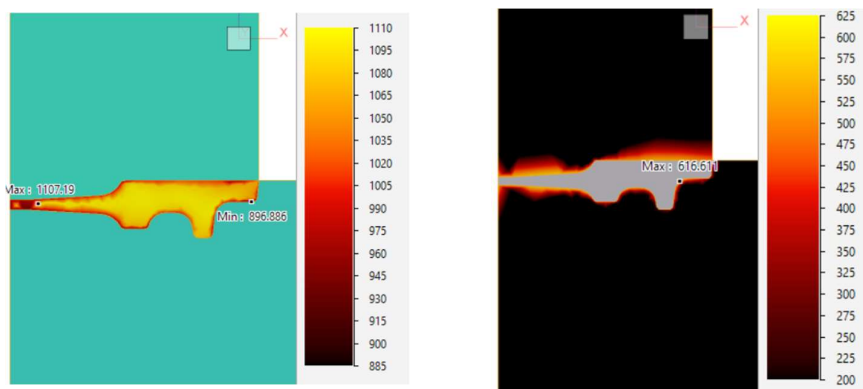


Slika 9 Efektivni napon (levo) i plastične deformacije (desno) pri procesu završnog kovanja

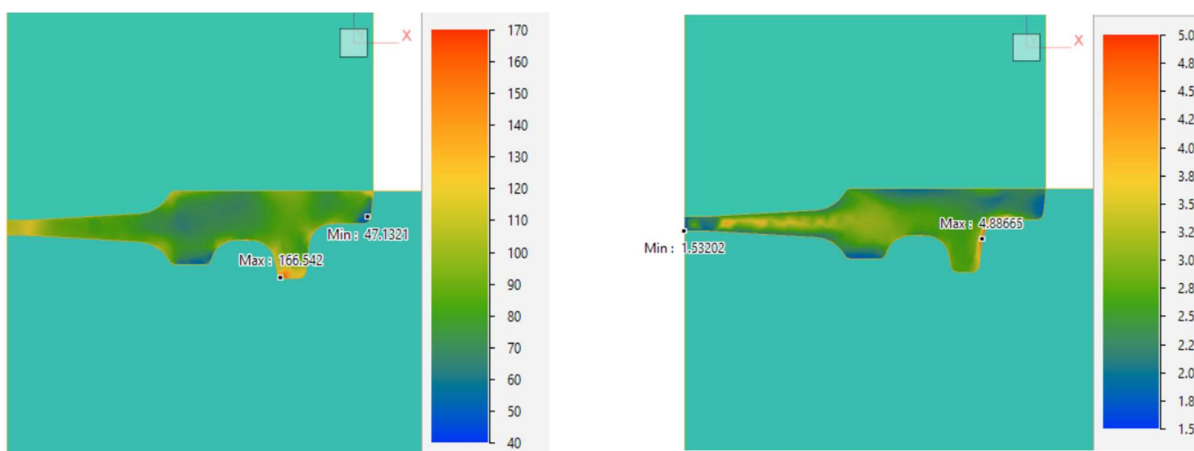


Slika 10 Raspodela opterećenja pri procesu završnog kovanja

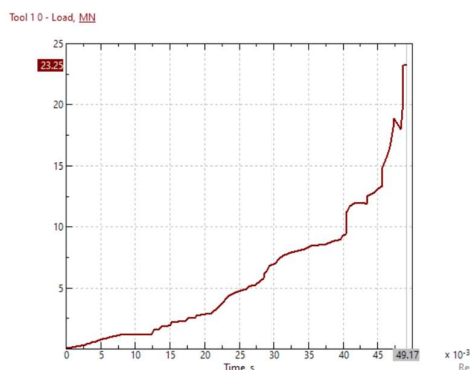
Kao varijantno rešenje, analiziran je proces kovanja zupčanika u zatvorenom alatu. Ovaj slučaj je daleko povoljniji od prethodnog, kovanja u otvorenom alatu, jer nema koncentracije napona u zoni zuba, koji učestvuju u prenosu velikog opterećenja. Rezultati su prikazani na slikama 11-13 [2].



Slika 11 Temperatura otkovka na kraju procesa završnog kovanja u zatvorenom alatu



Slika 12 Efektivni naponi (levo) i plastične deformacije (desno) u zatvorenom alatu



Slika 13 Raspodela opterećenja pri procesu završnog kovanja u zatvorenom alatu

3. ZAKLJUČAK

Zupčanici su mašinski elementi koji prenose velika dinamička opterećenja. Najčešće se kompletno izrađuju kombinacijom određenih metoda rezanja, ali one se znatno mogu olakšati, ako se polazi od priprema dobijenog kovanjem – otkovka. Cilj ovog rada bio je prikaz projektovanja otkovka za izradu zupčanika, izbor tipa alata, analize više varijanti procesa kovanja primenom softvera QForm, da bi se na kraju omogućilo projektovanje i samog alat za kovanje.

Postupak kovanja otkovka zupčanika, uspešno je izveden kako u zatvorenom, tako i u otvorenom tipu alata. Razlog izbora tehnologije kovanja u ovom radu, jeste zahtev za serijskom proizvodnjom zupčanika za automobilsku industriju. Međutim, takođe, iz razloga velikih opterećenja koja prenosi zupčanik; velika čvrstoća, tvrdoća, dinamička izdržljivost, dobar kvalitet površine i dr. karakteristike čine kovanje idealnom tehnologijom za njihovu izradu.

Kovanje i dalje predstavlja konkurentnu metaloprerađivačku tehnologiju koja ima primenu u različitim industrijskim granama, a poseban značaj ima u automobilske industriji. Međutim, brzo, kvalitetno i ekonomski opravdano projektovanje tehnologije kovanja zahteva primenu savremenih informacionih tehnologija u svim fazama, počev od konstrukcije otkovaka, pa do projektovanja faza oblikovanja i optimizacije procesa, konstrukcije i izrade alata. Numerička simulacija procesa kovanja, osim optimizacije faza oblikovanja, omogućuje i analizu habanja alata, zatim predviđa strukturu materijala nakon kovanja i daje podatke o veličini elastičnih deformacija alata i elemenata mašine, što predstavlja osnovu za procenu tačnosti izrađenih otkovaka.

4. LITERATURA

[1] Qform group, Application, 2022, <https://www.qform3d.com/processes>.

[2] Spasojević, B., Razrada tehnološkog procesa izrade i simulacija procesa kovanja, za izradu dela „zupčanik“, Master rad, Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet, 2022.

Spasojevic, B., Popović, M., Pjević M., Mladenović, G., Puzović, R.

FORGING PROCESS SIMULATION USING ADVANCED SOFTWARE TOOLS

Abstract: *The paper presents the simulation procedure of the forging process in the hot state on the example of a part of the shape of a gear. Forging is one of the oldest technological methods of metal processing by plastic deformation. In industrially developed countries, the design of forging technology is performed using CAD/CAE tools, i.e. by applying information technologies in all stages of design, starting from the construction of the forging, and up to the design of the stages of shaping and optimization of the process, construction and tool making. This concept of design of forging technology ensures high quality of forging, reduction of total production costs and increase of competitiveness in the market compared to traditional process design which is based on experienced work of engineers. Simulations of the hot forging process were performed in the QForm software.*

Key-words: *Forging, CAD/CAE, Simulation, QForm*