

Andrzej Świątoniowski\*, Ryszard Gregorczyk\*, Stanisław Rabiasz\*\*

## **Analiza wpływu zastosowania metody TPM na wzrost efektywności linii automatycznego montażu wycieraczek samochodowych**

### **1. Wprowadzenie**

Współczesne, działające na globalnym rynku przedsiębiorstwa produkcyjne, są podane coraz to silniejszej presji na rzecz stałego wdrażania nowych technologii, poprawy jakości oraz obniżki kosztów wytwarzania.

Realizacja tych zadań łączy się ściśle z zapewnieniem właściwego stanu technicznego maszyn i urządzeń. Wymaga to wdrożenia oraz stałego doskonalenia organizacji pracy służb odpowiedzialnych za utrzymanie niezakłóconego działania linii technologicznych.

Jedną z najczęściej wykorzystywanych w tym celu metod stała się na przestrzeni ostatnich lat metoda TPM (*Total Productive Maintenance*) lub – w tłumaczeniu na język polski – Kompleksowe Utrzymanie Ruchu.

W przeciwieństwie do tradycyjnego podejścia do problemu eksploatacji maszyn, polegającego jedynie na doraźnym reagowaniu w przypadku awarii (tzw. Breakdown Maintenance) metoda TPM wprowadza szereg niestosowanych wcześniej działań w tym prewencyjnych dzięki czemu możliwym staje się znaczące wydłużenie cykli remontowych, zmniejszenie liczby niesprawności i awarii oraz czasu ich usuwania, a także lepsza gospodarka częściami zamiennymi. Jednocześnie dzięki aktywnemu uczestnictwu pracowników produkcyjnych w czynnościach konserwacji maszyn następuje wzrost ich kwalifikacji oraz pośrednio wzrost bezpieczeństwa pracy.

Istotą systemu TPM jest – przy zachowaniu zbioru zasad ogólnych – konieczność ich indywidualnego wdrażania w każdym z podmiotowych zakładów. Ten wymóg kreatywności sprawia, iż od chwili swego powstania w Japonii metoda TPM [1, 2, 3] stała się przedmiotem bardzo licznych publikacji odnoszących się nie tylko do samej jej teorii, lecz a może przede wszystkim, aspektów jej wdrażania do praktyki przemysłowej [4, 5, 6].

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Systemów Wytwarzania

\*\* PWSZ Krosno

Dzięki temu stało się możliwe zebranie obszernej – stale rozwijanej i uzupełnianej – bazy wiedzy, której podstawowe znaczenie można wywieść z faktu, iż koncepcje eksploatacji maszyn i urządzeń – nie będące przecież abstrakcyjnym wytworem lecz usystematyzowanym zbiorem metod i narzędzi – muszą w zasadniczym stopniu uwzględniać specyficzne uwarunkowania poszczególnych wytwórców.

W ten nurt wpisuje się i niniejsza praca poświęcona zastosowaniu metody TPM w prewencyjnym systemie utrzymania ruchu zautomatyzowanej linii montażu wycieraczek samochodowych.

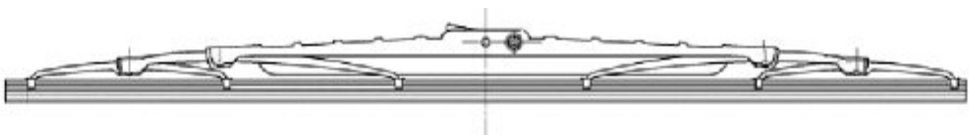
Działania te wsparte zostały efektywnym wykorzystaniem systemu CMMS (*Computerised Maintenance Management Systems*).

## 2. Przedmiot analizy

Przedmiotem analizy jest linia zautomatyzowanego montażu piór wycieraczek samochodowych o konwencjonalnej konstrukcji (rys. 1 i 2).



