

PODLOGE ZA RAZVOJ SIMULACIONOG MODELA PROCESA PROIZVODNJE KOTRLJAJNIH LEŽAJA

Velimir Todić¹⁾, Dejan Lukić¹⁾, Mijodrag Milošević¹⁾, Aleksandar Živković¹⁾

Kategorija rada:
PREGLEDNI RAD

AFILIJACIJA/ADRESA:
1) Fakultet tehničkih nauka, D. Obrovića 6, Novi Sad

Rezime: Projektovanje proizvodnih procesa, pored projektovanja tehnoloških procesa, obuhvata i određivanje drugih proizvodnih resursa, neophodnih za projektovanje i oblikovanje proizvodnih sistema. Za rešavanje ovih zadataka kod projektovanja novih proizvodnih sistema, kao i kod reinženjeringa proizvodnih procesa u postojećim proizvodnim sistemima, danas se uspešno koriste odgovarajući programski sistemi za simulaciju. U radu se prikazuju podloge za razvoj simulacionog modela procesa proizvodnje kotrljajnih ležaja u posmatranom proizvodnom sistemu.

Cljučne reči: simulacioni model, proizvodni proces, kotrljajni ležaji

1. UVOD

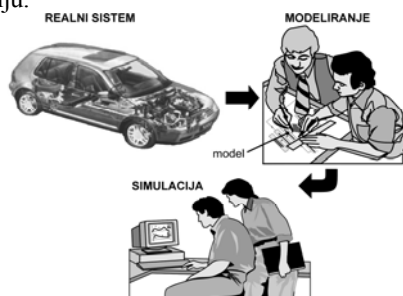
Za projektovanje i oblikovanje prostornih struktura proizvodnog sistema, pored projektovanja tehnoloških procesa, neophodno je određivanje i drugih podataka, odnosno normativa koji se odnose na vremena, tehnološke kapacitete, materijal, površine proizvodnih pogona, energiju, unutrašnji transport, kao i najpovoljniji raspored tehnološke opreme. [1]

Da bi se postigla visoka efektivnost proizvodnih sistema potrebno je, osim optimalnih rešenja tehnoloških procesa izrade proizvoda, odrediti najpovoljnija rešenja i drugih segmenata proizvodnih procesa, odnosno rešenja sa najpovoljnijim pojedinačnim i međusobnim uticajem na proces proizvodnje.

Ovi složeni zadaci, koje zahteva razvoj optimalnih rešenja proizvodnih procesa, danas se uspešno rešavaju simulacijom i vizuelizacijom proizvodnih procesa primenom odgovarajućih programskih sistema. [2]

1.1. Modeliranje i simulacija

Simulacija obuhvata širok spektar metoda i aplikacija koje oponašaju realni sistem, najčešće primenom računara i odgovarajućih programskih sistema za simulaciju.



Slika 1. Relacije modeliranja i simulacije [3]

Osnovu simulacije na računaru čini model realnog sistema, pa se simulacija kao metoda, pre svega odnosi na analizu i modeliranje sistema. Model je apstrakcija realnosti, odnosno najčešće uprošćena slika realnosti. Razume se da nivo apstrakcije u procesu modeliranja utiče na kvalitet, odnosno pouzdanost modela, a time i na uspešnost predstavljanja realnog sistema. Zbog toga se u procesu modeliranja mora izvršiti izbor onih elemenata i karakteristika realnog sistema koje su od prioritarnog značaja za primenu rezultata simulacije. Opređeljujući se za nivo apstrakcije u posmatranju

realnog sistema potrebno je odrediti granicu u realnom sistema tako da odgovarajući model što vernije opisuje ponašanje realnog sistema.

Savremena simulacija podrazumeva simulaciju kao eksperimentisanje na računaru. Simulacija u osnovi obuhvata tri elementa *realni sistem, model sistema i računar*; kao i dve relacije među njima *modeliranje i simulaciju* [3].

Kod simulacije na računaru pod modelom se podrazumeva programski model kojim se generiše ponašanje sistema koji se simulira.

Relacija modeliranja se odnosi na validnost, odnosno valjanost modela, jer se na osnovu njega donose odluke o upotrebljivosti rezultata simulacije, izmeni modela, izmeni podataka, daljem nastavku i ponavljanju simulacije.

Relacija simulacije odnosi se na proveru da li simulacioni program verodostojno prenosi model na računar, kao i tačnost kojom računar izvršava instrukcije modela.

Simulacioni proces, bez obzira na moguće razlike koje se mogu pojaviti u zavisnosti od problema koji se rešava, može se predstaviti u vidu osnovnih koraka, odnosno faza, koje se date na slici 2.

