

# ZWIĘKSZENIE DOSTĘPNOŚCI MASZYN CNC POPRZEZ UDOSKONALENIE ORGANIZACJI PRZEZBROJEŃ

Anna KARWASZ, Przemysław CHABOWSKI

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia zagadnienia związane z metodyką szczupłego wytwarzania. Przedstawiono przypadek wdrożenia metody SMED oraz 5S w przedsiębiorstwie produkcyjnym z branży metalowej. Autorzy ukazali rozwiązania wpływające na zminimalizowanie czasu przezbrojeń maszyn CNC. Kluczowym rezultatem wprowadzonych usprawnień jest zwiększenie dostępności maszyn CNC i ich gotowość do dalszej pracy, co przekłada się na zwiększenie elastyczności produkcji.

**Słowa kluczowe:** Lean Manufacturing, eliminacja marnotrawstwa, efektywność, organizacja przezbrojeń maszyn

## 1. Wprowadzenie

Oszczędne, zrównoważone gospodarowanie zasobami oznacza nie tylko racjonalne zarządzanie surowcami czy materiałami, ale również ekonomiczne i rozsądne gospodarowanie czasem. Eliminacja marnotrawstwa poprzez zredukowanie lub całkowite wykluczenie nadprodukcji, zapasów, braków, a także zbędne przemieszczanie materiałów i nadmierny ruch to podstawowe problemy, z którymi obecnie zmagają się przedsiębiorstwa produkcyjne [1].

Krótki cykl życia wyrobów na rynku oraz tendencja do jego nieustannego skracania powoduje, że przedsiębiorstwa muszą produkować kolejne, nowe wyroby, w coraz to krótszym czasie. Wymusza to również na nich szybsze wchodzenie na rynek z produktem niż do tej pory [1,2].

Powstaje pytanie, w jaki sposób wyeliminować już w toku produkcji czynności, które nie dają żadnej wartości dodanej, a muszą zostać wykonane z uwagi na inne procesy? Jak produkować większą liczbę wyrobów w krótszym czasie i przy niższych kosztach? Z pomocą w rozwiązaniu tych problemów przychodzą metody Lean Manufacturing, czyli metody oszczędnego wytwarzania.

Lean Manufacturing może doprowadzić do redukcji kosztów poprzez eliminowanie takiego marnotrawstwa jakim są: zbędny transport, nadprodukcja, zapasy, nieprzydatne ruchy i czas oczekiwania. Ta metoda efektywnego zarządzania produkcją pozwala na usprawnianie procesów produkcyjnych poprzez skrócenie czasów wytwarzania, co w konsekwencji kieruje przedsiębiorcę na drogę uzyskania przewagi konkurencyjnej.

Metodą pozwalającą zwiększać dostępność maszyn oraz poprawiać organizację procesu przezbrojenia jest SMED (ang. Single Minute Exchange of Die), którą tłumaczyć można jako przezbrojenia w ciągu pojedynczych minut. SMED opracowany został przez japońskiego inżyniera Shingeo Singo. Istotą tego narzędzia jest identyfikacja i rozdział operacji przezbrojenia na wewnętrzne i zewnętrzne, a następnie przekształcenie operacji wewnętrznych (wymagających postoju maszyny) w zewnętrzne (mogące odbyć się podczas pracy maszyny, np. podczas ostatnich minut realizacji zlecenia produkcyjnego poprzedzającego przezbrojenie) [5].

Częste rozwiązanie stanowi połączenie metody SMED z 5S, które umożliwia wypracowanie standardów i systematyki pracy oraz SMED MTM (SMED połączone z koncepcją ekonomiki ruchów elementarnych). Połączenie tych metod pozwala jeszcze dokładniej przeanalizować postępowanie pracownika w czasie wykonywania czynności wewnętrznych [3,5].

Wdrożenie metody SMED prowadzi do ograniczenia strat powstałych podczas oczekiwania zlecenia na realizację, co przekłada się na wzrost opłacalności produkcji [4].

## **2. Opis badanego przedsiębiorstwa**

Badane przedsiębiorstwo specjalizuje się w produkcji elementów metalowych. W przedsiębiorstwie odbywają się procesy związane z obróbką chemiczną oraz obróbką mechaniczną. Część elementów, między innymi odkuwki, dostarczane są przez podwykonawców.

