

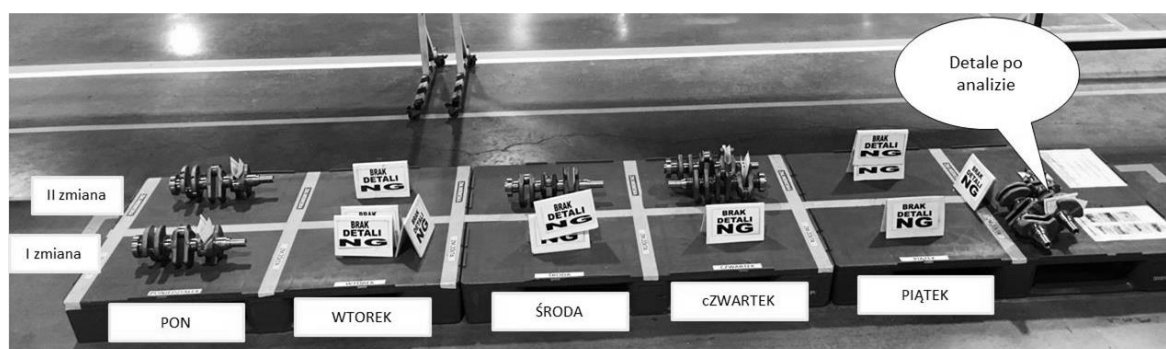
16

METODA PODNOSZENIA EFEKTYWNOŚCI PROCESÓW PRODUKCYJNYCH W TOYOTA MOTOR MANUFACTURING POLAND

16.1 WPROWADZENIE

Dziedzina produkcji związana z rynkiem motoryzacyjnym kładzie wysoki nacisk na jakość produktu oraz wydajność produkcji. Pojawiające się zakłócenia w procesie produkcyjnym utrudniają osiąganie zakładanych wskaźników. W takich sytuacjach bardzo ważne jest, aby przyczyna zakłócenia została szybko zlokalizowana oraz wyeliminowana. Zakłócenia eliminuje się najczęściej poprzez: wdrożenie tymczasowych środków zaradczych, co pozwala na kontynuację analizy przyczynowo skutkowej bądź wdrożenie środków zaradczych (co finalnie eliminuje problem) i pozwala przeprowadzenie analizy PDCA (ang. Plan Do Check Action) [10] w celu usprawnienia procesu.

Jedną z metod szybkiego wykrywania oraz eliminowania zakłóceń jest wprowadzona przez koncern Toyota, w ramach systemu TPS (ang. Toyota Production System) metoda określana mianem „pól kapuścianych” (ang. Cabbage patch) [9, 10]. Nazwa metody wywodzi się z jednego z zakładów Toyoty zlokalizowanego w Japonii, gdzie wdrożono ją po raz pierwszy (rys. 16.1). Wszystkie wyroby, nie zgodne ze specyfikacją i określane, jako wadliwe, były umieszczane tuż przy linii produkcyjnej wraz z opisem wady oraz czasem jej wystąpienia, przy czym czas jej wystąpienia określano z dokładnością do dnia lub zmiany z uwagi na wielkoseryjny, a nawet masowy typ produkcji. Następnie przeprowadzana była segregacja detali wadliwych oraz analiza przyczyn ich wystąpienia.



Rys. 16.1 Przykładowe „pole kapuściane” z obszaru wału korbowego
(Toyota Motor Manufacturing Poland - Wałbrzych)

