

## MODULARNO PROJEKTOVANJE MAŠINA ALATKI ZA OBRADU METODOM BUŠENJA

### MODULAR DESIGN OF MACHINES TOOLS FOR PROCESSING BY DRILLING METHOD

Darko Blanuša, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

#### Oblast – PROIZVODNO MAŠINSTVO

**Kratka sadržaj** – Tema rada jeste promena modularnog projektovanja mašina alatki za obradu familije proizvoda metodom bušenja. Predstavljene su osnove i principi modularne gradnje mašina alatki, kao i prednosti koje omogućava ova metoda projektovanja.

**Ključne reči:** modularno projektovanje, mašine alatke, rekonfigurabilne mašine

**Abstract** – The topic of this research is the modular design of a machine tool for processing a product family by the drilling method. The basics and principles of modular construction of machine tools are presented, as well as the advantages provided by this design method.

**Keywords:** modular design, machine tools, reconfigurable machines

#### 1. UVOD

Sa ekonomskim razvojem jedne države dolazi do porasta nacionalnog dohotka po glavi stanovnika, samim tim dolazi do povećanja procenta učešća industrije u ukupnoj privrednoj delatnosti države. U nastavku ovog rada biće prezentovano modularno projektovanje mašine alatke, koja ima svrhu unapređenja procesa obrade na određenoj familiji proizvoda. Takođe navedena mašina alatka ima mogućnost obrade proizvoda različitih geometrijskih oblika i dimenzija, ali istih tehnoloških zahteva.

##### 1. 1. Cilj istraživanja

Cilj ovog rada je unapređenje procesa bušenja i urezivanja navoja na familiji proizvoda koji se proizvode u Fabrici kotrljajućih ležajeva i kardana Temerin (FKL). Istraživanje realizovano u okviru ovog rada je usmereno na pronalaženje produktivnijeg, ekonomičnijeg i fleksibilnijeg postupka obrade familije proizvoda.

#### 2. OSNOVE PROJEKTOVANJA

Projektovanje mašina alatki je složena interdisciplinarna inženjersko razvojna-istraživačka delatnost koja je vrlo značajna za preduzeća koja se bave proizvodnjom mašina alatki kao i preduzeća koja koriste mašine alatke.

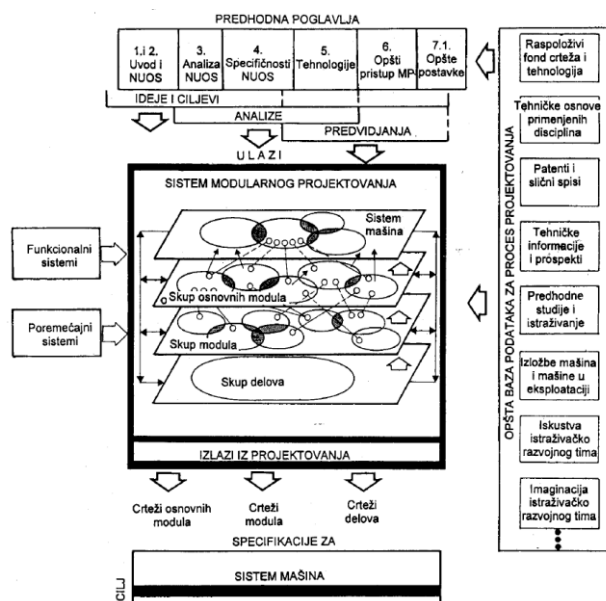
#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Zeljković, red.prof.

Projektovanje proizvoda u širem smislu predstavlja dinamički skup svih interdisciplinarnih aktivnosti koje su povezane u jednu celinu. U industriji mašina alatki je posebno zastupljeno i najčešće korišćeno modularno projektovanje mašina alatki.

#### 2.1. Osnovni koncept modularnog projektovanja

Modularno projektovanje je kompleksna aktivnost koja se bazira na velikom broju podataka, analiza i predviđanja koji su međusobno povezani, dopunjuju, ali isto tako ograničavaju jedni druge. Iz svega navedenog stiče se utisak da proces modularnog projektovanja predstavlja stalnu interakciju između navedenih činioaca. Na slici 1 je predstavljena šema kompleksnog sistema modularnog projektovanja.



Slika 1. Kompleksni sistem modularnog projektovanja mašina alatki [4]

Razvoj modularnog projektovanja se veže za početak tridesetih godina dvadesetog veka. Kroz dugi niz godina razvoja principa modularnog projektovanja dolazilo je do modernizacije, usavršavanja, proširivanja samog koncepta, da bi danas za rezultat dobili jednu od najčešće korišćenih metoda za projektovanje proizvoda.

Modularno projektovanje je našlo primenu u mnogim oblastima kao što su: industrija mašina alatki, industriji reznog alata i pribora, fleksibilne tehnološke sisteme i sl.

