

PRIMJENA METODE PRAĆENJA INDEKSA UKUPNE EFIKASNOSTI OPREME S CILJEM OPTIMIZACIJE PROIZVODNIH PROCESA

APPLICATION OF OVERALL EFFICIENCY EQUIPMENT INDEX METHOD FOR PRODUCTION PROCESS OPTIMIZATION

Hazim Bašić, Muhamed Brkić, Almira Softić
University of Sarajevo, Mechanical Engineering Faculty
Vilsonovo šetalište 9, Sarajevo
Bosnia and Herzegovina

REZIME

U radu su prikazani rezultati primjene OEE koncepta u fabrici s velikoserijskom proizvodnjom metalnih dijelova. Sistemskim praćenjem zastoja detektovani su slučajni i tokom rada teško primjetni faktori koji utiču na smanjenje raspoloživosti, efikasnosti i kvaliteta, čime mogu da ugroze kvalitet i proizvodnost fabrike. Detaljnom analizom zastoja, u prvom periodu eksperimenta, uvidjelo se da se pored mašina koje postoje u pogonu, može identificirati još jedna tzv. „skrivena“ mašina. Sprovedenim korektivnim mjerama su dijelom aktivirani kapaciteti „skrivenih“ mašina, što je u drugom periodu praćenja eksperimenta rezultiralo povećanjem raspoloživosti, efikasnosti i kvaliteta, a u konačnici i povećanjem vrijednosti indeksa OEE.

Ključne riječi: kontrola kvaliteta, analiza rada, OEE indeks

ABSTRACT

The results of the application of OEE concept in a mass production factory for metal parts are presented in this paper. With delays system monitoring the random and hardly noticeable factors which affecting the decrease in availability, efficiency and quality were detected, and could endanger the quality and productivity of the factory. A detailed analysis of the delays in the first period of the experiment showed that also with operating machines, can be identified another, so called "hidden" machine. Capacities of "hidden" machines are partly activated with implemented corrective measures, resulting in increased availability, efficiency and the quality in the second period of experiment monitoring and finally increased the value of the index OEE.

Keywords: quality control, work analysis, OEE index

1. UVOD

Upravljanje kvalitetom proizvodnje predstavlja naučno područje, koje uključuje planiranje i izvođenje aktivnosti kojima je krajnji cilj postizanje zahtijevanog kvaliteta proizvoda uz minimalne troškove. Provođenjem aktivnosti za postizanje zahtijevanog kvaliteta, dolazi se do spoznaja slabosti postojećeg sistema, čime se otkrivaju mjesta u sistemu, gdje se trebaju sprovesti poboljšanja, koja će doprinijeti da se poveća sposobnost i stabilnost proizvodnog sistema, [3]. Metodologiju i alat koji upravljanje kvalitetom koristi za analizu i iskorištenost

proizvodne opreme uveo je šesdesetih godina prošlog vijeka Seiichi Nakajama¹, [1]. Radi se o OEE (eng. *Overall Equipment Effectiveness*) konceptu. OEE predstavlja instrument, kojim se otkrivaju gubici cijelog proizvodnog sistema ili samo gubici jednog proizvodnog sredstva, da bi zatim ti gubici, korištenjem neke od strategija za optimizaciju kao što su TPM², Lean Production ili Six Sigma, mogli da budu otklonjeni.

Otkrivanjem gubitaka može se ustanoviti gdje su neiskorištene rezerve u proizvodnji. Iskorištenje ovih rezervi, tzv. 'skrivene', 'neiskorištene' mašine, većinom ne zahtijeva značajne dodatne troškove, a finansijski rezultati mogu da budu primjetni, [5].

Mjerenjem vrijednosti indeksa OEE saznaje se koliko se dobro vlada procesom i koji je dio proizvodnog procesa moguće poboljšati, [7].

2. OPIS METODE

Strategija za optimizaciju TPM, predstavlja ključ uz čiju pomoć se može otkriti „skrivena“ mašina i mogućnost da se iz proizvodne opreme izvuče još dodatnih 25÷30% kapaciteta, [2]. OEE je tradicionalno i najčešće primjenjivani instrument u TPM i pokazuje *sposobnost opreme* kada je ona u upotrebi. Na potpunu iskorištenost proizvodne opreme utiču određene vrste gubitaka. OEE, kao metodologija i alat koji upravljanje kvalitetom koristi za analizu iskorištenosti proizvodne opreme, definiše tri osnovna područja gubitaka: raspoloživost, efikasnost i kvalitet (Slika 1).

