

# DOSKONALENIE PROCESU PRODUKCYJNEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRZEMYSŁOWYM Z ZASTOSOWANIEM METOD PROJEKTOWANIA JAKOŚCI

Bożena SKOTNICKA-ZASADZIEN

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono możliwość zastosowania metod 5 WHY i FMEA do analizy wadliwości procesu produkcyjnego pierścienia łożyskowego. Za pomocą metody 5 WHY zidentyfikowano przyczyny wystąpienia poszczególnych wad w procesie produkcyjnym. Metoda 5 WHY w przedsiębiorstwach przemysłowych bardzo często wykorzystywana jest jako wspomagającą metodę FMEA. Za pomocą metody FMEA dokonano analizy przyczyn i skutków występowania wad w cyklu produkcyjnym. Wykonane badania za pomocą metod zarządzania jakością pozwoliły wykryć wady w całym procesie produkcyjnym, zmniejszyć koszty wytwarzania wyrobu i wprowadzić działa korygujące, które pozwoliły na zmniejszenie strat i kosztów bezpośrednich występujących w produkcji.

**Słowa kluczowe:** 5 WHY, FMEA, proces produkcyjny, wadliwość, koszty.

## 1. Wprowadzenie

Wytwarzanie wyrobów spełniających określone kryteria jakościowe wiąże się z tym, że przedsiębiorstwa ponoszą z tego tytułu mniejsze lub większe koszty. Kontrola kosztów wytwarzania produktu to bardzo ważny aspekt w działalności przedsiębiorstwa.

W momencie kiedy w wytwarzanym wyrobie powstają wady nie spełnia on oczekiwań klientów, powstają nadmierne koszty produkcji i istotnym jest ustalenie co jest przyczyną wystąpienia takiego zjawiska [1,2]. Na podstawie licznych opracowań zawierających analizę kosztów produkcji można stwierdzić, że zła jakość wyrobu, błędy w cyklu produkcyjnym oraz na etapie projektowania wyrobu są źródłami dodatkowych, nieprzewidzianych strat finansowych w przedsiębiorstwie [2,3]. W większości przedsiębiorstw produkcyjnych wykorzystuje się elementy zarządzania jakością do analizy i oceny procesu produkcyjnego. Do określenia przyczyn i skutków wystąpienia wad w wyrobie lub procesie produkcyjnym bardzo często wykorzystywana jest metoda FMEA [4]. Zastosowanie tej metody w przedsiębiorstwie produkcyjnym daje konkretne, wymierne efekty przyczyniając się do zmniejszenia kosztów jakości wyrobów [5]. Metoda FMEA pozwala prześledzić strukturę kosztów prowadzonego procesu produkcyjnego, można na tej podstawie wskazać w którym etapie tego procesu powstają wady i jak jest ich koszt dla przedsiębiorstwa [9]. Po przeprowadzonej analizie za pomocą metody FMEA w przedsiębiorstwie można zastosowanie działania korygujące i zapobiegawcze wystąpienia, które pozwolą uniknąć podobnych wad wyrobu lub błędów w procesie produkcyjnym w przyszłości [14].

Inną metodą stosowaną często w analizie problemów z wyrobem lub procesem produkcyjnym jest 5 WHY. Za pomocą tej metody szuka się przyczyn wystąpienia danego

problemu. Jest to prosta metoda polegająca na zadawaniu pytania dlaczego. 5 WHY stosowana jest do kontroli procesu produkcyjnego [6].

W niniejszym artykule przedstawiono wykorzystanie dwóch metod zarządzania jakością. Metodę FMEA, która ma wpływ na obniżenie kosztów procesu produkcyjnego pierścienia łożyskowego oraz metoda 5 WHY która pozwoliła zidentyfikować przyczyny powstawania wad w badanym pierścieniu łożyskowym [4]. Metoda 5 WHY wykorzystana jest w tej analizie jako wspomagająca metodę FMEA. Celem niniejszego opracowania jest wskazanie miejsc w procesie produkcyjnym pierścienia łożyskowego, gdzie występują błędy, które mają wpływ na wadliwość wyrobu końcowego a także powodują wzrost kosztów wytwarzania.

