

Magdalena KOŁODZIEJCZAK¹

Opiekun naukowy: Anna WIKTOR-SUŁKOWSKA²

CYKLOIDALNA MASZYNA DO PRZEBROJEŃ – AUTORSKI PROJEKT STUDENTÓW AGH, JAKO ADAPTACJA METODYKI SMED W ŚRODOWISKU UCZELNI WYŻSZEJ

Streszczenie: Szybkie przebrojenia maszyn to kluczowy element przy zmniejszaniu zapasów we wszystkich obszarach firmy. Prowadzą one do uwolnienia zamrożonego kapitału. Poprzez stopniowe zwiększenie elastyczności procesów, możliwe staje się przekazywanie klientowi oczekiwanej przez niego wartości w czasie, w którym jej potrzebuje. Stosowanie systemu skracającego proces przebrojenia prowadzi do sytuacji, w której jesteśmy w stanie produkować mniejszymi partiami, co pozwala również zmniejszać poziom zapasów w całej firmie.

Słowa kluczowe: maszyna do przebrojeń, SMED, Lean Manufacturing

CYCLOIDAL REARMAMENT MACHINE - AN ORIGINAL PROJECT OF AGH STUDENTS, AS AN ADAPTATION OF SMED METHODOLOGY IN THE UNIVERSITY ENVIRONMENT

Summary: Rapid machine changeover is a key element in reducing inventory in all areas of the company. They lead to the release of frozen capital. By gradually increasing the flexibility of processes, it is possible to communicate the expected value to the customer at the time when he needs it. The use of a system that shortens the changeover process leads to a situation where we are able to produce in smaller batches, which also allows us to reduce the level of inventory throughout the company.

Keywords: machine changeover, SMED, Lean Manufacturing

1. Wstęp

Maszyny stanowią podstawę współczesnej produkcji. Technologia wciąż się rozwija, a firmy produkcyjne, chcąc nadażyć za coraz większymi wymaganiami współczesnych klientów, również muszą się doskonalić. Podejmują one tematy

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

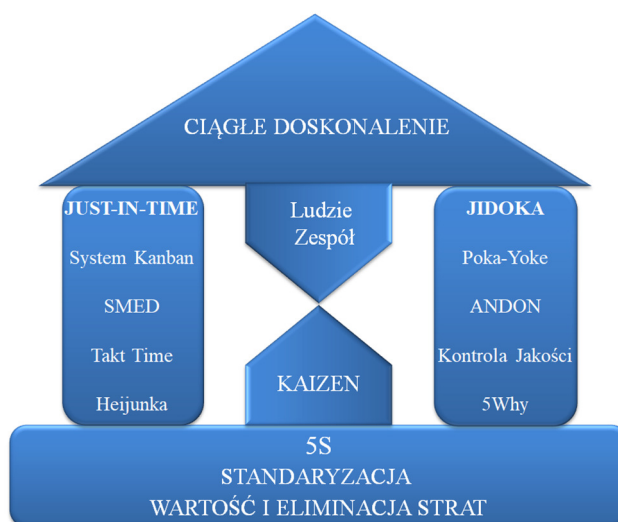
² Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, wiktork@agh.edu.pl

związane z optymalizacją zarówno samej produkcji, jak również skrócenia czasów czynności nieprodukcyjnych. Wszystko po to, żeby zwiększać wydajność i móc produkować więcej, różnych produktów, w małych ilościach i w krótkim czasie. Wiedzą, że aby pozostać konkurencyjni, ich produkcja musi elastycznie dostosowywać się do popytu.

2. Metodologia SMED

2.1. Korzenie w Lean Management

Lean Management to koncepcja wywodząca się z Japonii, rozwinięta na podstawie zasad i narzędzi pochodzących z Systemu Produkcyjnego Toyoty (TPS – Toyota Production System). To bardzo szerokie pojęcie, które prezentuje trwałe i kompleksowe podejście nie tylko do samego procesu produkcyjnego, ale także do wszystkiego, co można zużyć w mniejszej ilości, aby wciąż osiągać więcej. Idea ta nie jest stosowana wyłącznie w firmach produkcyjnych, ale także w usługach, biurach i nawet w codziennym życiu. Jej najważniejsze założenia są wszechstronnie wykorzystywane na całym świecie w różnych interpretacjach. Lean Management to przede wszystkim filozofia, która promuje naukę i ciągłe doskonalenie w każdym aspekcie. Jest ona jednocześnie zbiorem technik i narzędzi, które używane są do eliminacji marnotrawstw. Mówi ona zarówno o skupieniu na efektywnym dostarczaniu wartości klientowi, ale również o budowaniu szacunku i dobrych relacji między pracownikami. To niezwykle połączenie filozofii, metodologii, zasad, strategii zarządzania, technik, sposobu myślenia i zachowań, dlatego może być dowolnie implementowane w odmiennych typach przedsiębiorstw oraz w różnych aspektach życia codziennego. Graficznym obrazem założeń TPS jest Dom Toyoty przedstawiony na rysunku 1 [1].