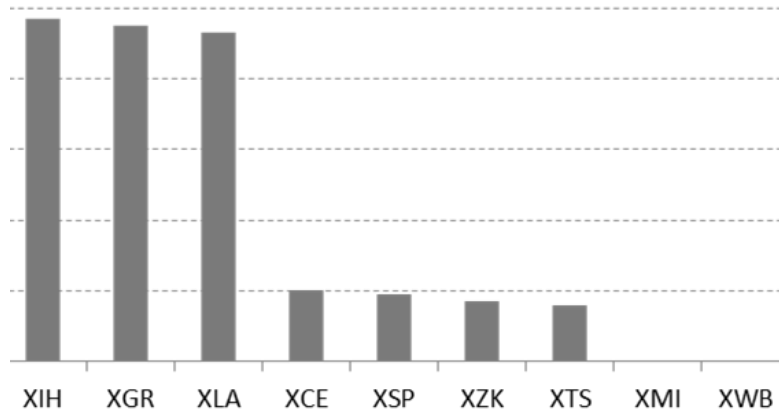
Źródło: opracowanie własne

Metoda ta została rozwinięta i ustandaryzowana w zakładzie TMMP w Wałbrzychu. Mocną stroną tej metody jest pełna wizualizacja występowania zakłóceń oraz systematyka w zbieraniu i analizowaniu danych. Podstawą tej metody jest zasada Genchi Genbutsu (z jap. idź i dotknij) [4, 9, 12]. Obecnie jest ona stosowana nie tylko przez pracowników produkcji, ale również przez działy wspomagania produkcji, takie jak dział utrzymania ruchu (DUR), kontrolę jakości (KJ) czy logistykę.

W niniejszym artykule przedstawiono studium przypadku, w którym zakłócenie na linii produkcyjnej zostało rozwiązane przez dział DUR ze wsparciem działu produkcji w ramach TPM-u (ang. Total Productive Maintenance), z zastosowaniem metodyki „pól kapuścianych”.

16.2 STUDIUM PRZYPADKU – IDENTYFIKACJA ZAKŁÓCENIA

Na wydziale obróbki wału korbowego w Toyota Motor Manufacturing Sp. z o.o. w Wałbrzychu, zaobserwowano spadek dostępności linii produkcyjnej oraz wzrost ilości detali nie zgodnych ze specyfikacją. Zebrane dane pokazały, iż największy udział w zatrzymaniach linii mają trzy typy maszyn: hartownica (symbol XIH), szlifierki (symbol XGR) oraz tokarki (symbol XLA). Graficznie dane pokazuje poniższy rys. 16.2. Z uwagi na ograniczony zakres możliwości prezentacji danych, wykres na rys. 16.2 nie posiada dokładnej skali pomiarowej, natomiast prezentacja graficzna pozwala porównać zakres zatrzymań wybranych maszyn.



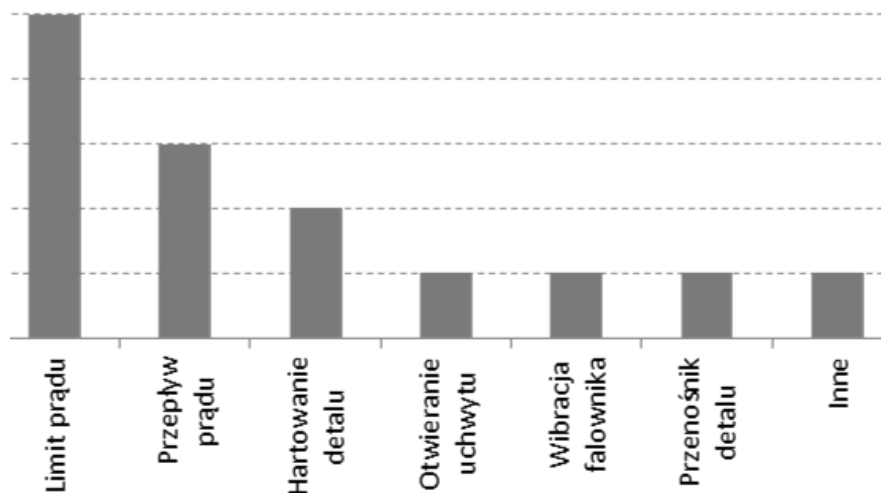
Rys. 16.2 Procentowy udział typów maszyn w zatrzymaniach linii produkcyjnej

Źródło: opracowanie własne

Stosując metodykę „kapuścianego pola” w pierwszej kolejności postanowiono zdiagnozować problem hartownicy XIH. Głównym zadaniem wskazanej maszyny jest obróbka cieplna czopów głównych oraz czopów korbowodowych wału korbowego. Wynikiem wystąpienia zakłócenia (zatrzymanie maszyny) była przerwa produkcyjna oraz pojawienie się niezahartowanych detali. Występowanie wady było przypadkowe i nie wskazywało żadnej tendencji.