### 1.1. Metoda FMEA

FMEA to skrót od Failure Mode and Effects Analysis czyli analiza rodzajów błędów oraz ich skutków. Jest to metoda wywodząca się ze Stanów Zjednoczonych i stosowana jest od lat 50 ubiegłego wieku [3]. Początkowo była wykorzystywana w przemyśle zbrojeniowym, obecnie znalazła szerokie zastosowania w różnych gałęziach przemysłu [4].

Metoda FMEA ma za zadanie w sposób analityczny ustalić związki przyczynowo - skutkowe powstawania potencjalnych wad wyrobu lub procesu produkcyjnego. Istotnym w metodzie FMEA jest uwzględnienie czynnika ryzyka wystąpienia wady. Głównym celem stosowania tej metody w różnych branżach przemysłu jest możliwość ciągłego doskonalenia procesu, wyrobu oraz wprowadzanie na bieżąco poprawek i nowych rozwiązań [6].

Do zadań, które można przeprowadzić w przedsiębiorstwie przemysłowym za pomocą metody FMEA zaliczamy:

- trwałe i systematyczne eliminowanie wad w wyrobie lub procesie produkcyjnym poprzez rozpoznanie rzeczywistych przyczyn ich powstawania i zastosowania odpowiednich działań zapobiegawczych i korygujących,
- identyfikację działań, które mogłyby wyeliminować lub ograniczyć w dużym stopniu możliwość wystąpienia potencjalnych błędów lub wad w wyrobie,
- udokumentowanie przeprowadzenia analizy FMEA, co pozwala na wykorzystanie jej przy realizacji późniejszych zadań w przedsiębiorstwie,
- poddanie procesu analizom, a następnie na podstawie uzyskanych wyników wprowadzenie poprawek lub nowych rozwiązań, które w sposób trwały wyeliminują błędy i wady.

W licznych opracowaniach najczęściej wykorzystywana jest FMEA: wyrobu, konstrukcji lub procesu produkcyjnego [11].

FMEA konstrukcji (wyrobu) – analiza skierowana jest do klienta czyli przyszłego użytkownika. Dzięki tej metodzie uzyskuje się informacje na temat silnych i słabych stron wyrobu, co pozwala na zmianę pierwotnych założeń konstrukcyjnych jeszcze przed przystąpieniem do prac nad wyrobem [10]. Dodatkowo pozwala na: znaczne obniżenie kosztów jakości; skrócenie czasu niezbędnego do wdrożenia nowych technologii bądź nowego wyrobu na rynek; identyfikację różnego rodzaju błędów, braków oraz ukazania ich konsekwencji, jakie za sobą niosą a także możliwość wprowadzenia rozwiązań zaistniałych problemów [13]. Na podstawie zebranych danych można stworzyć bazę danych powtarzających się błędów w celu ich usunięcia za pomocą odpowiednich działań zapobiegawczych [7].

Stosowanie metody FMEA wyrobu/konstrukcji jest zalecane w następujących sytuacjach: wprowadzania nowych lub w znacznym stopniu zmienionych wyrobów; wprowadzania nowych materiałów; użycia nowych technologii; otwarcia się nowych możliwości zastosowania wyrobu; wystąpienia wady w sytuacji, gdy dochodzi do dużego zagrożenia dla człowieka lub otoczenia [2].

FMEA procesu - jest stosowana w celu wykrycia czynników, które mogą wpłynąć na dezorganizację przebiegu procesu produkcyjnego [5].

Czynniki te mogą być związane z :

- technikami obróbki;
- parametrami obróbki;
- środkami pomiarowo-kontrolnymi bądź maszynami i urządzeniami.

FMEA procesu jest najczęściej stosowana w początkowej fazie projektowania procesów technologicznych, przed uruchomieniem produkcji seryjnej, a także w celu doskonalenia, procesów, które nie zapewniają wymagań określonych w normach dla danego wyrobu [8].

Metoda FMEA pozwala zapobiegać i usuwać skutki wad i błędów w procesie produkcyjnym oraz pomaga znacznie obniżyć poziom kosztów i zwiększyć poziom jakości wyrobów, poprawia efektywność procesu produkcyjnego a, co za tym idzie zmniejsza się ilość reklamacji wyrobów przez klientów i tym samym wzrasta wiarygodność organizacji. Wadą metody FMEA jest konieczność zaangażowania kierownictwa przedsiębiorstwa i pracowników oraz pracochłonna i długa procedura zastosowania [3,16].