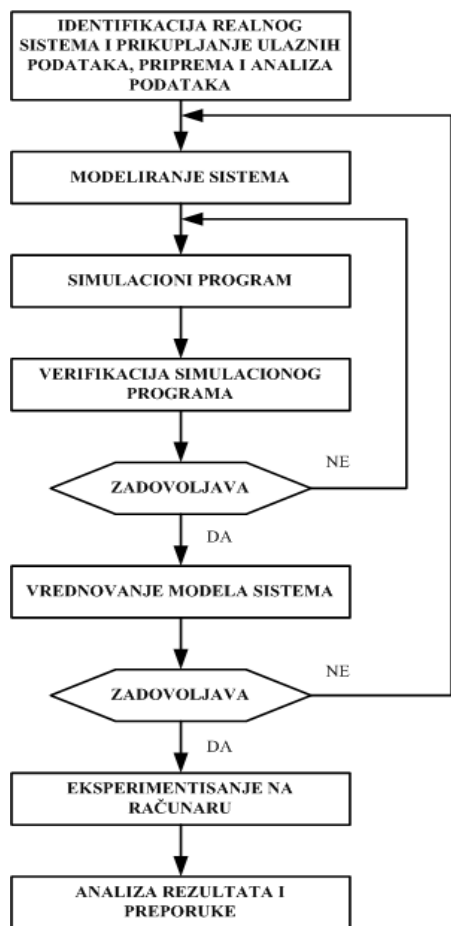
2.0 MODELIRANJE I SIMULACIJA PROIZVODNIH PROCESA

Simulacija proizvodnih procesa primenom odgovarajućeg programskog sistema za simulaciju, kao pažljivo i usmereno eksperimentisanje na računaru, vrši se, u opštem slučaju kada se:

- *Projektuje novi proizvodni sistem*
- *Unapređuje proizvodni proces u postojećem proizvodnom sistemu*
- *Uvodi novi program proizvodnje u postojeći proizvodni sistem*

U svim pomenutim slučajevima simulacije proizvodnih procesa mogu se izdvojiti četiri osnovne faze njene realizacije:

- *Procena i prikupljanje podataka iz realnih proizvodnih uslova neophodnih za razvoj modela simulacije*
- *Postavljanje cilja simulacije i razvoj simulacionog modela*
- *Simulaciono eksperimentisanje na računaru*
- *Interpretacija i primena rezultata simulacije*



Slika 2. Osnovni koraci procesa simulacije

U okviru modeliranja proizvodnih procesa potrebno je definisati konture proizvodnog prostora u kome su smešteni proizvodni pogoni i drugi delovi proizvodnog sistema. Pri definisanju zadataka i ciljeva simulacije proizvodnih procesa u središtu su najvažnija sledeća pitanja:

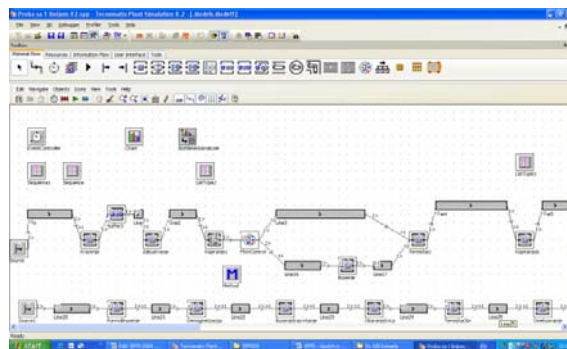
- Kolika se tehnološka prohodnost očekuje,
- Koji je najpovoljniji broj i raspored tehnoloških resursa,
- Gde su najpovoljnije lokacije međuskладиšta,
- Koliki je optimalni obim proizvodnje
- Koje su najpovoljnije strategije organizacije i realizacije procesa proizvodnje, itd.

Razvoj modela simulacije, koji se odnosi na model proizvodnog procesa, rešava se u nekoliko iteracija od konceptualnog modela pa do konačnog modela koji daje optimalne rezultate simulacije. Tako razvijeni model predstavlja najpovoljnije rešenje proizvodnog procesa, koji se uz dodatne analize usvaja, ili, po potrebi kasnije koriguje. [2]

2.1. Modeliranje proizvodnih procesa

Modeliranje proizvodnih procesa, odnosno razvoj simulacionog modela primenom savremenih programskih sistema za simulaciju, može se izvršiti u 2D i 3D okruženju.

Modeliranje u 2D okruženju, koje je prikazano na slici 3, najčešće se koristi kod rešavanja zadataka utvrđivanja tehnoloških, proizvodnih i obradnih ciklusa i vremena koja utiču na pomenute cikluse, kao i kod rešavanja zadataka uravnoteženja operacija, otklanjanja uskih grla i utvrđivanja najpovoljnijih transportnih puteva materijala.



