

PROBLEMATYKA OBLICZANIA WSKAŹNIKA OEE DLA MASZYN FLEKSOGRAFICZNYCH – STUDIUM PRZYPADKU

Jan LIPIAK, Krzysztof EJSMONT

Streszczenie: W ostatnich latach wyraźnie wzrosło zainteresowanie mierzalnością efektywności procesów produkcyjnych z wykorzystaniem wskaźnika OEE. Doskonale w ten trend wpisują się m.in. firmy z branży poligraficznej, w których: elastyczność, standaryzacja procesu oraz zrozumienie wskaźnika są kluczem do eliminacji marnotrawstwa, ciągłego doskonalenia oraz spełnienia coraz wyższych wymagań klienta. W niniejszej pracy główną uwagę poświęcono procesowi druku fleksograficznego na przykładzie wybranej firmy. Zaprezentowano sposób obliczania i interpretacji wskaźnika OEE (poprzedzonego analizą przebrojenia maszyny drukującej) oraz wskazano na niedoskonałości tego narzędzia.

Słowa kluczowe: przebrojenie maszyn, efektywność wyposażenia, fleksografia, OEE.

1. Wprowadzenie

Przemiany gospodarcze dotyczące konkurencyjności przedsiębiorstw z branży poligraficznej wymuszają na producentach w celu utrzymania ich pozycji na rynku, poszukiwania rozwiązań mających za zadanie usprawnienie procesów produkcyjnych. Wynika to zarówno z bardzo dynamicznego rozwoju sektora poligrafii, jak również ze stosowania bardzo nowoczesnych maszyn i systemów produkcyjnych w firmach z tej branży [1].

Przezbieranie maszyn i urządzeń produkcyjnych w celu przygotowania ich do wytwarzania nowego wyrobu wymaga czasu. Znalezienie sposobów jego monitorowania oraz redukcji jest jednym z głównych celów działań osób odpowiedzialnych za procesy produkcyjne. Szybkie zmiany to nie tylko oszczędność kosztów, zwiększenie wydajności, ale również i sposób na likwidację w procesie tzw. „wąskich gardeł” [2]. Temat przebrojeń wydaje się być dość istotny, szczególnie w branży poligraficznej. Dzieje się tak za sprawą tego, że czasy przebrojeń maszyn w drukarniach często znacząco przekraczają czasy produkcji (szczególnie przy zleceniach niskonakładowych). Stąd niezwykle istotne staje się dokładne przeanalizowanie procesu przezbierania maszyn, a także regularne jego monitorowanie za pomocą odpowiednich wskaźników. Celem tego jest poprawa efektywności procesu produkcyjnego oraz eliminacja wszelkiego rodzaju marnotrawstwa w nim występującego.

Wskaźnikiem, który odgrywa istotną rolę w doskonaleniu procesu produkcyjnego jest wskaźnik wykorzystania wyposażenia OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) [3, 4, 5, 6]. Jest on metodą pomiaru i wizualizacji tego jak efektywnie wykorzystywane są zasoby produkcyjne. W bardzo dużym uproszczeniu można stwierdzić, że OEE pokazuje (w wartości procentowej) jaką część pracy maszyny wykonały w stosunku do teoretycznej maksymalnej wartości.

OEE zwraca się w stronę procesu, tzn. bierze pod uwagę nie tylko czas dostępności maszyn (czas zaplanowany/czas zmiany), ale również wydajność (wydajność

rzeczywista/wydajność nominalna) i jakość (ilość wyrobów dobrych/cała produkcja). Jego istota polega na porównywaniu wykorzystania maszyny do wykorzystania idealnego, które zachodzi wówczas, gdy produkcja i jej przygotowanie prowadzone są zgodnie z planem [7, 8, 9]. Obliczanie wskaźnika OEE umożliwia definiowanie działań doskonalących w zakresie realizowanych procesów produkcyjnych, pozwala zmierzyć ich efekt po wdrożeniu oraz eliminację istniejących problemów. Pozwala także zidentyfikować „wąskie gardła” i główne problemy przedsiębiorstwa.

2. Charakterystyka przedsiębiorstwa

Etigraf Sp. z o.o. z siedzibą w Sulejówku obok Warszawy to drukarnia z wieloletnią tradycją i doświadczeniem, od 1994 r. stale doskonaląca się w dziedzinie poligrafii. Firma specjalizuje się w produkcji etykiet i laminatów na roli. Jest to możliwe dzięki posiadaniu nowoczesnego parku maszynowego, kreatywnej załogi, profesjonalnego studia graficznego oraz własnej cyfrowej przygotowalni produkcji. Dzięki temu przedsiębiorstwo jest w stanie sprostać wielu różnorodnym zadaniom, począwszy od projektu graficznego, poprzez druk, procesy wykończeniowe, po dostarczenie gotowego produktu do klienta. Dzięki ciągłemu rozwojowi firma Etigraf jest w stanie wydrukować każdy rodzaj etykiety do maksymalnej szerokości 430 mm i powtarzalnej długości 600 mm na wszystkich rodzajach papieru oraz folii PP, PE, PS, BOPP, laminatów wielowarstwowych na saszetki i laminatów TBL. W ostatnim czasie w przedsiębiorstwie wdrożono również produkcję *shrink sleeveów* tj. rękawa produkowanego z folii PVC i PET o skurczu kierunkowanym. Nowoczesny park maszynowy pozwala na zadruk materiałów do 10 kolorów oraz dodatkowe uszlachetnianie lakierem UV, folią, złocenie *cold-stampowaniem* i *hot-stampowaniem* oraz tłoczeniem w linii. Istnieje również możliwość wielowarstwowego zadruku etykiety i od strony kleju [10].

