

Marta Jagusiak-Kocik¹, Krzysztof Knop², Łukasz Sikora³

OCENA POPRAWY WSKAŹNIKA OEE I JEGO SKŁADOWYCH W PROCESIE MIESZANIA EMALII POLIWINYŁOWEJ

Streszczenie: W rozdziale dokonano symulacji korzyści wynikających z poprawy wskaźnika OEE i jego wskaźników składowych w odniesieniu do maszyny wykorzystywanej w procesie mieszania emalii poliwinylowej. Dokonano prezentacji podmiotu badań – firmy produkującej farby i emalie przemysłowe oraz przedmiotu badań – mieszadła służącego do mieszania farb i emalii. Przedstawiono wynik obliczenia wskaźnika OEE i jego składowych dla badanej maszyny w okresie jednego miesiąca. Dokonano analizy i oceny poziomu i rozkładu wartości wskaźników OEE. Uzyskane w toku badań wyniki odniesiono do standardów Word Class OEE. Dokonano analizy wpływu wyeliminowania strat czasu, poprawy wydajności osiągananej przez urządzenie, poprawy wskaźnika jakości, oraz jednoczesnego wyeliminowania strat czasu, poprawy wydajności osiągananej przez urządzenie i poprawy wskaźnika jakości na wartość OEE. W ramach podsumowania przedstawiono wytyczne w zakresie poprawy efektywności pracy badanej maszyny.

Słowa kluczowe: mieszadło, OEE, efektywność, korzyści

1. Charakterystyka podmiotu i przedmiotu badań

Podmiotem badań jest przedsiębiorstwo mające swoją siedzibę w północnych regionach województwa śląskiego, zajmujące się produkcją farb i lakierów. Rynkiem zbytu dla produkowanych przez przedsiębiorstwo wyrobów są inne przedsiębiorstwa z rynku krajowego, zajmujące się wytwarzaniem oraz usługami renowacyjnymi elementów taboru kolejowego, czy też maszyn wykorzystywanych w wielu podmiotach gospodarczych, m.in. w kopalniach lub energetyce.

¹ dr inż., Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, e-mail: jmarti@go2.pl

² mgr inż., Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, e-mail: kknop@poczta.fm

³ inż., student, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, członek koła naukowego „Promotor Jakości”, e-mail: lukasz.sikora1992@gmail.com

Przedmiotem badań jest mieszadło wykorzystywane w mieszaniu farb i emalii poliwinylowej. W przypadku produkcji emalii mieszadło takie miesza jej składniki czyli spoiwa, rozpuszczalniki, rozcieńczalniki, pigmenty, wypełniacze, modyfikatory oraz sykatyw. Operacja mieszania przeprowadzana jest w początkowej fazie produkcyjnej emalii po zapewnieniu materiałów potrzebnych do jej wykonania. Podobny konstrukcyjnie mieszalnik do badanego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przykładowy mieszalnik do kadzi przejezdnych

Źródło: oferta handlowa firmy X

2. Analiza korzyści wynikających z poprawy wskaźnika OEE podczas produkcji emalii poliwinylowej

2.1. Kalkulacja wartości wskaźnika OEE

W celu oceny efektywności pracy przedmiotu badań – mieszadła, zdecydowano się na wykorzystanie wskaźnika OEE, będącego podstawowym miernikiem w koncepcji Kompleksowego Utrzymania Maszyn – TPM (BRZESKI J., FIGAS M. 2007; BRZEZIŃSKI A. 2013). Wykorzystanie wskaźnika OEE, jako wybranego instrumentu doskonalenia procesu produkcyjnego (BORKOWSKI S., ULEWICZ R. 2009), ograniczono do maszyny, która jest „wąskim gardłem” w procesie produkcyjnym emalii, a którą jest badane mieszadło.

Działania usprawniające efektywność pracy maszyny powinny zostać poprzedzone przeprowadzeniem serii badań dotyczących oceny aktualnego stopnia wykorzystania efektywnego czasu jej pracy (PURZYCKI G. 2003). Wyniki badań efektywności pracy maszyny wsparte dokładną znajomością procesu wytwórczego będą podstawą do wprowadzenia udoskonaleń, zarówno w samej maszynie, jak i również w organizacji procesu produkcyjnego. Celem przeprowadzonych badań było zasymulowanie korzyści (zarówno produkcyjnych, jak i finansowych) jakie wyniknęłyby z poprawy wskaźnika OEE i jego poszczególnych składowych na badanej maszynie o określonej wartości.