Rys. 1. Linia montażu wycieraczek samochodowych



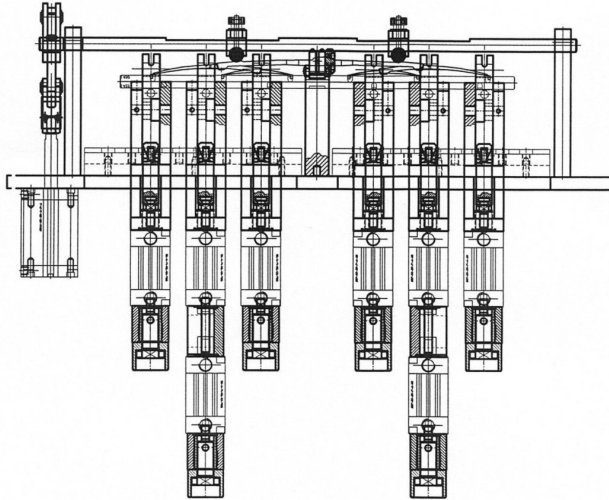
Rys. 2. Wycieraczka samochodowa o konwencjonalnej konstrukcji

Realizowany na tej linii montaż wycieraczek samochodowych obejmuje cztery kolejno następujące po sobie operacje:

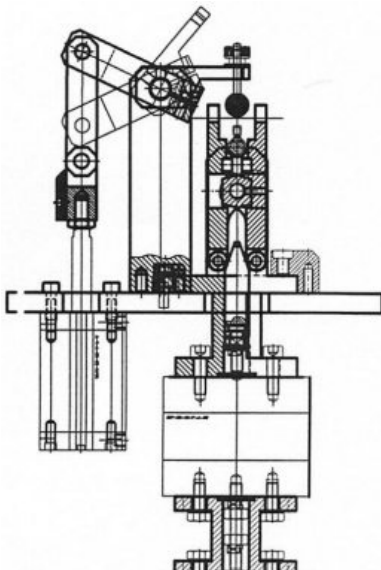
- Zestawienie zespołu pałaków.
- Zaciśnięcie ich ramion głowicami dobijaków poruszonymi za pomocą siłowników pneumatycznych (rys. 3 i 4). W przypadku głowicy środkowej są to dwa siłowniki połączone łącznikiem siłowników dla wzmocnienia siły zacisku. Napędzają one trzpień prowadzony w korpusie głowicy, który poprzez rolki odchyła ramiona ze

szczękami, powodując zacisk komponentów w odpowiednim miejscu. Powrót ramion ze szczękami wymusza sprężyna.

- Usztywnienie gumowego pióra wycieraczki metalowym zbrojeniem.
- Połączenie wszystkich elementów wycieraczki poprzez zagięcie łapek na końcach ramion.



Rys. 3. Siłowniki zacisku oraz dobijania końcowego



Rys. 4. Mechanizm dobijania końcowego

### 3. Organizacja przeglądów okresowych. Stan początkowy

Stosowany w przedsiębiorstwie dozór stanu technicznego urządzeń oparty był o co miesięczne przeglądy okresowe obejmujące ogólną – bez sprecyzowania poszczególnych koniecznych do wykonania czynności kontrolę zespołów mechanicznych, instalacji elektrycznej i pneumatycznej.

W konsekwencji prowadzona na „Kartach konserwacji technicznej” dokumentacja tych przeglądów zawierała z reguły jedynie ogólnikowe i nieprecyzyjne stwierdzenia uniemożliwiające dokładny wgląd tak w zakres przeprowadzonych prac jak i czas ich realizacji.

W świetle stawianych przed przedsiębiorstwem wymagań stan taki był nie do utrzymania i legło to u podstaw decyzji o wdrożeniu systemu Kompleksowego Utrzymanie Maszyn – TPM (*Total Productive Maintenance*).