## 1.2. Metoda 5 WHY

Za pomocą metody 5 WHY wskazuje się przyczyny zaistniałego problemu. Metodę tę przeprowadza się w dwóch aspektach. Pierwszy dotyczy przyczyn problemu – co spowodowało wystąpienie danego problemu. Drugi aspekt dotyczy wykrycia problemu - dlaczego nasz obecny system (metoda kontroli) nie wykrył problemu kiedy się pojawił [11].

Inną nazwą metody 5WHY funkcjonującą w literaturze jest diagram dlaczego - dlaczego. Coraz częściej diagram ten stosowany jest w przedsiębiorstwach przemysłowych do monitorowania i kontroli procesu produkcyjnego [10,12]. Zaletą tej metody jest to iż jest ona krótka i nie wymaga większej znajomości zagadnień zarządzania jakością. Metoda ta opiera się na twierdzeniu, że każde kolejne pytanie jest określeniem poprzedniego zadanego pytania dlaczego. Jest bardzo pomocna w ocenie mniej złożonych problemów oraz występujących w nich związków przyczynowo - skutkowych.

Metoda 5 WHY składa się z trzech etapów:

Etap pierwszy polega na: zbieraniu informacji o problemie, który wystąpił w przedsiębiorstwie. Rozpatruje się ten problem w następujących aspektach:

- co właściwie się stało?
- kiedy?
- jaka jest skala problemu, ile mamy problemów %
- jakie zagrożenia ten problem stwarza w przedsiębiorstwie.

Drugi etap polega na powołaniu zespołu projektowego, który będzie analizował wszystkie przyczyny wystąpienia problemu. Powołana grupa robocza dokładnie opisze zaistniały problem. Osoby wchodzące w skład grupy roboczej powinny być bezpośrednio związane z produkcją i posiadać wiedzę na temat zaistniałego problemu [15].

Etap trzeci polega na przeprowadzeniu analizy i jej weryfikacji. Analizę przeprowadza się w następujących sposób: formułuje się problem badawczy, a następnie zadaje się

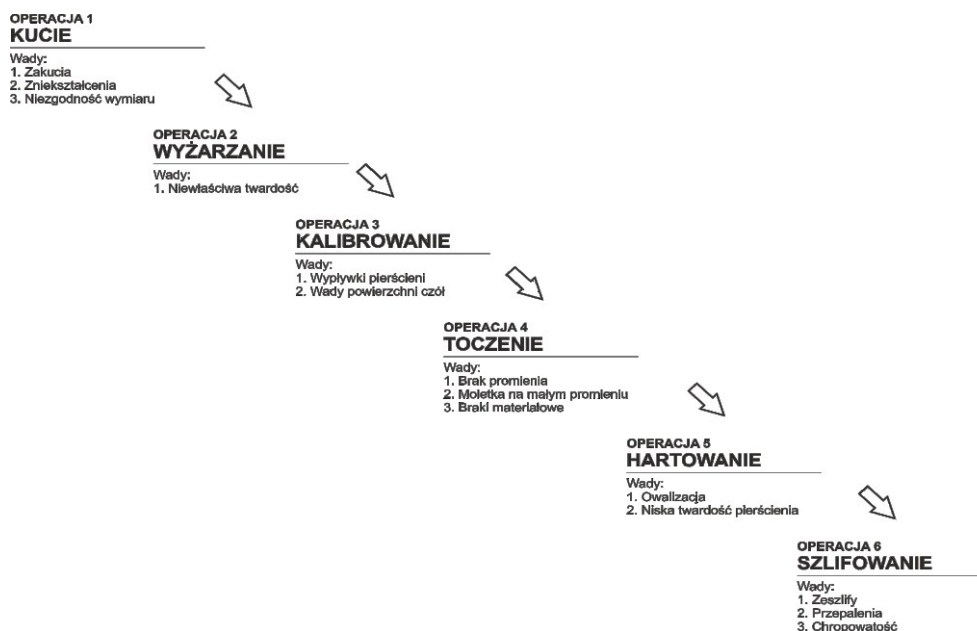
pytanie dlaczego w celu znalezienia przyczyn problemu. Najważniejsze jest zachowanie logicznego ciągu zadawania pytań [8].