Drukowanie w omawianym przedsiębiorstwie odbywa się głównie metodą fleksograficzną. Firma ukierunkowana jest na innowacyjność, a także otwarta na nowoczesne technologie oraz stosująca filozofie i koncepcje zarządzania jakością, takie jak: 5S, Lean Management, Kaizen, TPM, SMED. Połączenie sprawnej organizacji pracy z profesjonalnym zapleczem technicznym, dające gwarancję wysokiej jakości, poparte zostało certyfikatami ISO 9001:2000, ISO 14001:2004 oraz międzynarodowym certyfikatem BRC [10]. Opierając się na powyższych informacjach, podjęto próbę analizy niezwykle ważnego w firmach poligraficznych procesu przezbrajania maszyn w celu jego uproszczenia i przyspieszenia działań z nim związanych.

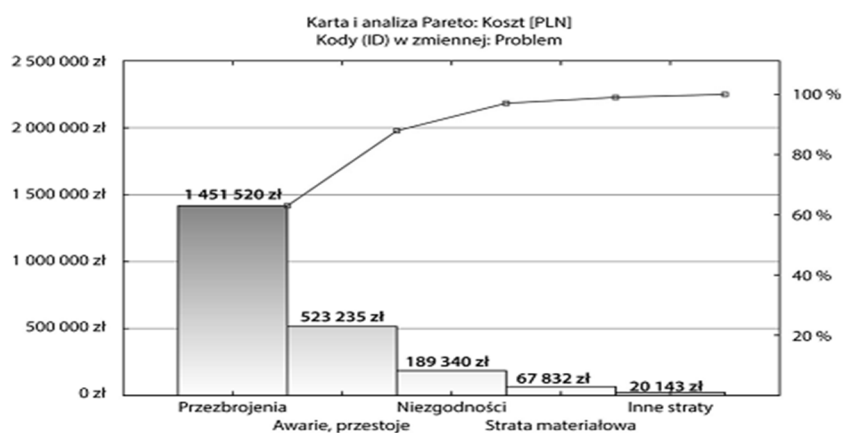
3. Specyfika fleksografii oraz identyfikacja strat w drukarni

Fleksografia jest techniką drukowania wypukłego, w której obszary drukujące są położone wyżej na formie w stosunku do niedrukujących. Technika ta przypomina drukowanie typograficzne, jednak wykorzystuje formy gumowe zamiast metalowych. Ponadto fleksografia stosuje formy fotopolimerowe. Formy te, zarówno w wersjach gumowych, jak i fotopolimerowych, mogą być wytwarzane w systemach CtP lub techniką konwencjonalną.

Zespół drukujący maszyny fleksograficznej składa się ze stalowego cylindra drukowego pozbawionego obciążenia oraz z cylindra formowego, na który jest nakładana forma w sposób wynikający z technologii jej wykonania. Zespół farbowy maszyny fleksograficznej tworzą: walec farbowy, walec "anilox", kałamarz i zbiornik. Walek farbowy zanurzony jest częściowo w farbie i rotując, zbiera ją. Styka się on z aniloxem, którego powierzchnia

cechuje się jednakowymi zagłębieniami. Rakiel służy do ściągania nadmiaru farby z aniloxu, który dotyka bezpośrednio do formy drukowej. Następnie farba z formy trafia na podłoże, co jest wspomagane dociskiem wywołanym przez cylinder dociskowy. Technika fleksograficzna drukuje się przede wszystkim opakowania na podłożach z tektury falistej, tektury litej, folii, papieru, plastiku oraz aluminium [10].

W drukarni Etigraf postanowiono zastosować analizę Pareto-Lorentza (rys. 1) w celu identyfikacji, które składowe marnotrawstwa takie jak: przebrojenia, awarie, przestoje, straty materiałowe, generują największe straty finansowe dla przedsiębiorstwa. W tym celu zebrano dane z całego 2013 roku dotyczące różnego rodzaju strat powstałych w firmie. Do wygenerowania diagramu Pareto-Lorentza zastosowano program Statistica, który jest pakietem oprogramowania inżynierskiego do analizy danych i *data mining*.



Rys. 1. Analiza strat firmy Etigraf w 2013 roku

Przeprowadzona w przedsiębiorstwie analiza wykazała, iż straty z powodu przebrojeń maszyn były dla całej organizacji najdotkliwsze i stanowiły blisko 60% wszystkich strat. Biorąc pod uwagę fakt, że kolejne 20% strat związane było z awariami i przestojami oczywista wydała się konieczność zastosowania mierników oceny efektywności maszyn w celu dokładnego zdiagnozowania przyczyn tego stanu rzeczy, a także zaproponowanie działań korygujących i naprawczych.