### 4. Wdrożenie systemu prewencyjnego utrzymania ruchu

Działania podjęte w ramach decyzji o wdrożeniu systemu TPM obejmowały:

- Wyspecyfikowanie zespołów maszyn wymagających przeglądów okresowych, wraz ze szczegółowym określeniem związanych z tym zakresów czynności. (Poważnym utrudnieniem okazał się tu wspomniany już brak szczegółowych informacji w prowadzonych dotąd „Kartach konserwacji technicznej”). W konsekwencji oparto się tu na ustnych relacjach operatorów i personelu wykonującego dane przeglądy.
- Ustalenie częstotliwości wykonywania każdej operacji – zgodnie z przyjętymi w zakładzie standardami.
- Utworzenie instrukcji konserwacji technicznej każdej z maszyn maszyny zawierającej opis każdej z czynności wraz z odpowiednimi zdjęciami, rysunkami bądź wskazówkami.
- Określenie rzeczywistego czasu trwania każdej z operacji.

Uzyskane w ten sposób dane pozwoliły w kolejnych etapach postępowania na posłużenie się w procesie zarządzania przeglądami okresowymi systemem CMMS (*Computerised Maintenance Management Systems*).

### 5. Wykorzystanie systemu CMMS do zarządzania przeglądami okresowymi. Moduł Plant Maintenance systemu ERP SAP R/3

System SAP (wersja R/1) został opracowany przez firmę Systems, Applications and Products in Data Processing w 1972 roku jako pierwszy na świecie systemem planowania zasobów przedsiębiorstwa ERP – Enterprise Resource Planning [7] (Wersja R/3 pojawiła

się na rynku na początku lat 90.). O jej wyborze jako narzędzia zarządzania remontami linii montażu wycieraczek zadecydowały takie cechy, jak praca na zasadach klient – serwer, przejrzystość interfejsu graficznego, łatwość w dostępie i wykorzystywaniu relacyjnych baz danych, a wreszcie i możliwość uruchomienia na różnych platformach sprzętowych niezależnie od systemu operacyjnego.

### 5.1. Identyfikacja maszyn oraz tworzenie lokacji

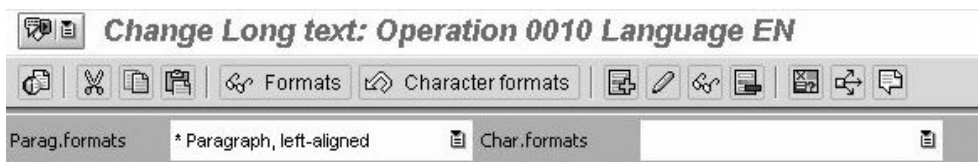
W celu użycia modułu Plant Maintenance do obsługi przeglądów okresowych w systemie SAP utworzono podlegający takiemu przeglądowi obszar Functional Location tożsamy z linią produkcyjną wycieraczek samochodowych. Struktura opisu Functional Location składa się z pięciu poziomów, których kody w postaci XXXX – YYYY – ZZZZ – QQQQ – VVVV odnoszą się kolejno do zakładu, obszaru produkcyjnego, jednostki produkcyjnej, strefy produkcyjnej i linii produkcyjnej. (W miejsce X, Y, Z, Q, V można wprowadzić dowolne litery bądź cyfry).

Po usytuowaniu linii wycieraczek w strukturze zakładu została ona wprowadzona do systemu przy użyciu transakcji IL01.

### 5.2. Utworzenie planu przeglądów okresowych w systemie SAP R/3

W kolejnym etapie wdrażania systemu SAP R/3 zdefiniowano listę zadań (*Task List*) i wprowadzono ją do programu. Działanie te obejmują następujące operacje:

- Wybór obiektu podlegającego przeglądowi (linia produkująca wycieraczki samochodowe).
- Wprowadzenie informacji definiujących obiekt takich jak typ grupy, do której on należy, jej centrum kosztowe, oraz wybraną strategię remontową.
- Określenie elementów urządzeń, które mają podlegać przeglądom, zakresu czynności oraz wstępne oszacowanie czasów potrzebnych do ich wykonania.
- Określenie częstotliwości wykonywania każdej z czynności (w rozpatrywanym przypadku poszczególne okresy przeprowadzania przeglądów oznaczono jako 1T – co 7 dni, 2T – co 14 dni, 1M – co 28 dni, 2M – co 56 dni, 3M – co 84 dni, 6M – co pół roku, 1R – raz do roku) (rys. 5).



