

Primjena SMED metode kao jednog od bitnih alata za unaprjeđivanje proizvodnje

Mladen PERINIĆ¹⁾, Sven MARIČIĆ¹⁾
and Elvis GRŽINIĆ²⁾

1) Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet
(University of Rijeka, Faculty of
Engineering), Vukovarska 58,
HR-51000 Rijeka, Republic of Croatia

2) CIMOS d.d., Most 24, HR-52420 Buzet,
Republic of Croatia

mperinic@riteh.hr

Ključne riječi

Lean proizvodnja
Optimizacija proizvodnje
SMED metoda
Tehnološki procesi

Keywords

Lean production
Manufacturing optimization
SMED method
Technological processes

Received (primljeno): 2010-12-01

Accepted (prihvaćeno): 2011-08-30

1. Uvod

Razvojem društva i porastom društvenog standarda stvorili su se preduvjeti za masovni proboj sve kompleksnijih proizvoda na tržište. U ovom segmentu, automobilska industrija je oduvijek u mnogočemu prednjačila, pod time se prvenstveno misli na tehnološki i organizacijski razvoj. Masovna proizvodnja je započela standardizacijom pojedinih dijelova automobila. Situacija na današnjem modernom dinamičkom tržištu je takva da kupac igra aktivnu ulogu u oblikovanju proizvodnog procesa i njegovo se mišljenje uvažava. Sustav praćenja konačnog kupca, je uspostavljen na način da se sve njegove želje i sugestije analiziraju, te se one kasnije koriste za poboljšanja. Fleksibilnost možemo definirati prema nekim izvorima [1] kao: sposobnost proizvodne i

Pregledni rad

Paralelno s konstantnim razvojem tržišta zahtjevi kupaca postali su opsežniji. Da bi se proizvodilo direktno prema potrebi kupca moraju se protočna vremena drastično smanjiti. Kako bi ovo bilo moguće mora se organizirati proizvodnja u malim serijama. Zahtijeva se uravnoteženje, sinhronizacija operacija i jednopredmetni tok. Pri tome značajnu ulogu ima fleksibilnost proizvodnih kapaciteta. Proizvesti brzo, sa što manjim zalihama jest trend koji je prisutan već neko vrijeme. Kako bi ovo bilo moguće realizirati, potrebno je već u ranom stadiju primijeniti SMED metodu kao jednu od temeljnih alata Toyota proizvodne filozofije. SMED metoda omogućava izmjenu alata unutar kratkog perioda vremena. Time se postiže minimum utroška vremena izrade, oslobađa proizvodni kapacitet i omogućuje proizvodnja šireg asortimana unutar kratkog perioda, odnosno, povećava fleksibilnost i produktivnost. To se postiže detaljnim snimanjem postupka zamjene alata, prepoznavanju unutarnjih i vanjskih aktivnosti, pretvaranju što većeg broja unutarnjih u vanjske aktivnosti, uz istovremenu minimalizaciju unutarnjih.

Application of the SMED Method as an Important Tool for Production Improvement

Subject review

Parallel with constant market development, the customers' demands have become more extensive. Production flow time has to be significantly reduced in order to satisfy customer's demands. To make this possible, production has to be in small series. Furthermore, the requirements are focused on balancing and synchronization of operations, and on a single part process. The flexibility of production capacity has important role as well. Fast produce, with small quantities is a trend that has been present for some time. In order to make this possible, it is necessary to apply the SMED method at an early stage of production planning. The SMED method is one of the basic tools in Toyota production philosophy, which allows quick tool changes within a short period. This results in minimum time consumption, frees up production capacity and allows production of a wider range of products. This is achieved by detailed recording of procedures of tool, identifying internal and external activities, and then converting as many of the internal to external, while minimizing internal activities.

transportne opreme da u datim uvjetima, uz manji, veći ili nikakav utrošak pripremno-raspremnog vremena, vrši sukcesivnu obradu, rukovanje ili transport različitih obradaka ili različitih operacija na istom izratku. Iz ovoga slijedi da se smanjivanjem pripremno-završnog vremena (t_{pz}) povećava fleksibilnost.

