

PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE ELEKTROEROZIVNE IZRADE ALATA ZA EKSTRUDIRANJE UKRASNE LAJSNE**DESIGN OF ELECTROEROSIVE TECHNOLOGY OF THE TOOL FOR EXTRUDING DECORATIVE MOLDING**

Dejan Mijić, Marin Gostimirović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Cilj rada jeste da se ukaže na značaj nekonvencionalnih postupaka obrade pri izradi alata za ekstrudiranje plastike. Praktičan cilj rada jeste projektovanje alata, kao i tehnološki postupak izrade alata za ekstrudiranje plastike za konkretan proizvod. Takođe su navedeni režimi obrade za sečenje različitih vrsta materijala i prikazana je projektna dokumentacija svakog elementa alata za ekstrudiranje ukrasne lajsne.

Ključne reči: Elektroerozivna obrada, Eroziomat sa žicom, Ekstrudiranje plastike, Tehnološki postupak

Abstract – The aim of this paper is to point out the importance of unconventional types of processing in the production of plastic extrusion tools. The practical goal of this paper is the tool design and technological process of making tools for extruding plastics for a specific product. Processing modes for cutting different types of materials and the entire project documentation of each element of the tool for extruding the molding are also presented.

Key words: Electrical discharge machining, Wire erosion machine, Plastic extrusion, Technological process

1. UVOD

Živimo u svetu u kome se nauka, novi materijali, kao i tehnologije obrade brzo razvijaju. Nauka ima za cilj da istražuje nova otkrića i dostignuća. Razvoj svetske industrije dovela je do pojave novih materijala specifičnih osobina. Pojavom novih materijala došlo je do razvoja novih tehnologija obrade, kao što su nekonvencionalni postupci obrade.

Primena nekonvencionalnih metoda obrade opravdana je ne samo pri obradi teškoobradljivih materijala, već i pri obradi delova složenog geometrijskog oblika, zbog znatno jednostavnije tehnologije i kinematike alata za obradu.

Elektroerozivna obrada (Electrical Discharge Machining – EDM) predstavlja postupak skidanja materijala sa najširojom primenom u praksi od svih nekonvencionalnih postupaka. EDM-om se mogu obrađivati svi elektroprovodljivi materijali, bez obzira na njihova svojstva.

EDM obrada je veoma bitna kod izrade alata za oblikovanje materijala, mikrodela, specijalnih proizvoda, itd.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marin Gostimirović, red. prof.

2. EDM POSTUPAK SKIDANJA MATERIJALA

EDM obrada skidanja materijala koristi električnu eroziju koja nastaje tokom pražnjenja impulsa između dve elektrode (obratka i alata) uronjene u radni fluid (dielektrikum). EDM postupak obrade ima široku primenu u mnogim industrijskim granama, kao što su automobilska industrija, prehrambena, avio industrija, itd. Omogućava oblikovanje vrlo složenih konstrukcija sa visokom tačnošću i kvalitetom obrade.

EDM postupci obrade materijala se dele na [1]:

- EDM postupak obrade punom elektrodom (SEDM) i
- EDM postupak obrade žičanom elektrodom (WEDM).

Elektroerozivna obrada potapanjem kao alat koristi punu elektrodu suprotnog oblika u odnosu na obradak („negativ“). Dok kod elektroerozije žicom kao alat (elektroda) se koristi žica namotana na kolut.

2.1 Tehnološke karakteristike procesa

Najvažniji tehnološki parametri pri EDM obradi su [2]:

- proizvodnost,
- tačnost obrade i
- kvalitet obrađene površine.

Važnost ovih parametara je različita i uglavnom zavisi od uslova obrade i namene obrađenih delova.

Proizvodnost je najvažniji tehnološki parametar sa ekonomskog aspekta, dok su tačnost obrade i kvalitet obrađene površine sa aspekta funkcije odnosno namene. Postizanje veće tačnosti i kvaliteta dovodi do smanjenja proizvodnosti i obrnuto.