Slika 3. Modeliranje proizvodnih procesa u 2D okruženju [4]

Modeliranje u 3D okruženju, slika 4, najčešće se koristi za prikaz rasporeda obradnih i tehnoloških sistema i uređaja, koji se prostorno raspoređuju u postojećem proizvodnom sistemu, ili, pak, prostorno raspoređuju u novom proizvodnom sistemu.

Savremeni programski sistema za simulaciju proizvodnih procesa omogućuju automatizovano generisanje 2D modela na osnovu 3D modela proizvodnog procesa.



Slika 4. Modeliranje proizvodnih procesa u 3D okruženju [4]

Osnovni tok razvoja simulacionih modela proizvodnih procesa primenom odgovarajućih programskih sistema za simulaciju prikazan je na slici 5.

3.0 MODELIRANJE PROCESA PROIZVODNJE KOTRLJAJNIH LEŽAJA

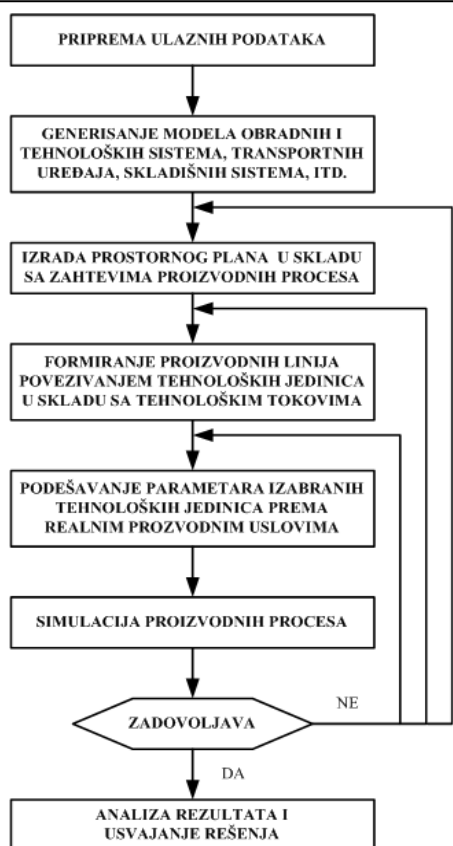
Modeliranje procesa proizvodnje kotrljajnih ležaja u posmatranom proizvodnom sistemu obuhvata prvu fazu razvoja simulacionog modela koji omogućuje simulaciju procesa proizvodnje primenom odgovarajućih programskih sistema.

Za razvoj modela procesa proizvodnje kotrljajnih ležaja potrebni su sledeći osnovni podaci:

- Tehnološki procesi proizvodnje ležaja
 - redosled operacija
 - vremena operacija (osnovna, pomoćna, izgubljena)
 - pripremno-završna vremena po operacijama
 - pregled obradnih i tehnoloških sistema i uređaja
- Obim proizvodnje ležaja

Za simulaciju procesa proizvodnje kotrljajnih ležaja primenom programskih sistema za simulaciju, model procesa proizvodnje mora da obuhvati sledeće najvažnije podatke:

- Prostorni raspored obradnih i tehnoloških sistema
- Rastojanje između obradnih i tehnoloških sistema i drugih resursa
- Definisane tehnološke tokove izrade
- Definisana vremena operacija
- Definisani način izvođenja redosleda operacija
- Definisane objekte za praćenje i evidentiranje rezultata simulacije
- Analizu rezultata simulacije i dr.



Slika 5. Osnovne faze razvoja simulacionog modela proizvodnog procesa

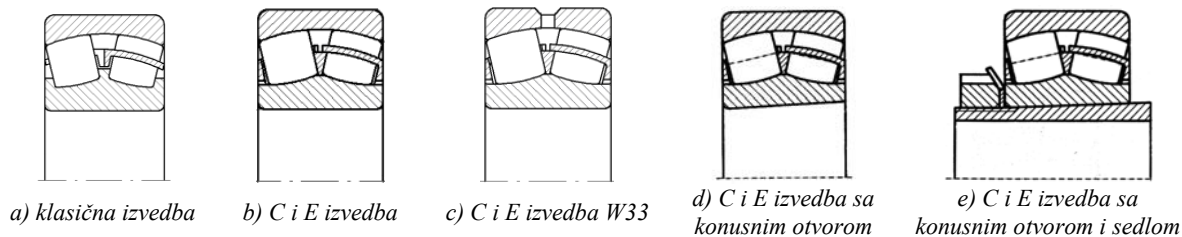
3.1 Tehnološki proces proizvodnje kotrljajnih ležaja

Na osnovu analize programa proizvodnje kotrljajnih ležaja za 2008. godinu, utvrđene su količine, odnosno realizovani obimi proizvodnje kako za pojedine ležaje, tako i ukupni obim proizvodnje za formirane grupe, a rezultati te analize su dati u tabeli 1.