RASPOLOŽIVOST	A	Planirano vrijeme rada opreme (T_{pl})		Gubici raspoloživosti - Kvar opreme i održavanje - Kvar alata - Regliranje i podešavanje - Nametnuta zaustavljanja opreme (nema radnika, nema sirovine i drugo)
	B	Stvarno vrijeme rada opreme (T_{st})		
EFIKASNOST	C	Teoretski kapacitet/max. Output (q_{te})		
	D	Stvarni kapacitet/Output (q_{st})	Gubici efikasnosti - Manja brzina rada - Kratki zastoji (nema sirovine, nema energenta)	
E	Stvarni kapacitet/Output (q_{st})			
Kvalitet	F	Izrađeni ispravni komadi (q)	Gubici kvaliteta - Škart - Dorada	

Slika 1. Tri osnovna područja gubitaka

2.1. Raspoloživost

Raspoloživost se definiše kao vremenski period, u kome je oprema bila na raspolaganju da proizvodi, međutim u tom istom periodu nije došlo do njene upotrebe. Stepenn raspoloživosti R predstavlja odnos između teoretski mogućeg proizvodnog vremena i stvarnog vremena proizvodnje. To je ustvari procentualni udio stvarnog vremena rada opreme T_{st} u planiranom vremenu rada opreme T_{pl} , [4]:

$$R = \frac{T_{st}}{T_{pl}} \quad (2.1)$$

¹ Seiichi Nakajama - na japanskom institutu razvio metodu OEE, jedan od pionira razvoja proizvodnih strategija

² TPM – Total Productive Management – totalno upravljanje proizvodnjom, jedna od strategija za poboljšanje proizvodnog procesa

2.2. Efikasnost

Gubici *efikasnosti* znače, da mašina radi, ali ne maksimalnom brzinom. Kada se govori o stepenu efikasnosti, govori se o „teoretskom kapacitetu“, znači kapacitetu, kojeg bi mašina mogla da ostvari da je za vrijeme stvarnog vremena rada radila maksimalnom brzinom. Stepenn efikasnosti se određuje iz odnosa, količine stvarno proizvedenih komada q_{st} , i maksimalnog, teoretskog kapaciteta q_{te} , za vrijeme dok mašina radi bez prekida:

$$E = \frac{q_{st}}{q_{te}} \quad (2.2)$$

2.3. Kvalitet

Gubitak *kvaliteta* nastaje kada mašina proizvodi dijelove koji od „*prvog pokušaja*“ izrade ne zadovoljavaju propisane konstrukcione kriterije. Odnos između *broja proizvedenih ispravnih komada* q i *broja stvarno proizvedenih komada* q_{st} , označava se kao *stepen kvaliteta*:

$$Q = \frac{q}{q_{st}} \quad (2.3)$$

2.4. Računanje vrijednosti faktora OEE

Vrijednost faktora OEE predstavlja proizvod stepena raspoloživosti, efikasnosti i kvaliteta:

$$OEE = \text{raspoloživost} \times \text{efikasnost} \times \text{kvalitet} \times 100\% \quad (2.4)$$

$$OEE = \frac{T_{st}}{T_{pl}} \frac{q_{st}}{q_{te}} \frac{q}{q_{st}} 100\% \quad (2.5)$$

Pošto se usljed opremanja i regliranja mašine nikada ne može postići da sva tri uticajna faktora imaju vrijednost 100%, ciljana vrijednost OEE faktora je 85%. Realna vrijednost za veoma dobro optimirane procese iznosi do 80%, a dok svjetski prosjek iznosi 60 ÷ 65%, [1].