2.2 Alat za EDM obradu

Alat spada u jednu od tri osnovne komponente EDM obradnog sistema. Alat može da bude u obliku žičane elektrode, kao i u obliku pune elektrode. Kod obrade sa žičanom elektrodom, alat je jednostavan i jeftin. Dok, kod obrade materijala sa punom elektrodom, alat ima značajan uticaj na ekonomičnost obrade (do 50% ukupnih troškova obrade).

Elektrode se mogu izrađivati od praktično svih elektroprovodljivih materijala, od kojih su najčešći: bakar, grafit, aluminijum i volfram.

2.3 Postrojenja za EDM obradu

Izrada prvih mašina za EDM obradu bile su po uzoru na standardne konvencionalne mašine za obradu rezanjem. One su se izrađivale tako što se nosač alata sa prenosnikom za glavno kretanje zamenio nosačem elektrode sa regulatorom pomaka, kao i postavljanjem kade sa dielektrikumom u radni prostor mašine. Na slici 2.1 prikazan je izgled jedne EDM mašine.

Širu primenu u praksi su našle četiri tipa mašina za EDM obradu, a to su:

- Standardne EDM mašine za upuštanje gravura,
- EDM mašine sa planetnim kretanjem,
- EDM obradni centri i
- EDM mašine za sečenje pomoću žičane elektrode.



Slika 2.1 Izgled EDM mašine: (1) Držač elektrode sa regulatorom pomaka, (2) Radna kada, (3) Agregat za dielektrikum, (4) Koordinatni sto, (5) Postolje, (6) Generator električnih impulsa, (7) Upravljačka jedinica

2.4. Primena EDM obrade

Danas se EDM obrada najčešće koristi pri izradi:

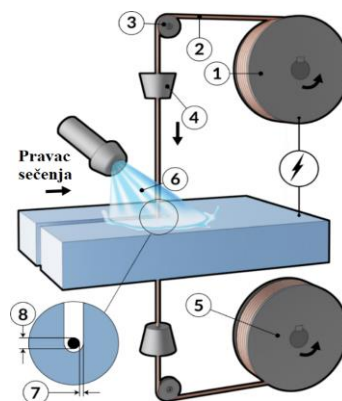
- raznih vrsta kalupa,
- alata za probijanje i prosecanje,
- kokila za livenje,
- delova sa uskim žljebovima,
- delova sa dubokim otvorima,
- delova sa složenim površinama,
- tankozidnih delova i dr.



Slika 2.2. Primeri delova obrađenih EDM obradom

3. EDM MAŠINA SA ŽIČANOM ELEKTRODOM AGIECUT DEM 315

EDM sečenje žicom (WEDM postupak), izvodi se pomoću tanke elektro-provodljive žice koja se kreće u pravcu svoje ose (Z – osa), dok obradak izvodi složeno kretanje po unapred programiranoj putanji (XY - ose). Pri kontaktu žice i obratka dolazi do električnog pražnjenja koje preseca konturu u horizontalnoj ravni. EDM sečenje žicom namenjeno je za precizno sečenje delova koji često znaju biti vrlo malih dimenzija. Na slici 3.1 prikazana je šema WEDM postupka.



Slika 3.1 Šema WEDM postupka: 1. Valjak na kojem je namotana žica, 2. Žica, 3. Valjak za vođenje žice, 4. Vođica, 5. Valjak za namotavanje iskorišćene žice, 6. Dielektrikum, 7. Radna zona, 8. Prečnik žice [3]

3.1 Karakteristike EDM mašine AgieCut DEM 315

Erozimatima sa žičanom elektrodom se mogu dobiti veoma komplikovani, precizni i fini oblici, uski prorezi, duboki mikrootvori, otvori pod uglom, itd.



