

**UNAPREĐENJE PRIPREME PROIZVODNJE DELOVA ELEKTROMOTORA U
KOMPANIJI ATB SEVER****IMPROVING THE PREPARATION OF PRODUCTION OF ELECTRIC MOTOR PARTS
IN THE COMPANY ATB SEVER**Ivana Čulafić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U cilju pravovremene proizvodnje i isporuke proizvoda kupcima, proizvodni sistemi koji svoje poslovanje baziraju na pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji značajnu pažnju moraju usmeriti na pripremu proizvodnje delova i gotovih proizvoda uz sistemsko praćenje narudžbina. Osnovni predmet i cilj istraživanja u ovom radu se odnosi na sistematizaciju i unapređenje rada funkcije pripreme proizvodnje elektromotora, pre svega tehnološke pripreme proizvodnje.

Ključne reči: Priprema proizvodnje, Tehnološki procesi, Delovi elektromotora, Praćenje narudžbina

Abstract – With the aim of timely production and delivery of products to customers, production systems, which base their business on one-off and small batch production, must pay considerable attention to the preparation of production as well as systematic monitoring of orders.

The basic subject and goal of the research in this paper focuses on the systematization and improvement of the preparation of production of electro motors with the primary emphasis on the technological preparation of production.

Keywords: Production preparation, Proces planning, Electric motor parts, Tracking orders

1.0. UVOD

ATB Sever je jedan od najstarijih proizvodnih sistema za proizvodnju rotacionih električnih mašina u jugoistočnoj Evropi. Kompanija danas proizvodi i isporučuje elektromotore razvijene prema zahtevu kupaca koji zadovoljavaju najsloženije tehničke zahteve elektromotornih pogona u nuklearnim termoelektranama, površinskim kopovima uglja i bakra (bageri, transporteri, odlagači), podzemnim rudnicima, rafinerijama, platformama za eksploataciju nafte i gasa i dr. [1].

U cilju pravovremene izrade i isporuke proizvoda kupcima, ATB Sever koji svoje poslovanje zasniva na strategiji inženjeringa i proizvodnje prema narudžbini, značajnu pažnju mora da usmeri na sistemsko praćenje narudžbina i pripremu proizvodnje delova i gotovih proizvoda.

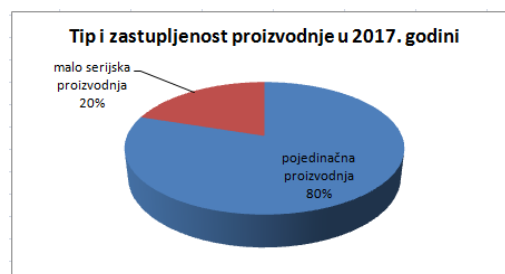
Osnovni predmet i cilj istraživanja u ovom radu se odnosi na sistematizaciju i unapređenje rada funkcije pripreme proizvodnje elektromotora, pre svega tehnološke pripreme proizvodnje odgovarajućih delova i komponenti.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Lukić, vanr. prof.

**2.0. OSNOVNE KARAKTERISTIKE
PROIZVODNJE U KOMPANIJI ATB SEVER**

U posmatranoj kompaniji pretežno je zastupljena malo-serijska i pojedinačna proizvodnja (slika 1). Osnovna odlika ovih tipova proizvodnje je da se proizvodi veliki broj različitih proizvoda u malim, vrlo često jediničnim količinama, pri čemu su proizvodi prilagođeni zahtevima kupca a proizvodnja se odvija prema narudžbini.



Slika 1. Tipovi proizvodnje u kompaniji ATB Sever

Osnovne strategije proizvodnje koje su zastupljene u kompaniji su: [2]:

- ETO (Engineering to order)–Inženjering po narudžbini - Kod ove strategije kupac definiše specifikaciju proizvoda, a proizvođač projektuje i proizvodi odgovarajući proizvod prema istoj.
- MTO (Make-to-order)–Proizvodnja prema narudžbini - Kod ove strategije proizvođači čekaju narudžbu od strane kupca a proizvod koji poručuju je već jednom izrađen ETO proizvod ili unapređen proizvod.

Kompanija ATB sever se osim proizvodnje elektromotora u velikom procentu bavi izradom komponenti za sestrinske kompanije iz sastava ATB korporacije čije je sedište u Kini, što iznosi oko 20% od ukupne proizvodnje.