Tehnološki proces proizvodnje kotrljajnih ležaja u posmatranom proizvodnom sistemu obuhvata proces izrade prstenova i kaveza, sortiranje prstenova i kotrljajnih tela, montažu, završnu kontrolu i pakovanje.

Tabela 1. Program proizvodnje kotrljajnih ležaja

OZNAKA GRUPE	GRUPA LEŽAJA	BROJ TIPIZIRANIH LEŽAJA U GRUPI	UKUPNI OBIM PROIZVODNJE (kom/god)
A	Valjkasti	8	401619
B	Buričasti	7	294
C	Radijalni kuglični dvoredni	2	29335
D	Radijalni kuglični jednoredni	12	353455
	Radijalni kuglični jednoredni podešljivi	10	
E	Radijalni kuglični jednoredni podešljivi sa vijkom za pritezanje	7	352674
F	Igličasti	1	669



Slika 6. Izvedbe dvorednih buričastih ležaja [5,10]

U dosadašnjim istraživanjima razvijeni su standardni tehnološki procesi izrade prstenova za šest formiranih grupa ležaja na principima tipske i grupne tehnologije za tehnološku opremu kojom raspolaže posmatrani proizvodni sistem i zadati program proizvodnje [5,6,7]. Na bazi ovih tehnoloških procesa, kao i drugih delova procesa proizvodnje kotrljajnih ležaja, u tabeli 2 je dat prikaz sadržaja standardnog tehnološkog procesa proizvodnje svih grupa ležaja.

Tabela 2. Sadržaj standardnog tehnološkog procesa proizvodnje kotrljajnih ležaja

Naziv operacije	Naziv obradnog i tehnološkog sistema
Odsecanje	Testere, Strugovi
Struganje	NC strugovi, Viševretni automati
Bušenje	Bušilice
Urezivanje navoja	Bušilice
Termička obrada	Protočna peć
Međufazna kontrola	Kontrolni sto
Peskiranje	Peskara
Brušenje čeonih strana	Brusilice za ravno brušenje
Brušenje spolja cilindričnih površina	Brusilice za spoljašnje brušenje bez šiljaka
Brušenje staze kotrljanja i kalote	Brusilice za spoljašnje i unutrašnje okruglo brušenje
Brušenje otvora	Brusilice za unutrašnje okruglo brušenje
Međufazna kontrola	Kontrolni sto
Superfinskiiranje	Brusilica za superfiniš
Demagnetizacija	Demagnetizer
Sortiranje	Uređaj za sortiranje
Montaža	Montažni uređaji
Završna kontrola	Kontrola
Pakovanje	Radni sto

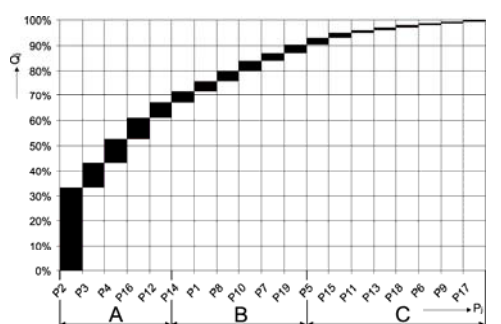
Standardni tehnološki procesi izrade prstenova za šest formiranih grupa ležaja omogućuju preciziranje tehnoloških procesa izrade prstenova kako reprezentativnih grupa, tako i svih ostalih ležaja iz grupe. Na osnovu tehnološkog procesa izrade prstena reprezentativne grupe, mogu se pripremiti podaci o vremenima izrade na pojedinim operacijama, neophodnih za razvoj simulacionog modela.

U radovima [5,6,7] su prikazani rezultati primene ABC analize na osnovu koje su izabrani reprezentivi pojedinih grupa. U ovom radu prikazaće se neophodni podaci za izbor proizvoda predstavnika dvorednih buričastih ležaja. U posmatranom proizvodnom sistemu dvoredni buričasti ležajevi se proizvode u pet različitih izvedbi, sa različitim opsegom dimenzija (Slika 6).