Zaletą stosowania metody 5 WHY jest łatwość stosowania w każdym przedsiębiorstwie, nie potrzebne jest przeszkolenie pracowników, wymagana jest jedynie znajomość problemu, który poddawany będzie analizie. Ponadto metoda ta skłania pracowników do samodzielnego i analitycznego identyfikowania zaistniałego problemu w przedsiębiorstwie. Wadą tej metody jest to, iż jej efekty są niewymierne, a problem rozwiązuje się tutaj na zasadzie dedukcji [11].

## 2. Analiza problemu badawczego

W niniejszym artykule przeprowadzono analizę wad występujących w trakcie procesu produkcyjnego pierścienia łożyskowego. Analizę tę podzielono na dwa etapy: w pierwszym etapie wykorzystano metodę 5 WHY, za pomocą której określono dlaczego dane wady w poszczególnych etapach procesu produkcyjnego wystąpiły, następnie za pomocą metody FMEA określono potencjalne przyczyny wad w badanym wyrobie obliczono także koszty wady przed przeprowadzeniem metody FMEA i po jej zastosowaniu [12].

Przedmiotem badań jest pierścień łożyskowy, wadliwa produkcja tego wyrobu generowała koszty i straty w przedsiębiorstwie. Część wad było wykrywana w trakcie produkcji na poszczególnych jej etapach natomiast o większości wad informowali kliencie w postaci reklamacji. Wobec zaistniałych problemów podjęto próbę identyfikacji wad wyrobu w całym procesie produkcyjnym w celu wskazania etapów tego procesu gdzie należy wprowadzić działania korygujące i zapobiegawcze. Ważnym elementem tej analizy jest także zmniejszenie kosztów poszczególnych etapów produkcji. Poniżej przedstawiono przebieg procesu produkcyjnego pierścienia łożyskowego i wady występujące w poszczególnych operacjach (rys. 1).



Rys. 1. Proces produkcji pierścienia łożyskowego

Ze względu na wykrycie wad w wyrobie w trakcie produkcji, podjęto działania mające na celu identyfikację zaistniałego problemu. Do tego celu wykorzystano metodę 5WHY. Dzięki tej metodzie w każdej operacji procesu produkcyjnego wybrano jedną przyczynę, która podlegała dalszej analizie. Poniżej przedstawiono analizę poszczególnych wad w kolejnych etapach (operacjach) procesu produkcyjnego (rys. 2-7).

### 2.1. Zakucie

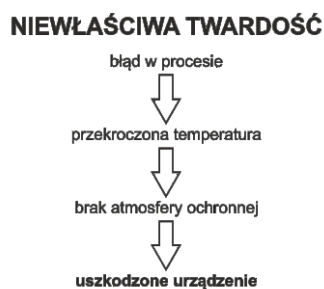
Przyczyną wystąpienia wady zakucie w wyrobie było zbyt małe doświadczenie nowo przyjętego pracownika, źle i niedokładnie ustawił on maszynę wykorzystywaną w operacji kucia, co powodowało, że wyrób był wadliwy. Wada zakucia pojawia się już na początku procesu produkcyjnego – w pierwszej operacji. (rys. 2).



Rys. 2. Przebieg metody 5 WHY dla wady zakucie

### 2.2. Niewłaściwa twardość

Kolejną wadą jaka została wybrana do analizy metodą 5 WHY to niewłaściwa twardość badanego wyrobu (rys. 3). Na powstanie tej wady wpływ mogły mieć następujące czynniki: błędnie ustawiony proces wyżarzania, przekroczona temperatura utwardzania, brak atmosfery ochronnej. To wszystko mogło być spowodowane uszkodzeniem osprzętu pieca.



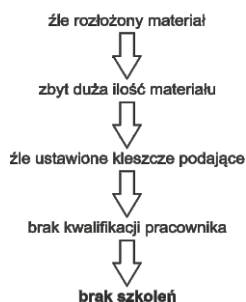
Rys. 3. Przebieg metody 5 WHY dla wady niewłaściwa twardość

### 2.3. Wypłytki pierścieni

W kolejnej operacji wytwarzania pierścienia łożyskowego stwierdzono następującą wadę - wypłytkę pierścienia (rys. 4). Za pomocą metody 5 WHY jako przyczynę ustalono złe rozłożenie materiału i zbyt dużą ilość materiału, co mogło spowodować

nierównomierne rozłożenie się elementów. Kolejnymi przyczynami tej wady mogły być małe doświadczenie pracownika wykonującego ten proces bądź brak stosownych szkoleń.