**3.0. FUNKCIJA PRIPREME PROIZVODNJE U
KOMPANIJI ATB SEVER**

Priprema proizvodnje u mašinskoj industriji se deli na tehničku i operativnu pripremu. Tehnička priprema proizvodnje obuhvata dve najvažnije tehničke funkcije proizvodnih sistema. Prva se odnosi na projektovanje proizvoda, poznata pod nazivom konstrukciona priprema, a druga na projektovanje tehnoloških procesa, poznata pod nazivom tehnološka priprema proizvodnje [3].

Osnovni zadaci koji se rešavaju u okviru tehnološke pripreme proizvodnje su:

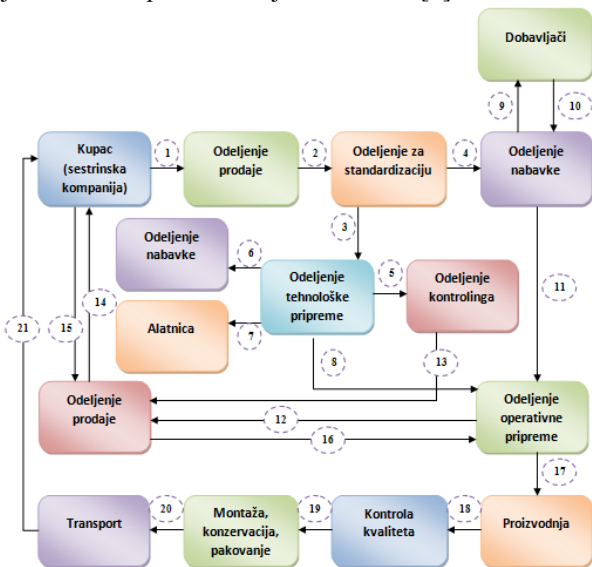
- Analiza tehnološkičnosti konstrukcije proizvoda
- Projektovanje tehnoloških procesa izrade i montaže

- Generisanje upravljačkih informacija
- Konstruisanje specijalnih alata, pribora i drugih uređaja
- Određivanje vremena i troškova proizvodnje
- Tehnoekonomska optimizacija aktivnosti tehnološke pripreme
- Simulacija tehnoloških procesa i drugih aktivnosti, itd.

Operativna priprema obuhvata druge dve funkcije koje se odnose na planiranje i upravljanje proizvodnjom. Planiranje proizvodnje ne označava samo izradu planova već obuhvata niz aktivnosti kao što su definisanje ciljeva, politike, strategije i programa proizvodnje [4].

Informacije koje su od izuzetnog značaja za planiranje proizvodnje su: stanje narudžbina i raspoloživi proizvodni kapaciteti. Osnovni zadaci prilikom planiranja su [5]: proračun potrebnog materijala, proračun kapaciteta i terminiranje proizvodnje.

U nastavku će biti prikazana realizacija pripreme proizvodnje prema narudžbini od strane sestrinskih kompanija, od trenutka poručivanja komponenti do trenutka isporuke. Kako za realizaciju jedne narudžbine nisu uključena samo odeljenja pripreme proizvodnje, biće ukratko predstavljena organizaciona struktura svih odeljenja uključenih u realizaciju narudžbine (slika 2.) i njihovi zadaci pri realizaciji narudžbine [6].



Slika 2. Povezanost odeljenja u kompaniji ATB Sever [6]

Zadaci odeljenja pri realizaciji narudžbine prema slici 2 :

- 1 - Kupac (sestrinska kompanija) kontaktira prodaju (šalje narudžbinu) kako bi poručili delove prema odgovarajućoj konstrukcionoj dokumentaciji.
- 2 - Odeljenje prodaje prosleđuje zahtev odeljenju za standardizaciju gde se vrši šifriranje delova i kreiranje sastavnice za delove.
- 3 - Nakon šifriranja zahtev se dalje prosleđuje u tehnološku pripremu gde se dokumentacija preuzima sa Citrixa, vrši se procena mogućnosti izrade s obzirom na raspoložive tehničke mogućnosti, kreiraju se tehnološki procesi, određuju se radna mesta na kojima delovi mogu da se izrade u zahtevanoj tačnosti kao i potrebna vremena.
- 4 - Odeljenje standardizacije osim prosleđivanja zahteva kupca u tehnologiju, nakon kreiranja sastavnice prosleđuje zahtev odeljenju nabavke.