Rysunek 1. Dom Toyoty [1]

2.2 Zarys metodyki

SMED - Single minute exchange of die, czyli wymiana matrycy w czasie jednostkowym (poniżej 10 min). Metoda SMED została opracowana przez Shigeo Shingo – japońskiego inżyniera. Głównym jej celem jest skrócenie czasu trwania przebrojeń maszyn i urządzeń. Zanim przystąpił on do swojego zadania, przebrojenie 1-tonowej prasy trwało 4 godziny. Rezultatem jego badań, było skrócenie czasu przebrojenia do 3 minut! Przebrojenie oznacza przygotowanie maszyny, linii, stanowiska do wykonywania kolejnego zadania (zlecenia) produkcyjnego. Czas przebrojenia to czas, który upłynie od wyprodukowania ostatniej sztuki produktu A (pierwszego zadania produkcyjnego) do czasu wyprodukowania pierwszej dobrej sztuki produktu B (kolejnego zadania produkcyjnego) [2].

2.3. Przebrojenie jako muda, a więc pole do usprawnień

2.3.1. Wartość dodana

Wartość dodaną w procesie produkcyjnym reprezentują tylko takie działania, w wyniku których produkt ulega przekształceniu, są wykonane dobrze za pierwszym razem i klient jest gotów za nie zapłacić. Jeśli dana czynność nie spełnia wszystkich wymienionych kryteriów, pewnym jest, że nie zwiększa ona w bezpośredni sposób wartości dodanej. Przebrojenia maszyn i urządzeń są przykładem czynności non-value-added (niedodającej wartości), a jednak to istotna część funkcjonowania przedsiębiorstwa. W metodologii Lean Management działania nie zwiększające wartości definiowanej przez klienta opisywane są jako „3 M – muda, mura i muri”. Czynności wykonywane w zakresie przebrojenia zaliczane są do jednego z M – mudy, jako działania pochłaniające zasoby, nie podnosząc wartości dla klienta, jednakże traktowane jako strata konieczna. To typ mudy, który bardzo trudno całkowicie wyeliminować. Przedsiębiorstwo pracujące w duchu Lean Management bada każde działanie w aspekcie tego, czy jest nośnikiem wartości dodanej do produktu. Jeżeli tak nie jest, w sytuacji idealnej należałoby takiej czynności zaprzestać. Koncepcja ta mocno kładzie nacisk na eliminację czynności, które nie tworzą wartości dodanej, więc w myśl ciągłego doskonalenia, należy dążyć do eliminacji każdej pracy, za którą klient nie jest skłonny zapłacić. Istnieją jednak takie etapy w procesie, które mimo uznania ich za stratę, są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstwa, tak jak przebrojenia maszyn i urządzeń. Zmierzając do optymalizacji czynności uznanych za straty, zostają one stopniowo wyszczuplane za pomocą metodologii SMED [3].

2.3.2. Dlaczego przebrojenie to marnotrawstwo

Należy zastanowić się, co tak naprawdę czyni długie przebrojenia mudą i jakie niosą one za sobą konsekwencje. Produkcja wytwarza wyroby w dużych (jak największych) partiach, co zwiększa ilość zapasów produkcji w toku i jednocześnie zajmuje dostępne miejsce w magazynach lub na hali produkcyjnej. Występuje przez to długi czas realizacji zlecenia, a kolejne zamówienie oczekuje na swoją realizację. Produkcja planowana jest dla jak najmniejszej liczby przebrojeń, aby uniknąć czasu bezczynności maszyn. Pojawiają się wtedy opóźnienia oraz utrata jakości i aby

wyprodukować zamierzone ilości wyrobów, uruchamiamy kolejną zmianę. Taki czarny scenariusz to niestety często codzienność firm produkcyjnych [4].