Korzystając z przyjętej metodyki, w ujęciu czasowym (na podstawie danych ze zmian produkcyjnych poprzednich tygodni), dokonano analizy występowania błędów powodujących zatrzymanie procesu hartowania.

Przeprowadzona analiza wskazała, jaki rodzaj zakłócenia powoduje największy procent zatrzymań tzn. najbardziej wpływa na obniżenie wydajności linii produkcyjnej. I tak w opisywanym przypadku, dane zebrane w ciągu 60 dni roboczych zaprezentowano na rys. 16.3, podobnie jak w przypadku prezentacji danych na rys. 16.2, wartości bezwzględne prezentujące zatrzymanie procesu hartowania zostały ukryte).



Rys. 16.3 Ilość błędów z podziałem na typy występujące w okresie 60 dni roboczych

Źródło: opracowanie własne

Z przedstawionych danych wynika, iż najistotniejszym zakłóceniem był błąd: „limit prądu”. „Limit prądu” jest nazwą własną stosowaną w procesie hartowania w systemie produkcyjnym Toyota i oznacza, nie osiągnięcie minimalnej temperatury cewki w zdefiniowanym przedziale czasu. Proces określenia zakłócenia i jego przyczyny składa się z dwóch etapów. Po pierwsze należy jak najbardziej precyzyjnie określić miejsce jego występowania. I tak, w naszym przypadku, punktem wyjścia był błąd limitu prądu podczas procesu hartowania na maszynie hartującej XIH.

W kolejnym kroku przeanalizowano operacje technologiczne, realizowane na ww. maszynie, chcąc ustalić przyczynę powstawania usterek. Proces hartowania, realizowany na tej maszynie, składa się z następujących operacji (rys. 16.4):

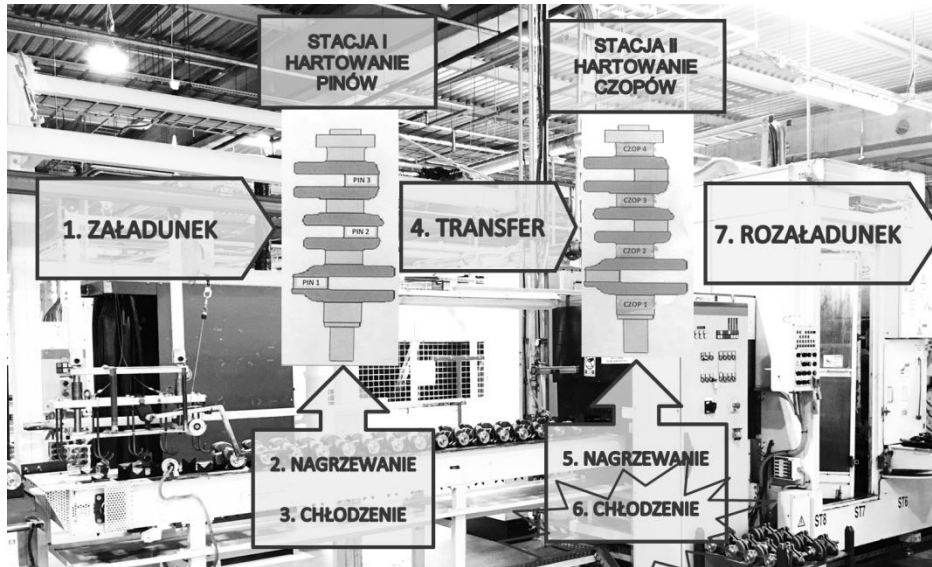
1. Załadunek.
2. Nagrzewanie pinów (czopy wykorbione – korbowodowe) – stacja I.
3. Chłodzenie pinów – stacja I.
4. Transfer (stacja I -> stacja II).
5. Nagrzewanie czopów głównych wału – stacja II.
6. Chłodzenie czopów głównych wału – stacja II.
7. Rozładunek.