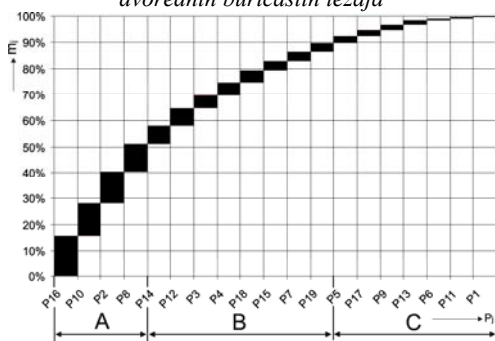
U tabeli 3. dat je prikaz programa proizvodnje dvorednih buričastih ležaja za 2008. godinu, na osnovu čega je izvršena količinska, masena i vrednosna ABC analiza, slika 7.

Proizvod	Ident broj	Oznaka	Q kom/god	Masa kg/kom	Cena €/kom
P1	519233	22205 ES.TVPB	12	0,18	20,5
P2	510092	22210 C.W33	98	0,60	15,1
P3	510091	22211 C.W33	29	0,82	16,7
P4	510132	22211 CK.W33	28	0,82	16,7
P5	510068	22214 C.W33	8	1,65	25,5
P6	510001	22215 C.W33	2	1,72	28
P7	510055	22215 CK.W33	9	1,72	33,6
P8	513246	22219 M	12	4,13	50,6
P9	519582	22220 JB	2	4,96	57
P10	510120	22220 JB *YU	12	4,96	58
P11	501188	22308 C.C3	3	1,0	18,9
P12	510097	22310 C.W33	17	1,85	25,4
P13	501985	22311 C.W33	3	2,35	29,8
P14	501965	22311 CK.W33 *YU	14	2,35	35,8
P15	501975	22312 C.C3.W33	6	2,95	24,8
P16	510098	22312 C.W33	25	2,95	35,3
P17	519636	22315 CC C3	2	5,40	39,2
P18	519583	22317 JB	3	7,40	70,6
P19	501699	22215 CK.W33	9	1,72	28

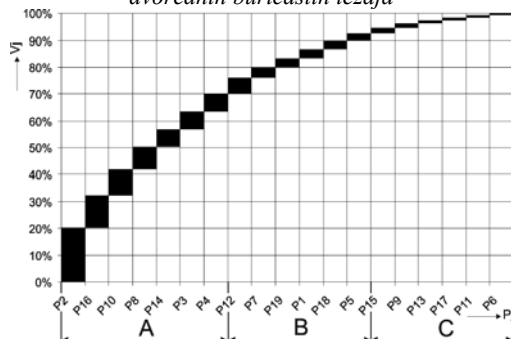
Tabela 3. Proizvodni program dvorednih buričastih ležaja



Slika 7a. Dijagram količinske ABC analize dvorednih buričastih ležaja



Slika 7b. Dijagram masene ABC analize dvorednih buričastih ležaja

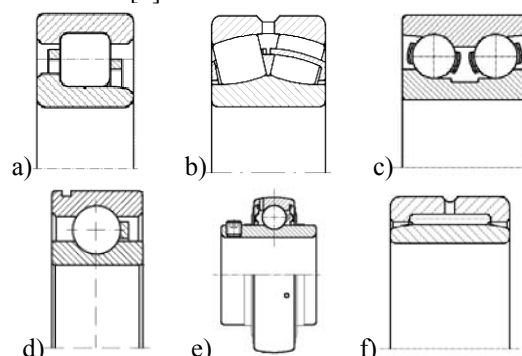


Slika 7c. Dijagram vrednosne ABC analize dvorednih buričastih ležaja

Kao što se može videti sa dijagrama, količinske ABC analize (slika 7a), dijagrama masene ABC analize (slika 7b) i dijagrama vrednosne ABC analize (slika 7c), proizvod 22210 C:W33 (P2) se u sva tri slučaja

nalazi u području A predstavljene ABC analize, na osnovu čega je izabran kao reprezent grupe dvorednih buričastih ležaja.

Na slici 8 dat je prikaz reprezentata šest formiranih grupa kotrljajnih ležaja koji su izabrani primenom ABC analize [5].



Slika 8. Proizvodi-reprezent formiranih grupa kotrljajnih ležaja: a) valjkasti, b) buričasti, c) radijalni kuglični dvoredni, d) radijalni kuglični jednoredni i radijalni kuglični jednoredni podešljivi, e) radijalni kuglični jednoredni podešljivi sa vijkom za pritezanje, f) igličasti

3.1.1. Tehnološki procesi izrade prstenova predstavnika buričastih ležaja

Razvijeni standardni tehnološki procesi izrade prstenova buričastih ležaja omogućuju preciziranje odgovarajućih tehnoloških procesa reprezentata ove grupe, slika 8b.

Sadržaj tehnološkog procesa izrade prstenova ovog ležaja sa osnovnim podacima prikazan je u tabelama 4 i 5, korišćenjem rezultata iz [5].