Z obserwacji poczynionych w firmie na przestrzeni całego 2013 roku okazało się, że średnia dzienna liczba przebrojeń to 8, natomiast średni czas przebrojenia wynosi 1,2 godziny (tabela 1).

Tab. 1. Zestawienie danych dotyczących przestojów maszyn (wartości średnie z całego roku 2013)

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Koszt roboczogodziny pracy maszyny drukującej	[PLN/godz.]	600
Ilość prac wykonywanych w ciągu dnia roboczego	[szt.]	8
Ilość przebrojeń maszyny w ciągu dnia roboczego	[szt.]	8
Średni czas przebrojenia maszyny	[godz.]	1,2
Dzienny czas pracy maszyny	[godz.]	20
Dzienny czas przestoju maszyny z powodu przebrojeń	[godz.]	9,6
Dzienny czas efektywnej pracy maszyny	[godz.]	10,4

Znając koszt roboczogodziny pracy maszyny drukującej, kształtujący się na poziomie około 600 zł, a także posiadając informacje o ilości godzin poświęconych przezbrojeniom można w prosty sposób oszacować łączny koszt przestojów (dzienny, miesięczny czy roczny). Jak wynika z rys. 1, łączny koszt z tytułu przezbrojeń w 2013 roku kształtował się na poziomie około 1,5 mln zł. Kolejne pół miliona zł to straty związane z awariami i przestojami innymi niż przezbrojenia.

Zaobserwowano również, że wskaźnik efektywnego czasu pracy maszyny w odniesieniu do czasu przestojów z powodu przezbrojeń kształtuje się na niekorzystnym poziomie (9,6h przestoju w odniesieniu do 10,4h pracy efektywnej daje wskaźnik pracy maszyny na poziomie 52%). Wysoki czas przestojów maszyn jest co prawda dość specyficzny dla produkcji fleksograficznej, gdyż produkcja tego typu odbywa się w zasadzie wyłącznie na zlecenie. Przez to dziennie może być realizowane kilka lub nawet kilkanaście zgoła odmiennych zamówień, do których należy przygotować się w różny sposób. Operator maszyny, po otrzymaniu listy zleceń produkcyjnych, samodzielnie, często bazując na własnym doświadczeniu i posiadanej wiedzy, na podstawie dat realizacji, kolorystyki, szerokości surowca itp. dobiera kolejność wykonywanych zleceń. Kolejność ta jest przede wszystkim podyktowana całkowitym czasem przezbrajania, który bardzo często jest kilkakrotnie dłuższy niż czas poświęcony na druk właściwy. Nie do rzadkości należą sytuacje w których czas przezbrojenia maszyny dla druku wielokolorowego przekracza godzinę, a sam proces druku trwa nie dłużej niż kilka minut. Powodem tego stanu rzeczy jest np. to, że maszyny fleksograficzne potrafią drukować z prędkością 3000 metrów na 1h, a około 20-25% wszystkich zleceń w firmie Etigraf to zlecenia nie przekraczające 200 metrów. W takiej sytuacji skrócenie czasu przezbrajania jest punktem krytycznym w całym procesie produkcji. Warto również podkreślić, iż w analizowanym przedsiębiorstwie przezbrojenie wykonuje jedna osoba – operator obsługujący daną maszynę.

Niemniej jednak uzyskana wysoka wartość wskaźnika przestojów maszyn nawet przy uwzględnieniu specyfiki branży oraz charakterystyki procesu druku fleksograficznego jest trudna do zaakceptowania. Fakt ten, a także bardzo wysoka wartość strat finansowych z tytułu przezbrojeń zadecydowała o podjęciu przez autorów próby dokładniejszego zbadania całkowitej efektywności maszyn fleksograficznych. W tym celu zdecydowano się na użycie bardzo często stosowanego w praktyce, a także szeroko opisywanego w literaturze wskaźnika OEE.

4. Metodyka obliczania wskaźnika OEE dla wybranej maszyny fleksograficznej

Wyznaczenie wartości wskaźnika OEE zostało przeprowadzone na maszynie drukującej Gidue Master Combat 430 (rys. 2) z racji tego, iż jest to najnowsze urządzenie w parku maszynowym firmy Etigraf. Dodatkowo na tej właśnie maszynie drukującej realizowany jest proces produkcji etykiet termokurczliwych, które są kluczowym produktem firmy. Zważywszy na ten fakt, każda efektywna minuta pracy w czasie produkcji ma wymierne przełożenie na wynik finansowy osiągnięty przez przedsiębiorstwo.



Rys. 2. Maszyna drukująca Gidue Master Combat 430

Analizę rozpoczęto od obserwacji całego procesu przebrojenia maszyny (etap przygotowawczy) w trakcie realizacji dwóch zleceń produkcyjnych wykonanych dnia 4 stycznia 2015 roku przez jednego operatora. Zlecenia o których mowa, to dwa zlecenia produkcyjne, z tą różnicą, że jedno z nich to narząd pierwotny, a więc narząd realizowany po raz pierwszy, bez możliwości użycia form drukowych – czyli polimerów już wcześniej wykonanych, podczas realizacji wcześniejszego zlecenia. Natomiast drugie zlecenie to narząd wtórny, czyli narząd realizowany po raz kolejny, z wykorzystaniem już istniejących form drukowych – czyli polimerów z poprzedniego zlecenia.