5 - U odeljenju tehnološke pripreme se nakon kreiranja tehnološkog procesa (radnog plana) formira podloga za izradu kalkulacije na osnovu koje se formira cena u kontrolingu koja uzima u obzir vremena potrebna za izradu i neophodni materijal.

6 - Prilikom procene tehnološkičnosti izrade delova, kao i mogućnosti izrade, pravi se zahtev za nabavku alata, pribora i merila koja je neophodno kupiti da bi se deo mogao uraditi i prosleđuje se nabavci.

7 - Ukoliko su neophodni specijalni pribori i alati za izradu delova, tehnolog konstruiše alate i pribore i prosleđuje dokumentaciju alatnici na izradu.

8 - Nakon potvrde da deo može da se uradi prema dokumentaciji i kreiranja radnih planova, zahtev se prosleđuje u odeljenje operativne pripreme.

9 - Odeljenje nabavke nakon kreiranja sastavnice, kontaktira kupca kako bi se procenio najkraći rok isporuke za traženi materijal, ukoliko material-pripremak ne postoji na skladištu.

10 - Nakon potvrde od strane dobavljača, nabavka unosi cene materijala za svaku pojedinačnu poziciju u SAP kao i rok isporuke materijala.

11 - Nakon prikupljenih informacija o roku pristizanja materijala, oprećenosti kapaciteta na radnim mestima za koje je predviđena obrada dela, odeljenje operativne pripreme određuju rok isporuke delova. Ukoliko je zahtevani rok isporuke delova manji od 2 nedelje planeri uz konsultaciju sa tehnološkim odeljenjem određuju rok isporuke delova.

12 - Nakon procene roka završetka dela obaveštava se odeljenje prodaje kako bi kontaktiralo kupca radi potvrde za saglasnost sa rokom.

13 - U odeljenju kontrolinga se na osnovu dobijene podloge za izradu kalkulacije sa vremenima izrade, definisanim radnim mestima i sastavnicom materijala formira cena obradenog dela koja se šalje odeljenju prodaje kako bi obavestili kupca o ceni obrade poručenog dela.

14 - Odeljenje prodaje nakon dobijanja cene i roka isporuke obaveštava kupca i proverava njegovu saglasnost sa navedenim.

15 - Ukoliko se kupac slaže sa rokom isporuke i cenom, narudžbina se potvrđuje.

16 - Odeljenje prodaje o tome obaveštava odeljenje operativne pripreme.

17 - Operativne priprema nakon potvrde narudžbine treba da materijal potreban za izradu dela. Materijal se odnosi na prvo radno mesto koje je predviđeno radnim planom i zajedno sa dokumentacijom dostavlja zaposlenom.

18 - Delovi se obrađuju prema radnom planu i prema predviđenim operacijama. Zaposleni nakon svoje operacije vrše međufaznu kontrolu i proveravaju mere. Nakon kompletne obrade vrši se merenje delova u kontroli kvaliteta gde se utvrđuje da li je deo urađen prema zahtevanoj dokumentaciji.

19 - Ukoliko je deo dobio odobrenje od kontrole kvaliteta, šalje se dalje u montažu (ukoliko je sastavni deo nekog sklopa) ili na pakovanje. Pre pakovanja vrši se konzervacija delova.

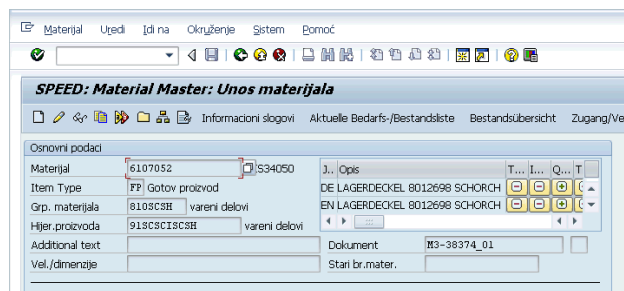
20 - Nakon pakovanja delovi se grupišu u magacinu prema kupcu za koga su poručeni i transportuju se.

21 - Deo stiže do kupca.

