

Bożena SKOTNICKA-ZASADZIENÍ, Piotr MASONÍ
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
bskotnicka@polsl

DOSKONALENIE OBIEKTÓW TECHNICZNYCH PRZY WYKORZYSTANIU METODY SMED

Streszczenie. W artykule zaprezentowano jedną z metod inżynierii jakości – metodę SMED – do usprawnienia funkcjonowania maszyny pracującej na linii produkcyjnej w przedsiębiorstwie branży hutniczej. Problemem, który występował na analizowanej linii produkcyjnej, to był zbyt długi czas przezbrojenia maszyny. Zastosowana metoda SMED i podjęte działania pozwoliły na wskazanie miejsc potencjalnych problemów oraz skrócenie czasu przezbrojenia maszyny.

Słowa kluczowe: metoda SMED, linia produkcyjna, przedsiębiorstwo, maszyna, zarządzanie jakością.

IMPROVING TECHNOLOGICAL OBJECTS USING THE SMED METHOD

Summary. The article presents the implementation of the SMED quality engineering method to improve the efficiency of a production line in a steelworks. The problem in the production line analysed was too long of a machine retooling time. The advanced SMED method and the measures taken enabled us to pinpoint the potentially problematic areas and decrease the retooling time.

Keywords: SMED method, production line, company, machine, quality management.

1. Wprowadzenie

Chcąc sprostać wymaganiom rynkowym, przedsiębiorstwa coraz częściej wprowadzają rozwiązania metodyki Lean. Wywodząca się z Japonii koncepcja Lean, określana również jako „szczupłe zarządzanie”, polega głównie na pozbyciu się wszelkiego marnotrawstwa w firmie. Marnotrawstwem nazywa się wszystkie działania i czynności takie jak

nadprodukcja, zbędne ruchy, zapasy, zbędny transport, wszelkie błędy w procesie produkcyjnym, a także czas oczekiwania i braki. Aby osiągnąć zamierzone korzyści, konieczne jest wdrożenie wielu narzędzi i metod z zakresu Lean [1].

Dla prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstwa oraz szybkiej reakcji na potrzeby klientów, konieczne jest wprowadzenie krótszych serii produkcyjnych, co w efekcie prowadzi do skrócenia czasów przebrojeń. Do osiągnięcia takich założeń wykorzystuje się metodę Single Minute Exchange of Die, w skrócie SMED [6, 7, 10].

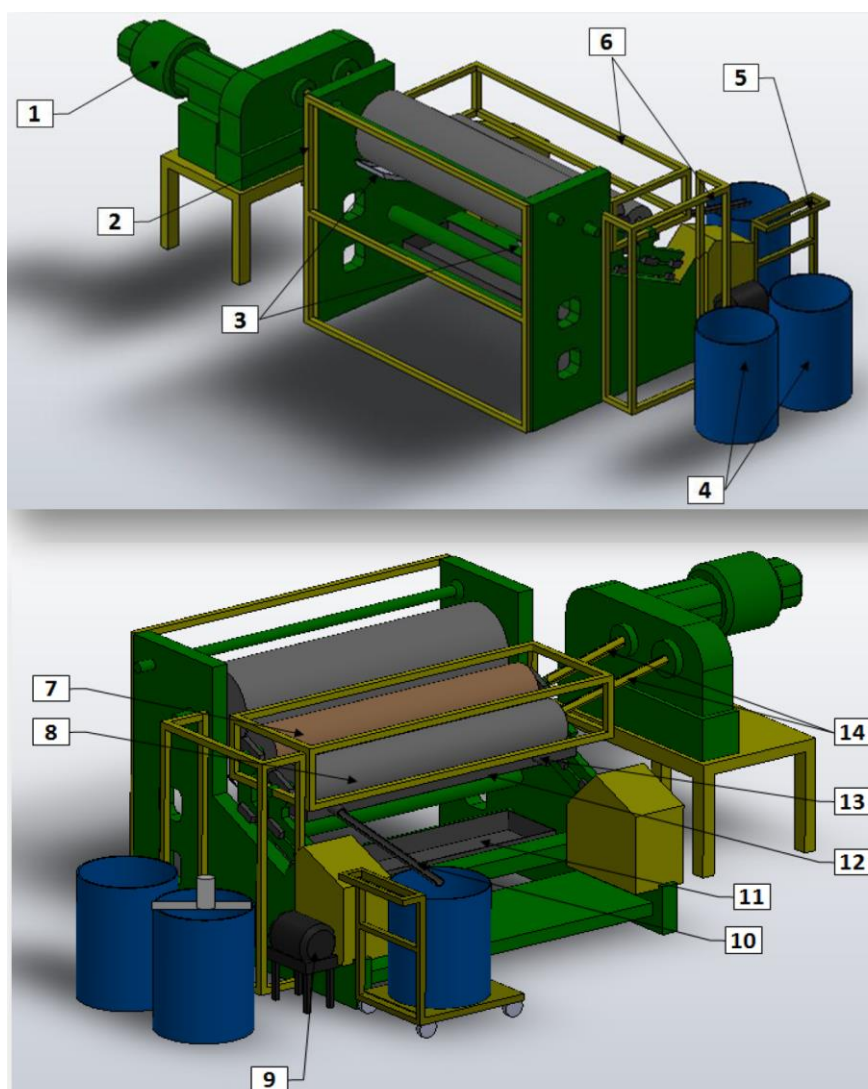
Metodę SMED opracował japoński inżynier Shigeo Shingo. Została ona po raz pierwszy wdrożona w zakładach TOYOTY. Metodologia SMED powstała w celu zmniejszenia czasu przebrojenia pras i nastawy narzędzi w maszynach, lecz jej filozofię można stosować do wszystkich procesów produkcyjnych. Pozwoliła ona na zredukowanie niektórych czasów przebrojenia z kilku godzin nawet do kilku minut. Wiadomo, że osiągnięcie wyniku poniżej 10 minut nie zawsze jest możliwe dla wszystkich przebrojeń, lecz samo zastosowanie metody powoduje redukcję czasu przebrojenia praktycznie w każdym przypadku [2, 3].

Procesy przebrojenia urządzeń i maszyn mają charakterystyczną wspólną cechę, a mianowicie wszystkie składają się z czterech etapów, które są jednakowe dla każdego rodzaju sprzętu i operacji. Etap pierwszy to przygotowanie, kontrola części i narzędzi oraz regulacje poprocesowe. Na drugi etap składają się montaż i demontaż ostrzy, części i narzędzi. Następnie dokonywane są nastawy, pomiary i kalibracje [11]. Końcowy etap to serie próbne i korekty ustawienia maszyny [8, 9]. Celami naukowymi niniejszego artykułu są usprawnienia pracy parku maszynowego z wykorzystaniem metody SMED oraz przedstawienie wynikających z tego korzyści.

2. Opis problemu badawczego

Analiza badawcza za pomocą metody SMED została przeprowadzona w jednym z przedsiębiorstw branży hutniczej. Na linii produkcyjnej należało skrócić czas przebrojenia maszyny powlekającej, gdyż generowała ona duże straty i opóźniała proces produkcyjny.