Osnovni koncept modularnog projektovanja mašina alatki zasiva se na grupi izmenljivih modula, projektuje mašina alatka različitih tehnoloških mogućnosti. Prilikom projektovanja potrebno je izabrati standardizovane module, čime se obezbeđuje zamenljivost modula kao i pravilna funkcija.

Do sredine šezdesetih godina prošlog veka, modularno projektovanje se primenjivalo u oblasti transfer linija pod akronimom projektovanje sistema pomoću blokova. Na osnovu prethodno navedenog, definicija takvog projektovanja glasi:

Mašina alatka sa novim funkcijama i strukturnom konfiguracijom može biti proizvedena biranjem i integrisanjem jedinica, pri čemu se u obzir uzimaju sve specifikacije koje mašina alatka mora da zadovolji.

Standardizovane jedinice definišu sledeće činjenice:

- Svaka jedinica poseduje osnovnu funkciju ili smislenu funkcionalnost
- Svaka jedinica mora imati dimenzionalnu I konfiguracijsku specifikaciju radi mogućnosti spajanja sa drugim jedinicama, čime se obezbeđuje rekonfiguracija.

Danas se umesto standardnih jedinica koriste moduli različitog nivoa složenosti: konstrukcioni, funkcionalni i kinematski. Navedena sistematizacija se bazira na koncepcionom rešenju određene mašine alatke. Na slici 2 predstavljena je hijerarhijska struktura modularno projektovanog obradnog centra.



Slika 2. Hijerarhijska struktura modularno projektovanog obradnog centra [3]

### 3. DEFINISANJE GRUPE PROIZVODA KOJI SE OBRADUJU METODOM BUŠENJA I POSEDUJU SLIČNE TEHNOLOŠKE ZAHTEVE

Proces transformacije polufabrikata u gotov proizvod u pojedinim situacijama može biti veoma složen, pri čemu u toku procesa obrade dolazi do dejstva elemenata mašine alatke (reznog alata i pribora) na obradak. Osnova za proces projektovanja proizvoda predstavlja najadekvatniji pripremak odnosno polufabrikat, na kojem je potrebno izvršiti najmanje tehnoloških operacija kako bi se dobio gotov proizvod. Proces obrade polufabrikata zavisi od nekoliko bitnih faktora koje je potrebno uzeti u obzir prilikom projektovanja proizvodnje. Faktori koji utiču na proces obrade polufabrikata su:

- raspoloživa tehnološka oprema;
- potrebne količine proizvoda (pojedinačna, maloserijska, srednje serijska ili masovna proizvodnja);
- raspoloživa radna snaga (kvalifikovana ili nekvalifikovana radna snaga);
- raspoloživi rezni alati;
- raspoloživi stezni pribori;

U nastavku rada će biti predstavljeni proizvodi koji imaju iste tehnološke zahteve, ali su različiti po geometrijskom obliku, dimenzijama, oblasti primene kao i materijalu od kog su izrađeni (Slika 3). Navedeni primeri imaju primenu u oblastima kao što su industrija mašina i opreme, industrija poljoprivredne mehanizacije, cevne armature, industrija ležajeva, industrija linearne tehnike, industrija pneumatike.



Slika 3. Izradci koji imaju iste tehnološke zahteve

### 4. ANALIZA FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH MODULA SA SLIČNIM TEHNOLOŠKIM ZAHTEVOM

U cilju unapređenja procesa proizvodnje navedene familije proizvoda, potrebno je modularno projektovati, a zatim konstruisati i izraditi mašinu alatku koja svojim performansama omogućava realizaciju što većeg broja tehnoloških zahvata. Takođe potrebno je izvršiti istraživanje tržišta mašina alatki, kako bi se ustanovilo da li postoje slične ili identične mašine alatke koje mogu da zadovolje potrebe obrade navedene familije proizvoda. Prednost modularnog projektovanja, između ostalog, se ogleda u brzini kojom se omogućava projektovanje i izrada mašine alatke zahtevanih karakteristika.