W naszym przypadku błąd występował tylko podczas operacji nr 6 – chłodzenie czopów głównych, na stacji II (rys. 16.5). Spośród wszystkich elementów maszyny występujących na procesie nr 6 takich jak:

- układ napędowy detalu,

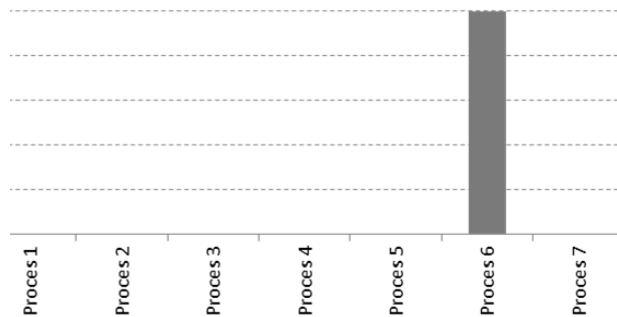
- mocowanie detalu,
- cewka grzewcza,
- układ chłodzenia,

błąd generowany był tylko przez cewkę grzewczą (rys. 16.6).



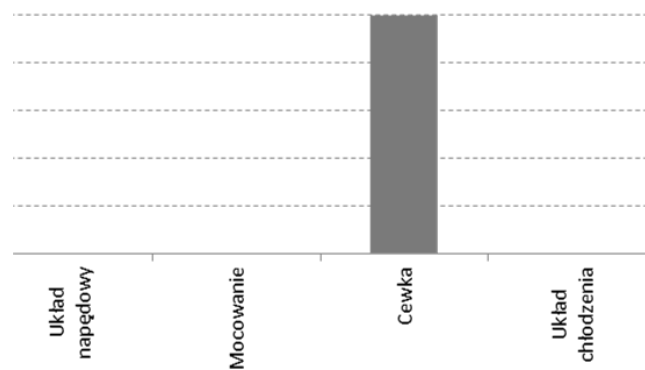
Rys. 16.4 Procesy hartowania realizowane na maszynie XIH

Źródło: opracowanie własne



Rys. 16.5 Ilość wystąpień błędu „limit prądu” na maszynie XIH w rozbiciu na procesy

Źródło: opracowanie własne



Rys. 16.6 Ilość wystąpień błędu „limit prądu” na procesie nr 6 w rozbiciu na elementy maszyny