Przeprowadzono badania w zakresie oceny czasu pracy mieszadła oraz ilości powstających niezgodności wyrobu. Badania przeprowadzono z zastosowaniem ręcznych pomiarów z użyciem stopera. Pomiar strat czasu i ilości niezgodnych litrów emalii został dokonany przez 2 operatorów badanej maszyny w wybranym okresie pracy zakładu. Pracownicy posiadający wiedzę w zakresie sposobu wykonywania pomiarów, rejestrowali otrzymane wyniki w przygotowanych do tego celu formularzach OEE. Wypełnione karty trafiły następnie do Działu Technologicznego, gdzie zebrane dane zostały przeniesione do programu Microsoft Excel, w celu wykonania pogłębionych analiz.

Przyjęto okres przeprowadzanych obserwacji czasu pracy mieszadła trwający 31 dni z wyłączeniem dni wolnych od pracy (praca w badanym zakładzie odbywa się bowiem przez pięć dni w tygodniu, soboty oraz niedziele nie były brane pod uwagę podczas analizy ze względu na brak aktywności produkcyjnej badanego przedsiębiorstwa). Badania przeprowadzono dla pojedynczej ośmiogodzinnej zmiany, przy użyciu kadzi produkcyjnych wypełnianych roztworem 800 litrów pasty. Wydajność standardowa mieszadła to 700 l./h., czyli jej standardowy czas cyklu równy jest 0,086 min./l.

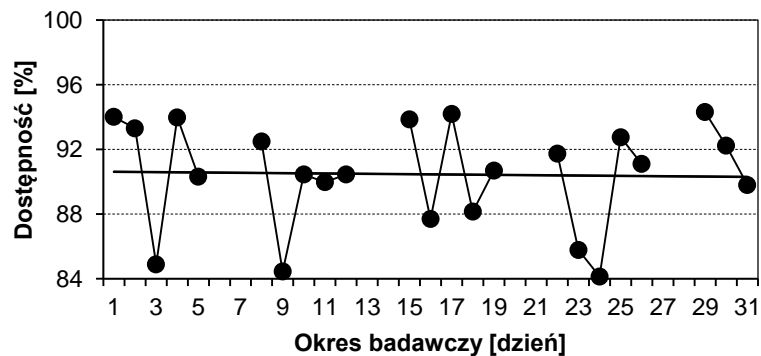
W tablicy 1 zamieszczono wyniki kalkulacji wskaźnika OEE dla badanej maszyny. Dokonano podsumowania wyników dla miesięcznego okresu badawczego.

Tabela 1. Arkusz kalkulacyjny wskaźnika Całkowitej Efektywności Wyposażenia (OEE) dla mieszadła do kadzi przejezdnych. Podsumowanie za okres 31 dni pracy

Okres badań [miesiąc]	Całkowity Czas Pracy [min]		Planowane przerwy [min]		Nieplanowane przerwy [min]		Czas Operacyjny [min]		Dostępność [%]		Wszystkie wyroby [l]		Standardowy czas cyklu [min/l.]		Rzeczywisty czas cyklu [min/l.]		Wykorzystanie [%]		liczba braków [l.]		Jakość [%]		OEE [%]	
	A	B	C=A-B	D	E=C-D	F=E/C	G	H	I=E/G	K=(G+H)/E	L	M=(G+L)/G	N=(F*K*M)/10000											
1	11040	671	10369	989	9380	90,46	97600	0,086	0,097	89,19	2130	97,82	78,92											

Źródło: opracowanie własne

Rys. 2 przedstawia dzienny rozkład otrzymywanych wartości wskaźnika „D” - dostępność dla maszyny (BORKOWSKI S., RYCHTER A., JEZIORSKI L. 2004).