2.5. Uvođenje metode OEE

Da bi se primjenom OEE metode postigao željeni cilj, prilikom njenog uvođenja treba nastojati da u obzir budu uzete sve kritične tačke. Dobro primjenjeno OEE mjerenje obično se sprovedi u sljedećih osam koraka:

- Korak 1.** *Izbor opreme (pilot mašine) čiji rad će biti praćen.*
- Korak 2.** *Definisanje parametara koji će biti praćeni.* Definišu se područje rada odabrane mašine, interval mjerenja, proizvod, škart, dorada, maksimalna brzina, zastoji.
- Korak 3.** *Izrada OEE obrasca i šifrnika za praćenje zastoja.* OEE obrazac treba da bude jednostavan za razumijevanje i popunjavanje.
- Korak 4.** *Organizovanje obuke OEE tima.*
- Korak 5.** *Prikupljanje podataka.* Podatke prikupljaju i popunjavaju OEE obrasce operateri na mašinama. Vođa tima nakon svakog intervala prikupljanja podataka članovima pokazuje rezultate mjerenja.
- Korak 6.** *Obrada podataka.* Prikupljeni podaci moraju biti obrađeni prije početka naredne smjene. Ovo radi član tima koji je usko vezan sa tokom proizvodnje.
- Korak 7.** *Prezentiranje rezultata, analize prikupljenih podataka operaterima i pokretanje korektivnih mjera, PDCA kruga.*
- Korak 8.** *Informiranje uprave.*

3. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

Praćenje uvođenja metode i vrijednosti faktora OEE sprovedeno je u fabrici koja se bavi obradom metala. Pošto se radi o velikoserijskoj proizvodnji, mašine su postavljene u liniji, prema toku operacija obrade. Da bi se mogle uzeti u obzir sve kritične tačke, OEE metoda je uvedena na osnovu plana predhodno opisanih osam koraka.

U prvom koraku izvršen je odabir mašine i članova tima. Odabrana je mašina sa najvećim vremenom ciklusa obrade komada T_c . Vrijednost OEE-a linije jednaka je vrijednosti OEE-a mašine koja ima najduže vrijeme obrade po jednom komadu proizvoda, [4].

Drugim korakom definisani su parametri koji se prate vrste škarta, vrijeme trajanja ciklusa obrade T_c i vrste zastoja. Određeni su i periodi u kojima se vrši praćenje. Prvi period, od trideset dana, je na početku uvođenja mjerenja indeksa OEE, a nakon šest mjeseci je drugi period od trideset dana.

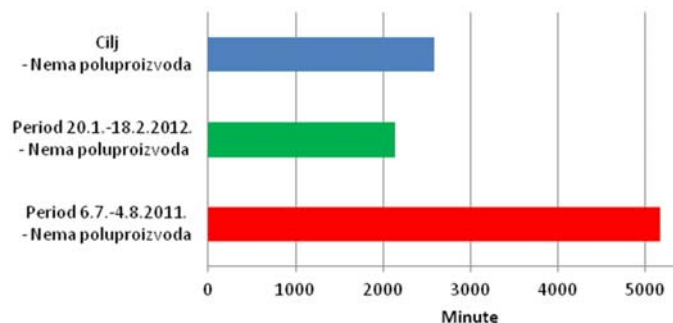
U narednom, trećem koraku, na osnovu analize zastoja izrađen je šifrniki zastoja i OEE obrazac za praćenje. U šifrniku su date bročane šifre i nazivi zastoja. Prilikom davanja naziva, vođeno je računa da nazivi budu jasni. OEE obrazac treba da sadrži podatke o identifikaciji mašine koja se prati, vremenu popunjavanja obrasca, vrsti i količini škarta, broju obrađenih komada i dr.

U četvrtom koraku izvršena je obuka tima. Prvi dan obuke obuhvatao je teoretski dio, drugi dan praktičnu prezentaciju na mašini i treći dan uz nadzor trenera su analizirani podaci, [7].

Prikupljanje podataka vršeno je u petom koraku. Operateri su početkom svake smjene zaduživali OEE obrazac, u kojeg su bilježili sva značajna dešavanja unoseći odgovarajuće šifre. Podaci su na kraju smjene unošeni u bazu za izračunavanje indeksa OEE.

Podaci su obrađeni u šestom koraku. Za obradu se koristi software u kojeg su uneseni prikupljeni podaci. Da bi se dobio izvještaj potrebno je u software-u zadati period za koji se traži vrijednost OEE-a i odabrati mašinu i nakon aktiviranja dobije se detaljan izvještaj.

U sedmom koraku je vršena analiza prikupljenih podataka, prezentiranje podataka operaterima i pokretanje preventivno-korektivnih mjera. Prilikom analize vođeno je računa o uticajnim gubicima na nivou mašine, fabrike i glavnim gubicima. Na Slici 2 dat je uporedni prikaz gubitaka za dva razmatrana perioda, [4].