2. SMED metoda

Kako bi se osigurala provedba unaprjeđenja proizvodnje, potrebno je osigurati optimalno odvijanje svih postupaka u proizvodnom procesu. Brza izmjena alata važna je [2–8] iz razloga jer omogućava proizvodnju šireg asortimana proizvoda u relativno kratkom vremenskom periodu. Jedna od bitnih metoda za brzu izmjenu alata naziva se SMED (engl. Single digit Minute Exchange

Oznake/Symbols

<i>ACC</i>	- klasifikacija aktivnosti - activity classification	<i>SMED</i>	- izmjena alata u jednoznamenkastom broju minuta single minute exchange of dies
<i>CIP</i>	- konstantno poboljšavanje procesa - constant improvement process	<i>SQA</i>	- kvantifikacija - save quantification
<i>EAI</i>	- poboljšavanje vanjskih aktivnosti - external activities improvement	<i>SSI</i>	- anketa i analiza situacije za implementaciju survey and screening prior to method implementation
<i>IIM</i>	- poboljšavanje unutarnjih aktivnosti - internal activities minimization	<i>TIE</i>	- pretvaranje unutarnjih u vanjske aktivnosti transforming internal into external activities
<i>ITF</i>	- akcijski tim za implementaciju - implementation team forming	<i>TRA</i>	- trening - training
<i>SFD</i>	- standardizacija i razvoj - standardization and future development		

of Die) i označava izmjenu alata u jednoznamenkastom broju minuta.

Također, brza izmjena alata preduvjet je optimizaciji vremena izrade, a posebno je važna kod proizvodnje miksa dijelova i u slučajevima kada je potrebno proizvoditi u manjim serijama s čestim izmjenama alata [9, 10]. Osnovna ideja koja stoji iza SMED-a jest smanjivanje potrebnog vremena zamjene alata i kasnijeg naknadnog podešavanja. Sve do pojave ove metode prilikom planiranja alata nije se dovoljno uzimalo u obzir vrijeme pripreme i raspore radnog mjesta (tpz). Razvijanjem tehnike izmjene alata, te pripremom alata za takve izmjene postalo je puno jednostavnije izmijeniti alat, pa su to mogli raditi sami proizvodni radnici. U članku je dan prikaz dijela aktivnosti prilikom primjene SMED metode u ljevaonici CIMOS u Buzetu. Primjenom SMED metode u pogonu ljevaonice primjenom moguće je postići sljedeće uštede na način da:

- u proizvodnom procesu nema više specijalista za izmjene alata,
- uštedeno vrijeme se može iskoristiti u planiranju o daljnjim poboljšanjima,
- zalihe proizvoda su smanjene jer se može znatno brže reagirati na svaku potrebu,
- nekvaliteta proizvoda se odmah uočava na sljedećoj operaciji jer se smanjivanjem zaliha ubrzava tok materijala.

2.1. Uzroci gubitka vremena

Kako bi se napravila analiza na osnovi koje se mogu detektirati najčešći uzroci gubitka vremena, potrebno je izvršiti snimanje od nekoliko izmjena alata. Snimanje

se bilježi u snimačke liste. Na osnovu toga kreira se prateća dokumentacija iz koje se analizom utvrđuju koje aktivnosti, odnosno koje se pogreške javljaju tijekom izvođenja pojedine operacije. Najčešće se radi o sljedećim aktivnostima:

- krivi redoslijed zahvata pri izmjeni alata,
- pogreške pri spajanju konektora na alate za lijevanje i obrezivanje (oznake ne postoje ili nisu ispravno postavljene),
- nespremno mjesto izmjene alata, tj. događaju se nepredviđeni zastoji pri samoj izmjeni (dodatni alat, tlačni klip, kliješta za robota, motke za komunikaciju stroj-alat itd.),
- često su transportna sredstva zauzeta, pa se time i vrijeme izmjene nepotrebno produžava (viljuškar za neke druge aktivnosti, te mostna dizalica za neki popravak alata),
- izmjeni alata pristupa samo jedan operater,
- alat je nepripremljen pa se tek pri startu uočavaju nepravilnosti.

Kako bi se izbjeglo nepotrebno gubljenje vremena, potrebno je osigurati da svi alati koji dolaze na zamjenu budu pregledani i označeni s pravilnom oznakom. Ova oznaka se sastoji od naziva, odnosno šifre alata, datuma pregleda, napomena i natpisa "Pregledano" kako je prikazano na Slici 1.