#### WYPLÝWKI PIERŚCIENI

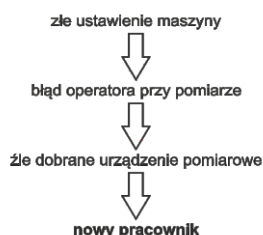


Rys. 4. Przebieg metody 5 WHY dla wady wyplýwki pierścieni

#### 2.4. Brak promienia

Przyczyną wystąpienia wady brak promienia (rys. 5) było źle ustawienie maszyny przez błąd operatora maszyny przy pomiarze promienia. Maszynę tę obsługiwał nowozatrudniony pracownik - jego małe doświadczenie mogło być główną przyczyną powstania wyżej wymienionej wady w analizowanym wyrobie.

#### BRAK PROMIENIA

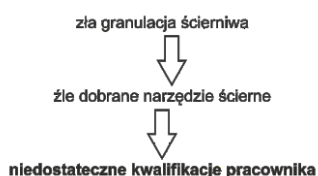


Rys. 5. Przebieg metody 5 WHY dla wady brak promienia

#### 2.5. Zeszlifowanie

Z przeprowadzonej analizy (rys. 6) wynika, że główną przyczyną złego zeszlifowania była nieodpowiednia granulacja ścierniwa. Powodem tego był czynnik ludzki - małe doświadczenie pracownika.

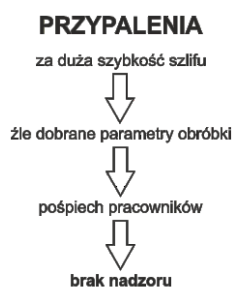
#### ZESZLIFY



Rys. 6. Przebieg metody 5 WHY dla wady zeszlifowanie

## 2.6. Przypalenia

Z przeprowadzonej analizy za pomocą metody 5 WHY (rys. 7) wynika, że przypalenie mogło powstać na skutek zbyt dużej szybkości szlifowania czyli źle dobranej głównej parametry obróbki ubytkowej. Podobnie jak w przypadku wcześniejszych wad główna przyczyna leży po stronie pracowników - w tym przypadku mogło być to związane z pośpiechem w wykonywaniu tej czynności i brakiem nadzoru przełożonych.



Rys. 7. Przebieg metody 5 WHY dla wady przypalenie

Po przeprowadzeniu analizy wad za pomocą metody 5 WHY można stwierdzić że głównymi przyczynami wystąpienia wad w wyrobie w całym procesie produkcyjnym (w poszczególnych jego operacjach) był błąd pracowników, ich małe doświadczenie na danym stanowisku pracy, źle ustawione parametry maszyn oraz niedostateczna ilość szkoleń związanych z obsługą urządzeń. W omawianym przedsiębiorstwie największym problemem jest zbyt duża rotacja pracowników oraz brak odpowiedniego dozoru nad mało doświadczonymi operatorami.

W celu dalszego ustalenia przyczyn i skutków występowania wad w całym cyklu produkcyjnym w omawianym przedsiębiorstwie przeprowadzono analizę FMEA.

## 3. Analiza FMEA

Za pomocą metody FMEA określono przyczyny wystąpienia wady oraz oszacowano koszty tych wad, co jest bardzo istotne z punktu widzenia sytuacji ekonomicznej przedsiębiorstwa oraz zwiększających się reklamacji klientów. W analizie FMEA obliczono wskaźnik WPR czyli współczynnik poziomu ryzyka zwany również w literaturze liczbą priorytetową ryzyka.

Wskaźnik WPR to iloczyn następujących elementów: znaczenie wady, częstość wystąpienia wady oraz wykrywalność wady. Został on ustalony dla każdej z wad. Następnie zaproponowano działania korygujące. Ze względu na duże straty ponoszone przez przedsiębiorstwo z powodu wad w cyklu produkcyjnym pierścienia łożyskowego przedstawiono także koszty wady przed przeprowadzeniem analizy oraz po analizie. Wynik analizy za pomocą metody FMEA przedstawiono w tabeli 4.1.