Slika 2. Dijagram poređenja gubitka „Nema poluproizvoda“

Tri najuticajnija gubitka na nivou mašine su „Nema poluproizvoda“, „Planirana zamjena reznog alata“ i „Čekanje na poluproizvod“. Gubici „Nema poluproizvoda“ i „Čekanje na poluproizvod“ prerastaju u gubitak „Nema poluproizvoda“ na nivou fabrike. Dok gubitak „Nema poluproizvoda“ na nivou fabrike prerasta u glavni gubitak „Nametnuta zaustavljanja“, [5].

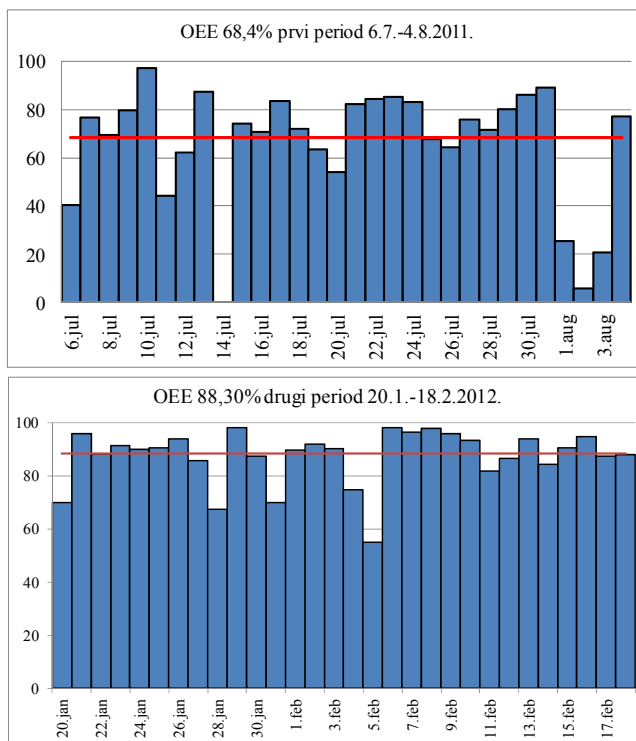
Ukoliko bi bio posmatran samo gubitak „Nametnuta zaustavljanja“ na nivou fabrike, ne bi se mogle poduzeti adekvatne korektivne mjere, jer ima više vrsta gubitaka koji mogu da budu

svrstani pod ovaj glavni. Zato je u ovome slučaju analiziran i korektivne akcije su poduzete na osnovu gubitka „*Nema poluproizvoda*“ na nivou fabrike.

Postavljeni cilj za gubitak „*Nema poluproizvoda*“, na nivou fabrike, je da se reducira ustanovljeno izgubljeno vrijeme od 5160 minuta. Određivanjem najuticajnijeg gubitka definisane su korektivne mjere i cilj kojeg treba postići. Nakon šest mjeseci radi se nova detaljna analiza za period od trideset dana kako bi se napravio uvid u efikasnost sprovedenih korektivnih mjera. Analiziranjem prikupljenih podataka u drugom razmatranom periodu, za gubitke na nivou fabrike ustanovljeno je da je na gubitak „*Nema poluproizvoda*“ izgubljeno 2130 minuta, Slika 2, što predstavlja značajno unapređenje.

Gubitak na nivou mašine „*Planirana zamjena reznog alata*“ prerasta u gubitak „*Planirana zamjena alata*“ na nivou fabrike, a u glavnim gubicima prerasta u gubitak „*Kvarovi alata*“. Kod ovog gubitka glavni gubitak ne daje podatke za adekvatno pokretanje korektivne mjere, jer nije jasno da li se radi o steznom, reznom ili mjernom alatu. Također, ni gubitak na nivou fabrike ne daje podatke za adekvatno pokretanje korektivne mjere, jer nije jasno da li se radi o planiranoj zamjeni steznog ili reznog alata. Ovdje su korektivne akcije pokrenute na osnovu gubitka na nivou mašine, a to je gubitak „*Planirana zamjena reznog alata*“, [5]. Postavljeni cilj za ovaj gubitak na nivou mašine je da se reducira izgubljena vrijednost vremena od 1815 minuta. Analiziranjem prikupljenih podataka, u drugom periodu, za gubitke na nivou mašine „*Planirana zamjena reznog alata*“ izgubljeno je 341 minuta. Ostvareni rezultat je bolji od postavljenog cilja.