Slika 3.2 Izgled mašine AgieCut DEM 315: 1. Numeričko upravljačka jedinica (AgieMeric CNC 100), 2. Generator električnog impulsa (AgiePuls 100 D), 3. Sistem za pogon i vođenje žice, 4. Kada sa koordinatnim radnim stolom, 5. Upravljačka tabla, 6. Sistem za cirkulaciju i prečišćavanje dielektrikuma (DA 10)

U prevodu, mogu se dobiti delovi kakvi se uopšte ne mogu postići klasičnim postupkom. Takođe, mogu se obraditi i veoma tvrdi i kruti materijali, uz visoku tačnost i kvalitet obrađene površine. Na ovim erozimatima se izrađuju, dorađuju ili popravljaju sve vrste alata za probijanje i prosecanje, gravirani kalupi, delovi sa tankim zidovima, itd [4].

Pri rešavanju zadatka ovog rada, primenjivala se mašina pod nazivom AgieCut DEM 315. Na slici 3.2 prikazana je jedna takva mašina, koja je proizvedena 1981. godine u Švajcarskoj. Najvažniji elementi ove mašine su: uređaj za pogon i vođenje žice, sistem za prečišćavanja i cirkulaciju dielektrikuma, generator električnog impulsa, koordinatni radni sto i numeričko upravljačka jedinica.

3.2 Alat kod mašine AgieCut DEM 315

Kao alat kod mašine AgieCut DEM 315 primenjuje se žičana elektroda određene debljine. Na slici 3.3 je prikazan izgled žičane elektrode namotane na kolut. Ova vrsta elektrode se uspešno primenjuje pri sečenju zahtevanih profila kako malih tako i velikih dimenzija (npr. zupčanici), pri skraćivanju raznih profila, pri odsecanju, pri rezanju otvora (dovođenje na meru), itd.



Slika 3.3 Izgled žičane elektrode namotane na kolut

Kod ovih mašina žica se kreće i stvara rez po programiranoj putanji. U zazoru između obratka i žice stvara se električno pražnjenje, pri čemu dielektrikum uklanja odvojeni materijal iz zone obrade. Na ovaj način žica stvara rez kroz obradak.

Žica može postići vrlo male uglove rezanja u zavisnosti od debljine žice. Žica kod EDM obrade gotovo deluje kao električna testera. Kvalitet obrade uz pomoć žičane elektrode, tj. preciznost i hrapavost površine, direktno je povezana sa parametrima pražnjenja (el.struja, napon, vreme pražnjenja, polaritet), kao i sa karakteristikama dielektrikuma.

Uobičajni prečnici žice se kreću između 0,2 i 0,3 mm, pri čemu se najčešće primenjuje žica prečnika 0,25 mm. Dok kod malih debljina obratka i malih unutrašnjih radijusa koristi se žica prečnika $0,1 \div 0,2$ mm, a za izvođenje najfinijih rezova sa vrlo malim unutrašnjim radijusima (0,02 mm) koristi se vrlo fina žica prečnika $0,03 \div 0,1$ mm.

Žičane elektrode se izrađuju u zavisnosti od namene, potrebnog kvaliteta površine, dimenzija koje je potrebno postići, materijala obratka i same mašine na kojoj se vrši obrada erodiranjem. Najčešće se izrađuju od: bakra, mesinga, čelika, molibdena i volframa.

3.3 Dielektrikum kod mašine AgieCut DEM 315

Dielektrikum je tečnost koja ne provodi električnu struju, nego se u njoj odvija električno pražnjenje. On cirkuliše u zoni rada, između elektrode i obratka, i ima ulogu izolatora dok se ne postigne napon pražnjenja, hladi predmete procesa i odstranjuje odvojene čestice iz zone rada. Kao dielektrikum se najčešće primenjuje dejonizovana voda.

3.4 Primena

Mašina AgieCut DEM 315 se najčešće primenjuje za izradu alata za probijanje i prosecanje, prototipova, malih serija, alata za plastične mase, alata za izvlačenje, alata za livenje, kao i za izradu bregastih ploča, elektronskih elemenata, šablona, elektroda za tačkasto zavarivanje, elektroda složenog oblika za elektroeroziju upuštanjem, itd. Na slici 3.4 prikazan je jedan manji deo primene ovih mašina.