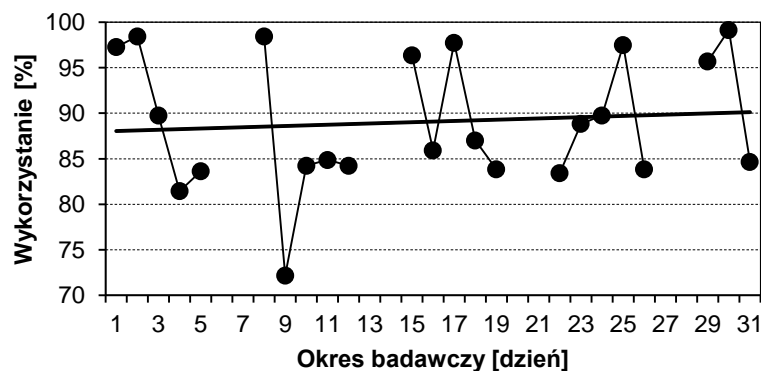


Rys. 2. Rozkład wartości wskaźnika „Dostępność” w okresie badawczym 31 dni

Źródło: opracowanie własne

Podczas okresu badawczego najwyższą wartość wskaźnika dostępności mieszadła odnotowano w 29 dniu jego pracy – 94,3%, natomiast najniższą w 24 dniu pracy – wartość ta wyniosła 84,14%. Linia trendu wykazuje nieznaczny charakter spadkowy poziomu badanego wskaźnika.

Strukturę uzyskiwanych wartości wskaźnika „W” - wykorzystanie dla badanej maszyny zamieszczono na rysunku 3.

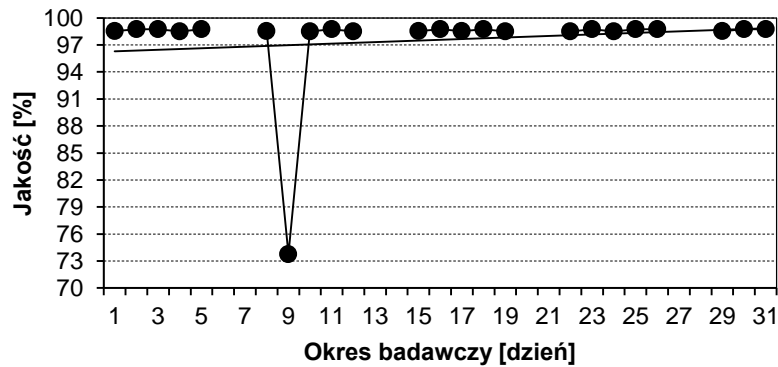


Rys. 3. Rozkład wartości wskaźnika „Wykorzystanie” w okresie badawczym 31 dni

Źródło: opracowanie własne

Zidentyfikowano największą wartość badanego wskaźnika w 30 dniu jego pracy – 99,14%, z kolei najniższą w 9 dniu jego pracy – 72,18%. Spadek wartości wskaźnika „W” spowodowany był spadkiem tempa pracy i różnymi mikroprzestojami. Dla badanego wskaźnika linia trendu przyjmuje tendencję wzrostową.

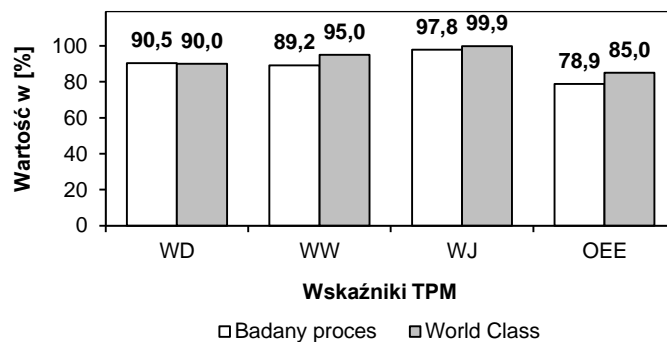
Na rysunku 4 przedstawiono wykaz codziennych rezultatów uzyskiwanych przez badaną maszynę dla wskaźnika „J” – jakość.



Rys. 4. Rozkład wartości wskaźnika „Jakość” w okresie badawczym 31 dni
Źródło: opracowanie własne

Wartości wskaźnika „J” dla badanego okresu znajdują się na podobnym poziomie. Najwyższą wartość tego wskaźnika odnotowano w 2, 3, 5, 11, 16, 18, 23, 25, 26, 30 oraz 31 dniu pracy maszyny – wskaźnik ten wyniósł 98,75%. Najniższy poziom wskaźnika jakości zidentyfikowano w 9 dniu pracy maszyny, kiedy to w wyniku otrzymania partii roztworu nienadającej się do wprowadzenia działań korekcyjnych poziom jakości zmniejszył się do wartości 73,75%. Badany wskaźnik wykazuje trend wzrostowy w okresie 31 dni badań.