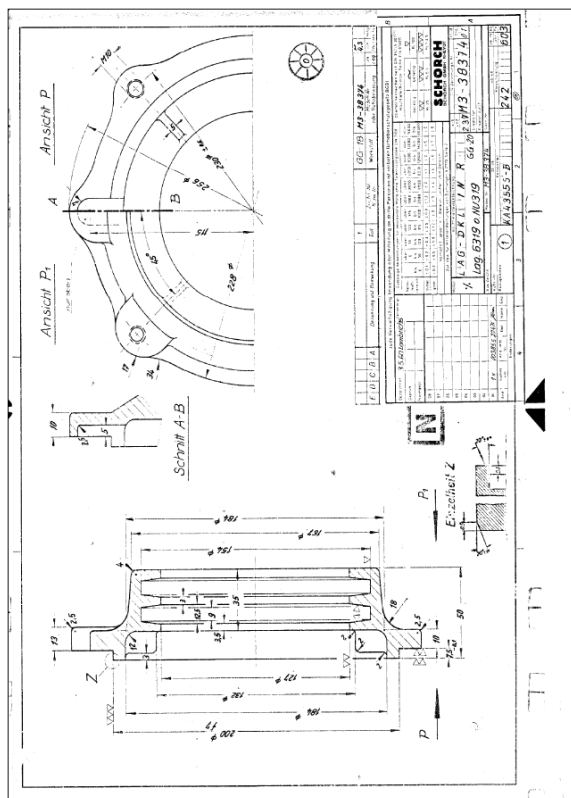
4.0. PRIMERI REŠAVANJA PROBLEMA U TEHNOLOŠKOJ PRIPREMI PROIZVODNJE

4.1. Problem ostvarivanja geometrijske tačnosti

Od strane sestrinske kompanije Schorch poručen je poklopca ležaja oznake 8012698 u seriji od 10 komada. Prvi korak tehnologa nakon dobijanja narudžbine jeste preuzimanje konstrukcije dokumentacije za poručeni deo. Kako bi ustanovili broj crteža po kome se deo obrađuje koristi se maska Z3M1 u SAP-u (slika 3.). Pomoću SAP programskog sistema vidi se da je za deo 8012698, crtež obrade M3-38374_01 (slika 4.). Dokumentacija sestrinskih kompanija se preuzima pomoću softvera Citrix iz baze podataka. Nakon preuzimanja crteža dela donosi se odluka da li je isti moguće obraditi na osnovu zahteva postavljenih dokumentacijom i raspoloživih tehničkih mogućnosti kompanije.



Slika 3. Maska Z3M1 u SAP sistemu

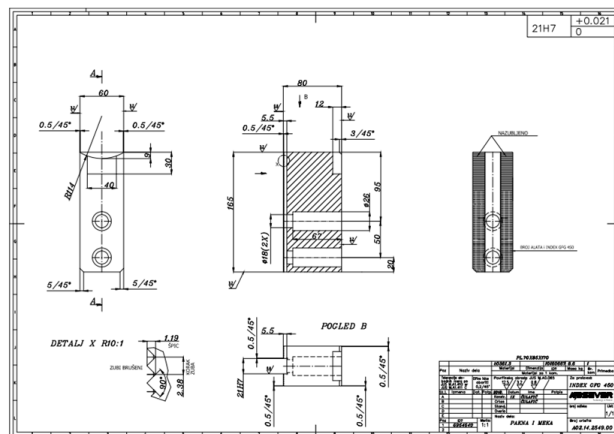


Slika 4. Crtež M3-38374_01

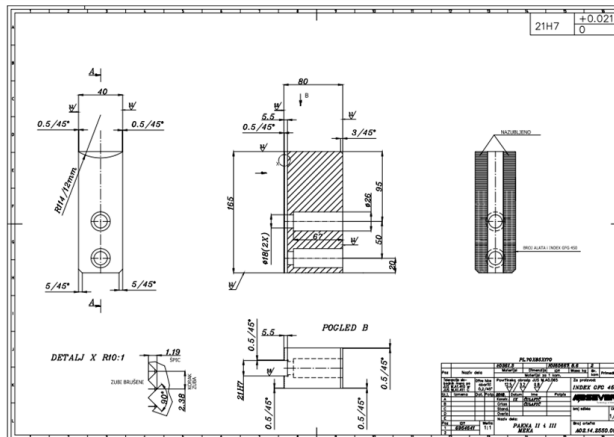
Na osnovu analize konstrukcije dokumentacije, donosi se zaključak da se deo može obraditi i narudžbina se prihvata. Nakon prihvatanja narudžbine, vrši se detaljna analiza tehnološkičnosti dela i na osnovu toga projektuje se tehnološki proces izrade (radni plan), projektuju se specijalni pribori i kreira NC program.