Pri rešavanju zadataka simulacije mogu se koristiti podaci o vremenima operacija izrade prstenova reprezentata ležaja i redukovanih količina pojedinih grupa ležaja, ili, pak precizirana vremena operacija izrade za prstenove svakog ležaja, uz korišćenje odgovarajućih pojedinačnih količina [6].

Kod prvog načina neophodno je odrediti procentualno učešće količina ležaja s obzirom na dimenzije prstenova od kojih zavisi izbor obradnog sistema, kao što je prikazano na slici 9.

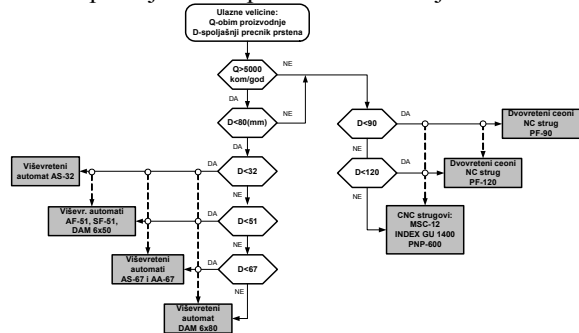
Tabela 4. Sadržaj tehnološkog procesa izrade spoljašnjeg prstena reprezenta buričastih ležaja

Naziv dela		Indifikacioni		Ide u proizvod		Komada	
PRSTEN SPOLJAŠNJI		Klasifikacioni		55542			
Oznaka i stanje materijala		Vrsta i dimenzije priprema		Pogon		Odeljenje	
Oznaka 100Cr6 Kod: 2D5		Oznaka: 092 3x8 3 Kod:		I		S+TO+B+K	
Opera-cija	NAZIV OPERACIJE	MASINA		Vreme (min)			Kom/8h
		Naziv	Oznaka	Tpz	t _g	t _p	
10	Odsecanje	UN strug	PA-22	60	0.6	0.3	0.9
20	Struganje spolja	NC strug	PF-120	120	0.52	0.16	0.68
30	Struganje otvora	NC strug	PF-120	120	0.5	0.14	0.64
40	Bušenje	Bušilica	BR-8	15	0.55	0.2	0.75
50	Obaranje ivica	Bušilica	BR-8	15	0.3	0.02	0.32
60	Termička obrada	Protočna peč	AICHELIN DRES 60/750	120	0.13	0.07	0.2
70	Peskiranje	Peskara	GG150	10	0.01	0	0.01
80	Međukontrola	Mikroskop uređaj za merenje tvrdoće	NEOPHOT 21 HRC	10	0.4	0.1	0.5
90	Brušenje strana	Bušilica za ravno brušenje	BESLY	60	0.06	0.02	0.08
100	Brušenje spolja	Bušilica za brušenje bez tipala	SASL-200	60	0.3	0.09	0.39
110	Brušenje staze kotrljanja	Bušilica za okruglo unutrašnje brušenje	FAMIR 180/180	180	0.9	0.3	1.2
120	Međukontrola	Univerzalna merna mašina	Taylor and Hobson	10	0.4	0.1	0.5
130	Superfinaš	Bušilica za glačanje	KM-150	120	0.4	0.1	0.5
140	Demagnetizacija	Demagnetizer	DM-100	10	0.12	0.03	0.15
150	Završna kontrola	Univerzalna merna mašina	Taylor and Hobson	10	0.4	0.1	0.5

Tabela 5. Sadržaj tehnološkog procesa izrade unutrašnjeg prstena reprezenta buričastih ležaja

Naziv dela		Indifikacioni		Ide u proizvod		Komada	
PRSTEN UNUTRAŠNJI		Klasifikacioni		555211			
Oznaka i stanje materijala		Vrsta i dimenzije priprema		Pogon		Odeljenje	
Oznaka 100Cr6 Kod: 2D6		Oznaka: 063.4x7.5 Kod:		I		S+TO+B+K	
Opera-cija	NAZIV OPERACIJE	MASINA		Vreme (min)			Kom/8h
		Naziv	Oznaka	Tpz	t _g	t _p	
10	Odsecanje	UN strug	PA-22	60	0.92	1	1.92
20	Struganje otvora	NC strug	PF-90	240	0.71	1	1.71
30	Struganje	NC strug	PF-90	240	0.8	1	1.80
40	Termička obrada	Protočna peč	AICHELIN DRES60/750	120	0.13	0.07	0.2
50	Peskiranje	Peskara	GG150	10	0.01	0	0.01
60	Međukontrola	Mikroskop uređaj za merenje tvrdoće	NEOPHOT 21 HRC	10	0.4	0.1	0.5
70	Brušenje strana	Bušilica za ravno brušenje	GIUSTINA-R	60	0.08	0.02	0.1
80	Brušenje staze kotrljanja	Bušilica za spolj. okruglo brušenje	FAMIR 120/120	120	0.5	0.15	0.65
90	Brušenje otvora	Bušilica za unutr. okruglo brušenje	SIW-4B	120	0.5	0.2	0.7
100	Međukontrola	Univerzalna merna mašina	Taylor and Hobson	10	0.4	0.1	0.5
110	Superfinaš	Bušilica za glačanje	PRI-200	90	0.28	0.07	0.35
120	Demagnetizacija	Demagnetizer	DM-100	10	0.12	0.03	0.15
130	Završna kontrola	Univerzalna merna mašina	Taylor and Hobson	10	0.4	0.1	0.5