3. Implementacija SMED-a u praksi

Kako bi SMED metodu bilo moguće čim jednostavnije implementirati, na Slici 2 dan je prikaz implementacije u deset koraka. U prvoj fazi formira se akcijski tim za primjenu SMED metode. Druga i treća faza pripadaju



Slika 1. Pripremljeni alat s istaknutim statusom "pregledano"
Figure 1. Prepared tool, marked with the "examined" status

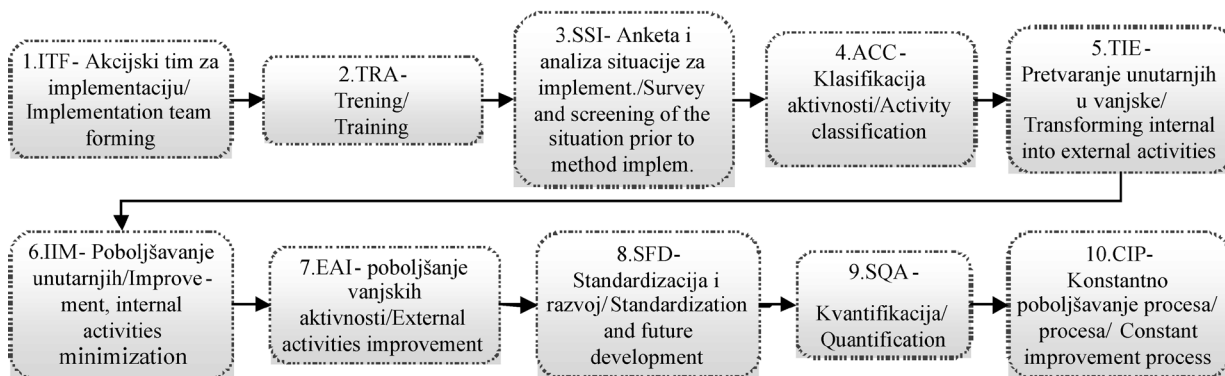
analitičkim fazama – u njima se odvijaju procesi analize problema i treninga kako bi se otklonili svi mogući nesporazumi i odgovorilo na pitanja vezana uz primjenu metode. Ovo je posebno važan korak jer se time omogućuje brža i jednostavnija primjena metode nakon što su svi članovi tima detaljno upoznati. U četvrtoj fazi

vrši se klasifikacija na vanjske i unutarnje aktivnosti. Iduća, peta faza nastoji čim više unutarnjih aktivnosti pretvoriti u vanjske (Slika 2).

Pri tome se pod vanjske aktivnosti podrazumijevaju sve one aktivnosti koje se mogu obaviti dok stroj radi. Unutarnje aktivnosti mogu se izvoditi isključivo kada stroj ne radi. Faze šesta i sedma obuhvaćaju aktivnosti vezane uz poboljšavanje vanjskih i unutarnjih aktivnosti iz prethodnih faza. Standardizacija predstavlja osmu fazu. Deveta faza obuhvaća kvantifikaciju, i konačno, deseta faza obuhvaća proces konstantnog poboljšanja procesa na osnovi podataka prikupljenih kroz sve prethodne faze. Kako bi se osigurala kvalitetna provedba SMED-a, kreirane su tablice koje se ispunjavaju prije, te nakon izmjene alata. Primjeri dijela ispunjenih lista dani su u Tablicama 1 i 2.

4. Posebni zahtjevi na izvedbu alata i opreme prilikom implementacije

Pored općih ciljeva navedenih u koracima implementacije, u cilju postizanja navedenih zahtjeva



Slika 2. Prikaz koraka implementacije SMED metode
Figure 2. A SMED method implementation process

Tablica 1. Dio kontrolne liste prije izmjene alata
Table 1. Sample part of check list before tool exchange

Stroj / Machine	Komada / Pieces	Količina / Unit	Veličina / Size	Potvrda / Attestation	Komentar / Comments
Klip / Piston	1	mm	80	√	
Motka / Plunger rod	1	mm	800		
Komora / Chamber	1	mm	100	√	
Stezaljke / Clamps	—	32	—	√	
Valjak / Stationary platen	4	Pieces	A		
Izbacivač / Ejector	4	Pieces	B	√	
Crijevo hladna voda / Gut cold water	2	Pieces	—		

Tablica 2. Dio kontrolne liste nakon izmjene alata**Table 2.** Sample part of check list after tool exchange