Podsumowano wartości wskaźników OEE dla badanej maszyny w okresie 31 dni. Dostępność maszyny wyniosła 90,5%, wykorzystanie – 89,2%, poziom jakości – 97,8%. Wskaźnik OEE przyjął średnią wartość równą 78,9%. Graficzne porównanie otrzymanych wskaźników OEE dla badanej maszyny ze standardami „klasy światowej OEE” przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Zestawienie wartości wskaźnika OEE dla badanego mieszadła oraz wartości Word Class OEE

Źródło: opracowanie własne

Jedynie wskaźnik dostępności miał wartość minimalnie powyżej poziomu światowego w przypadku badanej maszyny. Pozostałe składowe wskaźnika OEE nie uzyskały progu minimalnego, które by pozwalał na zaliczenie mieszadła do „klasy światowej” ze względu na poziom OEE. Największy potencjał do doskonalenia wykazuje parametr wykorzystania maszyny.

2.2. Wpływ wyeliminowania strat czasu na wartość OEE

Obliczenia wskaźnika OEE dla badanej maszyny w okresie 1 miesiąca jej pracy (tabela 6.1) stanowiły punkt wyjścia do analizy korzyści wynikających ze zmian różnych wskaźników wchodzących w skład tego wskaźnika (SELEJDAK J., KNOP K. 2011). W tabeli 1 oznaczono wielkość (zaciemniona „komórka”), dla której obliczany jest wpływ jej zmiany na wartość wskaźnika OEE. Pogrubiono wszystkie wielkości, które ulegają zmianie w wyniku obliczeń. Symulację dotyczącą poprawy parametru dostępności zawarto w tablicy 2. Przeanalizowano wpływ zmniejszenia udziału nieplanowanych postojów o 30 minut (w stosunku do stanu wyjściowego). Efektem

przeprowadzenia symulacji jest określona, w oparciu o jednostkowy koszt produkcji, korzyść finansowa dla przedsiębiorstwa z tytułu poprawy.

Tabela 2. Wpływ wyeliminowania strat czasu na wartość OEE

Stan początkowy				Stan po wyeliminowaniu strat czasu			
Straty czasu							
Czas Zamówiony	A	dane	10739	A'	const	10739	
Planowane Przerwy	B	dane	370	B'	const	370	
Planowany Czas Produkcji	C	A-B	10369	C'	const	10369	
Nieplanowane przerwy	D	dane	989	D'	D-30	959	
Czas Operacyjny	E	C-D	9380	E'	C'-D'	9410	
Dostępność [%]	F	E/C	90,46	F'	E'/C'	90,75	
Straty tempa							
Wszystkie wyroby [l.]	G	dane	97600	G'	J' x E'	97912	zaokrągl do liczby całkowitej w dół
Standardowy czas cyklu [min/l.]	H	60/l	0,0857143	H'	const	0,085714286	
Wydajność maksymalna urządzenie [l./h]	I	dane	700	I'	const	700	
Wydajność osiągnięta przez urządzenie [l./min]	J	G/E	10,41	J'	const	10,41	
Wykorzystanie [%]	K	(G*H)/E	89,19	K'	const	89,19	
Straty jakości							
Liczba braków [l.]	L	dane	2130	L'	(100-M') x G'	2137	zaokrągl do liczby całkowitej w górę
Jakość [%]	M	(G-L)/G	97,82	M'	const	97,82	
OEE [%]	N	F x K x M	78,92	N'	F' x K' x M'	79,17	

korzyść [l./o.o]	$O=(G'-L')-(G-L)$	305
Koszt prod. 1 szt. wyrobu [zł/l.]	P	12,70
korzyść [zł./o.o]	$O \times P$	3873,50

Źródło: opracowanie własne na podstawie KOSIERADZKA A. 2008

Obliczenia, które zamieszczono w tabeli 2 pozwalają na stwierdzenie, iż obniżenie strat czasu o 30 minut skutkować będzie możliwością wytworzenia dodatkowych 312 litrów emalii. Jest to równoznaczne z osiągnięciem korzyści finansowej na poziomie 3873,50 zł, dla przyjętych kosztów wytworzenia 1 litra wyrobu wynoszących 12,70 zł.