Źródło: opracowanie własne

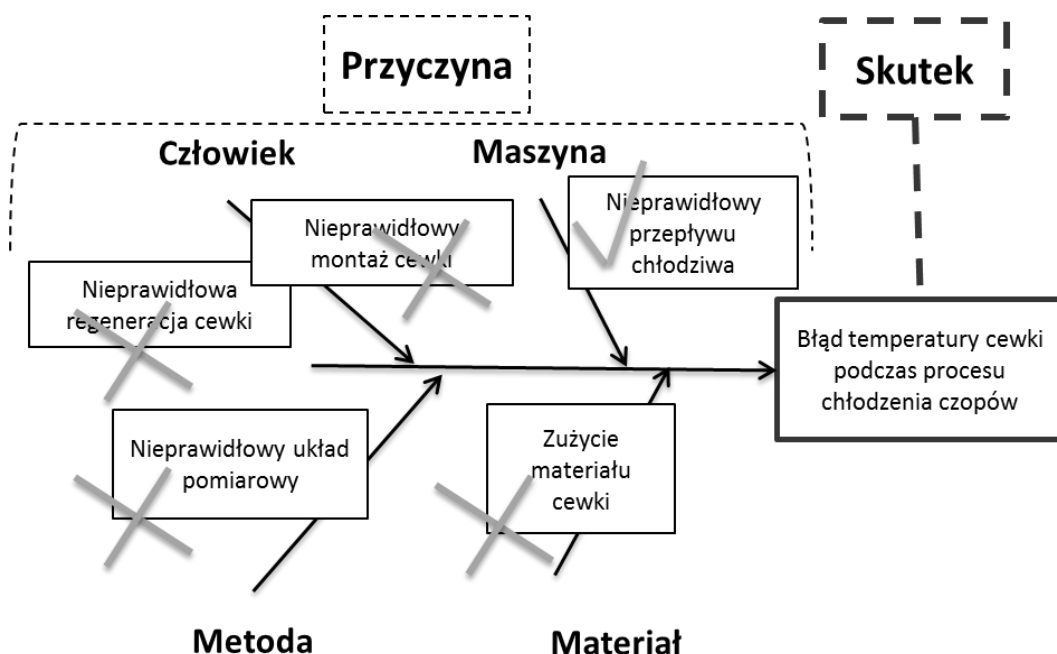
Na podstawie opisanych powyżej badań, określonych w praktyce Toyoty, jako „Genchi Genbutsu” [4, 9], zdefiniowano problem w następujący sposób: Błąd temperatury cewki hartującej podczas procesu chłodzenia czopów głównych wału korbowego.

Znając dokładnie problem wyznaczono cel usprawnienia procesu i redukcji wadliwych wyrobów, zgodnie z zasadą S.M.A.R.T. [4] w którym zdefiniowano zakres prac poprzez: redukcję błędów temperaturowych cewki hartującej procesu 6 (odniesienie S. i R. w zasadzie S.M.A.R.T.), precyzyjnie określono termin naprawy uszkodzenia tj.: w przeciągu kolejnego miesiąca produkcyjnego (odniesienie T. w zasadzie S.M.A.R.T.) oraz wskazano możliwości i oczekiwane wartości redukcji zakłócenia: do zera (odniesienie M, i A, w zasadzie S.M.A.R.T.).

W przyjętym postępowaniu badawczym koncentrowano się nie tyle na samej wadzie, ale przede wszystkim na procesie, zakładając, że eliminacja zakłóceń w procesie produkcyjnym automatycznie wyeliminuje wadliwe detale, w myśl zasady, że dobry proces to dobry wyrób.

16.3 DOBÓR NARZĘDZI TPS DO REDUKCJI ZDIAGNOZOWANYCH ZAKŁÓCEŃ

Po określeniu celu przystąpiono do analizy przyczynowo – skutkowej zdiagnozowanego zakłócenia, żeby znaleźć przyczynę źródłową problemu. Najbardziej rozpowszechnionym narzędziem na tym etapie badania jest diagram Ishikawy, który w Systemie produkcyjnym Toyota, znany jest pod nazwą: wykres rybiej ości bądź analizą 4M (Man – Człowiek, Machine – Maszyna, Method – Metoda/Proces, Material – Materiał) [5, 6, 7, 8]. Uproszczony diagram Ishikawy odnoszący się do opisywanego przykładu zaprezentowano na rys. 16.7. Za pośrednictwem ww. narzędzia przeanalizowano wszystkie możliwości powstawania przedmiotowego zakłócenia.