W literaturze podaje się, że wskaźnik WPR nie powinien przekraczać 70 - w każdym innym przypadku potrzebne jest wprowadzenie działań korygujących. W omawianym procesie produkcyjnym wskaźnik WPR w sześciu poddanych analizie wadach był większy i wahał się od 72 do 162, dlatego wprowadzono działania korygujące, co pozwoliło znacznie zredukować ten wskaźnik. W tabeli 1 przedstawiono, także koszty poszczególnych wad przed wprowadzeniem działań korygujących. Jak widać

przedsiębiorstwo ponosiło duże koszty z tytułu występowania wad w procesie produkcyjnym, udało się je znacznie zredukować, co pozwoli wprowadzić oszczędności w wytwarzaniu tego wyrobu i powinno zmniejszyć jego wadliwość.

Po przeprowadzonej analizie FMEA według autora opracowania istotnym jest uwzględnienie w analizie miejsce powstania danej wady w procesie produkcyjnym. Ma to duże znaczenie z punktu widzenia efektywności całego procesu i pozwoli eliminować na bieżąco powstałe problemy, dlatego należałoby tabelę stosowaną w analizie FMEA uzupełnić o kolumnę, gdzie wpisywano by miejsce wykrycia nieprawidłowości w procesie. Jest to istotne w przypadku powtarzania się wady w gotowym wyrobie, wówczas można przeanalizować i wskazać etap w którym najczęściej nieprawidłowość ta występuje. Ważnym jest także czas wykrycia wady czy nastąpiło to jeszcze na etapie produkcji czy poinformował nas o tym klient. Wada wykryta przez klienta powinna mieć najwyższą wagę natomiast wykryta w następnej operacji najniższą.

Tab. 1. Analiza FMEA wad pierścienia łożyskowego

OPERACJA	WADA	WPR	DZIAŁANIA KORYGUJĄCE	WPR	KOSZT WADY PRZED [PLN/mies.]	KOSZT DZIAŁANIA KORYGUJĄCEGO [PLN/mies.]	KOSZT WADY PO [PLN/mies.]	OSZCZĘDNOŚĆ [PLN/mies.]
KUCIE	Zakucie	120	Szkolenia pracowników przez doświadczonego operatora	48	200 000	3 000	80 000	117 000
WYŻARZANIE	Niewłaściwa twardość	60	Wymiana dysz podających azot na ceramiczne	0	120 000	10 000	0	110 000
KALIBROWANIE	Wpływy pierścieni	72	Wizualizacja wady na stanowisku roboczym	36	360 000	3 000	180 000	177 000
TOCZENIE	Brak promienia	72	Zautomatyzowanie pomiarów	0	180 000	12 000	0	168 000
SZLIFOWANIE	Zeszlify	162	Zmiana dostawcy kamieni szlifierskich	61	180 000	1 000	90 000	89 000
SZLIFOWANIE	Przypalenia	72	Szkolenia pracowników + wizualizacja wad	0	80 000	3 000	0	77 000



#### 4. Podsumowanie

Analiza wad wyrobu w całym procesie produkcyjnym za pomocą metody 5 WHY i metody FMEA pozwoliła na:

- określenie przyczyn wystąpienia poszczególnych wad w wyrobie,
- obniżenie kosztów wad,
- wprowadzenie działań korygujących, co z kolei skutkowało zmniejszeniem ilości wadliwych wyrobów,
- zwiększenie zaufania klientów poprzez fakt mniejszej liczby reklamacji,
- wyznaczenie działań, które należy przeprowadzić aby w przyszłości nie wystąpiły podobne problemy,
- udokumentowanie wszystkich działań wykonanych w celu poprawy wadliwości procesu produkcyjnego,
- zaangażowanie całego przedsiębiorstwa w rozwiązywanie problemu – wad w procesie produkcyjnym.

Celem niniejszego opracowania było wskazanie w analizowanym przedsiębiorstwie, w poszczególnych etapach procesu produkcyjnego błędów, które prowadziły do powstawania wad. W tym przypadku, wyszczególniono sześć wad w pierścieniu łożyskowym takie jak: złe zakucie, niewłaściwa twardość materiału, powstanie wypłytki pierścienia, brak promienia pierścienia, powstanie zeszlifów oraz przypalenie. Zaproponowano działania zapobiegawcze i korygujące, do których należały: przeprowadzenie szkoleń pracowników przez doświadczonych operatorów maszyn, wymiana dysz podających azot na ceramiczne, wprowadzenie wizualizacji wad na stanowiskach roboczych, a także zautomatyzowanie pomiarów na wybranych urządzeniach.