Zanotowano wszystkie czynności, które były wykonywane przez operatora maszyny łącznie z czasami ich trwania. Wyodrębniono także, czy dana czynność jest czynnością wewnętrzną czy zewnętrzną oraz do której grupy należy ją zaliczyć:

- VA – dodających wartość (z ang. *Value Added*),
- VA/NVA – pośrednich,
- NVA – nie dodających wartości.

Dane dla obu narządów przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Dzięki danym zebranych w tabeli 2 możliwe stało się prześledzenie, które czynności należy poprawić lub całkowicie wyeliminować. Uzyskano również następujące informacje: Całkowity czas trwania narządu to 56 minut i 55 sekund.

Zestawienie czynności VA, NVA, VA/NVA wraz z sumarycznymi czasami:

VA – 0:36:07 tj. 63,46%,

VA/NVA – 0:07:55 tj. 13,91%,

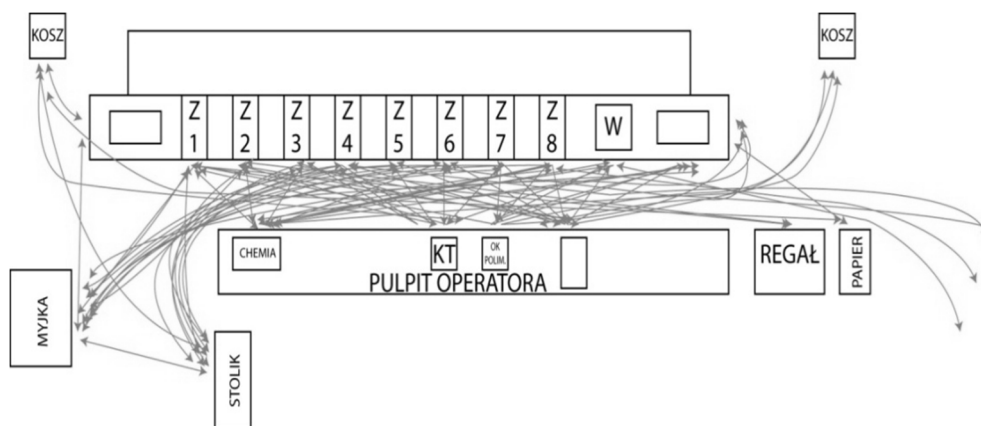
NVA – 0:12:53 tj. 22,63%.

Zauważono dość duży odsetek czasu straconego – czyli czynności nie dodających wartości (22,63%). To ponad 1/5 całkowitego czasu przestoju maszyny związanego z przebrojeniem. Dodatkowo należy podkreślić, że aż 11 minut i 20 sekund (szary kolor) jest tracone na przemieszczanie się pracownika na stanowisku drukarskim. Stanowi to prawie całkowity czas czynności nie dodających wartości. Czas czynności wewnętrznych wyniósł 36 minut i 7 sekund, a zewnętrznych 20 minut i 48 sekund. Świadczy to o tym, że prawie 2/3 wszystkich czynności to czynności wewnętrzne.

Tab. 2. Czynności wykonywane w trakcie przebrojenia – narząd pierwotny

Lp.	Czynności	Wartość	Czas [s]	Wew./Zewn.
1	Rozłączanie maszyny	VA	85	W
2	Czyszczenie wałków – zdejmowanie polimerów	VA	90	W
3	Mycie pierwszego wałka	VA/NVA	130	Z
4	Mycie pierwszego zespołu	VA/NVA	60	Z
5	Pobranie rakla	VA/NVA	55	Z
6	Wyjaśnianie problemów błęd w KT	NVA	45	Z
7	Chodzenie po rakiel	NVA	140	Z
8	Montaż rakla na Z1	VA	62	W
9	Mycie Z1	VA	63	W
10	Chodzenie – kosz	NVA	5	Z
11	Demontaż rolki	VA	50	W
12	Chodzenie – do magazynu	NVA	70	Z
13	Montaż wałka Z4	VA	25	W
14	Chodzenie – odniesienie wałka	NVA	75	Z
15	Regulacje	VA	35	W
16	Demontaż wałka i wykrojnika	VA	85	W
17	Chodzenie – do archiwum	NVA	230	Z
18	Czytanie karty	VA/NVA	20	Z
19	Montaż wałka i wykrojnika – regulacje	VA	140	W
20	Chowanie karty i polimeru	VA/NVA	210	Z
21	Mycie polimeru	NVA	48	Z
22	Montaż polimeru nr 1	VA	2	W
23	Montaż polimeru nr 2	VA	150	W
24	Montaż polimeru nr 3	VA	90	W
25	Montaż polimeru nr 4	VA	55	W
26	Chodzenie – po rolkę z papierem	NVA	85	Z
27	Montaż i regulacja rolki	VA	120	W
28	Chodzenie	NVA	60	Z
29	Montaż tuby na wyjściu	VA	35	W
30	Chodzenie	NVA	15	Z
31	Uzupełnianie farby na Z6	VA	30	W
32	Regulacja podawania papieru	VA	300	W
33	Regulacja wykrojnika	VA	180	W
34	Regulacja wałka z odpadem	VA	100	W
35	Ponowna regulacja zespołów	VA	470	W