Poniżej przedstawiono opis maszyny będącej przedmiotem analizy (rys. 1), gdzie: 1 – motoreduktor; 2 – tylna krata osłonowa; 3 – tace ociekowe; 4 – zapas beczek z lakierem; 5 – wózek beczki; 6 – kraty osłonowe; 7 – rolka gumowana R1; 8 – rolka metalowa R2; 9 – pompa pneumatyczna; 10 – rynna spustowa; 11 – dolna wanna ociekowa; 12 – wanna z lakierem; 13 – króciec przyłączeniowy; 14 – wały kardana.



Rys. 1. Ogólna budowa powlekarki wraz z osprzętem

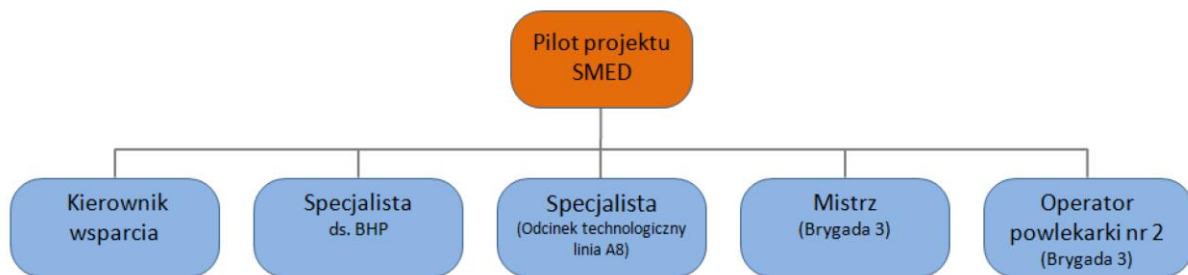
Fig. 1. General construction coater with accessories

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów z przedsiębiorstwa będącego przedmiotem badań.

Maszyna powlekająca składa się dużej metalowej rolki kierunkowej, prowadzącej pasmo blachy. Poniżej znajdują się dwie ruchome rolki, pracujące przeciwbieżnie, rolka metalowa R2 oraz gumowana rolka R1. Za napęd rolek powlekających odpowiada motoreduktor wraz z wałami kardana. Dozująca rolka metalowa (R2) zanurzona jest w wannie, skąd pobiera lakier. Lakier kolejno jest przenoszony na gumowaną rolkę aplikującą (R1), która nakłada warstwę powlekającą na pasmo blachy (rys. 1). Do wymieszania lakieru w beczce służy specjalne mieszadło pneumatyczne. Podczas pracy maszyny jedna z beczek, znajdująca się na specjalnym wózku, przymocowana jest do obudowy powlekarki. Za pośrednictwem tejże beczki odbywa się ciągły cykl dozowania lakieru. Dozowanie lakieru z beczki do wanny odbywa się za pomocą pompy pneumatycznej wraz z osprzętem (rura ssawna, węże z przyłączami). Dozowana ilość lakieru jest regulowana szybkością przepływu przez pompę, a jego nadmiar poprzez rynnę spustową wraca do beczki przy powlekarce. Lakier w beczce

jest regularnie uzupełniany przez operatorów, wykorzystujących do tego celu wózek przechylny do dozowania lakieru. Poniżej wanny na lakier znajduje się dodatkowa wanna ociekowa, do której trafiają rozbryzgiwane pozostałości lakieru. Zabezpieczenie przed częściami ruchomymi stanowią osłony oraz urządzenia ochronne.

Do rozwiązania zaistniałego problemu badawczego został powołany zespół badawczy. Skład tego zespołu został przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Skład grupy powołanej do rozwiązania problemu – skrócenia przezbrojenia maszyny na linii produkcyjnej

Fig. 2. The group set up to solve the problem – to shorten retooling machines on the production line

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów z przedsiębiorstwa będącego przedmiotem badań.

Zespołem kierował pilot projektu, który miał za zadanie zarządzać całym procesem optymalizującym przezbrojenie maszyny. Była to osoba, która w przedsiębiorstwie zajmuje się wdrażaniem i zarządzaniem filozofią Lean oraz doskonale zna narzędzia i techniki „szczępłego zarządzania”.

W zespole znaleźli się także: kierownik wsparcia, specjalista ds. BHP, specjalista odcinka technologicznego oraz dwaj operatorzy pracujący bezpośrednio na danym odcinku linii produkcyjnej, którzy na co dzień dokonują przezbrojenia maszyny powlekającej. Mistrz oraz operator jednej z brygad byli poniekąd jednymi z najważniejszych osób w utworzonym zespole, ponieważ to oni najlepiej znają badaną maszynę oraz po wdrożeniu techniki SMED będą musieli pracować według ustalonych procedur i standardów.

Na pierwszym spotkaniu grupy wdrożeniowej lider zespołu przeprowadził szkolenie wprowadzające do metodologii SMED. Zostały przedstawione korzyści dla firmy, jakie niesie ze sobą skrócenie czasu przezbrojenia maszyny powlekającej. W ramach spotkania grupy stworzono również plan działań, który zawierał poszczególne fazy i ważne punkty projektu. Poniżej przedstawiono rozwiązanie zaistniałego problemu za pomocą metody SMED.

3. Analiza badawcza – metoda SMED

W początkowej fazie SMED zastosowano się do zaleceń literaturowych [1, 2, 3] i dokonano rejestracji procesu przezbrojenia powlekarńki za pomocą kamery. Kamera towarzyszyła procesowi przezbrojenia od początku do końca, tzn. od chwili zakończenia produkcji określonej partii produkcyjnej na maszynie, do chwili, gdy malowana powierzchnia blachy była zgodna ze specyfikacją kolejnej partii produkcyjnej. Przezbrojenia dokonywało dwóch pracowników. Jeden z operatorów biorących udział w przezbrojeniu to mistrz (majster) danej brygady. Podczas nagrywania czynności wykonywanych przez operatorów dokonujących przezbrojenia, szczególną uwagę zwracano na to, by kamerzysta dokładnie podążał za każdym ich ruchem.

Zebrany materiał przedstawiono na spotkaniu grupy SMED. Członkowie grupy wdrożeniowej dokonali dogłębnej analizy przebiegu przezbrojenia. Główną rolę na tym etapie odegrali pracownicy, którzy bezpośrednio dokonywali przezbrajania. Wspólnie z grupą nazwali wszystkie wykonywane przez nich czynności. Każdej wyszczególnionej czynności przypisano dokładny czas jej trwania. Takie zestawienie przedstawia fragment karty przebiegu przezbrojenia na rysunku 3. Z racji tego, że przezbrojenia dokonywało dwóch operatorów, a niektóre z czynności były wykonywane wspólnie, narzucono kilka kolorów. Zarejestrowano 79 etapów przezbrojenia. W związku z tym, że przezbrojenie powlekarńki było wykonywane przez dwóch operatorów, nie można sumować czasów wykonywanych przez nich czynności. Pierwszy operator wykonywał swoje czynności dłużej od drugiego operatora o 9:36 minut. Wspólne czynności trwały 14:45 minut. Sumując czasy pierwszego operatora z czasem, w którym wykonywali czynności wspólnie, wychodzi, że czas trwania przezbrojenia powlekarńki wyniósł 1:07:34 godz.

Do przedstawienia wszystkich ruchów operatorów posłużył diagram spaghetti (rys. 4). Diagram spaghetti, jako jedno ze znanych narzędzi w metodologii Lean, posłużyło, do poszukiwania marnotrawstwa podczas procesu przezbrojenia maszyny. Proces ten polegał na rysowaniu na layoucie wszystkich dróg pokonywanych przez pracownika podczas przezbrojenia maszyny.

Analiza wykazała, że operatorzy niejednokrotnie zmuszeni są w trakcie przezbrojenia pokonywać długie odległości. Szczególną uwagę zwrócono na natłok linii pomiędzy powlekarńką a kuchnią lakieru. Kuchnia lakieru to miejsce, w którym przechowuje się pojemniki i beczki z czystym oraz zużytym rozpuszczalnikiem. W pomieszczeniu tym dokonuje się również czyszczenia wszystkich demontowanych elementów maszyny, zabrudzonych lakierem podczas procesu technologicznego.

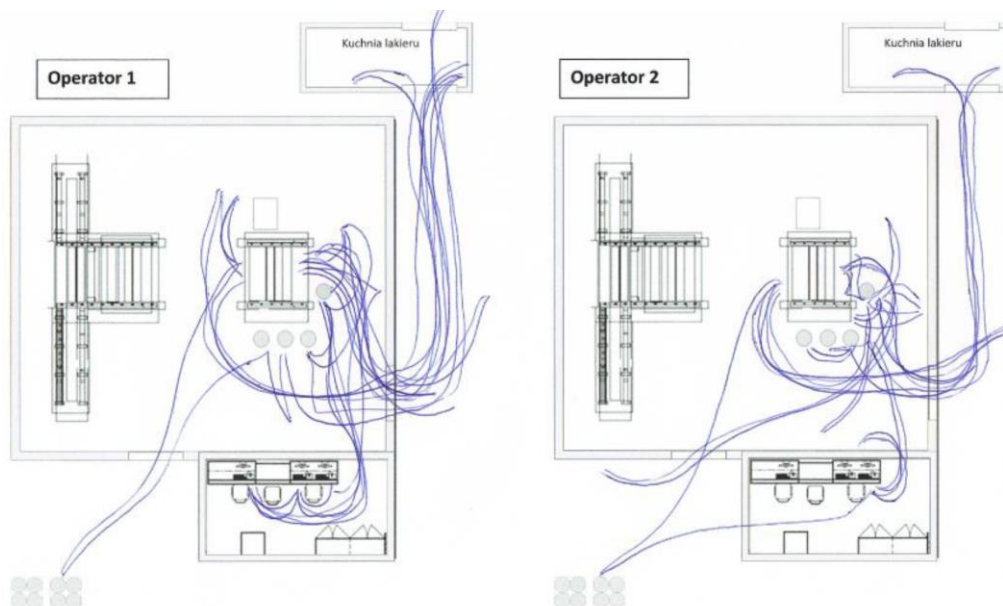
Stanowisko/ Maszyna: Powlekarka dekoracyjna nr 1- Linia OCL-2		KARTA PRZEBIEGU PRZEBROJENIA						
Nr	Opis czynności	Operator 1		Operator 2		Operator 1 i 2		Czas operacji
		Czas (narastająco)	Czas operacji	Czas (narastająco)	Czas operacji	Czas (narastająco)	Czas operacji	
46	Czynności porządkowe- mycie posadzki i wyniesienie pojemników z rozpuszczalnikiem	00:21:50	00:01:30					00:01:30
47	Zalanie pompy lakierem	00:23:30	00:01:40					00:01:40
48	Wyniesienie pojemnika ze użytym lakierem	00:25:10	00:01:40					00:01:40
49	Podłączenie mieszadła			00:24:20	00:01:20			00:01:20
50	Czekanie na czystą rurę zasilającą			00:24:40	00:00:20			00:00:20
51	Podłączenie rury zasilającej			00:25:25	00:00:45			00:00:45
52	Czynności porządkowe- sprzątanie zużytej folii ochronnej			00:25:55	00:00:30			00:00:30
53	Przycięcie folii			00:28:55	00:03:00			00:03:00
54	Rozkładanie nowej folii	00:26:50	00:01:40					00:01:40
55	Konsultacja	00:29:00	00:02:10					00:02:10
56	Zerowanie ustawień powlekarzki oraz dosunięcie powlekarzki	00:30:55	00:01:55					00:01:55
57	Sprzątanie czyszciwa			00:29:15	00:00:20			00:00:20
58	Napełnianie wanny lakierem			00:30:45	00:01:30			00:01:30
59	Dojazd rolkami powlekającymi	00:31:35	00:00:40					00:00:40
60	Kontrola i regulacja wanny			00:32:55	00:02:10			00:02:10
61	Demontaż tylniej kraty osłonowej					00:06:45	00:03:00	00:03:00
62	Demontaż i czyszczenie blach ociekowych w kuchni lakieru					00:11:05	00:04:20	00:04:20
63	Montaż i regulacja blach ociekowych					00:11:35	00:00:30	00:00:30
64	Montaż tylniej kraty osłonowej					00:14:45	00:03:10	00:03:10
65	Przekazanie mieszadła do kolejnej beczki, zapięcie beczki do wózka unoszącego, napełnienie lakierem beczki dozującej	00:34:09	00:02:34	00:34:45	00:01:50			00:01:50
66	Wywiezienie zwrotów w miejsce składowania			00:37:45	00:03:00			00:03:00
67	Wywóz pustych beczek w miejsce składowania							00:03:20
68	Nastawy parametrów i predkości rolek, kontrola	00:37:29	00:03:20					00:00:46
69	Regulacje nadmuchiów			00:38:31	00:00:46			00:00:46
70	Wpisywanie informacji do systemu SAP	00:40:49	00:03:20					00:03:20
71	Konsultacja	00:42:11	00:01:22					00:01:22
72	Nadanie sygnału do ruszenia linią oraz do rozpoczęcia produkcji	00:42:17	00:00:06					00:00:06
73	Sprzątanie narzędzi			00:40:43	00:02:12			00:02:12
74	Liczenie pozostałego lakieru			00:41:43	00:01:00			00:01:00
75	Adnotacja o użytym lakierze w dzienniku			00:43:13	00:01:30			00:01:30
76	Uruchomienie malowania powierzchni blachy	00:42:27	00:00:10					00:00:10
77	Czekanie na informację o jakości wyrobu z pierwszego punktu kontrolnego	00:46:03	00:03:36					00:03:36
78	Poprawa nastaw parametrów rolek, kontrola wizualna	00:49:13	00:03:10					00:03:10
79	Powtórne czekanie na informację o jakości wyrobu	00:52:49	00:03:36					00:03:36
		00:52:49		00:43:13		00:14:45		1:50:47
				SUMA	01:07:34			

Czynności wykonywane przez operatora 1
 Czynności wykonywane przez operatora 2
 Czynności wykonywane przez operatorów 1 i 2 wspólnie

Rys. 3. Fragment procesu przebrojenia powlekarzki

Fig. 3. Fragment retooling process coater

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów z przedsiębiorstwa będącego przedmiotem badań.



Rys. 4. Diagram spaghetti – przed zmianą

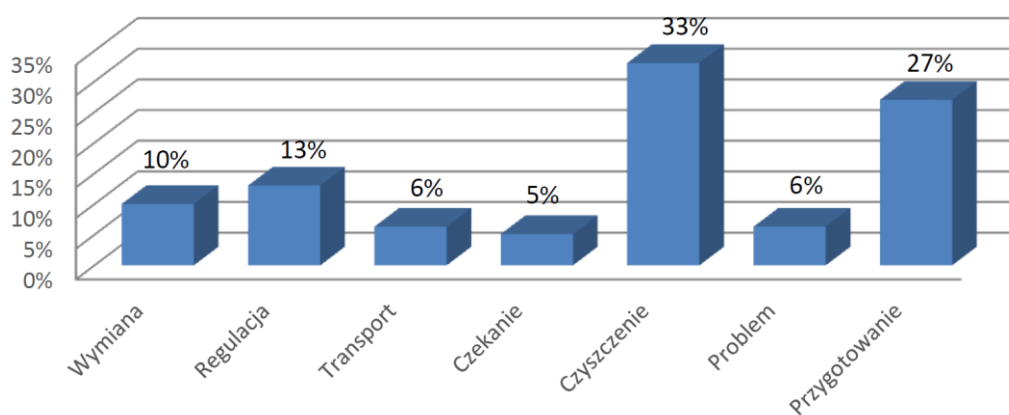
Fig. 4. Spaghetti Diagram – before the change

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów z przedsiębiorstwa będącego przedmiotem badań.

Po wstępnej analizie przystąpiono do rozwiązania problemu. Celem było maksymalne skrócenie odległości pokonywanej przez operatorów w trakcie przebrojenia. Należało przenieść je do czynności zewnętrznych lub całkowicie wyeliminować. Poszczególne etapy analizy przy wykorzystaniu analizy SMED przedstawiono w pkt 3.1.

3.1. Poszczególne etapy analizy za pomocą SMED

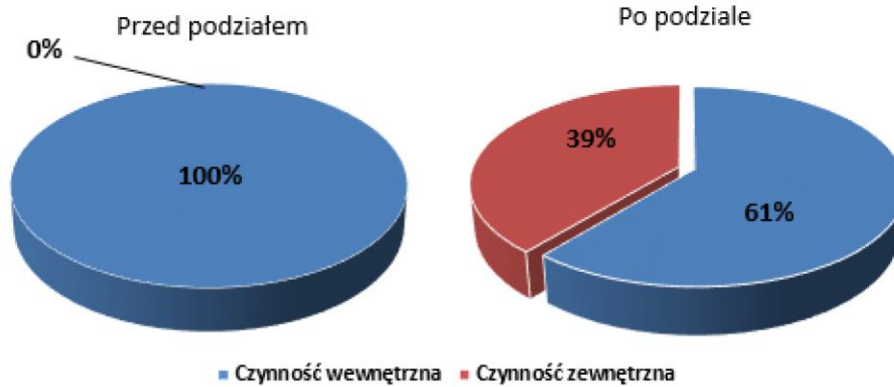
Zgodnie z kolejnością metodyki SMED, następnym etapem jest podział czynności na zewnętrzne i wewnętrzne oraz ich przydzielenie do poszczególnych operacji, jak przedstawiono na rysunku 5 – wymiana, regulacja, transport, czekanie, czyszczenie, problem, przygotowanie. Wewnętrzne działania to takie, które można wykonać wyłącznie podczas postoju maszyny powlekającej. Przykładem jest czyszczenie rolek powlekających lub demontaż tylnej kraty osłonowej. Do czynności zewnętrznych zalicza się te działania, które mogą być wykonane poza maszyną, w momencie jej pracy.



Rys. 5. Procentowy podział poszczególnych operacji
Fig. 5. Percentage of individual operations

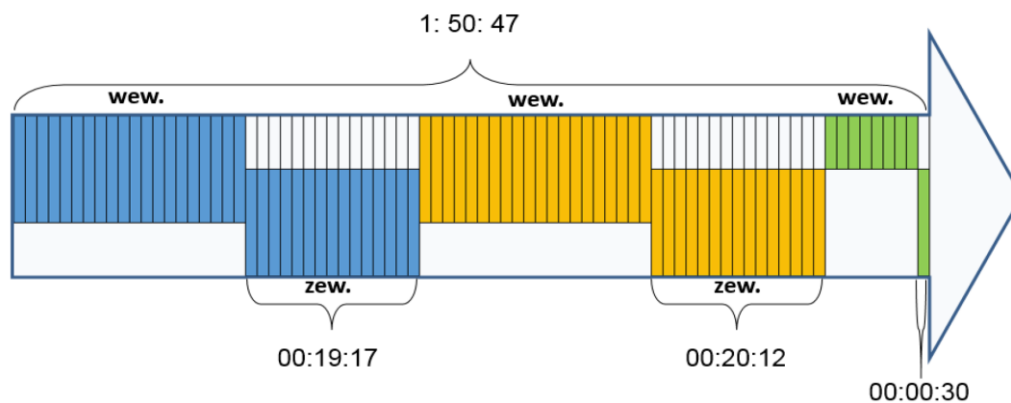
Analiza nagrania przedstawionego w poprzednim etapie pozwoliła dostrzec, że czynności traktowane jako zewnętrzne, nie były brane w ogóle pod uwagę. Wszystkie 79 czynności zostały wykonane dopiero po zatrzymaniu maszyny powlekającej.

Grupa wdrożeniowa SMED wspólnie skupiła się nad tym, aby jak największą liczbę działań przemianować na te, które można by wykonać przed lub po przebrojeniu. Efektem takiej analizy było przeniesienie aż 31 czynności do zewnętrznych. Procentowy podział czynności został przedstawiony na rysunku 6.



Rys. 6. Podział czynności
Fig. 6. Separation of operations

Z racji tego, że wszystkie czynności wykonywane są równoległe przez dwóch operatorów, a niektóre czynności wykonywane są wspólnie, należy w tym miejscu rozgraniczyć wewnętrzne i zewnętrzne działania dla każdego operatora z osobna (rys. 7). Suma czasów wszystkich 79 czynności wynosi 1:50:47 godz. Wybór 31 operacji i przeklasyfikowanie ich na czynności zewnętrzne skróciło ten czas o 39:59 minut. Otrzymane oszczędności czasowe będą przydatne w dalszych etapach, do ostatecznego skrócenia czasu przebrojenia powlekarcki.



Rys. 7. Podział czynności na wewnątrz i zewnątrz
Fig. 7. Separation of operations on the interior and exterior

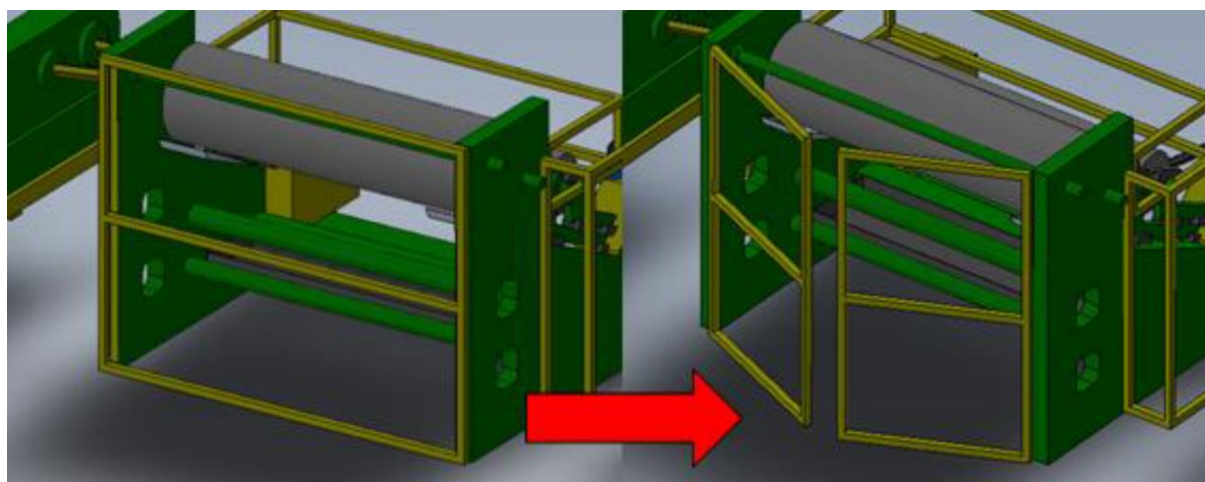
Praktyczną techniką usprawniającą proces przebrojenia, jaka została wdrożona na tym etapie, jest lista kontrolna. Lista kontrolna ma za zadanie wyeliminować pomyłki podczas przygotowywania się do przebrojenia. Jest sposobem na eliminację niepotrzebnych działań związanych z szukaniem narzędzi i innych przedmiotów. Na liście zostały ujęte wszystkie niezbędne materiały i narzędzia potrzebne podczas przebrojenia. Operator przygotowujący się do zmiany partii produkcyjnej, posiłkuje się sporządzoną listą. Dzięki niej wie co i kiedy będzie mu potrzebne podczas wykonywania czynności przebrojenia. Podczas przygotowywania pozycji z listy, operator zobowiązany jest również do każdorazowej

kontroli stanu technicznego narzędzi, przedmiotów, a także sprawdzania na bieżąco stanu zapasów, stosowanego rozpuszczalnika, folii ochronnej oraz czyściwa.

Na tym etapie zwrócono również uwagę na usprawnienie transportu, które polegałoby na tym, że wszystkie potrzebne przedmioty, narzędzia itp. znalazłyby się w pobliżu przezbrajanej maszyny jeszcze przed jej wyłączeniem. W tym celu, na stworzonej karcie kontrolnej sporządzono dodatkową rubrykę, w której znajdują się wszystkie czynności przygotowawcze.

Kolejny etap polegał na wyszukaniu jak największej liczby operacji wewnętrznych, które można byłoby przeklasyfikować na działania zewnętrzne lub doprowadzić do ich skrócenia. Ogólnym zamysłem było doprowadzenie do sytuacji, w której postój maszyny w celu jej przebrojenia trwałby jak najkrócej. Grupa wdrażająca metodologię SMED na kolejnym swoim spotkaniu dokonała zatem powtórnego przeanalizowania wszystkich procesów wewnętrznych. Następnie, za pomocą techniki „burzy mózgów”, poszukiwano rozwiązań. „Burza mózgów” jest powszechnie znaną techniką kreatywnego i zespołowego wyszukiwania pomysłów oraz wyboru najlepszych rozwiązań [5]. Każdy z uczestników starał się wymyśleć najlepsze rozwiązania, które mogłyby pozwolić wyeliminować czynność zbędną lub zastąpić ją inną, zajmującą mniej czasu. Jednym z efektów sesji było usprawnienie czynności związanej z demontażem tylnej kraty osłonowej i czyszczeniem blach ociekowych.

Przed wprowadzaniem metody skracania czasów przebrojenia, czynności te wykonywali obaj pracownicy w czasie 11 minut. Przy niedużych nakładach finansowych udało się skrócić ten czas do zaledwie 2 minut. Usprawnienie polegało na modernizacji tylnej kraty osłonowej. Śrubowe mocowania kraty zastąpiono zawiasami. Dodatkowo wykonano drugi komplet tac ociekowych, które należy tylko podmienić podczas przebrojenia, natomiast zdemontowane, brudne tace można wyczyścić już podczas pracy maszyny. Takie ulepszenie pozwala na wykreślenie z listy kontrolnej klucza M19. Poglądowe zdjęcie modernizacji pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Modernizacja tylnej karty

Fig. 8. Modernization of the rear cards

Kolejnym wspólnym pomysłem zespołu, który doprowadził do zamiany czynności wewnętrznej na zewnętrzną, była modernizacja starego, nieużywanego mieszadła do lakieru (rys. 9), co dało oszczędność czasową w postaci kolejnych kilku minut. Wyeliminowano proces czyszczenia w czasie, gdy maszyna jest zatrzymana – brudne mieszadło czyści się dopiero po ponownym uruchomieniu powlekarzki.



Rys. 9. Wyremontowane mieszadło do lakieru
Fig. 9. Renovated to paint stirrer

Zastosowanie powyższych ulepszeń pozwoliło na skrócenie czasu bezczynności maszyny o 11:40 minut.

W ostatnim etapie dokonano powtórnej analizy wszystkich czynności. Używając po raz kolejny metody kreatywnego myślenia („burzy mózgów”), poszukiwano ulepszeń wszystkich aspektów operacji przezbrojeń. Miało to na celu znalezienie jak największej liczby rozwiązań technicznych i organizacyjnych, które mogłyby skrócić czas trwania poszczególnych czynności oraz ułatwić pracę operatorom. Zaproponowano kilka ciekawych rozwiązań, których wdrożenie udoskonaliło proces przezbrojenia maszyny powlekającej.

Czynności, które mogą być wykonywane wyłącznie podczas postoju maszyny, udało się zoptymalizować na kilka sposobów. Przygotowano standardy dla operacji, które pochłaniały najwięcej cennego czasu. Opracowane standardowe procedury operacyjne (SOP) przedstawiają najlepszy i zarazem najbezpieczniejszy sposób wykonywania pracy. Stanowią one pewnego rodzaju instrukcję postępowania, dzięki której pracownik wie jak i w jakiej kolejności wykonać daną czynność.

Standard bezdotykowego mycia rolek powlekających. Dokonano ustandaryzowania procesu mycia rolek powlekających w sposób, który nie wymaga ich dotykania podczas czyszczenia. Instrukcja pokazuje krok po kroku, jakie czynności musi wykonać operator w celu ich wyczyszczenia. Po zrealizowaniu pierwszych punktów instrukcji, następuje moment, w którym rolki czyszczą się same przez około 4 – 5 minut. Podczas procesu samooczyszczania się rolek operator może zająć się innymi czynnościami w pobliżu maszyny.

Standard mycia wanny lakieru. Mycie wanny z lakierem to czynność, którą wcześniej wykonywali obaj pracownicy wspólnie. Przygotowany standard operacyjny mówi o tym, jak ten zabieg może być realizowany przez jednego pracownika szybciej i sprawniej.

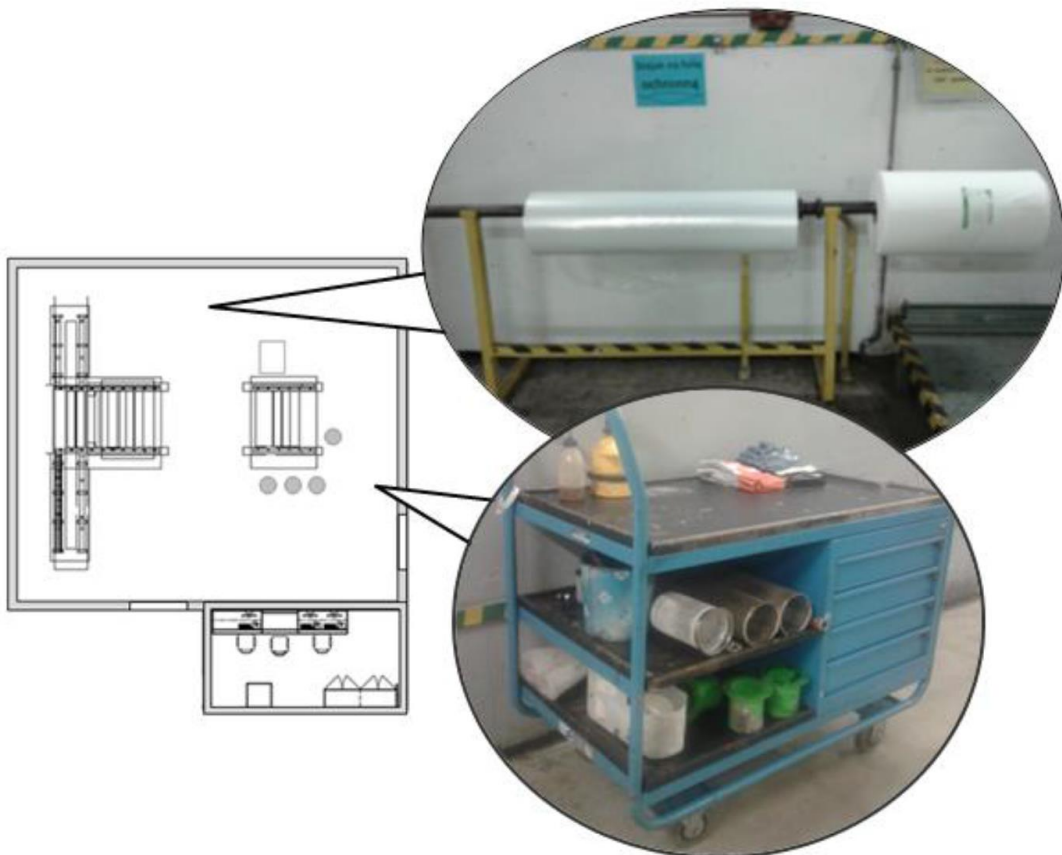
Standard regulacji i nastaw. Regulacje i nastawy to czynności pochłaniające zazwyczaj najwięcej czasu podczas przezbrojenia. Również w analizowanym przypadku przezbrojenia maszyny powlekającej czynności regulacji, szukania najlepszych ustawień i wykonywania testów jakościowych zajmowały sporo czasu. Do usprawnienia tego procesu posłużyły opracowywane standardy, które zawierają najlepsze wyszukane nastawy dla każdego typu lakieru. Temperatury w piecu nastawia się odpowiednio do grubości taśmy i prędkości procesu powlekania, natomiast prędkości poszczególnych rolek powlekarzki zależą od typu lakieru, jego struktury oraz właściwości aplikacyjnych. Szybkości obrotowe rolek podawane są jako procentowe wartości w stosunku do aktualnej szybkości powlekania przyjmowanej jako 100%. Wcześniej tę czynność wykonywał zazwyczaj mistrz na danej zmianie, korzystając z własnych notatek i doświadczenia. Po usprawnieniu tych działań, regulacji i nastaw mogą dokonywać także operatorzy zgodnie ze wskazaniami ujętymi w standardowej procedurze operacyjnej. Wymienione usprawnienia doprowadziły do ułatwienia pracy na końcowym etapie przezbrojenia, a przede wszystkim do znacznego skrócenia często uciążliwego i długotrwałego procesu dopasowania parametrów do danej partii produkcyjnej.

Niezbędnym zabiegiem było wyszukanie rozwiązań organizacyjnych i przygotowawczych przed procesem przezbrojenia maszyny powlekającej. Znalaziono kilka sposobów na optymalizację czynności zewnętrznych.

Wózek narzędziowy. W ramach organizacji stanowiska pracy zakupiono specjalny wózek narzędziowy (rys. 10). Taki rodzaj mobilnej szafy narzędziowej znalazł swoje miejsce w pobliżu przezbrajanej maszyny powlekającej. Jeśli nastąpi taka potrzeba, operator może przetransportować wózek w dowolne miejsce dzięki zastosowanym kołom jezdny. Pozwoliło to skupić w jednym miejscu potrzebne narzędzia, przedmioty i części zamienne, które są nieodzownym wyposażeniem podczas przezbrojenia. Jest to również doskonały sposób na wcześniejsze przygotowanie stanowiska pracy.



Rys. 10. Wózek narzędziowy
Fig. 10. Tool trolley



Rys. 11. Zmiany organizacyjne w kabinie powlekania
Fig. 11. Organizational changes in the cabin coating

Oprócz wyposażenia potrzebnego do przebrojenia maszyny, na wózku narzędziowym znalazły się również części zapasowe, filtry i elementy, które mogą okazać się przydatne podczas zmiany partii produkcyjnej.

Relokacja podstawowego wyposażenia. Kolejnym procesem organizującym stanowisko powlekania, było wygospodarowanie miejsca w kabinie powlekania na czyściwo i folię ochronną (rys. 11). W tym celu pracownicy utrzymania ruchu wykonali specjalną konstrukcję stojaka. Łatwy i szybki dostęp dla operatorów to główne zalety tego ulepszenia.

3.2. Podsumowanie metodologii SMED

Zmiany powstałe dzięki wprowadzeniu metody SMED znacznie skróciły czas przebrojenia maszyny powlekającej.

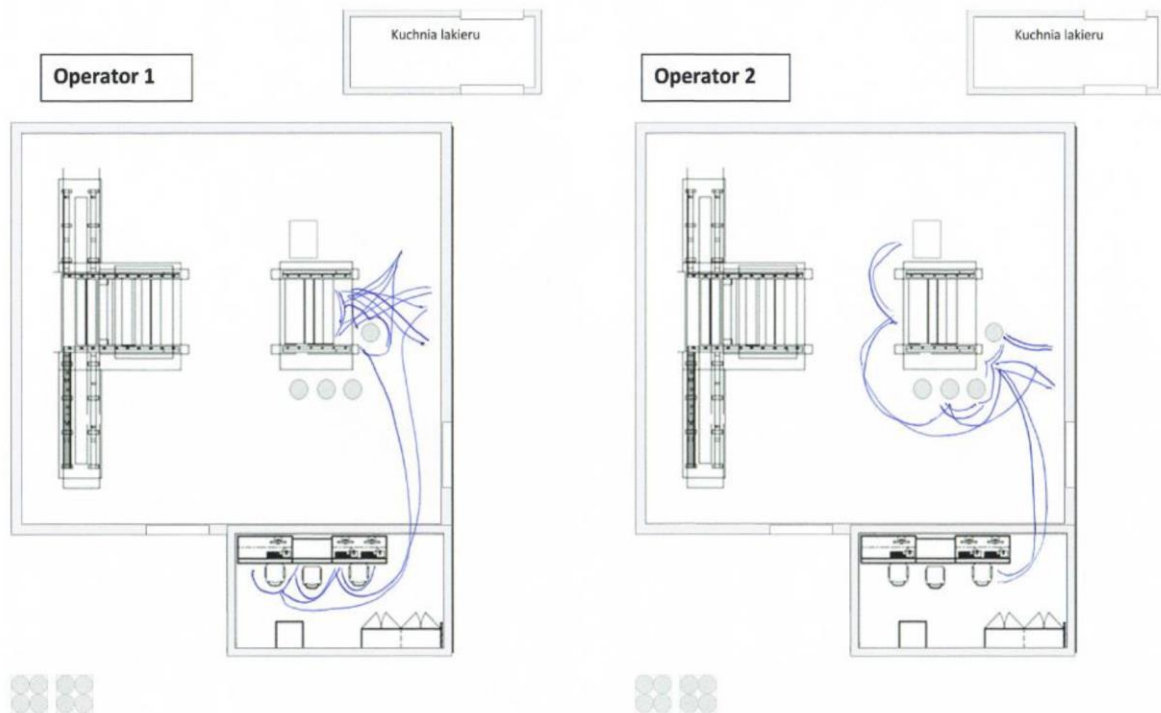
Do głównych działań, które doprowadziły do osiągnięcia takiego wyniku, należą:

- rozdzielenie czynności zewnętrznych od wewnętrznych,
- usprawnienie wszystkich możliwych działań,
- podział i uporządkowanie pozostałych czynności pomiędzy dwóch operatorów.

Efektom wyżej wymienionych działań jest całkowite skrócenie czasu zmiany asortymentu na maszynie z 68 minut do 29 minut. Udało się wyeliminować marnotrawstwo w postaci zbędnych ruchów operatorów podczas wykonywania przebrojenia na maszynie. Rozdzielenie czynności wewnętrznych od zewnętrznych, zmiana organizacji stanowiska pracy, relokacja poszczególnych materiałów i skupienie wszystkich narzędzi w pobliżu maszyny doprowadziły do maksymalnego skrócenia dystansu, jaki operatorzy mieli do pokonania przed wprowadzeniem metodologii SMED. Obecny schemat przemieszczeń pracowników po wprowadzonych zmianach przedstawia rysunek 12.

Podsumowując, działania SMED doprowadziły do redukcji czasu trwania przebrojenia o 42%, przez co zwiększyły się dostępność maszyny oraz jej zdolność produkcyjna.

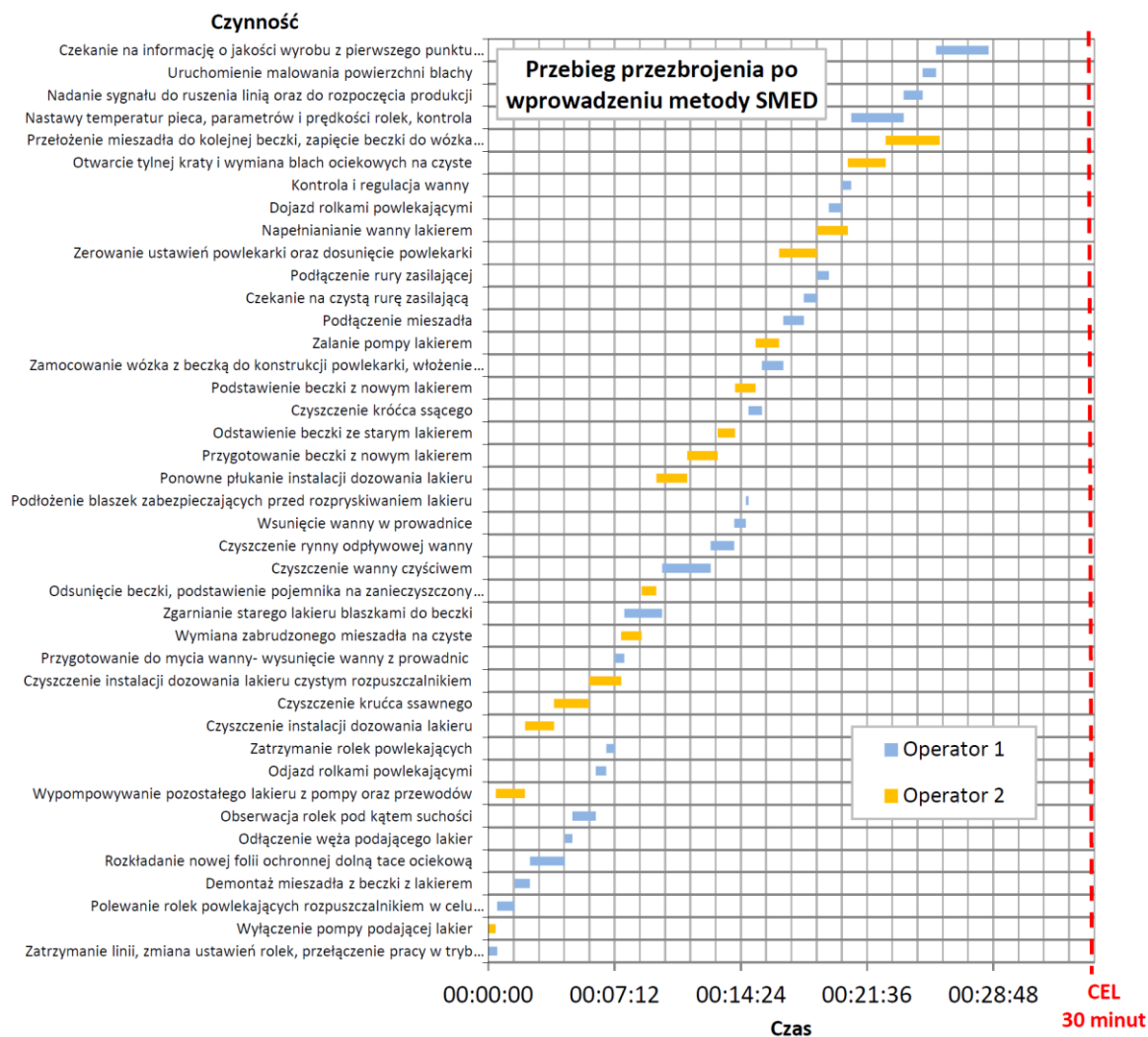
Wszystkie cztery etapy przeprowadzonej analizy miały za zadanie sprawić, by moment zatrzymania produkcji na linii stał się momentem rozpoczynającym prace związane z czyszczeniem, myciem i wymianą partii produkcyjnej, pomijając przy tym zbędne oczekiwania.



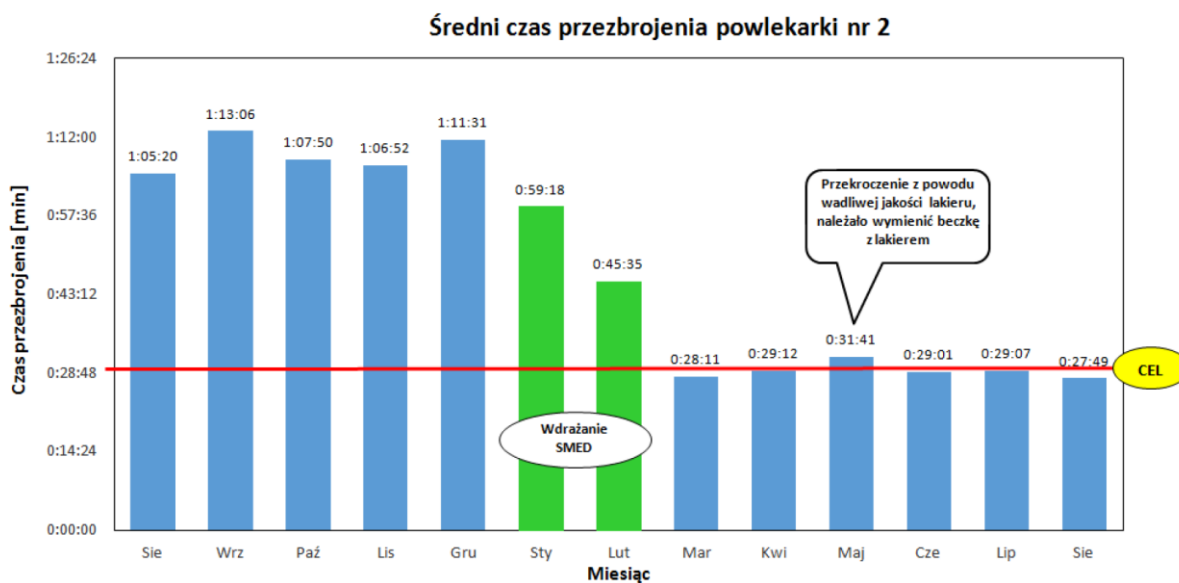
Rys. 12. Diagram spaghetti – po wdrożeniu SMED
 Fig. 12. Diagram spaghetti – the implementation of SMED

Rysunek 13 ukazuje w prosty, graficzny sposób przebieg wszystkich działań i operacji realizowanych przez dwóch operatorów po wprowadzeniu metody skrócenia czasu zmiany asortymentu. Dla ułatwienia odbioru informacji i łatwiejszej analizy, obu operatorom przydzielono osobny kolor. Każda czynność to jedna pozioma linia na skali czasu, o różnej długości, która odzwierciedla czas trwania poszczególnych operacji. Analizując długości linii, można stwierdzić, która czynność zajmuje najwięcej czasu podczas przezbrojania maszyny. Przerwana linia oznacza granicę, którą ustalono po dokonaniu optymalizacji przezbrojenia. Jeśli wszystkie czynności będą realizowane według ustalonych standardów oraz zaleceń opracowanych przez grupę SMED, to czas dokonywania przezbrojenia nie powinien przekroczyć założonego celu 30 minut. Ogólny zamysł metody SMED został osiągnięty.

Najważniejszym etapem po wdrożeniu metody, która doprowadziła do skrócenia czasu przezbrojenia maszyny powlekającej, jest utrzymanie rezultatów. W tym celu na bieżąco należy śledzić i monitorować czasy przezbrojeń. Umożliwia to system SAP, do którego wprowadza się na bieżąco notatkę wraz z czasem trwania każdego przezbrojenia. Wyniki analizy pierwszych sześciu miesięcy po wprowadzeniu metody ukazuje rysunek 14.



Rys. 13. Wykres przebiegu przebrojenia po wprowadzeniu metody SMED
 Fig. 13. Chart the course retooling following the introduction of the SMED method



Rys. 14. Wykres przebiegu przebrojenia po wprowadzeniu metody SMED
 Fig. 14. Chart the course retooling following the introduction of the SMED method

Słupkowy wykres przedstawiony na rysunku 14 pokazuje porównanie stanów przed i po wprowadzeniu metody skrócenia czasu przezbrojenia SMED. W miesiącach styczeń i luty wprowadzono metodę. Średnie czasy przezbrojeń w tym okresie ulegają zmniejszeniu, co jest wynikiem sukcesów osiągniętych na poszczególnych etapach SMED. Wypracowane efekty były na bieżąco wdrażane i testowane w trakcie kolejnych przezbrojeń. Ostateczne efekty po końcowej optymalizacji procesu przezbrojenia osiągnięto w marcu, kiedy to średni czas wyniósł 28:11 minut. W kolejnych miesiącach można zauważyć stałą poziom, który oscyluje w granicach 30 minut. Pomimo wypracowanych efektów mogą wystąpić również zdarzenia przypadkowe, które nie zawsze mogą być w porę zauważone i wyeliminowane. Takie zdarzenie miało miejsce w maju, kiedy to czas jednego przezbrojenia, został przekroczony z powodu wadliwej jakości lakieru. Skutkowało to potrzebą wymiany wadliwego lakieru na nowy, co w efekcie doprowadziło do przedłużenia przezbrojenia o 2,5 minuty.

Po zastosowaniu metody SMED udało się zyskać 40 minut dodatkowego czasu na produkcję. W ciągu 40 minut linia może wyprodukować 11 ton wyrobu, co przy średniej liczbie przezbrojeń na miesiąc daje zysk w postaci 429 ton dodatkowej produkcji.

Zastosowanie metody SMED w przypadku rozpatrywanego problemu okazało się słuszne, gdyż pozwala, eliminować przestoje produkcyjne i skraca czas przezbrojenia maszyn. Metoda SMED powinna znaleźć szersze zastosowanie w doskonaleniu procesów produkcyjnych.

Bibliografia

1. Barcik R., Dudek M., Waszkielewicz W.: Zarządzanie produkcją – planowanie, wytwarzanie, optymalizacja i kontrola. Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej, Bielsko-Biała 2010.
2. Borkowski S., Ulewicz R.: Zarządzanie produkcją. Systemy produkcyjne. Humanitas, Sosnowiec 2009.
3. Kubik S.: Szybkie przezbrojenie dla operatorów: System SMED. Prod Publishing, Wrocław 2010.
4. Osiadacz J.: Narzędzia identyfikacji potrzeb innowacyjnych w przedsiębiorstwie. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Wrocław 2011.
5. Robson M.: Grupowe rozwiązywanie problemów. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2005.
6. Rogowski A.: Podstawy organizacji i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie. CeDeWu, Warszawa 2010.
7. Rother M., Shook J.: Naucz się widzieć: eliminacja marnotrawstwa poprzez Mapowanie Strumienia Wartości. The Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław 2009.

8. Trojanowska J., Kolińska K., Koliński A.: Stosowanie narzędzi Lean w przedsiębiorstwach produkcyjnych jako skuteczny sposób walki z kryzysem gospodarczym. *Problemy zarządzania*, nr 1/2011.
9. Womack J.P., Jones D.T.: *Odchudzanie firm – eliminacja marnotrawstwa kluczem do sukcesu*. Centrum Informacji Menadżera, Warszawa 2001.
10. Zakrzewska-Bielawska A.: Wybrane aspekty zastosowania koncepcji Lean management w procesach administracyjnych przedsiębiorstwa, [w:] Czekaj J. (red.): *Metody zarządzania procesami w świetle studiów i badań empirycznych*. Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków 2009.
11. Zasadzień M.: The effect of implementation maintenance cards in performance of machines in selected production company. *Management Systems in Production Engineering*, No. 4(20), 2015, doi: 10.12914/MSPE-06-04-2015.

Abstract

The article presents the implementation of the SMED quality engineering method to improve the efficiency of a production line in a steelworks. The problem in the production line analysed was too long of a machine retooling time. The advanced SMED method and the measures taken enabled us to pinpoint the potentially problematic areas and decrease the retooling time. The proper functioning of the enterprise and rapid response to customer needs, it is necessary to shorter production runs, which in turn leads to shorter changeover times. To achieve these objectives method is used Single Minute Exchange of Die, in short SMED.

After applying the SMED method was able to get 40 minutes of extra time on production. In 40 minutes the line can produce 11 tons of the product, which the average number of changeovers per month gives the profit in the form of 429 tonnes of additional production. Applying the SMED in the case of the problem in question turned out to be correct, because it allows to eliminate downtime and reduces changeover time machine. Method SMED should find wider application in improving production processes.