Rys. 16.7 Uproszczony diagram Ishikawy

Źródło: opracowanie własne wg metodyki Systemu Produkcyjnego Toyota – TPS

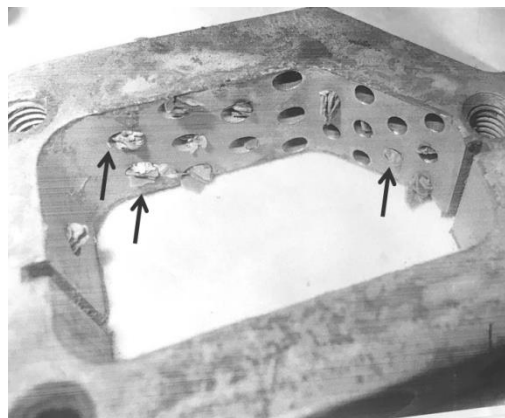
Zatem każda z potencjalnych przyczyn została przeanalizowana i potwierdzona doświadczalnie tzn. udowodniona przez reprodukcję bądź symulację wystąpienia błędu. W opisywanym przypadku przytłumienie chłodzenia cewki wywołało wskazany błąd. W efekcie końcowym stwierdzono, że przyczyną powstawania nieprawidłowości w procesie hartowania jest nieprawidłowy przepływ płynu chłodzącego przez układ cewki hartującej.

Mając potwierdzoną przyczynę przystąpiono do określenia źródła wystąpienia przyczyny. Na tym etapie rozwiązywania problemu zastosowano metodę „5W” [5, 6, 11]. Przykładową pojedynczą ścieżkę analizy „5W” zaprezentowano na rys. 16.8.



Rys. 16.8 Przykładowa ścieżka analizy „5W”

Źródło: opracowanie własne wg metodyki Systemu Produkcyjnego Toyota - TPS



Rys. 16.9 Niedrożne otwory chłodzące cewki hartowniczej – wskazane strzałkami

Źródło: opracowanie własne

Analiza „5W” wskazała, że przyczyną źródłową było niedostateczne filtrowanie cieczy chłodzącej, używanej w procesie hartowania. Skutkiem tego zjawiska było przedostawanie się zanieczyszczeń do obszaru cewki hartowniczej i zatykanie otworów chłodzących cewki. To zatykanie jest wyraźnie widoczne na rys. 16.9 (patrz wskazania za pośrednictwem strzałek). Przytkane otwory chłodzące tłumią przepływ cieczy chłodzącej, co powodowało nieprawidłową pracę cewki.

W kolejnym kroku należało zastanowić się nad środkami zaradczymi w okresie krótkoterminowym oraz długoterminowym, pamiętając, że zapisano w celu usprawnienia procesu 30 dniowy termin usunięcia zakłócenia (okres krótkoterminowy). W opisywanym przypadku postanowiono wdrożyć następujące środki zaradcze:

- krótkoterminowe:
 - natychmiastowa wymiana cewki hartującej po wystąpieniu błędu,
 - wymiana cieczy chłodzącej,
 - czyszczenie zbiornika cieczy chłodzącej oraz układu chłodzenia,

- długoterminowe:
 - zmiana systemu filtracji cieczy chłodzącej przez dołożenie filtrów kominowych o niższej przepuszczalności,
 - weryfikacja TPM-u – uwzględniająca regularną wymianę wkładów filtrujących.

Jak można zauważyć, dosyć ważnym jest umiejętnie zdefiniowanie celu usprawnienia procesu. Na tym etapie widać, że cel zostanie osiągnięty, ale proces usprawnienia będzie uzupełniony o inwestycję (dołożenie filtrów kominowych) i rozszerzenie wybranych procedur związanych z utrzymaniem ruchu.

16.4 WDRÓŻENIE NARZĘDZI TPS I KONTROLA WYNIKÓW

Wprowadzenie zaproponowanych środków zaradczych nastąpiło wg ustalonej kolejności, zgodnie z planem wdrożenia. Standardem stosowanym w zakładach Toyoty jest arkusz kontrolny, na którym umieszcza się nie tylko plan wdrożenia środków zaradczych, ale również notuje się otrzymane wyniki, tzn. badany jest bezpośredni wpływ przeprowadzonej akcji na rezultaty produkcyjne.



Rys. 16.10. Arkusz kontrolny zawierający plan działań

Źródło: opracowanie własne wg metodyki Systemu Produkcyjnego Toyota - TPS

Przykładowy arkusz kontrolny dla opisywanego przypadku pokazano na rys. 16.10. Problem można uznać za rozwiązany w momencie, gdy po wdrożeniu wszystkich środków zaradczych przyczyny powstawania wady znikają i co za tym idzie nie pojawia się już sama wada.