OPERACIJA / OPERATION	TJEDAN/WEEK				
	1	2	3	4	5
Provjera dušika / Nitrogen pressure check	—	—	—	—	—
Zamjena ili postavljanje / Datumara/ date code set up	—	—	—	—	—
Protok vode / Water flow	—	—	—	—	—
Klip / Piston	—	—	—	—	—
Razbijač / Bruiser	—	—	—	—	—
Alat / Stationary tool	—	—	—	—	—

SMED-a [3, 7] definirane su smjernice koje sadrže sljedeće zahtjeve na proizvodnu opremu:

- standardiziranost alata i strojeva kod kojih je potrebno uskladiti sve spojne priključke na svim strojevima i alatima kako bi se izbjegla nepotrebna dodatna podešavanja i prilagođavanja zbog postojanja različitih standarda. Ovdje se prvenstveno radi o hidrauličnim i pneumatskim priključcima, stegama za alate, električnim priključcima za signale pravilnog funkcioniranja alata, te isto tako električnim priključcima za kontrolu prisutnosti i pravilnog pozicioniranja alata u cilju sprječavanja moguće havarije. Prije standardizacije, alati se moraju pripremiti kako bi se stvorili preduvjeti za ugradnju drugih priključaka. Potrebno je napraviti identične utore kako bi i nakon provedene standardizacije bilo moguće koristiti iste stezne naprave, odnosno hidrauličke priključke poput onih prikazanih na Slici 3.
- preduvjeti koji osiguravaju brzu montažu i demontažu. Potrebno je na sve alate postaviti pozicionare kako bi samo postavljanje alata na točno mjesto bilo brzo i bez dodatnog finog podešavanja. Jednom kada se alat postavi na predviđeno mjesto na stroju, tada to mora biti konačna pozicija. Uz sve

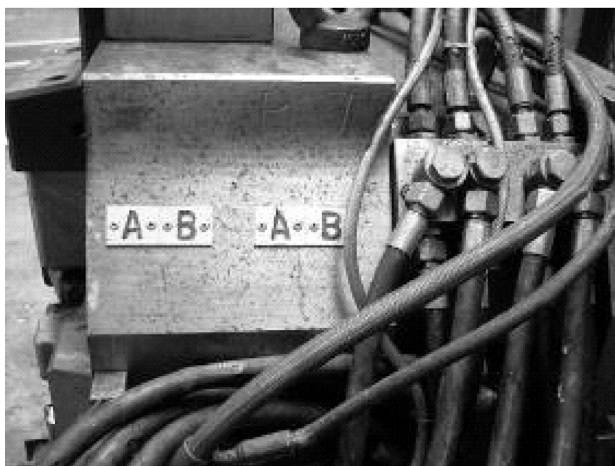
to potrebno je i maksimalno ubrzati stezanje alata na stroj prikladnim načinom.

Ostale primarne aktivnosti kod uvođenja ove metode su organizacija radnog stola sa svom potrebnom opremom, pravovremeni transport, te standardizacija energetskih spojeva koji ostvaruju komunikaciju stroja s alatom.

4.1. SMED radna stanica

Opisani proces poboljšanja odvija se na SMED stanici koja se sastoji od: police na kojoj se nalazi alat, užadi za podizanje težih dijelova, robotskih stezaljki i alata za izbacivanje igle. U sklopu stanice nalazi se i SMED stol koji je prikazan na Slici 4. Na njemu se nalaze potrebni alati i dijelovi koji su nužni za nesmetano odvijanje rada: kliješta (1), klip (2), upute za rukovanje (3), stega za lijevanje (6), motke (7), pajseri (5), ključevi i alati (4), stega za obrez (8) te daljinski upravljač za dizalicu (9).

Dobro organizirani SMED stol osigurava brzu i neometanu promjenu alata. Važno je naglasiti da se kod montaže alata služimo hidrauličkim cilindrima kako bi se postiglo pravilno pozicioniranje alata pomoću brzog stezanja. Na taj način alat je stegnut bez potrebe za dodatnim stezanjem pojedinačno uz svaku stranu

**Slika 3.** Prikaz standardiziranih označavanja priključaka**Figure 3.** Representation of standardized labelling connections

alata. Prema podacima dobivenim analizom u pogonu [2-3, 7], ovim načinom stezanja vrijeme zamjene alata smanjuje se prosječno za 40 min. Da bi se omogućilo brzo stezanje alata navedenim hidrauličkim cilindrima (Slika 5A) potrebno je na alate postaviti segmente [3] poput prikazanih na Slici 5B. Oni su sastavni dio alata preko kojih se hidrauličkim cilindrima stežu alati.