Główną grupę asortymentu wykonywanego w firmie stanowią:

- tuleje,
- korpusy z mosiądzu, brązu i stali,
- elementy form wtryskowych dla indywidualnych klientów,
- elementy toczone z prętów.

Przedsiębiorstwo posiada bogaty park maszynowy, w skład którego wchodzi:

- tokarki sterowane numerycznie CNC wyposażone m.in. w napędzane narzędzia połączone z osią C, konik elektryczny oraz magazyn na pręty. Daje to szerokie możliwości, począwszy od obróbki części z odkuwki czy odlewu, aż do zastosowania ich jako maszyn do obróbki prętowej,
- wieloosiowe centra obróbcze, przeznaczone do wykonywania skomplikowanych operacji (przy produkcji jednostkowej, małoseryjnej i seryjnej) części typu korpus, pokrywa, itp. Wykonywane są tutaj operacje wiercenia, rozwiercania, wytaczania, frezowania kształtowego oraz gwintowania.

Opisywane przedsiębiorstwo charakteryzuje się typem organizacji produkcji seryjnej powtarzalnej, gdzie okresy powtarzalności są nieregularne. Zależą one głównie od wielkości i terminów spływania zamówień od klientów. Forma organizacji produkcji jaka występuje na hali produkcyjnej to produkcja niepotokowa. Nie występuje ścisłe powiązanie stanowisk pracy z procesem produkcyjnym, a kierunek przepływu przedmiotów pomiędzy stanowiskami jest zmienny. Komórki produkcyjne są pogrupowane według specjalizacji technologicznej. Maszyny i urządzenia znajdujące się w gniazdach wykonują operacje charakterystyczne dla wybranej metody obróbki (toczenie, frezowanie, itp.).

## **3. Analiza stanu zastalego**

W przedsiębiorstwie produkcyjnym przeprowadzono analizę pracy operatorów maszyn na wybranych stanowiskach roboczych. Analiza ukazała marnotrawstwo, zbędne ruchy operatorów oraz zbyt długie czasy przeobrażania maszyn. Ta obserwacja doprowadziła do opracowania koncepcji zmian, które są niezbędne dla lepszego funkcjonowania tego obszaru przedsiębiorstwa, przyczynią się do zwiększenia dostępności maszyn, co przełoży się na większą elastyczność produkcji.

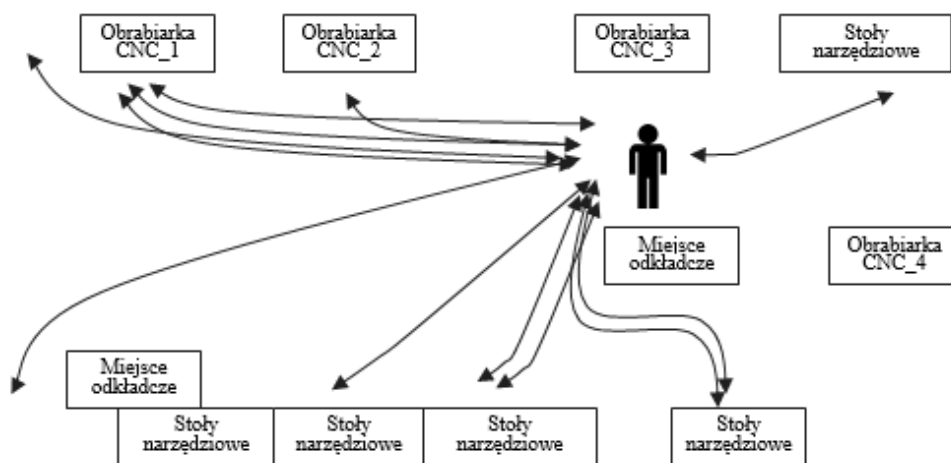
W wyniku przeprowadzonej analizy sporządzono schematy stanowisk roboczych, na których oznaczono:

- obrabiarki CNC,

- stoły, na których znajdują się narzędzia, części lub oprzyrządowanie stanowiska,
- miejsca odkładcze z częściami obrobionymi.

Dla każdego stanowiska wykonano schematy prezentujące drogi poruszania się i ruchy pracownika podczas wykonywania zlecenia produkcyjnego. Do schematów dołączono tabele, w których zawarto informacje na temat czynności wykonywanych przez pracownika danego stanowiska oraz czas ich trwania. Zebrane dane zostały wykorzystane przy opracowywaniu działań doskonalących metody pracy.