4.1.1. Prikaz prethodnog rešenja tehnološkog procesa izrade i uočeni problemi

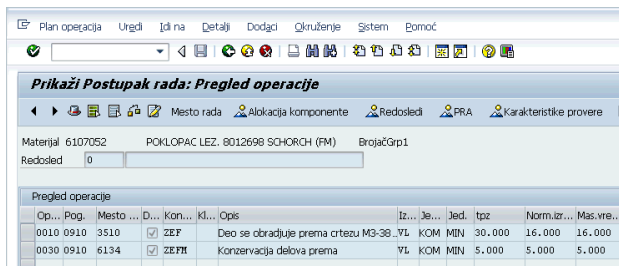
Prvo razmatrano rešenje tehnološkog procesa izrade poklopca odnosi se na obradu iz jednog stezanja, kako bi glavna i pomoćna vremena obrade bila što kraća. Prema tom zahtevu projektovane su specijalne meke pakne za stezanje dela preko spoljašnjeg prečnika Ø228mm koje automatski i pozicioniraju deo kako bi se u okviru operacije struganja moglo izvršiti bušenje i urezivanje navoja. Na slici 5. i 6. prikazane su specijalne meke pakne predviđene za stezanje dela. Na osnovu projektovanog rešenja stezanja dela vrši se konačno projektovanje tehnološkog procesa (slika 7.) i kreira se NC program.



Slika 5. Meka pakna I - A.02.14.2549.00



Slika 6. Meka pakna II i III - A.02.14.2550.00



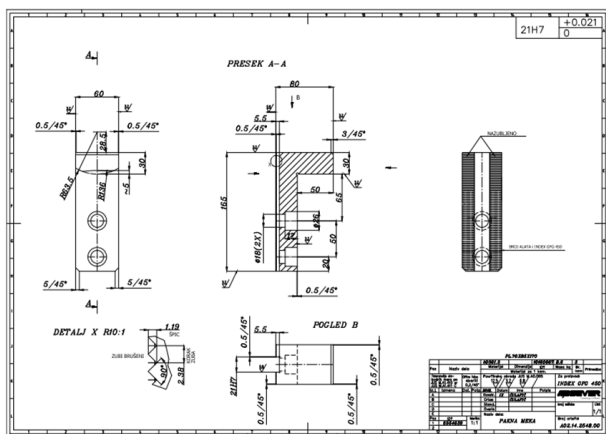
Slika 7. Radni plan poklopca ležaja 8012698

Nakon obrade dela ustanovljeno je da projektovani pribor za stezanje ne steže ravnomerno komad, jer je pakna I oslabljena zbog pozicioniranja a deo se prihvata veoma malom površinom. Konstatovana mera nakon obrade, merena u dve tačke iznosi Ø200 -0.03/-0.11, što je van tolerancije. Nakon toga, izvršena je proba na još četiri komada sa promenom NC programa, promenom pritiska,

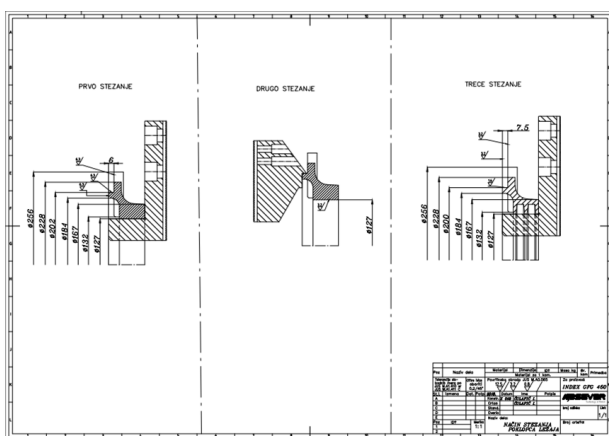
korigovanjem režima ali sa ostavljanjem dodatka na meri Ø200, odnosno deo se obrađuje na meru Ø202f7, kako bi se mogao doraditi na drugim mašinama. Nakon obrade još četiri komada dobijena je jasna slika da je projektovani pribor neadekvatan za obradu datog dela jer na osnovu merenja vidimo da imamo nestabilan proces obrade i nezadovoljavajući kvalitet na meri Ø200f7.