Slika 4. SMED stol

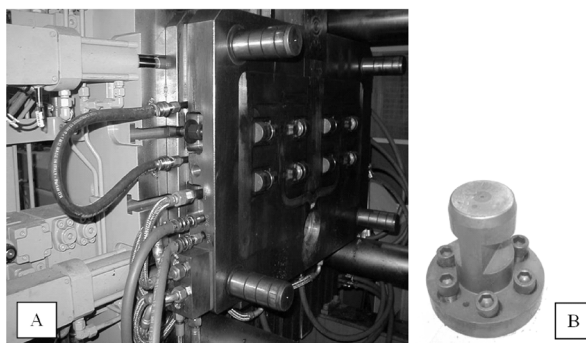
Figure 4. SMED table

Hidraulički cilindri su velika pomoć kod montaže alata jer se alat pravilno mora pozicionirati na stroj, a onda je potrebno samo uključiti brzo stezanje i alat je stegnut bez potrebe za dodatnim stezanjem. Naknadno ugrađivanje navedene opcije je izrazito skupo te se zato i ne primjenjuje u praksi. Ovim se načinom stezanja vrijeme zamjene alata može značajno smanjiti.

Tablica 3. Vremena prije i nakon implementacije SMED metode

Table 3. Time before and after implementation of SMED method

Aktivnosti / Activities	Trajanje aktivnosti prije SMED-a / Activities before SMED implementation	Poboljšanja / Improvements	Trajanje aktivnosti nakon SMED-a / Activities after SMED implementation	Vremenska ušteda / Time savings
Transport / Transport	35	Uputstva za rad / Working manuals	15	20
Grijanje / Heating	90	Predgrijanje / pre heating	0	90
Pomoćni alati / Auxiliary tools	49	SMED stol / SMED table	9	40
Demontaža alata za odsjecanje / Cutting tools deinstalation	37	Uputstva / Manuals	27	10
Montaža alata / Tools instalation	64	Standardizacija / Standardization	49	15
Demontaža alata za lijevanje / Deinstallation of casting tools	58	Uputstva / Manuals	44	14
Montaža alata za lijevanje / Installa-tion of casting tools	115	Standardizacija / Standardization	89	26
Pokretanje procesa / Process starting	15	Uputstva / Manuals	7	8
Ukupno / Total	463	Ukupno/Total	240	223



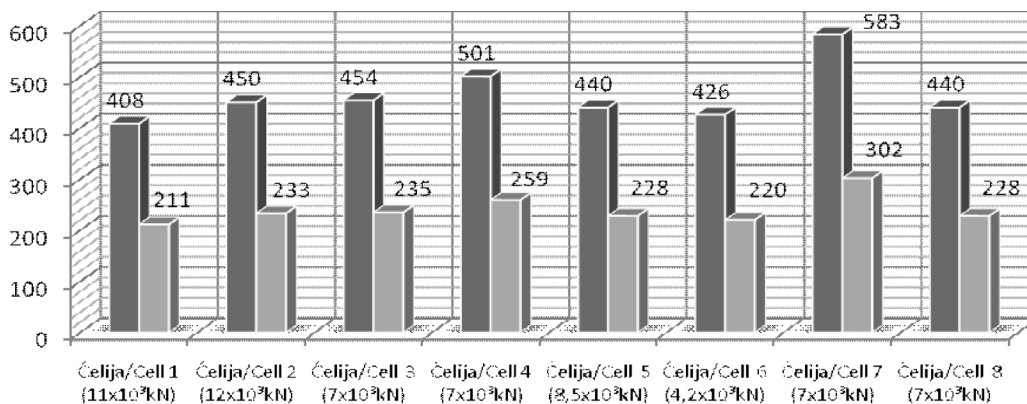
Slika 5. A) Pomična ploča alata za lijevanje prihvaćena uz pomoć brzog stezanja tj. hidrauličkih cilindara na stroju B) Dio za alate koji omogućava brzo stezanje

Figure 5. A) Sliding panel tools for casting, fixed with the hydraulic cylinders on the machine B) Rapid clamping part

5. Implementacija SMED metode u ljevaonici cimos

Primjenom SMED metode na način opisan u prethodnom poglavlju u ljevaonici tlačnog ljeva u PC3 postignuta [2] su sljedeća unaprjeđenja:

- Skratilo se prosječno vrijeme izmjene alata sa 463 minute na 240 minuta;



Slika 6. Prikaz rezultata dobivenih nakon primjene SMED-a
Figure 6. Results overview after SMED implementation

- Povećana je fleksibilnost strojeva na način da se u jednom tjednu do sada radilo uz samo jednu izmjenu alata – od sada se može planirati dvije izmjene alata i naravno dva različita proizvoda;
- Povećala se produktivnost strojeva jer se u vremenu uštede od 223 minute može normalno proizvoditi;
- Radno mjesto i okolina je čišće i organiziranije.