Dodatkowo wszystkie ruchy drukarza na stanowisku produkcyjnym zostały naszkicowane przy użyciu tzw. diagramu spaghetti – jednego z narzędzi metodologii Lean (stosowanego we wstępnej fazie) pozwalającego na obserwację wszystkich ścieżek ruchu (rys. 3). Narzędzie to zastosowano w celu analizy rzeczywistych długości ścieżek pracownika oraz poszukaniu marnotrawstwa podczas wykonywania swojej pracy. Docelowo ma to służyć skróceniu czasu poświęconego na chodzenie i ilości przemieszczeń pracownika na stanowisku. Pozwoli to również na znaczne skrócenie niekorzystnego wskaźnika czynności.



Rys. 3. Diagram spaghetti wykonany dla narzędzia pierwotnego

Jak widać na rysunku 3 droga, którą przeszedł pracownik w toku przezbrojenia jest dość długa i często powtarzająca się. Na rysunku nie ujęto też drogi, którą operator maszyny musiał poświęcić na poszukiwaniu np. rakla, wałka czy rolki z papierem. Warto podkreślić, że w tym przypadku elementy te nie zostały odłożone do magazynu po realizacji poprzedniego zlecenia. Skutkowało to tym, że pracownik nie musiał chodzić po nie do magazynu. W sytuacji odwrotnej, czas trwania przezbrojenia wydłużyłby się o kolejne kilka minut.

Tab. 3. Czynności wykonywane w trakcie przezbrojenia – narzędzie wtórny

Lp.	Czynności	Wartość	Czas [s]	Wew./Zewn.
1	Stop maszyny, wypisywanie karty	VA/NVA	20	Z
2	Zdjęcie roli z wyrobem gotowym	VA	15	W
3	Archiwizacja próbki, dalsze wypisywanie dok.	VA/NVA	53	Z
4	Pobranie i założenie gumowych rękawic	NVA	37	Z
5	Zdjęcie wałka z Z3	VA	15	W
6	Mycie Z3	VA/NVA	33	W
7	Archiwizacja polimeru	VA/NVA	22	Z
8	Pobranie czyściwa, chodzenie – kosz	NVA	10	Z
9	Mycie wałka na myjce	VA/NVA	50	Z
10	Chodzenie – kosz	NVA	10	Z
11	Wyniesienie wałka – wózek	NVA	20	Z
12	Pobranie wałka z Z3 – droga do myjki	VA	5	W
13	Mycie wałka na myjce	VA/NVA	50	Z
14	Wyniesienie wałka – wózek	NVA	12	Z
15	Pobranie i mycie kałamarza	VA	223	Z
16	Chodzenie po panton	NVA	220	Z
17	Włanie pantonu do kałamarza	VA/NVA	65	Z
18	Odniesienie rolki z wyrobem gotowym	VA/NVA	35	Z
19	Zdjęcie rolki z odpadem	VA/NVA	15	W
20	Założenie nowej rolki z odpadem	VA/NVA	40	W
21	Czytanie karty	NVA	20	Z
22	Demontaż i archiwizacja wykrojnika	VA	115	Z

23	Chodzenie – po wykrojnik	NVA	170	Z
24	Montaż wykrojnika	VA	130	W
25	Demontaż rolki z papierem	VA	80	W
26	Chodzenie – po wałki	NVA	20	Z
27	Pobranie 1 wałka	NVA	20	Z
28	Pobranie 2 wałka	NVA	20	Z
29	Pobranie 3 wałka	NVA	20	Z
30	Pobranie 4 wałka	NVA	20	Z
31	Szukanie polimerów	VA/NVA	80	Z
32	Chodzenie – wyjaśnianie KT	NVA	90	Z
33	Oklejanie i montaż 1 wałka	VA/NVA	90	W
34	Oklejanie i montaż 2 wałka	VA/NVA	90	W
35	Oklejanie i montaż 3 wałka	VA/NVA	85	W
36	Oklejanie i montaż 4 wałka	VA/NVA	100	W
37	Chodzenie – po papier	NVA	190	Z
38	Montaż rolki papieru	VA	65	W
39	Regulacja podawania papieru na poszczególnych zespołach	VA	460	W
40	Regulacja docinania – wykrojnika	VA	105	W
41	Regulacja wałków	VA	145	W
42	Regulacja odbierania	VA	75	W
43	Kontrola pierwszej próby	VA	65	W
44	Wymiana wałka farbowego na Z4	VA	45	W
45	Chodzenie po tubę odbierającą	NVA	85	Z
46	Zdjęcie rolki odbierającej i montaż tuby	VA	80	W
47	Regulacje odbierania	VA	15	W
48	Start produkcji, pobranie kolejnej próbki	VA	40	W
49	Kontrola próbki – produkcja	VA	25	W

Podobnie jak w przypadku narzędzia pierwotnego, tak i dla narzędzia wtórnego dzięki danym zebranych w tabeli 3 możliwe stało się prześledzenie, które czynności należy poprawić lub całkowicie wyeliminować. Uzyskano również następujące informacje: Całkowity czas trwania narzędzia to 58 minut i 15 sekund.