2.3. Wpływ poprawy wydajności osiągniętej przez urządzenie na wartość OEE

Sporządzono teoretyczne zestawienie rezultatów poprawy wydajności badanej maszyny o 0,03 l./min względem wartości wydajności rzeczywistej, w badanym okresie rozliczeniowym, wynoszącej 10,41 l./min, co skutkuje wzrostem wydajności mieszadła do poziomu 10,44 l./min. Efekty symulacji przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wpływ poprawy wydajności osiągniętej przez urządzenie na wartość OEE

Stan początkowy				Stan po poprawie wydajności osiągniętej przez urządzenie			
Straty czasu							
Czas Zamówiony	A	dane	10739	A'	const	10739	
Planowane Przerwy	B	dane	370	B'	const	370	
Planowany Czas Produkcji	C	A-B	10369	C'	const	10369	
Nieplanowane przerwy	D	dane	989	D'	const	989	
Czas Operacyjny	E	C-D	9380	E'	const	9380	
Dostępność [%]	F	E/C	90,46	F'	const	90,46	
Straty tempa							
Wszystkie wyroby [l.]	G	dane	97600	G'	J' x E'	97881	zaokrągli do liczby całkowitej w dół
Standardowy czas cyklu [min/l.]	H	60/l	0,0857143	H'	const	0,1	
Wydajność maksymalna urządzenie [l./h]	I	dane	700	I'	const	700	
Wydajność osiągnięta przez urządzenie [l./min]	J	G/E	10,41	J'	J+0,03	10,44	
Wykorzystanie [%]	K	(G*H)/E	89,19	K'	(G' x H')/E'	89,44	
Straty jakości							
Liczba braków [l.]	L	dane	2130	L'	(100-M') x G'	2137	zaokrągli do liczby całkowitej w górę
Jakość [%]	M	(G-L)/G	97,82	M'	const	97,82	
OEE [%]	N	F x K x M	78,92	N'	F' x K' x M'	79,15	
Korzyść [l./o.o]				O=(G'-L')-(G-L)		274	
Koszt prod. 1 szt. wyrobu [zł/l.]				P		12,70	
Korzyść [zł./o.o]				O x P		3479,80	

Źródło: opracowanie własne na podstawie KOSIERADZKA A. 2008

Wzrost wydajności mieszadła o 0,03 l./min spowodować może wzrost ilości wytworzonej emalii o 281 litrów, co przekłada się na korzyść finansową równą 3479,80 zł.

2.4. Wpływ poprawy wskaźnika jakości na wartość OEE

W celu symulacji poprawy wskaźnika jakości o 0,4% dokonano obliczeń potencjalnych korzyści otrzymanych po wdrożeniu takiego usprawnienia. Zestawienie efektów poprawy wskaźnika jakości do poziomu 98,22% zaprezentowano w tabeli 4.

Tabela 4. Wpływ poprawy wskaźnika jakości na wartość OEE

Stan początkowy				Stan po poprawie wskaźnika jakości			
Straty czasu							
Czas Zamówiony	A	dane	10739	A'	const	10739	
Planowane Przerwy	B	dane	370	B'	const	370	
Planowany Czas Produkcji	C	A-B	10369	C'	const	10369	
Nieplanowane przerwy	D	dane	989	D'	const	989	
Czas Operacyjny	E	C-D	9380	E'	const	9380	
Dostępność [%]	F	E/C	90,46	F'	const	90,46	
Straty tempa							
Wszystkie wyroby [l.]	G	dane	97600	G'	const	97600	
Standardowy czas cyklu [min/l.]	H	60/l	0,0857143	H'	const	0,1	
Wydajność maksymalna urządzenie [l./h]	I	dane	700	I'	const	700	
Wydajność osiągnięta przez urządzenie [l./min]	J	G/E	10,41	J'	const	10,41	
Wykorzystanie [%]	K	(G*H)/E	89,19	K'	const	89,19	
Straty jakości							
Liczba braków [l.]	L	dane	2130	L'	$(100-M) \times G'$	1740	zaokrągl do liczby całkowitej w górę
Jakość [%]	M	(G-L)/G	97,82	M'	M+0,4%	98,22	
OEE [%]	N	F x K x M	78,92	N'	F' x K' x M'	79,24	
				Korzyść [l./o.o]		O=(G'-L')-(G-L)	390
				Koszt prod. 1 szt. wyrobu [zł/l.]		P	12,70
				Korzyść [zł./o.o]		O x P	4953,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie KOSIERADZKA A. 2008

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w wyniku poprawy wskaźnika jakości można będzie osiągnąć wzrost liczby wyprodukowanych litrów

emalii o 390 w przyjętym okresie obliczeniowym, co spowoduje wprost przychodów z tytułu dodatkowej, wytworzonej ilości emalii o 4953 zł.