Rysunek 1 przedstawia gniazda maszyn CNC wraz z drogą pokonywaną przez operatora podczas przebrania maszyn.



Rys. 1. Usytuowanie gniazd produkcyjnych oraz przemieszczanie się operatora podczas przebrania maszyn

Podstawowymi zidentyfikowanymi problemami jakie można wyznaczyć są zbędne ruchy, których podłoże może wynikać z braku posiadania przez firmę standardów pracy oraz braku zasad dbałości o czystość i porządek przy i na stanowisku pracy. Gniazda produkcyjne nie posiadają wyznaczonych miejsc na odkładanie najczęściej używanych narzędzi. Operatorzy nie są zobowiązani do odnoszenia użytych narzędzi na przypisane im miejsce. Często pozostawiają je na maszynach, które obsługują, co zmniejsza również bezpieczeństwo pracy (rysunki 2-3). Takie postępowanie operatorów zmusza również innych pracowników do szukania potrzebnych narzędzi. Brak oznaczeń frezów, głowic czy wiertel uniemożliwia także ich szybką identyfikację.



Rys. 2. Przykład narzędzi zalegających na maszynie



Rys. 3. Przykład narzędzi pozostawionych na maszynie

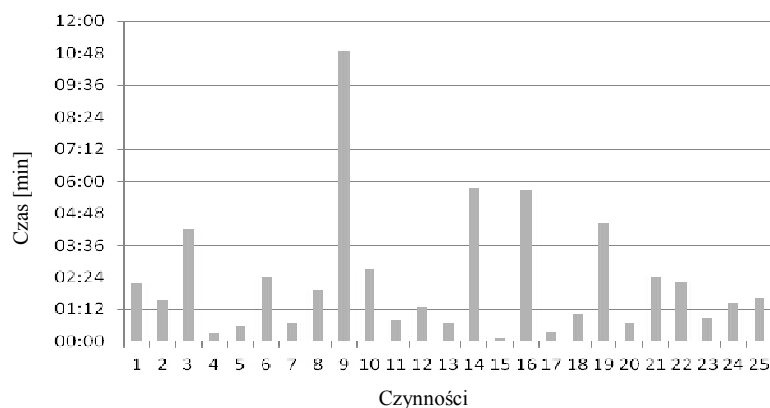
Ze względu na małe partie produkcyjne i bardzo dużą różnorodność produkowanych wyrobów przebrojenie maszyn odbywa się średnio pięć razy na jedną zmianę dla każdego stanowiska i jest wykonywane przez jednego operatora. Na jednej zmianie pracuje dwóch operatorów, którzy obsługują - w zależności od potrzeb - od jednej do dwóch maszyn. Średni czas przebrojenia wynosi około pięćdziesięciu pięciu minut. W ciągu jednej zmiany operator traci od czterech do pięciu godzin na przebranie maszyn.

W tabeli 1 zaprezentowano czynności wykonywane przez operatora podczas przebrania maszyn. Wyszczególniono czas poszczególnych czynności oraz pokonane odległości.

Tab. 1. Wykaz czynności wykonywanych przez operatora maszyny CNC

Lp.	Wykonywana czynność	Czas [min]	Odległość [m]
1	Przywiezienie półproduktu	2:10	18
2	Przyprowadzenie wózka paletowego	1:31	60
3	Przygotowanie miejsca pracy	4:13	-
4	Przyniesienie palety	0:18	10
5	Przyniesienie nadstawki na paletę	0:35	20
6	Odnalezienie rysunku technicznego	2:23	80
7	Wyczyszczenie maszyny sprężonym powietrzem	0:41	-
8	Przyniesienie szablonu z regału	1:55	8
9	Montaż szablonu maszynie	10:53	-
10	Przyniesienie całówki	2:43	26
11	Przyniesienie uszczelki z szafy narzędziowej	0:48	8
12	Przyniesienie narzędzi	1:16	26
13	Przyniesienie kołków zabezpieczających maszynę	0:42	26
14	Przygotowanie parametrów maszyny (ustawienie programu, obrotów, punktów odniesienia)	5:46	-
15	Zatwierdzenie programu w komputerze	0:08	6
16	Wymiana płytek skrawających	5:42	-
17	Przyniesienie narzędzi z szafki narzędziowej	0:20	8
18	Przyniesienie narzędzi z innej maszyny	1:02	26
19	Wymiana frezu i ustawienie odpowiedniej wysokości	4:26	-
20	Uruchomienie pompy próżniowej	0:40	-
21	Dopasowanie docisku uszczelki do półproduktu	2:24	-
22	Uruchomienie maszyny	2:14	-
23	Przykręcenie osłony	0:51	-
24	Próba frezowania powierzchniowego i dopasowanie głębokości frezowania	1:26	-
25	Korekcja ustawień maszyny	1:35	-
	<b>Suma</b>	<b>56:42</b>	<b>322</b>

Najdłuższy czas przypada na czynność nr 9 związaną z montażem szablonu na maszynie. Zestawienie wszystkich czynności wraz z czasem ich wykonywania przedstawiono na rysunku 4.