Arkusze jest unikalną formą dokumentowania całego procesu tj. od identyfikacji problemu, poprzez jego analizę, poszukiwanie przyczyn oraz propozycji rozwiązań, aż do jego rozwiązania i zakończenia [7]. Dodatkowo, arkusze jest częścią bazy danych zmian związanych z podnoszeniem efektywności procesów w Toyota Motor Manufacturing Poland. Ten oraz inne arkusze, w trakcie całego procesu usprawnień są publikowane pracownikom na specjalnych tablicach, w ogólnodostępnych miejscach występowania zakłóceń. Każdy pracownik może śledzić przebieg procesu i utożsamiać się z pracą wspomagającą usprawnienie lub poprawę zakłócanego procesu. Jawność i otwartość oraz publikowanie wszelkich pomysłów i zmian z jednej strony, a z drugiej jednoznacznie określona ścieżka postępowania (metodyka systemu produkcyjnego Toyota), zachęca wszystkich pracowników do uczestnictwa w doskonaleniu i podnoszeniu efektywności procesów oraz wspiera budowanie postawy odpowiedzialnej za powierzoną pracę.

W opisywanym przypadku wdrożenie środków zaradczych doprowadziło do wyeliminowania przyczyny powstawania wady. Dodatkowo, wypracowane rozwiązania mogą zostać zastosowane na pozostałych maszynach wykonujących podobny proces. Taka praktyka, związana z umiejętnością obserwacji i kopiowania projektów produktów, procesów biznesowych oraz lepszego ustawienia maszyny, zastosowania materiałów i metod w języku TPS-u nazywa się Yokotenem (jap. idź zobacz). Służy ona do wymiany informacji pomiędzy służbami w przedsiębiorstwie zarówno o sukcesach jak również o wszelkich porażkach podczas wprowadzania rozwiązań i usprawnień [7, 8].

PODSUMOWANIE

Metodyka „pól kapuścianych” w bardzo prosty i logiczny sposób prowadzi od wadliwego detalu do finalnego rozwiązania problemu. Opracowana w przedsiębiorstwie Toyota Motor Manufacturing Polska w Wałbrzychu standaryzacja procesu w schematyczny sposób opisuje krok po kroku tok postępowania. Dodatkowo, każdy krok ma dokładnie przypisane narzędzia, jakich należy używać. Standardowe arkusze kontrolne pozwalają na precyzyjne i przemyślnie śledzenie całego procesu [2]. „Pole kapuściane” jest niekończącą się drogą dochodzenia do podnoszenia efektywności i pełnej optymalizacji procesów wytwórczych. Rozwiązanie jednego problemu prowadzi do rozpoczęcia pracy nad kolejnym problemem otwierając kolejny cykl PDCA.

Siła metody polega również na tym, że działania są prowadzone w głównej mierze przez pracowników produkcji ze wsparciem działu inżynieryjnego. Takie podejście pozwala, po pierwsze angażować pracowników w sprawy związane z ich miejscem pracy, zwiększać ich identyfikację z celami firmy oraz rozwijać wiedzę i umiejętności.

Strategia wpisana w metodykę „pól kapuścianych” nie tylko pozwala na rozwój pracowników zwiększając siłę wydziału produkcyjnego (jap. Shokubaryoku), ale również pozwala budować bazę danych permanentnych i incydentalnych problemów pojawiających się na liniach produkcyjnych. Baza taka jest wykorzystywana przez inne zakłady koncernu w celu stosowania podobnych rozwiązań przy identycznych problemach.