Zestawienie czynności VA, NVA, VA/NVA wraz z sumarycznymi czasami:

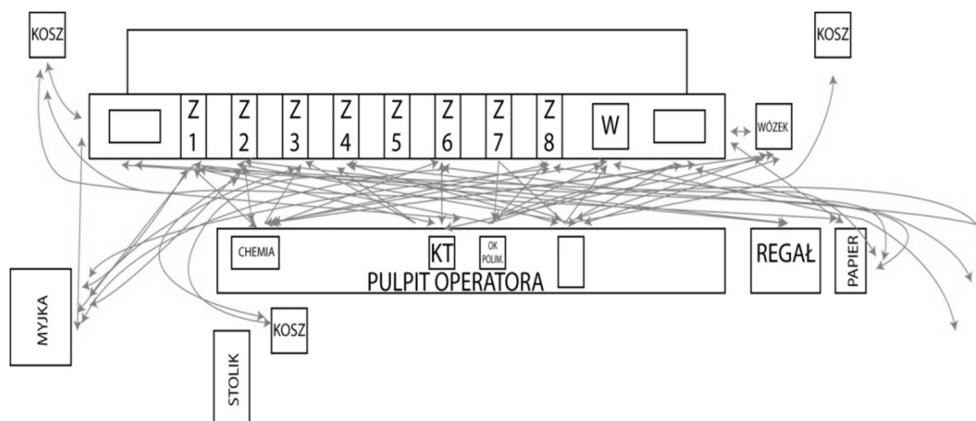
VA – 0:28:23 tj. 48,73%,

VA/NVA – 0:13:48 tj. 23,69%,

NVA – 0:16:04 tj. 27,58%.

W tym przypadku zaobserwowano wzrost wskaźnika procentowego czasu czynności nie dodających wartości (27,58%). Oznacza to oczywiście zwiększenie o kolejne 5% liczby straconych minut. Należy odnotować także fakt, że aż o 15% w porównaniu z narzędziem pierwotnym spadł czas czynności dodających wartość. Czas stracony na przemieszczanie się pracownika na stanowisku drukarskim wyniósł 14 minut i 22 sekundy. Podobnie jak w przypadku narzędzia pierwotnego stanowi to niemal cały czas czynności nie dodających wartości. Czas czynności wewnętrznych wyniósł 30 minut i 18 sekund, a zewnętrznych 27 minut i 57 sekund. Świadczy to o tym, że lekko ponad połowa wszystkich czynności to czynności wewnętrzne.

Podobnie jak przy narzędziu pierwotnym, tak i w tym przypadku wszystkie ruchy drukarza na stanowisku produkcyjnym zostały naszkicowane przy użyciu diagramu spaghetti (rys. 4).



Rys. 4. Diagram spaghetti wykonany dla narzędzia wtórnego

Zauważalnie mniejsza liczba przejść na przedstawionym diagramie oznacza, że realizacja pracy na danej maszynie odbywała się nie po raz pierwszy i część swoich obowiązków pracownik już znał z poprzedniego zlecenia. Analizując tabelę 3 i powyższy diagram można stwierdzić, że i tym razem dość dużo czasu zajęło drukarzowi przygotowanie maszyny do pracy.

Różnica pomiędzy narzędziami nie jest znaczna, aczkolwiek warto podkreślić kilka interesujących faktów. Mimo iż narzędzie wtórne korzystało z gotowych polimerów z wcześniejszego zlecenia, to wartość procentowa czynności dodających wartość okazała się niższa,

a czas przemieszczania drukarza był wyższy. Podkreśla to fakt, że we fleksografii każde zlecenie jest inne oraz nawet będąc w pewnym stopniu przygotowanym do pracy i tak wiele minut jest traconych na inne czynności związane z konkretnym zamówieniem. Co jednak warto odnotować ilość czynności zewnętrznych w narzędziu wtórnym wzrosła, co świadczy o prawidłowej realizacji kolejnego przebrojenia i spełnieniu jednego z podstawowych postulatów filozofii SMED (redukcji czynności wewnętrznych na rzecz zewnętrznych). Również ilość przemieszczeń była mniejsza, a to że zajmowały one więcej czasu może być spowodowane np. dłuższym czasem szukania potrzebnych elementów.

Posiadając powyższe dane, a także informacje o parametrach maszyny i produkcji na zmianie na której zrealizowane zostały powyższe dwa zlecenia, postanowiono obliczyć wartość wskaźnika OEE w celu określenia stopnia efektywności wykorzystania maszyny Gidue Master Combat 430. Obliczenia wykonano dla całej zmiany roboczej na której zrealizowane zostały oba zlecenia. Powodem tego był fakt, że policzenie OEE dla pojedynczego zlecenia da wynik mało wiarygodny i nie uwzględniający specyfiki procesu druku fleksograficznego (w narzędziu wtórnym przebrojenie trwało 57 min. 10 sek., a proces produkcji 65 sek. – wydajność: 1,9%!?). Wskaźnik obliczono na podstawie wzoru (1). Poszczególne jego elementy składowe wyznaczono na podstawie wzorów (2-4).