Rys.4. Czas trwania poszczególnych czynności przebrożenia maszyny

Obserwacja, wywiad z pracownikami oraz zestawienie z tabeli 1 ukazują, że największe problemy wynikają z:

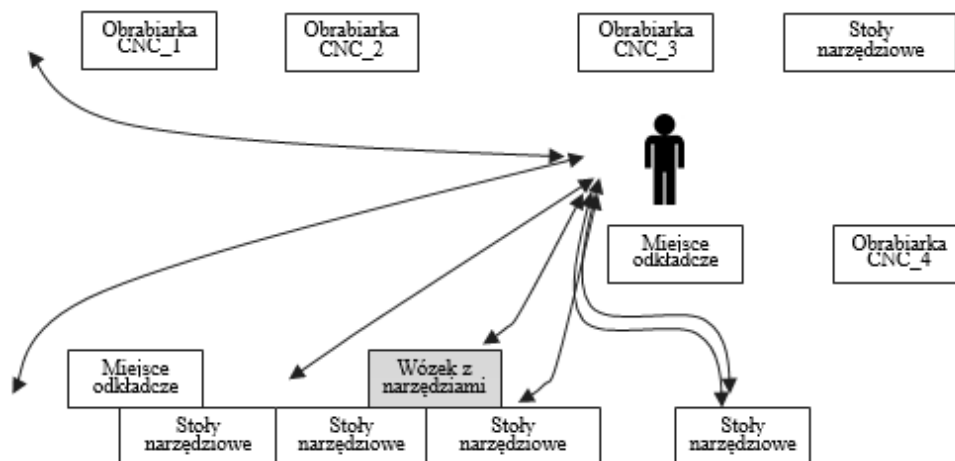
- braku oznaczeń narzędzi oraz miejsc ich odkładania,
- braku oznaczeń regałów z oprzyrządowaniem,
- braku wyznaczonego pola odkładczego na palety, podstawki, wózka paletowego,
- nieodkładania narzędzi po ich użyciu,
- nieprzekazywania rysunków technicznych razem z półproduktami.

#### 4. Czynności zaradcze

Obserwacja powyższej sytuacji doprowadziła do decyzji o wprowadzeniu czynności zaradczych, takich jak:

- oznakowanie wszystkich używanych narzędzi,
- spis narzędzi, z zaznaczeniem obszaru ich przechowywania,
- likwidacja narzędzi uszkodzonych i zużytych,
- oznakowanie szafek narzędziowych oraz miejsc odkładczych,
- odkładanie narzędzi po wykonanej operacji,
- sprzątnięcie stanowiska po zakończonej zmianie.

W omawianej firmie znajdują się 4 frezarki. Z uwagi na to, że jest dwóch operatorów uznano, że dwie obrabiarki mogą być przezbrajane w tym samym czasie. Podjęto zatem decyzję o zakupie dodatkowego kompletu narzędzi, co spowoduje, że operatorzy będą bardziej niezależni i nie będą zmuszeni do poszukiwania narzędzi wokół maszyn, bądź oczekiwania na aktualnie użytkowane narzędzia. Dodatkowo podjęto decyzję o wprowadzeniu wózka z narzędziami. Rozwiązanie to wyeliminuje dystans pokonywany przez pracownika w celu szukania i przyniesienia narzędzi do przezbrajanej maszyny (rysunek 5). Kolejnym krokiem było utworzenie tablicy cieni. Utworzono kartę standaryzacji pracy, oraz kartę kontroli przestrzegania standardu.



Rys. 5. Usytuowanie gniazd produkcyjnych oraz droga przemieszczania się operatora po wprowadzeniu zmian

W tabeli 2 zaprezentowano wykaz czynności po wprowadzeniu zmian.