LITERATURA

1. M. Bryke. *Wstęp do Kaizen – Efektywność warunkiem przetrwania – skuteczne metody zwiększania produktywności przedsiębiorstw*. Kraków: Kaizen Institute Polska, 2005.
2. J. Jakubowski, W. Woźniak, Ł. Szaszkiewicz, W. Nawrocki. „Ocena efektywności wybranych narzędzi projakościowych w doskonaleniu procesu produkcyjnego.” *Metody i narzędzia w inżynierii produkcji*, Uniwersytet Zielonogórski, 2016, s.39-54.
3. J. Jakubowski and W. Woźniak and M. Stańkowska. „Lean management – efektywne zarządzanie operacyjne w praktyce.” *Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości w Wałbrzychu*, 2017, T.40, s. 17-29.
4. J. K. Liker and G.L. Convis. *Droga Toyoty do Lean Leadership, Osiągnięcie i utrzymanie doskonałości dzięki kształtowaniu przywódców*. Warszawa: MT Biznes, 2012. ISBN: 978-83-7746-406-9.
5. A. Łazicki, D. Samsel, L. Krużycka, A. Brzeziński, M. Matejczyk, M. Nowacki, M. Czołba, D. Babalska. *Systemy zarządzania przedsiębiorstwem-techniki Lean Managment i Kaizen*. Warszawa, 2011.
6. I. Masaaki. *Gemba Kaizen. Zdroworozsądkowe podejście do strategii ciągłego rozwoju*. Warszawa: MT Biznes, 2012, ISBN: 978-8-3904-5250-0.
7. B. Mikuła, A. Pietruszka – Ortyl, A. Potocki. *Zarządzanie przedsiębiorstwem XXI w – wybrane koncepcje i metody*. Warszawa, 2002.
8. M. Sąsiadek and J. Basl. „Lean production in practice, Innovation Vision 2020: from Regional Development Sustainability to Global Economic Growth” proceedings of the 25th International Business Information Management Association Conference [Dokument elektroniczny]. Amsterdam, Holandia, 2015. [B.m.]: International Business Information Management Association (IBIMA), 2015, s. 699—705.
9. St. Spear, H. Kent Bowen. „Decoding the DNA of the Toyota Production System.” *Harvard Business Review*. September-October 1999, p. 97-106.
10. M. Walton. *Deming Menagemnet Method*. Management Books 2000, 1992.
11. M. Wiśniewska. „Jak-czyli kaizen odpowiada na potrzeby.” *Zarządzanie jakością*, Kraków, 2005.
12. C.C. Yang and K.J. Yang. „An Integrated Model of the Toyota Production System with Total Quality Management and People Factors.” *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, Volume 23, Issue 5, September-October 2013 s. 450–461.

METODA PODNOSZENIA EFEKTYWNOŚCI PROCESÓW PRODUKCYJNYCH W TOYOTA MOTOR MANUFACTURING POLAND

Streszczenie: W artykule zaprezentowano metodę „pól kapuścianych”, bazujących na wybranych technikach i narzędziach Lean Manufacturing do podnoszenia efektywności procesów produkcyjnych. Wizualizację przyjętej metody przedstawiono na podstawie badań realizowanych w przedsiębiorstwie Toyota Motor Manufacturing Poland w Wałbrzychu.

Słowa kluczowe: System produkcyjny Toyota, „pola kapuściane”

A METHOD FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF PRODUCTION PROCESSES AT TOYOTA MOTOR MANUFACTURING POLAND

Abstract: The article presents real case study example how Maintenance Department from Toyota Motor Manufacturing Poland reduce defective parts ratio and improve production line availability in a mass production. The text shows how to use in practice “cabbage patch” methodology to improve process parameters and develop problem solving process.

Key words: Toyota Production Systems, „cabbage patch”

Witold NAWROCKI

Toyota Motor Manufacturing Poland Sp. z o.o.
ul. Uczniowska 26, 58-306 Wałbrzych
e-mail: W Nawrocki@toyotapl.com

Dr hab. inż. Roman STRYJSKI

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją
ul. Licealna 9, 65-417 Zielona Góra
e-mail: Stryjski@post.pl

Dr inż. Waldemar WOŹNIAK

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją
ul. Licealna 9, 65-417 Zielona Góra
e-mail: W.Wozniak@iizp.uz.zgora.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 15.05.2017
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 31.05.2017