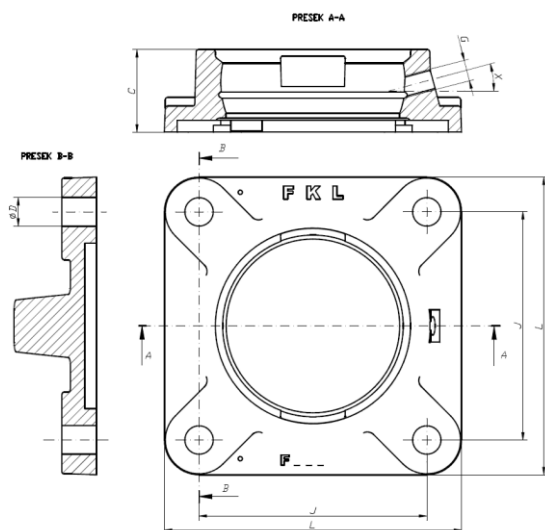
Slika 4. Fleksibilni tehnološki modul za obradu bušenjem i urezivanjem navoja, proizvođača "Patson Machines"

#### 4.1. Definisanje tehnološkog zahteva za obradu familije "Fkućišta" metodom bušenja i urezivanja navoja

Familiju "F kućišta" (Slika 5) čine proizvodi, odnosno kućišta koja se razlikuju po veličinama i nose oznaku u rasponu od F203 ÷ F220.

Na slici 6 predstavljena je grupa kućišta iz navedene familije proizvoda, kao skup delova na osnovu kojeg treba modularno projektovati mašinu alatku za njihovu obradu. Na osnovu navedene slike 6 može se zaključiti sledeće:

- gabaritne dimenzije proizvoda su različite po veličinama;
- raspored četiri aksijalna otvora u odnosu na centralni otvor kućišta su različita za svaku veličinu ;
- prečnici četiri aksijalna otvora su isti za jednu veličinu kućišta, ali se razlikuju po veličinama kućišta;
- dimenzija i vrsta navoja su iste kod svih veličina kućišta;
- pozicija otvora za navoj se razlikuje u zavisnosti od veličine kućišta;
- ugao pozicioniranja otvora za navoj se razlikuje u zavisnosti od veličine kućišta.



Slika 5. Šematski crtež kućišta F familije

DIMENZIJE F KUĆIŠTA PROIZVOĐAČA "FKL TEMERIN "							
Redni br.	Oznaka kućišta	Dimenzije kućišta LxL [mm]	Visina kućišta (C) [mm]	Raspored otvora JxJ [mm]	Prečnik otvora (D) [mm]	Ugao otvora (X) [°]	Velicina navoja (G) [T]
1.	F 203	76 x 76	26	54x54	Ø11,5 H13	20	1/4" - 28 UjNF
2.	F 204	86 x 86	25,5	64 x 64	Ø12 H13	20	
3.	F205	95 x 95	27	70 x 70	Ø12 H13	20	
4.	F 206	108 x 108	31	83 x 83	Ø12 H13	20	
5.	F 207	118 x 118	34	92 x 92	Ø12 H13	20	
6.	F 208	130 x 130	36	102 x 102	Ø16 H13	20	
7.	F 209	137 x 137	38	105 x 105	Ø16 H13	15	
8.	F 210	143 x 143	40	111 x 111	Ø16 H13	15	
9.	F 211	162 x 162	43	130 x 130	Ø19 H13	15	
10.	F 212	175 x 175	48	143 x 143	Ø19 H13	15	
11.	F 213	187 x 187	50	149 x 149	Ø19 H13	15	
12.	F 214	193 x 193	50,3	152 x 152	Ø19 H13	20	
13.	F 215	200 x 200	53,6	159 x 159	Ø19 H13	20	
14.	F 216	208 x 208	54,5	165 x 165	Ø23 H13	20	
15.	F 217	220 x 220	58,5	175 x 175	Ø23 H13	20	
16.	F 218	235 x 235	63,4	187 x 187	Ø23 H13	15	
17.	F 2120	265 x 265	70	210 x 210	Ø27 H13	20	

Slika 6. Dimenzije F kućišta koje su važne za modularno projektovanje mašine alatke

#### 5. PROJEKTOVANJE MAŠINE ALATKE ZA OBRADU BUŠENJEM OTVORA NA FAMILIJI "F KUĆIŠTA"

U poglavlju 4.1 su predstavljeni svi tehnološki zahtevi koji se odnose na obradu bušenjem i urezivanjem navoja na navedenoj familiji (skupu) proizvoda. Na osnovu analize slika 5 i 6, može se doći do zaključka da navedene zahteve može da ispuni samo mašina alatka izgrađena na modularnom principu. Kako bi se proces proizvodnje u preduzeću FKL unapredio u tehnološkom i ekonomskom smislu, rešenje problema za navedenu familiju proizvoda su modularno projektovane i izgrađene mašine koje služe za obradu navedene familije proizvoda.