**Kontrola stanu połączeń śrubowych, likwidacja luzów**  
**Przewidywany czas wykonania: 15 min**  
**WYKONANO: [TAK] [NIE]**

Rys. 5. Wprowadzanie instrukcji przeglądów

Czynności wchodzące w skład przeglądu linii montażu wraz z ich zakładaną wstępnie częstotliwością i czasami realizacji zostały zestawione w tabeli 1 (kolumny 1 i 2).

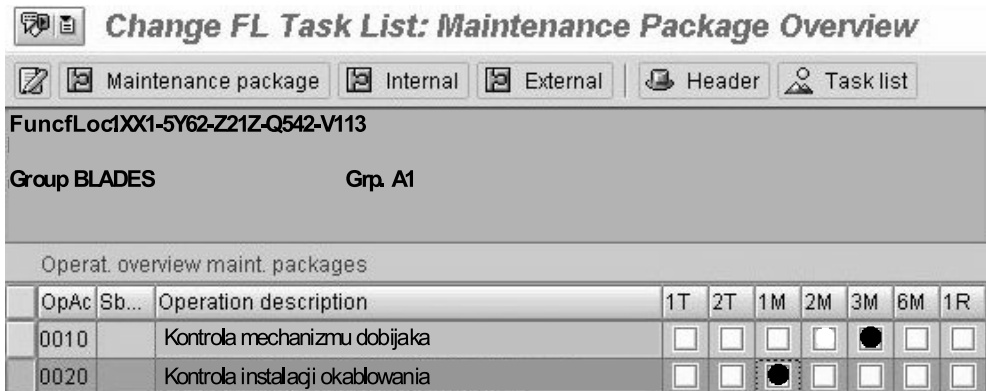
**Tabela 1**

Zestawienie częstotliwości wykonywania operacji przeglądu oraz ich trwania

Czynność	Założenia wstępne		Po korekcie	
	okres	czas [min]	okres	czas [min]
<b>UKŁAD MECHANICZNY</b>				
ST-1:Przegląd, czyszczenie, smarowanie zespołów zacisku	3M	180	3M	180
ST-1:Kontrola (wymiana) śrub mocujących zespoły zacisku	3M	10	6M	10
ST-1:Kontrola stanu połączeń śrubowych, likwidacja luzów	3M	15	3M	15
ST-1:Kontrola stanu mechanicznego układu dobijaka	2M	10	2M	10
ST-1:Wymiana kostki (stabilizator REF.)	1M	5	3M	5
ST-2:Przegląd, czyszczenie, smarowanie zespołu zaginania	3M	40	1M	40
ST-2: Przegląd, czyszczenie, smarowanie zespołu chwytania gumy	3M	30	1M	30
ST-2:Czyszczenie elementów mechanicznych z rdzy i zabrudzeń	3M	40	3M	40
ST-2:Kontrola stanu połączeń śrubowych, śrub, likwidacja luzów	3M	15	3M	15
ST-2:Kontrola, czyszczenie elementów mocowania P-Y liczenia łapek	3M	15	3M	15
<b>UKŁAD ELEKTRYCZNY</b>				
Kontrola instalacji i okablowania	3M	15	1M	15
Kontrola instalacji w szafie sterowniczej	1M	5	1M	5
Kontrola pracy lampek sygnalizacyjnych	1M	5	1M	5
Kontrola pracy P-Y liczenia łapek	1M	10	1M	10
<b>UKŁAD PNEUMATYCZNY</b>				
ST-1: Kontrola siłowników (zacisku, mech. dobijaka)	3M	15	3M	15
ST-1: Kontrola połączeń pneumatycznych	3M	15	1M	15
Kontrola ciśnienia głównego i pomocniczego	1M	5	1M	5
ST-2: Wymiana tłumików	3M	5	6M	5
ST-2: Kontrola siłowników (zaginania, chwytania gumy)	3M	15	3M	15