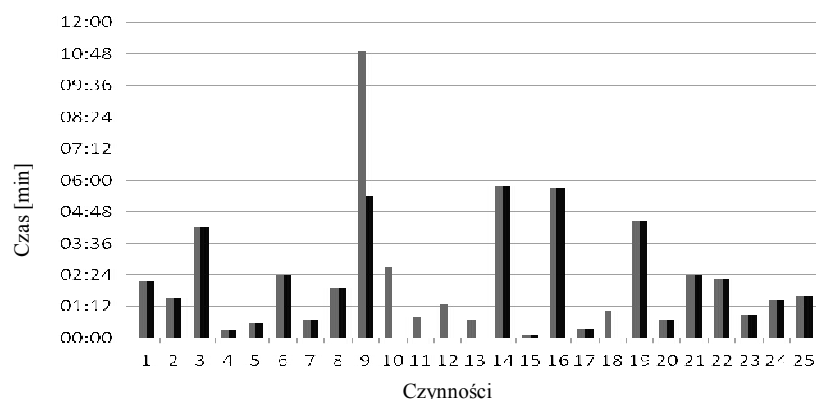
Tab. 2. Wykaz czynności wykonywanych przez operatora maszyny CNC po zmianie

Lp.	Wykonywana czynność	Czas [min]	Odległość [m]
1	Przywiezienie półproduktu	2:10	18
2	Przyrowadzenie wózka paletowego	1:31	60
3	Przygotowanie miejsca pracy	4:13	-
4	Przyniesienie palety	0:18	10
5	Przyniesienie nadstawki na paletę	0:35	20
6	Odnalezienie rysunku technicznego	2:23	80
7	Wyczyszczenie maszyny sprężonym powietrzem	0:41	-
8	Przyniesienie szablonu z regału	1:55	8
9	Montaż szablonu maszynie	5:24	-
10	Przyniesienie całówki - przeniesienie czynności	0:00	-
11	Przyniesienie uszczelki z szafy narzędziowej - przeniesienie czynności	0:00	-
12	Przyniesienie narzędzi - przeniesienie czynności	0:00	-
13	Przyniesienie kołków zabezpieczających maszynę - przeniesienie czynności	0:00	-
14	Przygotowanie parametrów maszyny (ustawienie programu, obrotów, punktów odniesienia)	5:46	-
15	Zatwierdzenie programu w komputerze	0:08	6
16	Wymiana płytek skrawających	4:40	-
17	Przyniesienie narzędzi z szafki narzędziowej	0:20	8
18	Przyniesienie narzędzi z innej maszyny - przeniesienie czynności	0:00	-
19	Wymiana frezu i ustawienie odpowiedniej wysokości	4:26	-
20	Uruchomienie pompy próżniowej	0:40	-
21	Dopasowanie docisku uszczelki do półproduktu	2:24	-
22	Uruchomienie maszyny	2:14	-
23	Przykręcenie osłony	0:51	-
24	Próba frezowania powierzchniowego i dopasowanie głębokości frezowania	1:26	-
25	Korekcja ustawień maszyny	1:35	-
	<b>Suma</b>	44:42	210

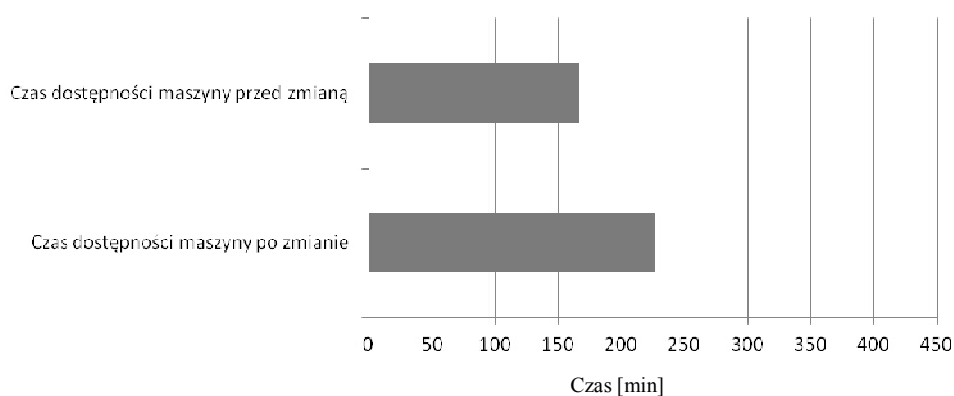
Czas czynności nr 9 (montaż szablonu maszynie) uległ skróceniu o 50% (z 10:53 minut do 5:24 minut). Czynności nr 10 - 13 oraz nr 18 zostały połączone z czynnością nr 9. Całkowity czas przebrojenia skrócił się zatem z 56 minut do 44 minut. Zaoszczędzono 12 minut na jednym przebrojeniu. W ciągu jednej zmiany maszyna przezbrajana jest 5 razy, tak więc w ciągu jednej zmiany dostępność maszyny wzrosła o jedną godzinę (rysunek 7).