2.3.3. Korzyści z wdrożenia systemu SMED

Krótszy czas przezbrojenia oznacza dla produkcji większą wydajność, szybszą realizację zamówień, mniejsze koszty przezbrojenia, możliwość zmniejszenia partii produkcyjnej, zwiększenie elastyczności produkcji oraz zmniejszenie ilości zapasów zarówno produkcji w toku, jak i wyrobów gotowych.

Jako korzyści dla samej firmy wyróżnia się redukcję długich serii produkcyjnych, redukcję stanów magazynowych, zwiększenie elastyczności produkcji, redukcję czasu oczekiwania na obróbkę, skrócenie cyklu produkcyjnego, zmniejszenie kosztów robocizny przy przezbrojeniu, wzrost produktywności wąskich gardeł linii produkcyjnych oraz zmniejszenie zużycia materiałów związanych z przezbrojeniem. Skrócenie czasu przezbrojenia wiąże się bezpośrednio również ze wzrostem stopnia wykorzystania wyposażenia, wzrostem wskaźnika OEE. eliminacją liczby błędów przy przezbrojeniach, ale również podniesieniem jakości wyrobów, Poprawą bezpieczeństwa pracowników, uproszczeniem gospodarki narzędziowej oraz obniżenie wymagań w stosunku do umiejętności pracowników.

Dla samych pracowników SMED oznacza uproszczenie procedury przezbrojenia, mniejszy wysiłek poświęcany wcześniej na przezbrojenie, większą przestrzeń roboczą, standardowe i uniwersalne narzędzia oraz brak konieczności szukania narzędzi [5].

3. Cykloidalna maszyna do przezbrojeń – autorski projekt studentów AGH

Studenci Akademii Górniczo-Hutniczej, członkowie Studenckiego Koła Naukowego Zarządzanie, zainspirowani XX-wiecznymi dokonaniem Shigeo Shingo, postanowili umożliwić innym studentom poznanie niesamowitej metamorfozy przezbrojenia.

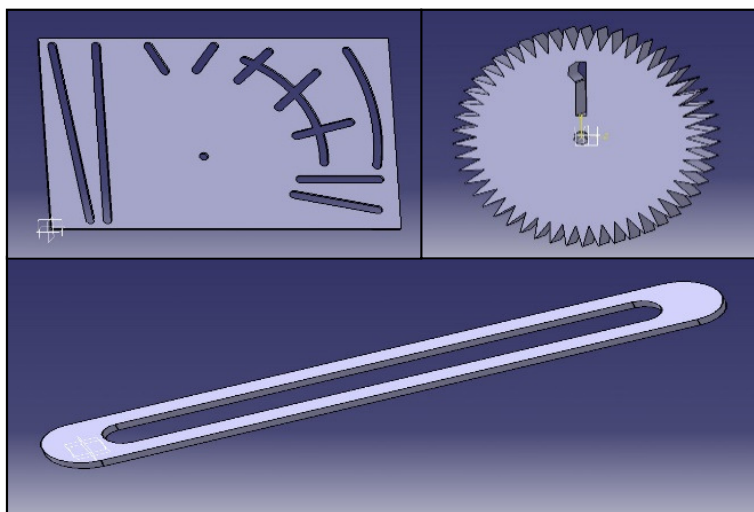
3.1. Laboratorium Lean

Lean Management Laboratory to jeden z grantów Studenckiego Koła Naukowego Zarządzanie z roku 2016. Istotą projektu jest stworzenie laboratorium badawczego, zajmującego się w szerokim zakresie metodologią zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym, a w szczególności metodą Lean Management. Jest to reakcja na potrzeby rynku, wśród których identyfikuje się zapotrzebowanie na managerów potrafiących zastosować metodykę Lean w praktyce. Do tej pory tylko AGH, jako jedyna Polska uczelnia, oferuje swoim studentom praktyczny dostęp do narzędzi Lean funkcjonujących w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Laboratorium to miejsce do wykonywania testów i prób, dlatego właśnie tu studenci podjęli próbę stworzenia maszyny do ćwiczenia przezbrojeń.