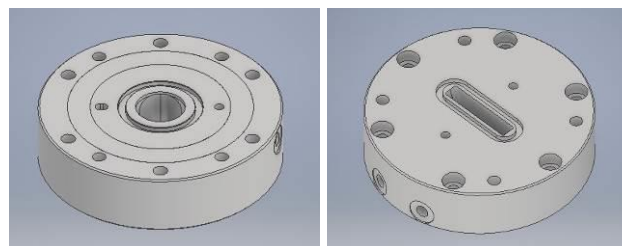
Slika 3.4 Primena WEDM mašina

4. KONSTRUKTIVNI PRIKAZ ALATA ZA EKSTRUDIRANJE UKRASNE LAJSNE

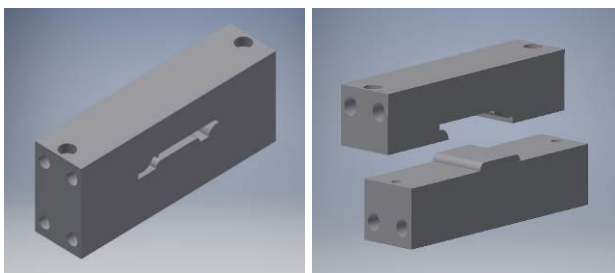
Alat za ekstrudiranje zidne ukrasne lajsne se sastoji od redukcije, kalibratora i alata (srednja matrica). Redukcija se izrađuje od čelika Fe510B, kalibrator od mesinga, dok se alat izrađuje od čelika K600.

Pri izradi elemenata alata za ekstrudiranje, pored WEDM mašine, koristila se još CNC glodalica pomoću koje su se vršile operacije ravnjanja, upuštanja i bušenja. Pomoću erozimata sa žicom se vršila izrada profila na alatu i kalibratoru.

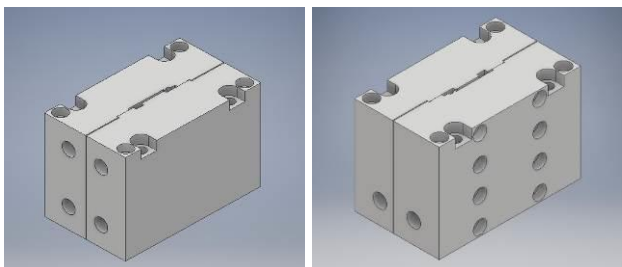
Na slici 4.1 prikazan je 3D model izgleda redukcije, dok je na slici 4.2 prikazan 3D model kalibratora. Na slici 4.3 prikazan je 3D model alata – srednje matrice, dok je na slici 4.4 prikazan sklop alata za ekstrudiranje ukrasne lajsne.



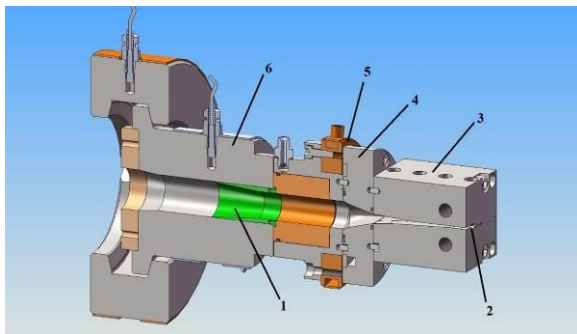
Slika 4.1 3D model redukcije



Slika 4.2 3D model kalibratora



Slika 4.3 3D model alata – srednje matrice



Slika 4.4 Sklopa alata za ekstrudiranje ukrasne lajsne: 1. Kanal za protok plastomera, 2. Profil na alatu za formiranje gorovog proizvoda, 3. Alat, 4. Redukcija, 5. Zagrejana prirubnica, 6. Mlaznica ekstrudera

Na slici 4.5 prikazan je odsečeni deo ukrasne lajsne, koja predstavlja gotov proizvod primene alata za ekstrudiranje. Ovaj proizvod predstavlja krajni proizvod jednog celokupnog projekta.