Na rysunku 6 porównano wszystkie czynności wraz z długością ich trwania, zarówno przed jak i po wprowadzonych zmianach.

Poprawa organizacji metod pracy pozwoliła ułatwić pracę na stanowiskach oraz skrócić czasy trwania cyklu. W analizowanym przedsiębiorstwie sporządzono schematy dla każdego stanowiska prezentujące drogi poruszania się i ruchy pracownika podczas wykonywania pracy. Do schematów dołączono tabele, w których można znaleźć informacje na temat czynności, które kolejno wykonuje pracownik na danym stanowisku. Zmierzono także czas jaki jest potrzebny do wykonania tych czynności.



Rys.6. Zestawienie czasu trwania poszczególnych czynności przed i po wprowadzonych zmianach. Jaśniejsze słupki przedstawiają czynności przed zmianą, ciemniejsze słupki po wprowadzeniu zmian.



Rys. 7. Czas dostępności maszyny przed wprowadzenie zmian i po wprowadzeniu zmian

## 5. Wnioski

W procesie wytwarzania wyrobu niezwykle ważnym czynnikiem jest właściwa organizacja pracy. Przeprowadzone badania pozwoliły na uzyskanie danych dotyczących realizacji zadań przez pracowników w aktualnym środowisku pracy. Dane zgromadzono poprzez: obserwację pracowników podczas pracy, analizę dokumentacji, a także konsultację i wywiady z pracownikami.

W wyniku obserwacji opracowano schematy stanowisk z oznaczonymi istotnymi elementami i drogami, jakimi przemieszcza się operator, a także listy zadań z ich czasami wykonania. Przeprowadzona analiza stanu obecnego stanowiska podstawę do podziału zadań na dodające wartość oraz nie dodające wartości w realizowanych operacjach.

Na tej podstawie opracowano propozycje działań doskonalących, które dotyczyły eliminacji zadań niedodających wartości, bądź ich skrócenia. Dla przyjętych nowych metod pracy operatorów opracowano schematy zagospodarowania przestrzennego stanowisk produkcyjnych. Opracowano także schematy tras i czasy przemieszczania się operatorów na stanowiskach. Nowe rozwiązania zostały ujęte w kartach standaryzacji pracy, w których



przedstawiony został sposób odkładania narzędzi, przyrządów, wózka, itp. w zależności od rodzaju produkowanego wyrobu. Wprowadzone propozycje działań doskonalących w organizacji metod pracy pozwolą na zwiększenie wydajności stanowiska i poprawą warunki pracy pracowników.

### **Literatura**

1. Womack, J. P., Jones, D. T.: Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster, New York, 1996.
2. Hackman, J. R., Wageman, R.: Total Quality Management: empirical, conceptual, and practical issues, Administrative Science Quarterly, vol. 40, no. 2, 1995, str. 309-342.
3. Martinez-Jurado, P. J., Moyano-Fuentes, J.: Key determinants of lean production adoption: evidence from the aerospace sector, Production Planning & Control: The Management of Operations, 2012.
4. Taj, S.: Lean manufacturing performance in China: assessment of 65 manufacturing plants, Journal of Manufacturing Technology Management, vol. 19, no. 2, 2008.
5. Moreira A. C., Campos Silva Pais G.: Single Minute Exchange of Die: A Case Study Implementation, Journal of Technology Management and Innovation, 2011 r., str.29-46.

Dr inż. Anna KARWASZ  
Mgr inż. Przemysław CHABOWSKI  
Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji  
Politechnika Poznańska  
61-138 Poznań, ul. Piotrowo 3  
tel./fax: (61) 665 27 74  
e-mail: [anna.karwasz@put.poznan.pl](mailto:anna.karwasz@put.poznan.pl)  
[przemyslaw.chabowski@doctorate.put.poznan.pl](mailto:przemyslaw.chabowski@doctorate.put.poznan.pl)