3.2. Cykloidalna maszyna do przezbrojeń

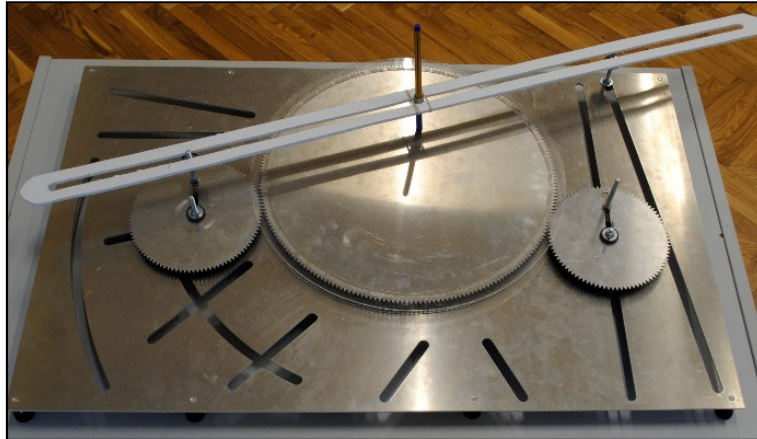
3.2.1. Projekt maszyny

Projekt maszyny do przezbrojeń został zrealizowany w ramach Grantu Rektora AGH na rok 2017: II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Rozkręcimy Was - Koła Naukowe kuźnią talentów zarządzania - pasja, ludzie, projekty, działanie”. Urządzenie zaprojektowane zostało przez członka Studenckiego Koła Naukowego „Zarządzanie” inż. Jakuba Bałut – studenta kierunku Metalurgia o specjalizacji Przeróbka Plastyczna na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH we współpracy z dr inż. Pawłem Bogaczem – wykładowcą akademickim w Katedrze Ekonomiki i Zarządzania w Przemśle na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH. Projekt maszyny, prezentowany na ilustracji nr 2, powstał przy wykorzystaniu programu cadowskiego CATIA V5.



Rysunek 2. Projekt cykloidalnej maszyny do rysowania w programie cadowym CATIA V5.

Cykloidalna maszyna do rysowania jest układem połączonych zębatek osadzonych na płycie głównej z rowkami regulacyjnymi. Zębátky posiadają różną wielkość, a rowki nie są ograniczone punktowo, co umożliwia ogromną liczbę różnych ustawień. Punkt obrotu obraca się i porusza. Pozwala to na osiągnięcie niezwykle złożonych grafik.



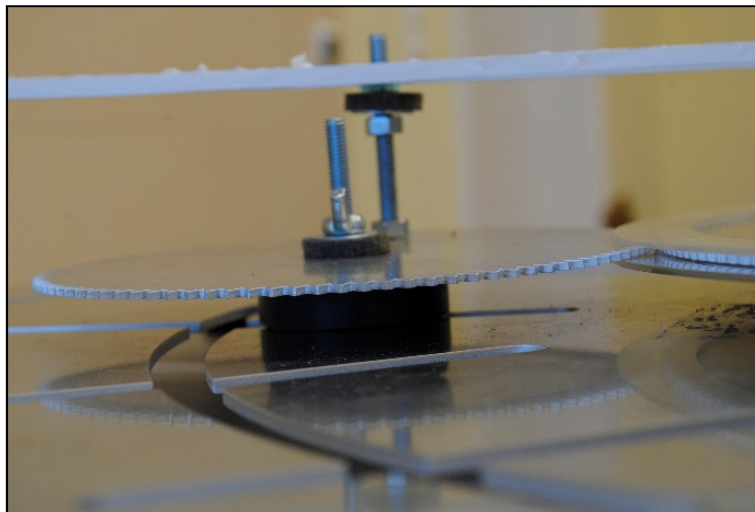
Rysunek 3. Cycloidalna maszyna do rysowania w położeniu nr1