Detaljniji prikaz ostvarenih ušteda vremena prilikom izmjena alata u suporedbi s prosječnim vremenima prije i nakon primjene SMED metode prikazan je na Slici 6. Vremena su dana u minutama.

Vidljivo je da su vremenski najveće uštede postignute na ćelijama 7 i 4 s najdužim vremenima izmjene, gdje su prosječna vremena izmjene alata smanjena s 583 min na 302 min, odnosno s 501 min na 259 min. Iz detaljnog prikaza, prema [2], u Tablici 3 dano je ukupno prosječno vrijeme zamjene prije primjene SMED-a iznosilo je 463 minute, dok je nakon primjene ove metode prosječno vrijeme zamjene alata smanjeno na 239,5 minuta.

6. Zaključak

Kako bi se osigurala provedba unaprjeđenja proizvodnje, potrebno je osigurati optimalno odvijanje svih postupaka u proizvodnom procesu. Brza izmjena alata važna je iz razloga jer omogućava proizvodnju šireg asortimana proizvoda u relativno kratkom vremenskom periodu. Jedna od bitnih metoda za brzu izmjenu alata naziva se SMED (engl. Single digit Minute Exchange of Die) i označava izmjenu alata u jednoznačenkastom broju minuta. Osnovna ideja koja stoji iza SMED metode jest smanjivanje potrebnog vremena zamjene alata i kasnijeg naknadnog podešavanja. U cilju postizanja navedenih zahtjeva SMED-a navode se i zahtjevi za izvedbu alata i opreme. U članku je dan primjer iz proizvodne prakse ljevaonice gdje se primjenom SMED metode došlo do značajnih ušteda. Na konkretnom primjeru pokazano je skraćnje prosječnih vremena izmjene alata sa 463 minute na 240 minuta. Na taj način otvorila se mogućnost povećanja produktivnosti strojeva jer se dobivena pozitivna vremenska razlika može iskoristiti

za proizvodnju drugih dijelova ili neku drugu aktivnost vezanu uz proizvodni proces.

Zahvala

Članak je nastao tijekom istaživanja na slijedećim projektima Ministarstva znanosti tehnologije i športa: 069-0000000-3264, 069-0692976-1740.

LITERATURA

- [1] MIKAC, T.: *Projektiranje proizvodnih sustava*, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2004.
- [2] PERINIĆ, M.; IKONIĆ, M.; MARIČIĆ S.: *Die casting process assessment using SMED method*, Metalurgija, 48/3 (2009), 199 – 202.
- [3] SHINGO, S.: *A Revolution in Manufacturing: The Smed System*, Productivity Press, Portland Oregon USA, 1985.
- [4] GALINAC, T.: *Analysis of Quality Management in Modern European Software Development*, Engineering Review 28/2 (2008), 65 – 76.
- [5] GOUBERGEN, D. V.; LANDEGHEM, H. V.: *Rules for integrating fast changeover capabilities*, Robotics and Computer Integrated Manufacturing 18(2002),205– 214.
- [6] MILEHAM, A. R. et. al.: *The impact of run-up in ensuring Rapid Changeover*, CIRP Annals –Manufacturing Technology, 53/1 (2004), 407 – 410.
- [7] TRBOJEVIC, N.: *Utjecaj normi na izradu proizvoda*, Strojarstvo 50 (2008), 395 – 400.
- [8] STEFANIC, N. et al.: *Applying the Lean System in the Process Industry*, Strojarstvo 52 (2010), 59 – 67.
- [9] GOUBERGEN D. V.; LANDEGHEN, H. V.: *Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design*, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 18 (2002), 205 – 214.
- [10] STEFANIC, N. et al.: *Models and Methods of Production Management*, Strojarstvo, 50 (2008), 175 – 184.