Wprowadzanie danych do systemu kończy określenie czasu, począwszy od którego będzie obowiązywał przyjęty plan przeglądów. Jest to o tyle istotne, że kolejne terminy przeglądów będą generowane przez system SAP R/3 do wykonania dokładnie w tym samym dniu tygodnia, w którym określimy dzień startowy.

Informacja o terminie wykonania kolejnych prac jest generowane z zakładanym wyprzedzeniem. Dla przeglądów jedno- i dwutygodniowych jest to tydzień, natomiast dla przeglądów wykonywanych co miesiąc lub rzadziej obowiązuje termin miesięczny (rys. 6).



**Rys. 6.** Przykład harmonogramu przeglądu (warto zauważyć, stwarzaną przez system możliwość wykorzystania części wprowadzonych danych przy tworzeniu harmonogramów przeglądów urządzeń kolejnych linii technologicznych. Dotyczy to szczególnie powiązania czynności z ich następowym czasowym – wystarczy w tym celu jedynie postawić znak w odpowiednim miejscu)

Po wykonaniu planowanego przeglądu pracownik wprowadza do systemu dwie informacje dotyczące rzeczywistego czasu wykonania prac oraz zużytych części zamiennych.

Pierwsza z nich umożliwia bieżącą analizę i korektę planowanych czasów przeglądów, druga zaś – w przypadku gdy opisana w bazie danych systemu liczba części zamiennych spadnie poniżej wymaganego poziomu – prowadzi do automatycznego wygenerowania zamówienia na nową dostawę.

Dane te pozwalają też na określenie kosztów każdego z przeglądów.

### 5.3. Analiza wdrożenia systemu po dziewięciu miesiącach jego istnienia

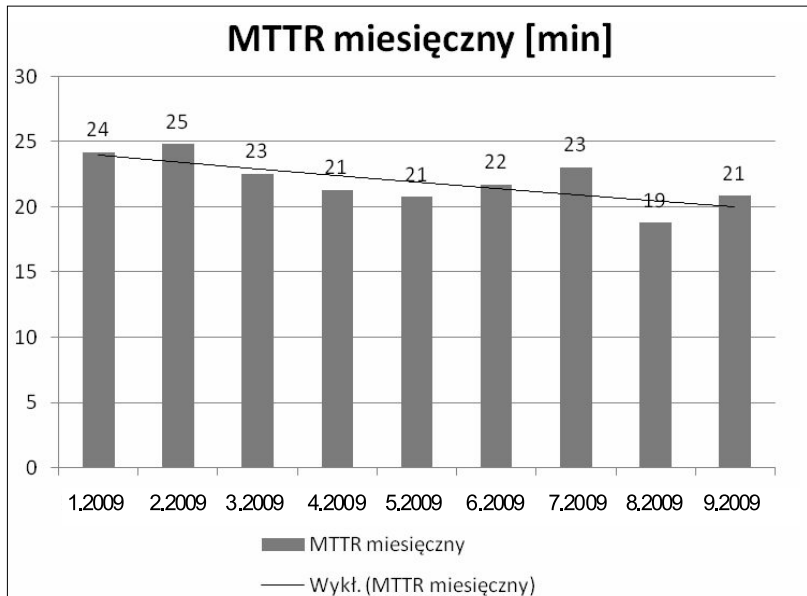
Dziewięciomiesięcznemu okresowi wdrażania systemu towarzyszyła bieżąca analiza wynikających stąd skutków. Wynikiem tej analizy była korekta harmonogramu prac przeglądowych przy utrzymaniu zakładanych czasów wykonania poszczególnych czynności – stwierdzono, iż nie różnią się one od rzeczywistych o więcej niż 5%.