Rysunek 4. Cycloidalna maszyna do rysowania w położeniu nr2

3.2.2. Konstrukcja

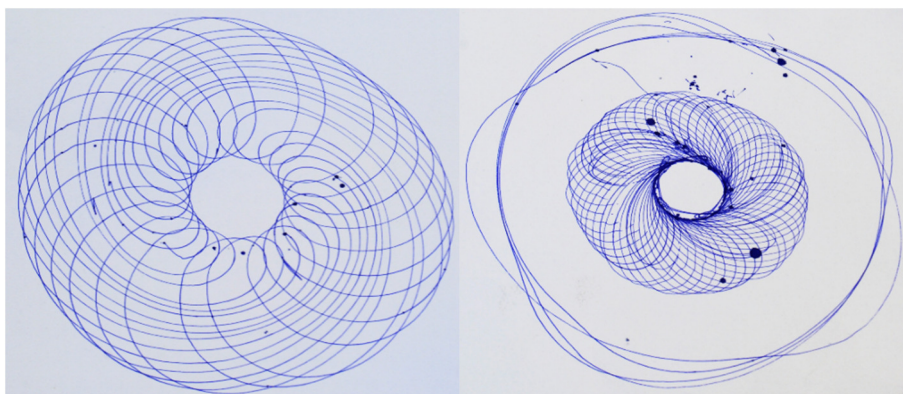
Płyta główna, zębatki i ramię wykonane zostały ze stopu aluminium serii 5xxx (Al.-Mn), a podkładki z PCV poziomujące zębatki wydrukowano za pomocą drukarki 3D, znajdującej się w Katedrze Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki.



Rysunek 5. Zbliżenie na połączone części maszyny

4. Wykorzystanie maszyny do przebrojeń w edukacji na uczelni wyższej

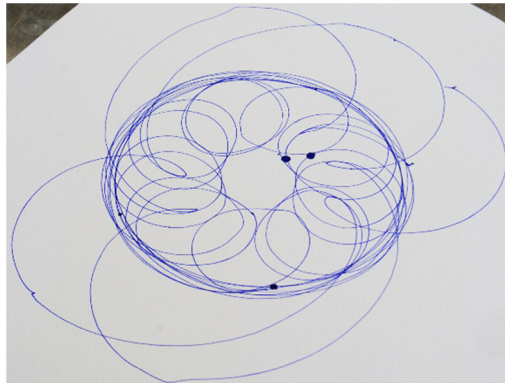
Mnogość możliwości ustawień pozycji zębatek pozwala na brak ograniczeń w interpretacji metodyki SMED podczas jej eksploatacji. Na maszynie można ćwiczyć wiele elementów systemu opracowanego przez Shigeo Shingo. Będzie to między innymi wydzielanie czynności zewnętrznych i wewnętrznych, demontaż urządzenia, nastawy nowego położenia, pomiary elementów składowych procesu przebrojenia, chronometraż, doskonalenie wyrobów gotowych, kontrola jakości wyrobów gotowych, ale również czynniki dotyczące samej maszyny, jak na przykład wpływ smaru na pracę urządzenia i wyrób gotowy.



Rysunek 6. Wzór nr 1 uzyskany z pracy maszyny

Rysunek 7. Wzór nr 2 uzyskany z pracy maszyny

Cykloidalna maszyna do ćwiczenia przezbroyń jest na tyle funkcjonalna, że może być wykorzystywana również w firmach produkcyjnych podczas szkoleń wewnętrznych, gdzie sami operatorzy maszyn mogą przygotować się do wdrożenia SMED na swoim stanowisku pracy.



Rysunek 8. Wzór nr 3 uzyskany z pracy maszyny

5. Podsumowanie

Szkolimy studentów, przyszłych wdrożeniowców metodyki SMED w firmach produkcyjnych. Jednak każdy, nawet niezwiązany z filozofią Lean Management, może nauczyć się w Lean Laboratory szczupłego myślenia i wykorzystać je w dowolnym miejscu. To nie tylko rozkręcenie maszyny i złożenie jej od początku, ale obserwacja każdego etapu i elementu składowego tego procesu, a następnie jego optymalizacja. Odpowiednio wdrożony system SMED, otwiera również pole do wprowadzania kolejnych usprawnień całego procesu produkcyjnego, a więc nie jest zakończeniem prac, a wręcz przeciwnie, początkiem do ciągłego usprawniania, jak w codziennym życiu.

LITERATURA

1. LIKER J.K., ROSS K.: Droga Toyoty do doskonałości w usługach, MT Biznes 2018.
2. SHINGO S.: A Revolution in Manufacturing: The SMED System, Productivity Press 1985.
3. LIKER J.K.: Droga Toyoty, 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata MT Biznes 2016.
4. IMAI M.: Gemba Kaizen. Zdroworozsądkowe podejście do strategii ciągłego rozwoju, MT Biznes 2016.
5. KUBIK S.: Szybkie przezbroyenie dla operatorów: SYSTEM SMED, ProdPublishing.com 2010.