Vizuelnom prezentacijom, prikazivanjem uporednih dijagrama (Slika 3) kretanja vrijednosti indeksa OEE za prvi i drugi period praćenja, sproveden je osmi korak, informisanje uprave.



Slika 3. Uporedni prikaz kretanja indeksa OEE za dva perioda praćenja

Do povećanja indeksa OEE je došlo povećanjem raspoloživosti za 15% i povećanjem efikasnosti za 6,6%. Sam faktor kvaliteta se povećao samo za 0,1% (Tabela 1), [7]. Povećanjem faktora raspoloživosti i efikasnosti za posljedicu je imalo povećanje produktivnog vremena.

Tabela 3.1. Prikaz vrijednosti pojedinih faktora i vrijednost indeksa OEE

Period	6.7.-4.8.2011.	20.1.-18.2.2012.
Raspoloživost	75%	90%
Efikasnost	91,7%	98,3%
Kvalitet	99,6%	99,7%
OEE	68,4%	88,3%

4. ZAKLJUČAK

Uvođenjem OEE metode omogućeno je da se detaljno prate svi zastoji koji se dešavaju na radnom mjestu, da bi se kasnije unošenjem podataka u bazu i njihovom obradom dobila vrijednosti OEE indeksa, raspoloživosti, efikasnosti, kvalitetu i najuticajnijim gubicima na nivou mašine, nivou fabrike i glavnim gubicima.

U prvom analiziranom periodu na nivou mašine drugi najuticajniji gubitak je bio *"Planirana zamjena reznog alata"*. Ovaj gubitak je prouzrokovan konstrukcijskom izvedbom alata za obradu i nedovoljnim poznavanjem njihove postojanosti. Prvi najuticajniji gubitak na nivou mašine je bio *„Nema poluproizvoda“*, a treći *„Čekanje na poluproizvod“*. Ova dva gubitka su na nivou fabrike prerasla u prvi najuticajniji gubitak *„Nema poluproizvoda“*, pa je ovaj gubitak i analiziran kao gubitak na nivou fabrike.

Analizom uticajnih gubitaka u drugom praćenom periodu uočljivo je da su najuticajniji gubici osjetno smanjeni, ali da još uvijek nisu bili dovedeni pod potpunu kontrolu. I nakon drugog perioda bi bilo potrebno uraditi korektivne akcije koje bi vodile ka daljem smanjenju gubitka *„Nema poluproizvoda“* i gubitka *„Planirana zamjena reznog alata“*.

Vrijednost OEE indeksa je jedan od bitnih pokazatelja karakteristika firme i na osnovu nje kupac jednim dijelom može vršiti i ocjenu sposobnosti potencijalnog dobavljača.

5. LITERATURA

- [1] Koch, A.: *OEE für das Produktionsteam*. Ansbach. CETPM Publishing, FH Ansbach.2008
- [2] Hartman, E. H.: *TPM Effiziente Instandhaltung und Maschinenmanagement.*, aktualisierte und erweiterte Auflage. München. mi-Fachverlag, FinanzBuch Verlag, 2007.
- [3] Schroeder, R.G.: *Upravljanje proizvodnjom odlučivanje u funkciji proizvodnje*. Zagreb,1999.
- [4] *OEE – Ukupno iskoristenje opreme*. CIMOS Kopar, 2008.
- [5] Brkić, M.: *Doprinos razvoju sistema kontrole kvaliteta baziranog na konceptu praćenja indeksa ukupne efikasnosti opreme*, Magistarski rad, Mechanical Engineering Faculty Sarajevo, 2014.
- [6] Jahović, E. Bašić, H.: An analysis of the most implemented quality management systems and their comparative review. International Research/Expert Conference ‘Trends in the Development of Machinery and Associated Technology – TMT’, Istanbul, Turkey, 2008.
- [7] Bašić, H. Brkić, M. Softić, A., Omerašević, E.: *Contribution to the development of quality control based on monitoring of index of overall equipment efficiency*. 20th International Research/Expert Conference ‘Trends in the Development of Machinery and Associated Technology – TMT’, 2016.