U radu [7] su prikazana pravila za izbor obradnih sistema za sve operacije obrade prstenova svih ležaja.



Slika 9. Pravila za izbor obradnih sistema za struganje prstenova kotrljajnih ležaja

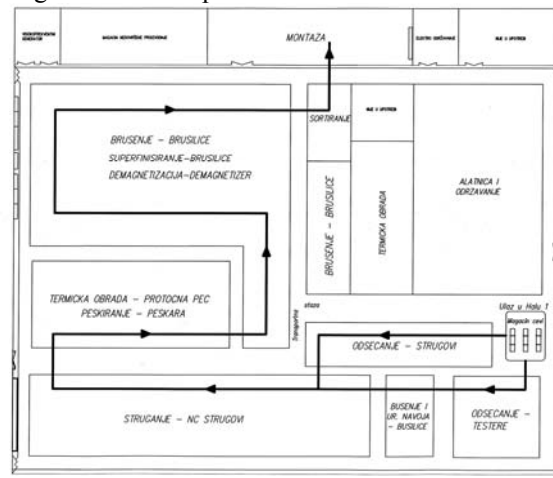
Primenom prvog načina sama procedura pripreme ulaznih podataka za razvoj simulacionog modela je znatno kraća, ali i manje precizna u odnosu na drugi način koji je mnogo duži i daje pouzdanije podatke. Međutim u cilju što bržeg dobijanja odgovarajućih podataka za planiranje proizvodnje prvi način daje zadovoljavajući nivo tačnosti, posebno kada se radi o širokom asortimanu proizvoda u proizvodnom sistemu.

3.2 Modeliranje rasporeda mašina i opreme

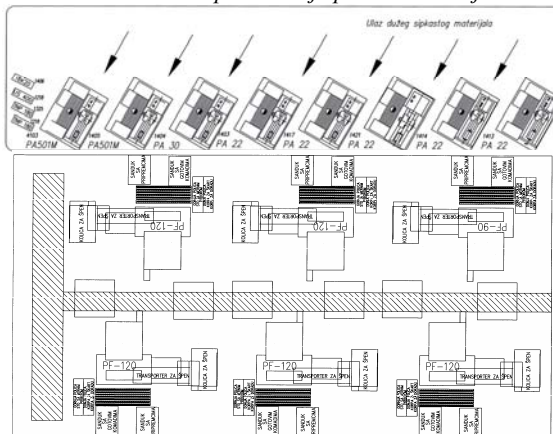
U okviru razvoja simulacionog modela za procese proizvodnje neophodno je usvojiti model rasporeda mašina i druge tehnološke opreme u proizvodnom pogonu. Za primer procesa proizvodnje kotrljajnih ležaja usvojen je model rasporeda mašina i druge tehnološke opreme u dva pogona, koji odgovara postojećem rešenju u ovom proizvodnom sistemu. Na slici 10 prikazan je osnovni model razmeštaja tehnološke opreme, kao i osnovni tehnološki tok proizvodnje prstenova ležaja, dok je na slici 11 dat prikaz rasporeda opreme za delove pogona koji se odnose na operacije odsecanje priprema na strugu i operacije struganja na dvo-vretenim NC strugovima oznaka PF-90 i PF-120.

Očigledno je da se na osnovu sadržaja standardnog tehnološkog procesa izrade za svaki prsten, pa i za prsten ležaja reprezenta odgovarajuće grupe može odrediti tehnološki tok, na osnovu sadržaja odgovarajućeg tehnološkog procesa.

Uzimajući u obzir vremena odgovarajućih operacija i relevantne količine, uz prethodno definisani tehnološki tok, međusobna rastojanja pojedinih mašina koje se koriste u tehnološkom procesu proizvodnje i druge potrebne podatke, mogu se vršiti postavljeni zadaci simulacije primenom odgovarajućih programskih sistema. Postupkom eksperimentisanja na računaru simulacijom je moguće odrediti najpovoljniji raspored mašina i druge tehnološke opreme.