Slika 4.5 Prikaz gotovog proizvoda

5. TEHNOLOŠKI PROCES IZRADE ALATA

Tehnološki postupak obrade projektuje tehnolog, koji polazeći od oblika priprema, preko definisanja operacija, zahvata, kao i njihovog tačnog redosleda izvođenja, obezbeđuje dobijanje traženog proizvoda, zahtevane tačnosti i kvaliteta obrađene površine. Pored toga, takođe se još definišu mašine na kojima se vrši obrada, sa potrebnim alatima, priborima, režimima obrade, vremenima operacija i sl.

U praksi postoji veliki broj varijanti rešenja izvođenja jednog tehnološkog postupka, u zavisnosti od velikog broja faktora. Tako da u zavisnosti od tipa proizvodnje, vremena izrade, vrste priprema, raspoloživih mašina i njihovog rasporeda u proizvodnom pogonu i dr., potrebno je izraditi optimalni tehnološki postupak.

Alat je najvažniji deo sklopa alata za ekstrudiranje ukrasne lajsne, izraden od čelika K600 na dimenzije 95x156x108 mm.

Shodno tome, pri izradi profila kroz koji prolazi plastomer na erozimatnu sa žicom (debljine 0,25 mm, material: mesing DIN 160) gde se traži maksimalna preciznost sečenja uz što bolji kvalitet obrade idelni režimi obrade na mašini AgieCut DEM 315 su: $HC=5$ (Poz.) – Sila rezanja, $t=2$ (Poz.) – Trajanje impulsa, $t_d=22\%$ – Nominalna vrednost praznog hoda, $I=3$ (Poz.) – Jačina struje pražnjenja, $P=3$ (Poz.) – Ograničenje snage, $F=6,5 N$ – Sila zatezanja žice, $v=200 mm/s$ – Brzina kretanja žice, $\lambda=75 \mu S/cm$ – Provodljivost dielektrikuma, $p=1,5 bar$ – Pritisak mlaza dielektrikuma, $Id \varnothing=4 mm$ – Prečnik mlaza dielektrikuma, $Qg=150 lh$ – Protok dielektrikuma na gornjoj mlaznici, $Qd=40 lh$ – Protok dielektrikuma na donjoj mlaznici, Poz. – Pozicija (podeljak na mašini).

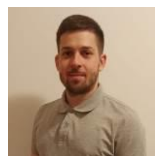
6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad se bavio prikazom sklopa alata koji se koristi za ekstrudiranje zidnih ukrasnih lajsni. Za izradu profila pomenutog alata primenjivao se EDM postupka sa žičanom elektrodom, što je i glavna tema ovog rada. Na osnovu toga je detaljno opisan taj proces, kao i mašina koja se koristila pri samoj izradi alata za ukrasne lajsne.

7. LITERATURA

- [1] Milikić D.: Nekonvencionalni postupci obrade - priručnik za studije i praksu, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
- [2] Gostimirović M., Nekonvencionalni postupci obrade, drugo izdanje, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.
- [3] Manufacturing Guide, Electric Erosion, Wire EDM, Manufacturing Guide Sweden AB, Stockholm, <https://www.manufacturingguide.com/en/wire-edm>, jun 2021.
- [4] Marušić M., Elektroerozivna obrada, Docuri, 2017, https://docuri.com/download/edm_59c1d38ff581710b2865568b_pdf, avgust 2020.

Kratka biografija:



Dejan Mijić rođen je u Somboru 1994. god. 2013. godine upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Proizvodno mašinstvo. Master rad iz oblasti Nekonvencionalni postupci obrade odbranio je 2021. god.



Marin Gostimirović rođen je u Osijeku 1957. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1997. god. Od 2011. god. je u zvanju redovnog profesora. Oblast interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala.