

Piotr KAMIŃSKI¹

Opiekun naukowy: Robert DROBINA²

REDUKCJA CZASU PRZEBROJENIA W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

Streszczenie: Artykuł przedstawia zagadnienia związane z koncepcją szczupłego wytwarzania Lean dotyczącą wpływu czasu montażu i demontażu kręgu do przeciągarki na całkowitą efektywność wyposażenia. W artykule przybliżono etapy wdrażania koncepcji SMED w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Przedstawiono przykład usprawnienia produkcji prętów. Pracę zakończono podsumowaniem, które przedstawia najważniejsze rezultaty dokonanych usprawnień.

Słowa kluczowe: Lean, SMED, przebrojenie

REDUCTION OF MACHINE REFITTING TIME IN AN EXEMPLARY PRODUCTION COMPANY

Summary: In the present paper, the concept of lean production is discussed. The aspects of lean production are considered i.e. concerning an influence of the assembly and disassembly time of a particular element: ring of the rotary broaching machine – on complex effectiveness of accessory/equipment. In the paper, the phases of the SMED concept in a chosen production company are described. Also, an example of improvement of production of rods has been given. The work is concluded by the list of the main consequence of the introduced improvements.

Keywords: idea of Lean production, SMED i.e. Single Minute Exchange of Die

1. Wprowadzenie

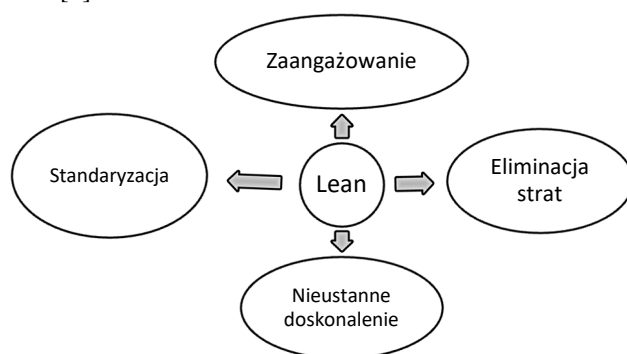
Podstawowym warunkiem rozwoju współczesnych przedsiębiorstw jest podnoszenie konkurencyjności wytwarzanych produktów i świadczonych usług. Można to osiągnąć poprzez skracanie cyklu wytwarzania danego wyrobu. Ma na niego duży wpływ nieprawidłowa organizacja środowiska produkcyjnego w przedsiębiorstwie. Dla większych zakładów priorytetem staje się standaryzacja stanowiska pracy, ponieważ często sami pracownicy organizują swoją pracę, kierują się głównie swoimi przyzwyczajeniami wyniesionymi z wieloletniej pracy zawodowej.[1]

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Inżynieria Produkcji

² prof. ATH dr hab. inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, email: rdrobina@ath.bielsko.pl

1.1. Powstanie Lean

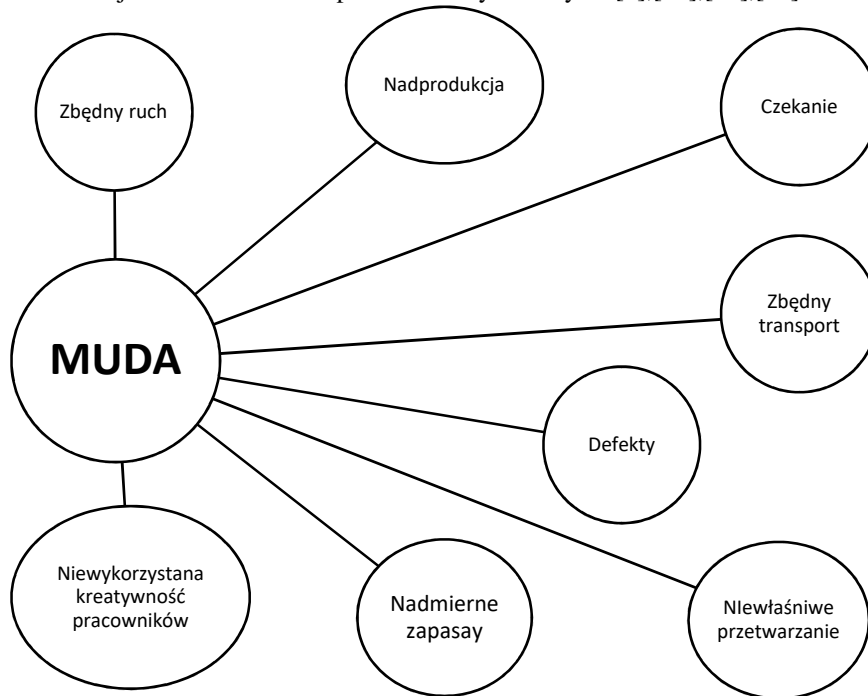
Lean powstało w japońskim Systemie Produkcyjnym Toyoty w 1890r. jej prekursorem był S. Toyoda inwestor który zaprojektował i opatentował częściowo zautomatyzowane ręczne krosno które poprawiło produktywność pracowników oraz jakość finalnych wyrobów [2]. Koncepcja Lean obejmuje w swoim zakresie wszystkie czynności, jakie odbywają się w zakładzie od momentu złożenia zamówienia do wysłania wyprodukowanych produktów. Jej nadrzędnym celem jest położenie głównego nacisku na minimalizację poziomów zapasów, wytwarzanie produktów najwyższej jakości w jak najkrótszym czasie na skutek minimalizacji procesów związanych z niepotrzebnym magazynowaniem części i produktów tzw. eliminacja marnotrawstwa w procesie produkcyjnym. System produkcyjny opiera się na pracy standaryzowanej tzn. dokładnie są określone po kolei czynności jakie pracownik powinien wykonywać na danym stanowisku tak , aby wytwarzany produkt był najwyższej jakości w sposób jak najbardziej efektywny oraz bezpieczny [3],[5]. Filozofia Lean łączy w sobie metody naukowego zarządzania z podejściem behawioralnym [4],[6]. Angażuje ona wszystkich pracowników przedsiębiorstwa i wypracowuje podejście, że każdy pracownik jest odpowiedzialny za wyrób finalny, który zostaje wyprodukowany w zakładzie. Zostało to przedstawione na rys.1. Zdaniem *Frederick Winslow Taylor* „Zdaje się, że w nowym systemie nie istnieje dla pracownika taka sama zachęta do wyłączenia swojej inteligencji do wymyślania nowszych, lepszych metod pracy, jak w starym systemie. Musi on zostać zachęcony do proponowania ulepszeń. Oczywiście w nowym systemie nie wolno pracownikowi stosować każdego urządzenia czy metody, która akurat w trakcie pracy wyda mu się dobra. Kierownictwo zakładu powinno uznać to za stałą regułę, że każde ulepszenie zaproponowane przez pracownika powinno zostać dokładnie zbadane i powinny zostać przedstawione jego względne korzyści w porównaniu do starego systemu. A jeśli nowa metoda wyda się rzeczywiście lepsza od starej, powinna zostać uznana normą dla całego zakładu a pracownik powinien zdobyć uznanie za swoje ulepszenia. Powinien również otrzymać premię w gotówce jako wynagrodzenie za swoją pomysłowość. W ten sposób prawdziwa inicjatywa własna pracowników urzeczywistni się bardziej pod reżimem naukowego zarządzania niż w starym systemie” [7].



Rysunek 1. Podstawy koncepcji Lean [4]

Identyfikacja marnotrawstwa jest kluczowym punktem w realizacji koncepcji Lean. Ponieważ ich minimalizacja prowadzi do zaniechania wszystkich nieefektywnych

działań w przedsiębiorstwie dzięki czemu nastąpi poprawa organizacji systemu produkcyjnego [8]. Analiza literatury przedmiotu potwierdza, że wyróżnić możemy 7+1 rodzajów marnotrawstwa przedstawionych na rys.2.[9],[10],[11],[12]:



Rys.2. Osiem głównych marnotrawstw w przedsiębiorstwie [9]

1. Zbędny ruch – są to wszystkie zbędne czynności ruchowe, jakie pracownik wykonuje podczas swojej pracy. Często wynika ze złej organizacji stanowiska pracy, niewłaściwa ergonomia. Jego przyczyną może być również trudny dostęp do części i elementów urządzeń, części lub narzędzia w odległych miejscach.
2. Nadprodukcja – jest to świadome produkowanie wyrobów szybciej niż wynika to z czasu taktu prowadzące do gromadzenia się zapasów na poszczególnych etapach produkcji. Może być wynikiem tak zaplanowanego harmonogramu pracy maszyny by pracowała, aby wykorzystać jej maksymalną zdolność produkcyjną.
3. Czekanie – występuje, kiedy operator maszyny czeka beczynnie, aż maszyna skończy zadaną operację. Jest to również oczekiwanie na komponenty, opóźnienia w systemie dostaw. Oczekiwanie operatorów często jest związane z występowaniem „wąskich gardeł” i opóźnień w poprzednim procesie. Jest to czas, który pozostaje do dyspozycji.
4. Zbędny transport – Lean uważa jakiegokolwiek przenoszenie części za stratę, ponieważ nie dodaje ono wartości do produktu. Jest to zbędne poruszanie się materiałów, informacji, ludzi objawiające się marnotrawstwem czasu, wzrostem kosztów, niepotrzebnego wysiłku pracowników. Jego przyczyną może być skomplikowane i nielogiczne przepływy materiału, duże odległości pomiędzy stanowiskami, ładowanie i rozładowywanie następujące po sobie, „puste”

powroty, zbyt duża ilość narzędzi transportowanych, składowanie w magazynie części czy materiałów, a następnie znów ich pobieranie, aby przemieścić je na kolejny etap procesu produkcyjnego

5. Defekty – Gdy powstają elementy wadliwe należy usunąć przyczynę ich powstawania, nie wystarczy wyeliminować tylko wadliwych sztuk. Koszty związane z defektami rosną w miarę upływu czasu jaki jest potrzebny do ich wykrycia i jest związany poprawianiem, lub złomowaniem wadliwych sztuk.
6. Niewłaściwe (nadmierne) przetwarzanie – wiąże się ze źle dobranym procesem technologicznym w którym wykonuje się więcej operacji technologicznych niż wymaga tego klient od wyrobu finalnego. Przestarzała technologia, nadmierne dokumentowanie procesu, zbyt skomplikowane i niejasne procedury przyczyniają się do wydłużenia czasu powstawania wyrobu.
7. Nadmierne zapasy – Zapasy są dowodem na złą koordynację i niewłaściwe funkcjonowanie systemu wytwarzania. Jego przyczyną często jest brak terminowości dostaw od dostawców, niska częstotliwość dostaw, duże i długie serie. Nadmierne zapasy powodują starzenie się produktu, wzrost kosztów spowodowanych magazynowaniem i transportowaniem.
8. Niewykorzystana kreatywność pracowników – Każdy pracownik powinien czuć się częścią zakładu oraz być przekonany, że jego praca ma znaczący wpływ na wyrób finalny. Zdaniem George S. Patton „*Nigdy nie mów ludziom jak mają robić rzecz. Powiedz im co zrobić, a zadziwią cię swoją genialnością.*”

1.2. SMED – jako metoda skracania czasu przebrojeń

Metoda SMED została opracowana w Japonii przez japońskiego inżyniera Shigeo Shingo, który był jednym z kluczowych architektów słynnego systemu produkcyjnego Toyoty[12].

SMED to skrót od angielskiej „Single Minute Exchange of Die” co oznacza jednoczynową wymianę formy lub narzędzia. System SMED jest zestawem technik umożliwiających wymianę narzędzi i nastawienie wyposażenia w jednoczynowej liczbie minut tj. w czasie mniejszym niż 10min. Czas przebrojenia jest to czas jaki mija pomiędzy ostatnim, dobrym produktem poprzedniej produkcji, a pierwszym dobrym produktem nowej produkcji. Ideą SMED jest minimalizacja czasu poświęconego na przebrojenia maszyn i urządzeń[13].

Krótszy czas przebrojenia decyduje o elastyczności systemu produkcyjnego. Im krótszy, tym mniejsze straty w oczekiwaniu na przebrojenie i ustawienie maszyn, a więc tym mniejsze partie produktów można produkować opłacalnie. Wpływ czasu przebrajania na niższe koszty wytworzenia zostało przedstawione schematycznie na rys.3. [13],[14]



Rysunek 3. Wpływ czasu przebrojenia na koszty wytwarzania [13]

Główną rzeczą jaką należy wykonać podczas wdrażania metody SMED jest wykonanie jak największej czynności poza maszyną kiedy ona jeszcze pracuje. Dlatego należy dokonać precyzyjnego podziału czynności w trakcie przebrajania na dwie grupy:

- przebrojenie wewnętrzne – operacje, które muszą być wykonane jedynie, wtedy gdy maszyna nie pracuje,
- przebrojenie zewnętrzne – operacje, które mogą być wykonane, gdy maszyna pracuje.

Wyodrębnienie przebrojenia zewnętrznego z wewnętrznego często wymaga zastosowania nowych rozwiązań. Proces rozwiązywania problemu składa się z siedmiu etapów [15],[16]:

- Określenie problemu. Czy rzeczywiście problem istnieje? Jaki jest jego charakter, jak bardzo jest ważny? Czy można w tym zakresie coś zmienić?
- Zbieranie informacji. Jakie informacje są potrzebne do rozwiązania problemu? Jakie dane są dostępne? Jakich dodatkowych informacji trzeba poszukać?
- Tworzenie rozwiązania. Trzeba zdać sobie sprawę, z jakiego typu problemem mamy do czynienia, tzn. czy możemy go rozwiązać na podstawie istniejących rozwiązań czy należy wymyśleć nowe rozwiązanie.
- Ocena rozwiązań, według wcześniej ustalonych kryteriów.
- Wybór rozwiązania.
- Wdrożenie rozwiązania
- Kontrola skutków.

Ważnym aspektem jest także odnajdywanie innych rozwiązań, nawet w przypadku, gdy uznajemy, że dane rozwiązanie jest prawidłowe.

Postępowanie podczas wdrażania SMED [17], [18]

Należy przeprowadzić bardzo dokładną analizę rzeczywistego procesu przeobrażania tak, aby dokładnie określić, z jakich procesów składa się przeobrażanie maszyny. Następnie należy wyodrębnić te procesy, które można wykonać w momencie jak maszyna jeszcze pracuje i te które trzeba wykonać na zatrzymanej maszynie. W kolejnym kroku należy zmieniać czynności wchodzące w skład procesów wewnętrznych na czynności procesów zewnętrznych:

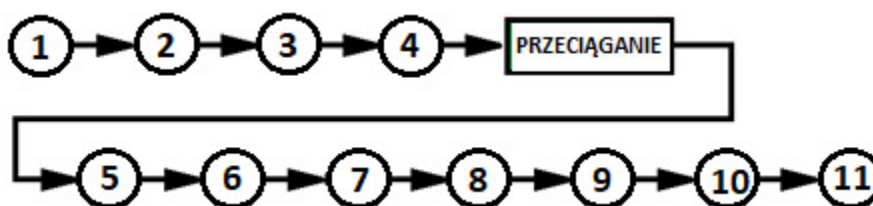
- pierwszy krok – wydzielenie operacji, które można wykonać przy maszynie pracującej, maszynie zatrzymanej, wydzielenie niepotrzebnych (zbędnych operacji),
- drugi krok – przekształcenie operacji przeobrażenia wewnętrznego w operacje przeobrażenia zewnętrznego, wyeliminowanie operacji zbędnych,
- trzeci krok – opracowanie planu prowadzenia przeobrażeń, uproszczenie mocowań i ustawień.

2. Wdrożenie SMED w wybranym przedsiębiorstwie

W artykule przedstawiono pilotażowe działania doskonalące proces montażu kręgu drutu naciągarkę bębnową w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Powodem zainteresowania zwiększenia efektywności montażu był fakt rosnącego zapotrzebowania na rynku produktem wytwarzamy naciągarkę. Działanie związane z doskonaleniem proces montażu przeprowadzono zgodnie z etapami metodyki SMED.

2.1. Analiza stanu istniejącego

W celu zidentyfikowania operacji, które mogą być przyczyną strat zidentyfikowano i scharakteryzowano wszystkie czynności wykonywane przez pracownika podczas montażu i demontażu kręgu zciągarki. W tym celu powołano obserwatora którego zadaniem była analiza stanu obecnego oraz rozpisanie po konsultacjach z operatorami maszyny z jakich występujących po sobie operacji składa się proces montażu i demontażu kręgu. Rys.4. przedstawia kolejność wykonywania operacji przez operatora na stanowisku przeciągacza, natomiast w tab.1 zestawiono wykaz tych operacji w ujęciu czasowym.

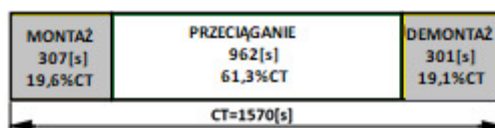


Rysunek 4. Graf następstw operacji montażowych i demontażowych 1-4 montaż, 5-11 demontaż [Źródło własne]

Tabela 1. Wykaz czynności wykonywanych przez operatora przeciągarki w ujęciu czasowym [Źródło własne]

Numer operacji	Nazwa	Średni czas realizacji [s]
1	Czyszczenie obrotnicy	16
2	Załadunek kręgu na obrotnicę	111
3	Zagniecenie drutu na zgniatarce	122
4	Wstępne mocowanie drutu w zwijarce	58
Przeciąganie		962
5	Usunięcie opasek na kręgu do przeciągnięcia	17
6	Wyłączenie trybu ciągłej pracy przeciągarki i ręczne sterowanie maszyną do zakończenia przeciągania	37
7	Zapętlenie końcówki drutu na zwijarce	32
8	Wyciągnięcie przeciągniętego kręgu z maszyny za pomocą tzw. Rogola	43
9	Montaż obejm na przeciągniętym kręgu	125
10	Transport przeciągniętego kręgu na miejsce składowania	20
11	Montaż Rogola w przeciągarce	27
Łącznie czas montażu i demontażu		608
Czas Cyklu CT		1570

Porównując czas montażu i demontażu kręgu na przeciągarce z czasem, w którym następuje proces przeciągania okazuje się, że stanowi on 39% CT przedstawia to poniższy rys.5. obrazujący procentowe udziały montażu i demontażu w czasie cyklu.



Rysunek 5 Zestawienie czasu montażu i demontażu z czasem przeciągania. [Źródło własne]

Na podstawie przeprowadzonej analizy stanu obecnego można stwierdzić, że:

- montażu, kontroli pracy przeciągarki, demontażu wykonuje jeden wykwalifikowany pracownik,
- podczas przeciągania pracownik przez 962 [s] obserwuje pracę maszyny, która odbywa się automatycznie i jest to czas pracownika, który można przeznaczyć na realizację innych zadań,
- wszystkie wyszczególnione czynności montażu i demontażu realizowane są szeregowo, co oznacza, że każda kolejna czynność rozpoczyna się po zakończeniu poprzedniej rys.4.

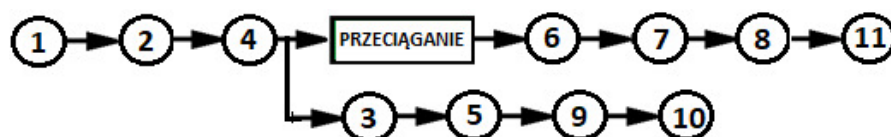
2.2. Rozdzielenie czynności wewnętrznych od zewnętrznych

Kolejnym etapem w metodologii SMED jest rozdzielenie czynności wchodzących w skład operacji montażu i demontażu kręgu z przeciągarki na czynności wewnętrzne i zewnętrzne. W tym celu powołano zespół składający się z pracowników

obsługujących maszynę, technologa oraz kierownika utrzymania ruchu. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że niektóre czynności da się przeprowadzić przez pracownika, gdy maszyna pracuje w trybie automatycznym podczas przeciągania. Wymaga to jednak zastosowania dodatkowych osłon zabezpieczających pracownika przed ewentualnym zerwaniem się drutu podczas ciągnięcia oraz montaż krańcówki powodującej zatrzymanie się maszyny po zerwaniu drutu. Niezbędne okazuje się również wykonanie identycznego Rogoła oraz stojaka, aby operacja 9 mogła być wykonana jako czynność zewnętrzna. Zastosowanie zgrzewarki do drutu pozwoli na usunięcie zgniatarki oraz w dalszej kolejności wpłynie na obniżenie czasu trwania operacji 4. Podział czynności na wewnętrzne i zewnętrzne przedstawiono na rys.6. oraz w tabeli 2.

Tabela 2. Podział czynności na wewnętrzne oraz zewnętrzne [Źródło własne]

Numer operacji	Nazwa	Czynności	
		Wewnętrzne	Zewnętrzne
1	Czyszczenie obrotnicy	+	
2	Załadunek kręgu na obrotnicę	+	
3	Zagniecenie drutu na zgniatarce		+
4	Wstępne mocowanie drutu w zwijarce	+	
Przeciąganie	Przeciąganie		
5	Usunięcie opasek na kręgu do przeciągnięcia		+
6	Wyłączenie trybu ciągłej pracy przeciągarki i ręczne sterowanie maszyną do zakończenia przeciągania	+	
7	Zapętlenie końcówki drutu na zwijarce	+	
8	Wyciągnięcie przeciągniętego kręgu z maszyny za pomocą tzw. Rogoła	+	
9	Montaż obejm na przeciągniętym kręgu		+
10	Transport przeciągniętego kręgu na miejsce składowania		+
11	Montaż Rogoła w przeciągarce	+	



Rysunek 6. Graf następnostw operacji montażowych i demontażowych z podziałem na operacje wewnętrzne i zewnętrzne. [Źródło własne]

Powyższe rozwiązania pozwoliły na przekształcenie 4 operacji, które wcześniej były wewnętrznymi na zewnętrzne. Oznacza to, że mogą one być wykonywane równolegle z operacją przeciągania, która odbywa się automatycznie. Dzięki temu podziałowi udało skrócić czas cyklu o 284s, co stanowi 18%. Dodatkowo dzięki zastosowaniu

stojaka do Rogoła stanowisko pracy operatora przeciągarki stało się bardziej ergonomiczne, ponieważ operację montażu obejm na przeciągniętym kręgu pracownik może wykonać na stojąco, a nie jak to było poprzednio w pozycji pochylonej.

2.3. Usprawnienie wszystkich aspektów wchodzących w skład czynności wewnętrznych.

W kolejnym etapie skupiono się na znalezieniu sposobów by skrócić czas pozostałych operacji wewnętrznych. Jak zostało wspomniane powyżej jest tylko jeden pracownik który obsługuje maszynę dlatego nie jest możliwe, aby wykonywał on jakiegokolwiek operacja równolegle. Dlatego na tym etapie implementacji zmian położono nacisk na wdrożenie nowych usprawnień, narzędzi. Aby możliwie skrócić czas wykonywania poszczególnych operacji montażu i demontażu.

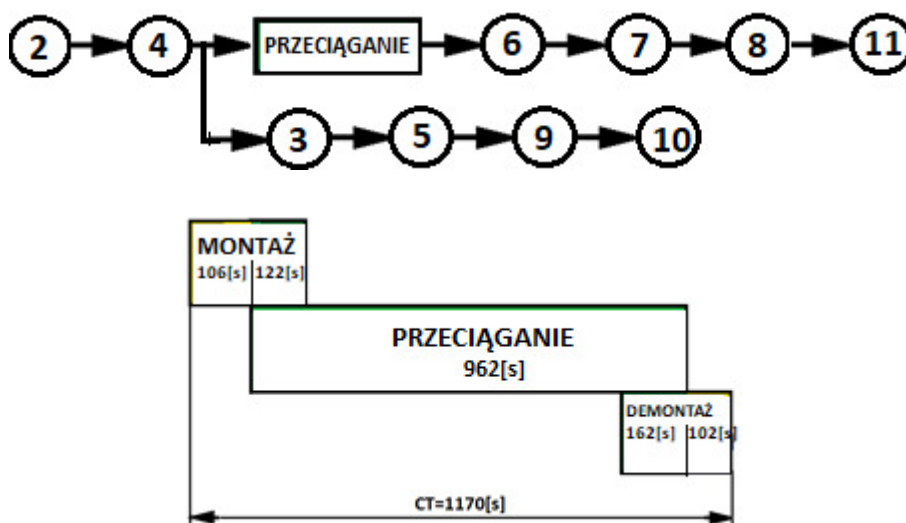
Propozycja usprawnienia poszczególnych operacji wchodzących w skład czynności wewnętrznych przedstawia tab.3.

Tabela 3. Propozycja usprawnień operacji wewnętrznych. [Źródło własne]

Numer operacji	Nazwa	Opis zmian	Czas realizacji [s]	
			Przed zmianą	Po zmianie
1	Czyszczenie obrotnicy	Usunięcie operacji – dzięki zastosowaniu czujnika krańcowego maszyna się sama wyłączy jak krąg się skończy i nie będzie na obrotnicy pozostałości nierozwiniętego drutu	16	0
2	Załadunek kręgu na obrotnicę	Zaokrąglenie uchwytów mocujących na obrotnicy zwiększy to bezpieczeństwo pracownika przed pokaleczeniem	111	93
4	Zagniecenie drutu na zgniatarce	Zmiana nazwy operacji na „montaż drutu w Rogolu” Nawiercenie otworów w ramionach Rogoła	58	13
6	Wyłączenie trybu ciągłej pracy przeciągarki i ręczne sterowanie maszyną do zakończenia przeciągania	Usunięcie operacji – dzięki zastosowaniu czujnika krańcowego maszyna się sama wyłączy jak krąg się skończy i nie będzie na obrotnicy pozostałości nierozwiniętego drutu	37	0
7	Zapętlenie końcówki drutu na zwijarce	Operacja bez zmian	32	32

8	Wyciągnięcie przeciągniętego kręgu z maszyny za pomocą tzw. Rogola	Operacja bez zmian	43	43
11	Montaż Rogola w przeciągarce	Operacja bez zmian	27	27

Na rys.7. przedstawiony jest graf operacji montażowych z uwzględnieniem podziału oraz usprawnień zastosowanych w operacjach wewnętrznych i zewnętrznych podczas montażu i demontażu kręgu na przeciągarce. Rysunek przedstawia również przeliczony czas taktu po wprowadzonych usprawnieniach.

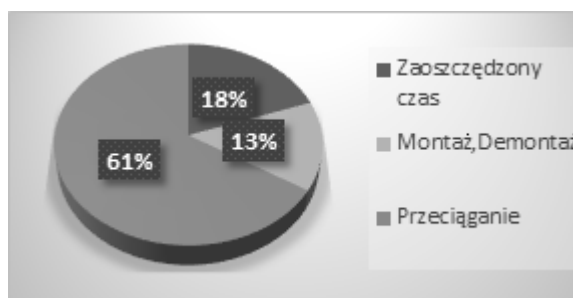


Rysunek 7. Graf operacji montażowych i demontażowych z uwzględnieniem ich czasów. [Źródło własne]

Przeprowadzone modernizacje skróciły czas montażu i demontażu kręgu do przeciągarki o 400[s] co stanowi praktycznie 66% czasu przezbijania stanowiska przed wprowadzeniem zmian. Wymagało to jednak dodatkowych szkoleń operatorów oraz wprowadzenia karty instrukcyjnej montażu i demontażu kręgu.

3. Podsumowanie

Wprowadzona metoda SMED spowodowała wzrost efektywności produkcji analizowanej maszyny. Pozwoliła również na dokładną diagnozę montażu i demontażu kręgu z przeciągarki oraz stworzenie karty instrukcyjnej w jakiej kolejności należy dokonywać tych operacji. Dzięki zastosowanej metodologii udało się zaoszczędzić 400s, podczas których linia produkcyjna nie wytwarzała produktu co przedstawione jest na rys.8.



Rysunek 8. Udział poszczególnych czasów po wprowadzeniu modernizacji na stanowisku przeciągacza. [Źródło własne]

Proste usprawnienia organizacyjno - techniczne pozwoliły na zwiększenie efektywności linii poprzez większe zdolności produkcyjne na jednym stanowisku o 18% co ma bezpośrednie przełożenie na możliwość wykonania większej ilości zleceń o 18%. W rozważanym przedsiębiorstwie znajdują się trzy identyczne przeciągarki i usprawnienie każdej z nich według przedstawionego schematu przyczyni się do zwiększenia zysku firmy.

LITERATURA

1. WIŚNIEWSKI C.: Wpływ wdrożenia zadań Lean manufacturing na efektywność i jakość produkcji, Problemy Eksploatacji 2.
2. ZIMNIEWICZ K.: Współczesne koncepcje i metody zarządzania, PWE, Warszawa (2003).
3. CZYŻ-GWIAZDA E., BURKA I.: Orientacja procesowa w wybranych koncepcjach zarządzania [w:] Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu 169(2011), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
4. KOCH T. E.: Narzędzia i technologie generatywne jako szybka ścieżka do innowacji. Agencja Rozwoju Przemysłu. 2011
5. SOBKOWIAK J.: Krótka historia Lean Manufacturing, data dostępu: 2015 <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Krotka-historia-Lean-Manufacturing-3277075.html>
6. TAYLOR F. W.: Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung. Weinheim: Beltz, 1995 s.135
7. CZYŻ-GWIAZDA E.: Koncepcja Management w zarządzaniu organizacją, 2015 ISSN 2083-8611.
8. LIKER J.K.: Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata, Wydawnictwo MT Biznes Sp. z o.o., Warszawa.2005.
9. OHNO T., Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, wyd. Cambridge Productivity Press, 1988.
10. LISIECKA K. „Źródła powstawania marnotrawstwa w organizacjach na przykładzie usługowych przedsiębiorstw ciepłowniczych” ISSN 2083-8611 2015r.

11. JÓŹWIAKOWSKI P.: Lean Management – metoda racjonalnego zarządzania produkcją, Zeszyty Naukowe DWSPiT. Studia z Nauk Technicznych (2015)4, 33–46
12. CAKMACKI M.: Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 41(2009), 168–179.
13. SHINGO S., DILLON A.: A Revolution in Manufacturing: The Smed System, Productivity Press Inc., 1985.
14. Praca zbiorowa: Szybkie przebrojenie dla operatorów: System SMED, Productivity Press Development Team, 2010.
15. ANTOSZKIEWICZ J.: Metody heurystyczne. Twórcze rozwiązywanie problemów, PWE Warszawa 1990.
16. KASPRZYK S.: Innowacje. Od koncepcji do produkcji, Centralna Rada Związków Zawodowych, Warszawa 1979.
17. KRUCZEK M., ŻEBRUCKI Z.: Wykorzystanie technik SMED w usprawnieniu procesu produkcyjnego, Logistyka 2/2012.
18. SZWEDZKA K., LUBIŃSKI P., JASIULEWICZ-KACZMAREK M.: Redukcja czasu przebrojeń metodą SMED – studium przypadków, Logistyka 6/2014.