Slika 10. Osnovni model razmeštaja tehnološke opreme i tehnološki tok proizvodnje prstenova ležaja



Slika 11. Prikaz segmenta rasporeda opreme za odsecanje i struganje

4. ZAKLJUČAK

Simulacijom proizvodnih procesa na bazi adekvatnog simulacionog modela mogu se uspešno rešiti brojni zadaci, kao što je određivanje najpovoljnijeg rasporeda obradnih sistema i druge opreme, uska grla, najpovoljniji putevi transporta materijala, opterećenost pojedinih radnih mesta, izrada plana realizacije proizvodnje, kao i drugi zadaci koji omogućuju određivanje optimalnih kontura proizvodnih i drugih delova proizvodnog sistema.

Rešavanje zadataka simulacije proizvodnih procesa može se rešiti na osnovu reprezentata grupa proizvoda odnosno njihovih tehnoloških procesa i redukovanih količina, što je od posebnog značaja kod procesa proizvodnje šireg proizvodnog asortimana.

Efikasnost simulacije, bez obzira da li se vrši na bazi podataka o tehnološkim procesima proizvodnje reprezentata grupe proizvoda, ili, pak na bazi tehnološkog procesa svakog proizvoda, zavisi od kvaliteta projektovanih tehnoloških procesa, postavljenih simulacionih modela, kao i od kvaliteta odgovarajućeg programskog sistema za simulaciju.

NAPOMENA:

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "Razvoj tipskih tehnoloških procesa izrade kotrljajnih ležaja", ev. broj projekta TR 14053 koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Zelenović, D.: *Projektovanje proizvodnih sistema*, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
- [2] Law, A.M., Kelton, W.D.: *Simulation Modeling and Analysis*, treće izdanje, McGraw-Hill, New York, 2000.
- [3] Todić, V., Stanić, J.: *Osnove optimizacije tehnoloških procesa izrade i konstrukcije proizvoda*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.

- [4] Borojević, S., Jovišević, V., Jakanović, S.: *Modeling, simulation and implementation of process planning*, Journal of Production Engineering, 2009, Vol.12, No.1, pp. 87-91, Faculty of Technical Science, Department of Production Engineering, Novi Sad, Serbia, ISSN 1842-4932.
- [5] Todić, V., Borojev, L.J., Milošević, M., Lukić, D., Živković, A.: *Razvoj tipskih tehnoloških procesa proizvodnje kotrljajnih ležaja*, Projekat tehnološkog razvoja koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, 2008-2010.
- [6] Todić, V., Lukić, D., Milošević, M.: *Fundamentals for planning and calculation of machining systems' capacity*, 10th International Scientific Conference on Flexible Technologies - MMA 2009, Novi Sad: Faculty of Technical Science, Department of Production Engineering, 2009, pp. 101-104, ISBN 978-86-7892-223-7.
- [7] Todić, V., Lukić, D., Milošević, M., Borojević, S.: *Development of the standard process plans for rolling bearings manufacturing*, Journal of Proceedings of the International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS, 2009, Vol.4, pp.295–300, Bucharest, Romania, ISSN 1842-3183.
- [8] Đuričić, M., Krstić, M., Đorđević, Lj.: *Relevantni aspekti tehnološkog razvoja i organizacije proizvodno-poslovnih sistema*, Časopis IMK-14 Istraživanje i razvoj, br (30-31), str. 115-119, Kruševac, 2009.
- [9] Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L., Nicol, D.M.: *Discrete-Event System Simulation*, treće izdanje, Prentice-Hall, 2001.
- [10] *FKL Kotrljajući ležaji, katalog*, 2004, Temerin, ISBN 86-906415-0-5.
- [11] D. Nikolić, N. Tucović, G. Petradis, N. Živanović: *Primena QFD metode u procesu unapređenja kvaliteta aksijalnog ležaja*, Časopis IMK-14, Istraživanje i razvoj", br (32-33), Kruševac, 2009.

FOUNDATION FOR THE DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF THE ROLLING BEARINGS PRODUCTION PROCESS

Summary: Design of production processes, in addition to manufacturing process planning, including the determination of other production resources necessary for the planning and design of production systems. In order to solve these problems by designing new production systems, as well as re-engineering of production processes in existing production systems, now successfully used the appropriate programme systems for simulation.

The paper presents basic information for the development of simulation models of the rolling bearings production process in the given production system.

Key words: Simulation model, Production process, Rolling bearings

Datum prijema rada: 14. IV 2010.