$$\text{OEE} = \text{Dostępność} * \text{Wydajność} * \text{Jakość} * 100\% \quad (1)$$

Dostępność obliczana jest według wzoru:

$$D = \frac{\text{Czas operacyjny} - \text{Czasy przestojów}}{\text{Czas operacyjny}} \quad (2)$$

Wydajność obliczana jest według wzoru:

$$W = \frac{\text{Produkcja wykonana}}{(\text{Czas operacyjny} - \text{Czas przestojów}) \times \text{Wydajność zmianowa}} \quad (3)$$

Jakość obliczana jest według wzoru:

$$J = \frac{\text{Produkcja wykonana} - \text{Braki}}{\text{Produkcja wykonana}} \quad (4)$$

Analizując produkcję na wybranej zmianie zanotowano, iż w ciągu 8 godzin roboczych (480 minut) była jedna zaplanowana przerwa 20 minutowa oraz czas wszystkich przestojów (przebrojeń, awarii, prac konserwacyjnych, brak zleceń itp.) wyniósł 4 godziny i 32 minuty (272 minuty). Dzięki powyższym danym można obliczyć współczynnik dostępności:

$$D = \frac{460 - 272}{460} = 0,4087$$

Szybkość nadruku maszyny Gidue Master Combat 430 to 55 m/min. Znając czas pracy maszyny (272 minuty) oraz całkowitą produkcję na danej zmianie roboczej (6500 m), która zależy np. od nakładu i kolorystyki można wyliczyć współczynnik wydajności:

$$W = \frac{6500}{(460 - 272) \times 55} = 0,6286$$

Podczas produkcji powstały braki jakościowe, spowodowane zmniejszeniem docisku wałka drukującego. Operator maszyny szybko zareagował na powstałą sytuację, jednak pojawiły się braki w postaci 110 metrów niewłaściwego nadruku. Te dane są podstawą do obliczenia współczynnika jakości:

$$J = \frac{6500 - 110}{6500} = 0,9831$$

Wyliczone wartości współczynników stanowią podstawę obliczenia wskaźnika OEE:

$$OEE = 0,4087 \times 0,6286 \times 0,9831 \times 100\% = \mathbf{25,26\%}$$

Bazując na literaturze można stwierdzić, że wskaźnik OEE osiągnął dość niski poziom, co może oznaczać, że firma niepotrzebnie generuje koszty związane z ilością utraconego czasu oraz produkcji. Jego wartość wskazuje, iż podjęcie prób doskonalących, zmierzających w kierunku skrócenia czasu przebrojenia maszyny drukującej, powinna przynieść znaczące oszczędności oraz zwiększyć liczbę zrealizowanych zleceń produkcyjnych. Warto jednak przy tym pamiętać, że proces druku fleksograficznego ma swoją specyfikę i należy traktować OEE jako wskaźnik wewnętrzny – wskaźnik pozwalający oszacować poprawę lub pogorszenie sytuacji w porównaniu do sytuacji z innego okresu na tej samej maszynie, a jeśli chce się dokonać porównania do innych

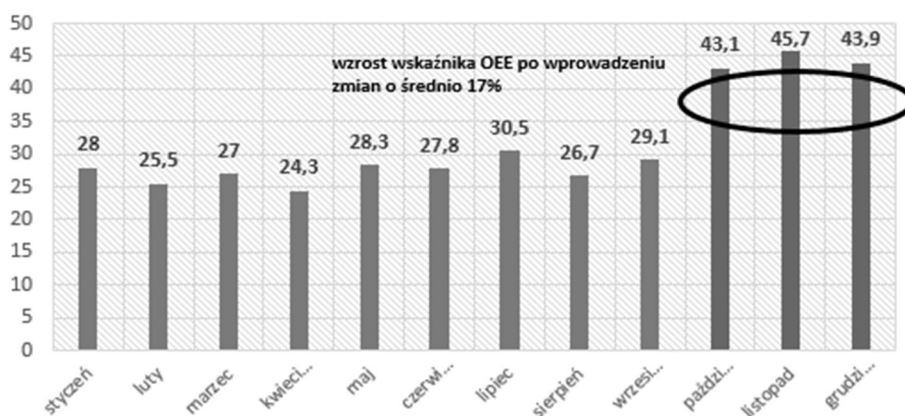
maszyn to jedynie do takich które mają podobną konstrukcję i pracują w podobnym reżimie technologicznym. Należy również pamiętać o roli planisty, który jeśli przyjmuje zlecenie niskonakładowe to musi liczyć się z małą wartością OEE (lepiej produkować małe zlecenie czy nic nie robić?).

5. Podsumowanie i wnioski

Sytuacja rynkowa zmusza właścicieli drukarni do realizacji jak największej ilości zleceń produkcyjnych o niskim nakładzie. Stąd też szczególny nacisk kładzie się na analizę dostępności maszyn oraz standaryzacji każdego procesu w taki sposób, aby przy zachowaniu maksymalnie wysokiego OEE zachować najwyższą jakość druku.