.2.5. Wpływ jednoczesnego wyeliminowania strat czasu, poprawy wydajności osiągananej przez urządzenie i poprawy wskaźnika jakości na wartość OEE

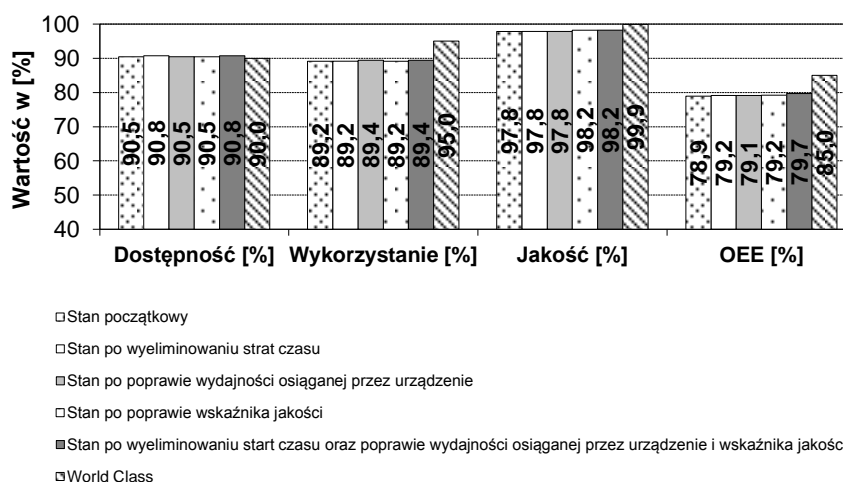
W ostatnim etapie dokonano analizy wpływu jednoczesnego wyeliminowania strat czasu, poprawy wydajności i poprawy wskaźnika jakości przez badaną maszynę na wartość wskaźnika OEE. Kalkulację korzyści produkcyjnych i finansowych przedstawiono w tabeli 6.5.

Tabela 5. Wpływ jednoczesnego wyeliminowania start czasu, poprawy wydajności osiągananej przez urządzenie i poprawy wskaźnika jakości na wartość OEE

Stan początkowy				Stan po wyeliminowaniu start czasu oraz poprawie wydajności osiągananej przez urządzenie i wskaźnika jakości			
Straty czasu							
Czas Zamówiony	A	dane	10739	A'	const	10739	
Planowane Przerwy	B	dane	370	B'	const	370	
Planowany Czas Produkcji	C	A-B	10369	C'	A-B	10369	
Nieplanowane przerwy	D	dane	989	D'	D-30	959	
Czas Operacyjny	E	C-D	9380	E'	C'-D'	9410	
Dostępność [%]	F	E/C	90,46	F'	E'/C'	90,75	
Straty tempa							
Wszystkie wyroby [l.]	G	dane	97600	G'	J' x E'	98194	zaokrągl do liczby całkowitej w dół
Standardowy czas cyklu [min/l.]	H	60/l	0,0857143	H'	const	0,086	
Wydajność maksymalna urządzenia [l./h]	I	dane	700	I'	const	700	
Wydajność osiąganana przez urządzenie [l./min]	J	G/E	10,41	J'	J+0,03	10,44	
Wykorzystanie [%]	K	(G*H)/E	89,19	K'	(G' x H')/E'	89,44	
Straty jakości							
Liczba braków [l.]	L	dane	2130	L'	(100-M) x G'	1751	zaokrągl do liczby całkowitej w górę
Jakość [%]	M	(G-L)/G	97,82	M'	M+0,4%	98,22	
OEE [%]	N	F x K x M	78,92	N'	F' x K' x M'	79,72	
Korzyść [l./o.o]				O=(G'-L')-(G-L)		973	
Koszt prod. 1 szt. wyrobu [zł/l.]				P		12,70	
Korzyść [zł./o.o]				O x P		12357,10	

Źródło: opracowanie własne na podstawie KOSIERADZKA A. 2008

Dzięki łącznej poprawie trzech składowych wskaźnika OEE wydajność produkcji wzrosła o 973 l/o.o., co w efekcie przyniesie firmie korzyść rzędu 12357,10 zł. Graficzne zestawienie wyników uzyskanych w zakresie poprawy wskaźnika OEE przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Zestawienie wyników uzyskanych w zakresie poprawy wskaźnika OEE
Źródło: opracowanie własne