4.1.2. Unapređeno rešenje tehnološkog procesa izrade poklopca ležaja

Zbog neadekvatnosti prvog rešenja pristupilo se kreiranju drugog rešenja, kod koga je projektovan specijalni pribor koji će deo stezati preko veće površine koja je centričnog oblika, na osnovu čega se pretpostavilo da će doći do smanjenja ovalnosti. U ovom slučaju je vreme obrade veće u odnosu na obradu dela iz jednog stezanja, ali se teži postizanju zahtevanog kvaliteta, pa se vreme obrade postavlja u drugi plan. Na slici 8 su prikazane specijalne meke pakne za unutrašnje stezanje. Osim toga za obradu koja se razmatra u drugom slučaju koriste se i standardne tvrde pakne oznake SHUNK 14829. Nakon projektovanja specijalnih pribora, projektovan je i način stezanja dela na svim operacijama (slika 9.), nakon čega je kreiran tehnološki proces - radni plan (slika 10.) i NC program.



Slika 8. Meke pakne za unutrašnje stezanje dela



Slika 9. Način stezanja poklopca ležaja 8012698

Nakon izrade dela izvršeno je njegovo merenje i kreiran je merni izveštaj kontrole kvaliteta. Sa mernog izveštaja se može videti da je promenom tehnologije obrade postignut zahtevani kvalitet i proces obrade je doveden u stabilno stanje, jer je ponovljivost mere konstantna sa manjim odstupanjima (Ø200 -0.06/-0.065).

Pregled operacije											
Op. Pog.	Mesto	D. Kon.	Kl.	Opis	Iz. Ja.	Jed.	tpz	Norm. str.	Mas. vre.	Kreirano	
0010	0910	3510	✓	ZEP	Deo se obrađuje prema crtežu M3-38.	VL	KOM MIN	30.000	3.000	3.000	01.06.2016
0011	0910	3510	✓	ZEP	Stezanje sa tvrdim paknama oznake 1.	VL	KOM MIN	5.000	9.000	9.000	17.10.2018
0012	0910	3510	✓	ZEP	Stezanje sa mekim paknama oznake A.	VL	KOM MIN	5.000	6.000	6.000	17.10.2018
0030	0910	6134	✓	ZEP	Konzervacija delova prema	VL	KOM MIN	5.000	5.000	5.000	01.06.2016

Slika 10. Izmenjeni radni plan poklopca ležaja 8012698

Iako je navedeno rešenje obrade poklopca ležaja 8012698 zadovoljavajuće sa tehnološkog aspekta, i ono bi se moglo unaprediti. Ukoliko bi serija bila veća, ekonomski bi bilo isplativo promeniti model odlivka dodavanjem tehnološke baze na meru Ø167mm. Na taj način ne bi ugrozili funkcionalne karakteristike dela, jer spoljašnje kote Ø167mm i Ø184mm nemaju bitnu funkciju. Dodavanjem tehnološke baze tehnološki proces obrade struganja izvodio bi se iz dve operacije, što bi dovelo do smanjenja vremena obrade.

5.0. ZAKLJUČAK

Na osnovu realizovanog istraživanja pokazano je da u primeni strategija proizvodnje koje su zastupljene u kompaniji ETO i MTO, veoma veliki značaj ima sistemski prilaz u praćenju narudžbina i pripremi proizvodnje delova i komponenti elektromotora.

Pored toga, pokazano je koja su to znanja bitna za rad inženjera u tehnološkoj pripremi proizvodnje kompanije prema navedenim strategijama, među kojima su najbitnija: sposobnost analize tehnološkičnosti proizvoda, znanja o zavisnosti tačnosti i kvaliteta površine proizvoda, znanja o različitim procesima proizvodnje, znanja o materijalima, mašinama, alatima, priborima i drugim resursima, znanja za određivanje operacija, zahvata, dodatka za obradu, parametara obrade, znanja za određivanje vremena i troškova proizvodnje, znanja u oblasti primene informacionih tehnologija.

6.0. LITERATURA

- [1] <http://sever.rs/wp02/>
- [2] Lukić, D., Milošević, M., Todić, V.: *Integrirani CAPP sistemi i tehnološka baza podataka, skripta*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [3] Todić, V.: *Projektovanje tehnoloških procesa*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004
- [4] Mikac, T., Ljubetić, J.: *Organizacija i upravljanje proizvodnjom*, Tiskano- Hrvatska, 2009.
- [5] Zelenović, D.: *Projektovanje proizvodnih sistema*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [6] Čulafić, I.: *Unapređenje pripreme proizvodnje delova elektromotora u kompaniji ATB Sever*, Master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2018.

Kratka biografija:



Ivana Čulafić rođena je u Vrbasu 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Proizvodno mašinstvo, smer Računarom podržane tehnologije odbranila je 2018. god.