Drukarnia Etigraf podjęła radykalne kroki do ciągłego doskonalenia procesu druku z zachowaniem najwyższej jakości oraz efektywności procesu. Wszystkie uruchomione działania takie jak: standaryzacja procesu przezbrojenia, 5S w obrębie produkcji, uruchomienie właściwego procesu planowania oraz nadzoru nad procesem produkcji, standaryzacja pracy magazynierów – w znaczny sposób wpłynęły na wzrost poziomu wskaźnika OEE (średnia wartość wzrostu wskaźnika po wprowadzeniu działań doskonalących to 17%).

Rysunek 5 obrazuje średnie wartości OEE przed i po wprowadzeniu zmian w obrębie planowania i organizacji procesu druku fleksograficznego.



Rys. 5. Średnie miesięczne wartości OEE (w %) dla maszyny Gidue Master Combat 430

Uruchomione projekty to dopiero początek zmian. Planowane w drukarni Etigraf długofalowe działania zmierzają będą do ciągłego, ustawicznego wzrostu efektywności produkcji. Kolejnym krokiem bazując na filozofii Kaizen będzie identyfikacja i weryfikacja kryteriów wpływających na obniżenie efektywności procesu druku fleksograficznego.

Kryteria wpływające na zmniejszenie efektywności maszyn drukujących, dotychczas nie brane pod uwagę podczas analizy danych i obliczania OEE to: rodzaj i gramatura surowca, pokrycie arkusza farbą (grafiką), ilość kolorów, nakład, próby produkcyjne itp.

Przykładem może być dążenie do uzyskania jak najwyższej podanej przez producenta wydajności zapominając o jakości druku. Mały nakład, wysoka wartość zafarbowania arkusza – niska jakość surowca w połączeniu z dużą prędkością maszyny może być powodem strat jakości i reklamacji. Dlatego też, wartości wskaźnika OEE wyznaczone w niniejszej pracy nie muszą oznaczać niewłaściwej organizacji pracy w firmie (o czym świadczy chociażby

podział czynności wewnętrznych i zewnętrznych), a raczej nie uwzględniają w obliczeniach zmiennych bardzo istotnych podczas procesu druku fleksograficznego.

Wydajność maszyn podana w DTR nie uwzględnia zmienności procesu, zróżnicowania wielkości nakładu, rodzaju użytej farby, lakieru, formatu surowca do druku itp. Potrzebna jest gruntowna analiza procesu druku z uwzględnieniem maksymalnej ilości powtarzalnych zmiennych oraz wypracowanie standardów (wartości teoretycznych) dla każdej zmiennej (przykładowo dla każdego rodzaju surowca). W takim wypadku należy stworzyć macierz z której na bazie wielogodzinnych obserwacji procesu druku fleksograficznego ustali się produkcję teoretyczną uwzględniającą powtarzalne zmienne. Wówczas OEE będzie można policzyć za pomocą formuły: produkcja rzeczywista/produkcja teoretyczna. Niewątpliwie będzie to temat dalszych badań oraz prac zmierzających do doskonalenia wskaźnika OEE dostosowanego do wymagań maszyn fleksograficznych.

Literatura

1. Lipiak J., Ejsmont K.: Wdrażanie metody SMED w przedsiębiorstwie poligraficznym. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, Nr 4 (783), 2015, s. 104-116.
2. Bednarek M.: Doskonalenie systemów zarządzania. Nowa droga do przedsiębiorstwa Lean. Wyd. Difin, Warszawa, 2007.
3. Ahire Ch. P., Relkar A. S.: Correlating Failure Mode Effect Analyses (FMEA) with Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Procedia Engineering*, No. 38, 2012, pp. 3482–3486.
4. Rathenshwar S., Dhaval D. S., Ashish M., Milesh H. S.: Overall equipment efficiency(OEE) Calculation – Automation through Hardware & Software Development. *Procedia Engineering*, No. 51, 2013, pp. 579 – 584.
5. Relkar A. S., Nandurkar K. N.: Optimizing & Analysing Overall equipment efficiency(OEE) through Design of Experiments. *Procedia Engineering*, No. 38, 2012, pp. 2973-2980.
6. The Productivity Press Development Team: OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness. ProdPress, Wrocław, 2009.
7. Oechsner R., Pfeffer M., Pfitzner L., Binder H., Muller E., Vonderstrass T.: From overall equipment efficiency (OEE) to overall Fab effectiveness (OFE). *Materials Science in Semiconductor Processing*, No. 5, 2003, pp. 333–339.
8. Wang T. Y., Pan H. Ch.: Improving the OEE and UPH data quality by Automated Data Collection for the semiconductor assembly industry. *Expert Systems with Applications*, No. 38, 2011, pp. 5764-5773.
9. Wilczarska J.: Efektywność i bezpieczeństwo użytkowania maszyn. *Inż. i Ap. Chem.*, Nr 2, 2012, s. 41-43.
10. Etigraf Sp. z o.o.: <http://etigraf.pl/>.

Mgr inż. Jan LIPIAK

Mgr inż. Krzysztof EJSMONT

Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych

Wydział Inżynierii Produkcji, Politechnika Warszawska

02-524 Warszawa, ul. Narbutta 86, pokój 121 ST

tel./fax: (22) 234-81-23, (22) 849-01-85 / (22) 849-93-90

e-mail: janlipiak@etigraf.pl

krzysztof.ejsmont@wp.pl