W przypadku analizy niezależnej poprawy jednego ze wskaźników OEE największe korzyści finansowe przyniesie poprawa wskaźnika jakości. Problem niepełnego wykorzystania dostępnego czasu pracy maszyny oraz zmniejszonej wydajności jej pracy również wymaga od zarządzających podjęcia działań usprawniających. Straty z tytułu spadku tempa produkcji i mikroprzebiegów stanowią ważny problem i są główną przyczyną niskiej efektywności pracy badanej maszyny (to wykazała analiza OEE w okresie 1 miesiąca). Problemem jest także rejestracja tego rodzaju przestojów, co jest konieczne do przeanalizowania przyczyn strat, celem ich eliminacji. Jest to niemożliwe przy bieżącym sposobie rejestracji strat czasu przyjętym w zakładzie (wykorzystanie standardowych formularzy OEE).

3. Podsumowanie i wnioski

W wyniku przeprowadzonej analizy poprawy wskaźnika OEE i jego poszczególnych składowych okazało się, że dla zasymulowanych wartości popraw największą korzyść osiągnięto dzięki poprawie wskaźnika jakości o 0,4%. Należy wskazać, że czynniki, które związane są z funkcjonowaniem maszyny a które przyczyniają się do obniżenia jakości emalii poliwinylowej:

- stosowanie tańszych zamienników materiałowych,
- złe proporcje składników,
- monotonia i rutyna w działaniach operatora,
- zmęczenie, rozproszenie uwagi operatora,
- niepoprawna obsługa,
- niedokładne mieszanie,
- awarie maszyny.

W zapewnieniu odpowiedniego poziomu jakości emalii istotne jest właściwe wykorzystanie nabytej przez operatorów wiedzy (obszar „człowiek”). Wiedzę taką można doskonalić poprzez organizację szkoleń. Doświadczenie pracownika obsługującego mieszadło odgrywa bardzo ważną rolę w zapewnieniu prawidłowej realizacji procesu mieszania. Istotne jest też posiadanie precyzyjnie odmierzającej składniki emalii stacji dozującej (obszar „maszyna”). W celu poprawy stopnia wykorzystania czasu pracy badanej maszyny należy podjąć działania polegające m.in. na stworzeniu dodatkowego obszaru magazynowego przy stanowisku pracy, który pozwoli na zmniejszenie strat czasu związanych z koniecznością oczekiwania na dostarczenie brakujących materiałów w przypadku, gdy na stanowisku będzie niewystarczająca ich ilość. Konieczna jest także (lepiej) organizacja produkcji, która pozwoli zapewnić możliwość wyprodukowania 6 partii wyrobu, co umożliwi, przy założeniu braku wprowadzania mieszania korekcyjnego, na wytworzenie 4800 litrów emalii.

LITERATURA

1. BORKOWSKI S., RYCHTER A., JEZIORSKI L. 2004. *Zarządzanie czasem pracy maszyn w ramach TPM*, Zeszyt 6-2/2004, Wyd. Wyższej Szkoły Zarządzania i Marketingu w Sosnowcu, Sosnowiec.
2. BORKOWSKI S., ULEWICZ R. 2009. *Instrumenty doskonalenia systemów produkcyjnych*, Wydawnictwo PTM, Warszawa,
3. BRZEŃSKI J., FIGAS M. 2007. *Wdrożenie TPM*, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, Wyd. Trade Media International, Warszawa.
4. BRZEZIŃSKI A. 2013. *OEE – sposób na zwiększenie efektywności produkcji*, Wyd. Wiedza i Praktyka, Warszawa.
5. KOSIERADZKA A. (pod red.) 2008. *Podstawy zarządzania produkcją. Ćwiczenia*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa
6. SELEJDAK J., KNOP K. 2011. Analysis of Advantages Resulted from Improvement of an OEE Factor. *Quality. Technological Improvement*. Stanisław Borkowski, Tomasz Lipiński (red.). TRIPSOFT, Trnava.
7. PURZYCKI G. 2003. *Wskaźnik OEE, czyli jak w ciągu kilku miesięcy znacząco zwiększyć efektywność produkcji*. Biuletyn Automatyki Astor. Wyd. Astor sp. z o.o.. 3/2003.