Wydaje się, że należałoby w analizie FMEA umieścić informację, w którym etapie cyklu życia wyrobu dana wada została wykryta - czy jeszcze na etapie produkcji, czy przez klienta.

Stosowanie metod zarządzania jakością do analizy procesów produkcyjnych przynosi duże efekty zarówno ekonomiczne, jak i związane ze zwiększeniem zaufania klientów jednak nie są to jedyne rozwiązania. Istotne jest także przeprowadzanie szkoleń pracowników, wprowadzenie takich działań, które zatrzymałyby pracowników w przedsiębiorstwie na dłużej - jak wykazała analiza nadmierna rotacja pracowników i co za tym idzie małe doświadczenie na poszczególnych stanowiskach pracy to główny problem tego przedsiębiorstwa.

#### Literatura

1. Anette von Ahsen.: Cost oriented failure mode and effects analysis. International Journal of Quality & Reliability Management vol 25, iss 5, 2008.
2. Ebenzer A., Daradasn S R.: Total failure mode and effects analysis in tea industry: A theoretical treatise. Total Quality Management & Business Excellence. Vol 22, iss 12, 2011.
3. Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością – teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.
4. Hamrol A., Kowalik D.: FMEA w doskonaleniu procesów z dominującym udziałem człowieka. Zeszyty Naukowe Politechnik Śląskiej, nr 12, 2002.
5. Karpiński T.: Inżynieria produkcji. Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, Warszawa, 2004.

6. Krishnaraj C., Mohanasundram K.M., Devadasan S.R., Sivaran N.M.: Total failure mode and effect analysis a powerful technique for overcoming failures. *International Journal of Productivity and Quality Management*. Vol 10, number 2/2012.
7. Krzemień E., Wolniak R.: Wpływ zastosowania metody FMEA na koszty jakości w przedsiębiorstwie. *Problemy Jakości*, nr 5, 2002.
8. Pawlak J.: Koszty a efektywność w firmie zarządzanej przez jakość. *Problemy Jakości*, nr 1, 2001.
9. Rychły-Lipińska A.: FMEA – analiza rodzajów błędów oraz ich skutków. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ekonomii i Zarządzania*, nr 1, 2007.
10. Sęp J., Perłowski R., Pacana A.: Techniki wspomaganie zarządzania jakością. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2006.
11. Wolniak R., Skotnicka B.: Metody i narzędzia zarządzania jakością: teoria i praktyka. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010.
12. Wolniak R., Skotnicka – Zasadzień B.: Wykorzystanie komputerowego wspomaganie w zakresie metody 5 WHY w przemyśle. [w:] *Komputerowe zintegrowane zarządzanie*. Tom II. [red.] R. Knosala. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2011.
13. Wolnowska A., Rawska A.: Analiza ryzyka procesu produkcyjnego przy wykorzystaniu metody FMEA [w:] *Komputerowe zintegrowane zarządzanie*. Tom II. [red.] R. Knosala. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2010.
14. Zasadzień M., Radomski D.: Porównanie wybranych narzędzi służących badaniu niezgodności wyrobów. [w:] *Koncepcje zarządzania jakością, doświadczenia i perspektywy*. [red.] T. Sikora. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków, 2008.
15. Zasadzień M.: Analiza wadliwości wyrobu z wykorzystaniem narzędzi zarządzania jakością. [w:] *Komputerowe Zintegrowane Zarządzanie*. [red.] R. Knosala. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2011.
16. Vinoal S., Aravindraj S., Ravi Sathya Naraganan., Yogeshwaran Fuzzy assessment of FMEA form rotary switches a case study. *The TQM Journal*. Vol 24, iss 5 2008.

Dr inż. Bożena SKOTNICKA-ZASADZIEN  
 Instytut Inżynierii Produkcji  
 Politechnika Śląska  
 41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26  
 tel/fax: (0-32) 277 73 62  
 email: bozena.skotnicka@polsl.pl