Odpowiednie dane podano w tabeli 1 (kolumny 3 i 4). W szczególności – wobec stwierdzenia małego zużycia poszczególnych elementów możliwym okazało się zmniejszenie częstotliwości wykonywania trzech operacji, a to: wymiany śrub mocujących zespoły

zaciskające, wymiany kostek stabilizatora referencji oraz tłumików przepływu w układzie pneumatycznym. Zwiększono natomiast częstotliwość czterech innych operacjach. Potrzeba taka zaistniała przy przeglądach zespołów chwytania gumy i zaginania na stanowisku drugim oraz kontroli instalacji, zarówno elektrycznej jak i pneumatycznej. Po tych zmianach całościowe czasy przeglądów 1M, 3M i 6M – zestawione w tabeli 2 – nie przekraczają, jak to zakładano, jednej zmiany, czyli 450 minut po odliczeniu 30 minutowej przerwy.

**Tabela 2**  
Łączny czas trwania przeglądu na okresów 1M, 3M i 6M

	1M	3M	6M
Czas przed zmianą planu	30	420	450
Czas po zmianie	90	415	450



**Rys. 7.** Miesięczny MTTR za okres 1.01.2009 do 30.09.2009

Pozytywne skutki wdrożenia systemu TPM można prześledzić, analizując wartości jego podstawowych wskaźników. Dotyczy to szczególnie obserwowanego spadku trendu miesięcznego wskaźnika MTTR (*Mean Time To Recovery*) (rys. 7) wyrażającego średni czas potrzebny do usunięcia przestojów:

$$MTTR = \frac{\text{suma czasów przestojów}}{\text{łączna liczba przestojów}}$$



a także wskaźnika wyrażającego średni czas pomiędzy przestojami (awariami) wskazuje bowiem jednoznacznie na coraz to bardziej efektywny sposób wykorzystania przedmiotowej linii montażu wycieraczek.

## 6. Podsumowanie

Mimo relatywnie krótkiego czasu skutkującego trudnościami w koniecznym upowszechnieniu wśród służb technicznych zasady Kaizen – nieustannego doskonalenia i wnoszenia poprawek – pozytywne skutki wdrożenia systemu TPM na wzrost efektywności przeglądów okresowych linii montażu wycieraczek wydaje się bezsporny. Korzyści te wzrastają także wskutek wykorzystania do zarządzania tymi przeglądami komputerowego systemu CMMS – moduł Plant Maintenance systemu ERP SAP R/3.

Spośród wchodzących w skład tego modułu modeli generowania terminów prac prewencyjnych: w ustalonych odstępach czasowych, w zależności od spełnienia założonych warunków technicznych (np. wyprodukowania określonej liczby sztuk, wykonania 1000 cykli itp.) oraz połączenia ich obu w układzie mieszanym w pracy wykorzystano pierwszy z w/w. Przewiduje się wszakże przeanalizowanie skutków użycia także i dwu pozostałych.

## Literatura

- [1] Thompson J.R., Koronacki J., *Techniki zarządzania jakością od Shewharta do metody Six Sigma*. Wyd. Alfa, Warszawa 2005.
- [2] Taiichi O., *Das Toyota Produktionssystem*. Campusverlag, Frankfurt 1993.
- [3] Brzeski J., Figas M., *Wprowadzenie do TPM, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych*. Trade Media International, Warszawa, czerwiec 2006.
- [4] Brzeski J., Figas M., *Wdrożenie TPM*. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, Trade Media International, Warszawa, luty 2007.
- [5] Brzeski J., Figas M., *Focused Improvement*. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, Trade Media International, Warszawa, wrzesień 2006.
- [6] Brzeski J., Figas M., *Planned Maintenance*. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, Trade Media International, Warszawa, grudzień 2006.
- [7] Soroczyński B., *Przyszłość systemów informatycznych wspierających zarządzanie utrzymaniem ruchu*. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, Trade Media International, Warszawa, marzec 2005.