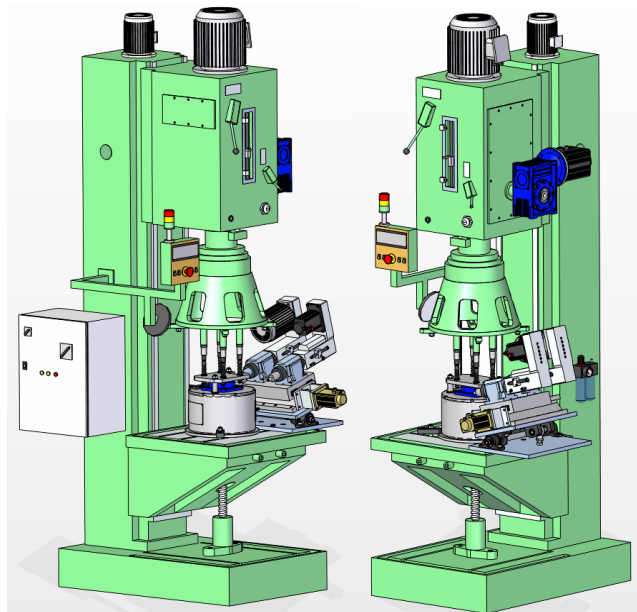
Mašina alatka se zasniva na modularnom principu gradnje mašina alatki, sa napomenom da konkretna mašina alatka nema sve module koje mogu da poseduju savremeni obradni tehnološki moduli. Navedenu mašinu sačinjavaju sledeći moduli:

- noseći sistem mašine
- moduli za glavno kretanje;
- moduli za pomoćno kretanje;
- modul sistema za upravljanje;
- modul za stezanje radnog predmeta /obratka;

Po posebnom zahtevu na mašinu je moguće ugraditi i sledeće module:

- modul za dovod i odvod sredstva za hlađenje i podmazivanje ;
- modul za snabdevanje mašine vazduhom pod pritiskom;
- modul za snabdevanje mašine hidrauličnom energijom;

Na slici 7 predstavljena je mašina alatka, projektovana po modularnom principu, a respektujući trenutno raspoloživi modul nosećeg sistema.. Namena mašine alatke je obrada prethodno prikazane familije F kućišta.



Slika 7. Modularno projektovana mašina alatka

### 5.1. Opis rada mašine

U toku procesa obrade radni predmet miruje, odnosno stegnut je i pozicioniran pomoću funkcionalnog modula za stezanje i pozicioniranje obratka. Kinematski modul za bušenje i kinematski modul viševretene glave istovremeno vrše obradu bušenjem u dve ravni. Proces bušenja otvora za navoj traje kraći vremenski period nego bušenje četiri aksijalna otvora. Nakon završetka bušenja, kinematski modul se vraća u prvobitnu poziciju, klizač se pomera i dovodi kinematski modul za navoj u osu sa izbušenim otvorom, nakon čega kinematski modul za navoj počinje da vrši obradu. Proces bušenja četiri aksijalna otvora i bušenje i urezivanje navoja jednog otvora trebali bi da traju približno isti vremenski interval, jer samo na taj način se prikazuju pravi rezultati navedenog rešenja obradnog sistema.

### 6. ZAKLJUČAK

Projektovana mašina alatka omogućava unapređenje tehnološkog procesa proizvodnje familije „F“ kućišta. Unapređenje procesa se može predstaviti kroz nekoliko činjeica:

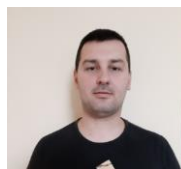
- smanjen utrošak radne snage;
- smanjen broj mašina alatki (u dosadašnjoj koncepciji obrade su potrebne tri mašine alatke);
- povećanje produktivnosti;
- smanjen broj potrebnih pribora za stezanje priprema,
- povećanje rentabilnosti;
- povećan stepen tačnosti izrade radnih predmeta (manji broj pozicioniranja i stezanja).

Razvoj mašine alatke zahteva početna ulaganja, ali za određeni vremenski period njena rentabilnost je znatno veća.

### 7. LITERATURA

- [1] Zeljković, M., Tabaković, S. Savremeni prilazi u projektovanju proizvoda (Autorizovani rukopis predavanja, školska godina 2014/2015), Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.
- [2] Gatalo, R., Zeljković, M., Borojević, Lj. Automatski fleksibilni i tehnološki sistemi (Autorizovan rukopis predavanja, školska godina 2013/2014), Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [3] Yoshimi, I. Modular desing for machine tools, Mc Graw-Hill companec, Inc., USA, 2008.
- [4] Milojević, M., Lukić, Lj. Modularno projektovanje (Monografija), Lola Institut, Beograd, 1996.
- [5] Zahar, S. Mašine alatke 1, Jugoslovensko društvo za tribologiju, Kragujevac 1993.
- [6] Katalog proizvoda preduzeća “FKL Temerin”, Temerin, 2000.

#### Kratka biografija:



**Darko Blanuša** rođen je u Somboru, 1995. god. Završio je osnovne studije na Departmanu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu 2018. godine, a master rad odbranio na istom fakultetu 2021. godine.

kontakt: [darko.blanusa@yahoo.com](mailto:darko.blanusa@yahoo.com)