

**Radosław Wolniak**

*Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach*

**Marta Więckowska**

*Politechnika Śląska*

## **Analiza skuteczności zastosowania metody FMEA w przedsiębiorstwie przemysłowym**

### **Streszczenie**

Prezentowana publikacja koncentruje się na przykładzie zastosowania analizy FMEA w przemyśle. Metoda ta jest szeroko stosowana w przemyśle na różnych fazach cyklu życia produktu a obecnie coraz częściej także stosują się ją w usługach. Celem artykułu jest ocenienie efektywności zastosowania metody FMEA. Na tej podstawie określono najważniejsze czynniki pozwalające na zapewnienie wysokiej jakości rezultatów uzyskiwanych przy pomocy metody FMEA.

**Słowa kluczowe:** *zarządzanie jakością, FMEA, branża samochodowa.*

### **Abstract**

The paper presented below concentrates on example of using the FMEA analysis in the industry. The method is widely used in manufacturing industries in various phases of the product life cycle and is now increasingly finding use in the service industry. The scope of the paper is to evaluate the effectiveness of using FMEA method. Finally we investigated some critical factors to ensure high quality results of the FMEA analysis.

**Keywords:** *quality management, FMEA, automotive industry.*

## **1. Metoda FMEA – podstawy teoretyczne<sup>1</sup>**

Nazwa metody FMEA jest skrótem jej angielskiej pełnej nazwy, czyli Failure Mode and Effects Analysis, co po przetłumaczeniu oznacza Analizę Przyczyn i Skutków Wad. Można ją opisać jako usystematyzowaną grupę działań mających na celu [1]:

---

<sup>1</sup> Z uwagi na fakt, że sposób postępowania podczas analizy FMEA jest w literaturze przedmiotu stosunkowo szeroko omówiony, w publikacji skoncentrowano się jedynie na informacjach niezbędnych dla dalszych wywodów. Czytelników zainteresowanych szczegółowymi informacjami na temat metody FMEA można odesłać np. do następujących pozycji: [2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

- rozpoznanie i przeanalizowanie potencjalnych wad produktu lub procesu produkcji oraz ich możliwych efektów,
- zidentyfikowanie działań, które mogą usunąć lub zmniejszyć ryzyko wystąpienia potencjalnych wad,
- udokumentowanie całej analizy.

Przeprowadzenie analizy FMEA jest szczególnie polecane przy opracowywaniu i produkcji nowego wyrobu, gdyż umożliwia rozpoznanie potencjalnych wad z takim wyprzedzeniem, aby można było je wyeliminować poprzez zastosowanie środków zapobiegawczych jeszcze przed rozpoczęciem produkcji. Metoda może być nie tylko stosowana do analizowania przyczyn powstawania wad już stwierdzonych, ale również w celu zapobiegania wadom, które potencjalnie mogą wystąpić w wyrobie [3, 4].

Zastosowanie metody FMEA jest jednym z wymagań normy ISO/TS 16949:2002, gdzie w punkcie dotyczącym projektowania i rozwoju stwierdza się, że [6]:

- organizacja powinna zastosować podejście interdyscyplinarne w przygotowaniu realizacji wyrobu obejmujące m.in. opracowanie i przegląd FMEA, zawierający działania w celu zredukowania potencjalnego ryzyka wystąpienia wad w procesie produkcyjnym,
- przygotowując projekt nowego wyrobu powinno się przeprowadzić analizę FMEA,
- podczas projektowania procesu produkcji nowego wyrobu powinno się wykonać analizę FMEA.

Dokument FMEA jest dokumentem „żywym”, co oznacza, że należy go poddawać przeglądowi i korygować w razie potrzeby, także gdy problemy wystąpią już podczas produkcji. Natomiast wszelkie wprowadzone działania korygujące powinny być wdrożone niezwłocznie przez wybraną osobę, która będzie za to odpowiedzialna, a postęp w ich realizowaniu powinien być monitorowany przez menedżera działu jakości.

Metodę FMEA można zastosować zarówno na etapie projektowania wyrobu, jak i w procesie produkcji wyrobu. W przykładzie omawianym w dalszej części publikacji skoncentrowano się na wykonaniu analizy FMEA dla procesu produkcji.

FMEA procesu produkcji pozwala rozpoznać problemy i niezgodności, które mogą wystąpić w trakcie przebiegu procesu produkcyjnego. Podstawową zaletą tej metody jest to, że w bardzo wczesnym stadium – jeszcze na etapie planowania procesu produkcji można z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym [12]:

- zdecydować o przydatności procesu produkcji,
- wykryć słabe punkty i problemy, jakie mogą wystąpić podczas procesu produkcji,
- zastosować odpowiednie środki, jakie mogą wystąpić podczas procesu produkcji,
- stworzyć listę zagrożeń występujących w trakcie procesu produkcji i określić je według wpływu na jakość wyrobu.

Analiza FMEA procesu produkcji zakłada, że produkt jest już zaprojektowany i odpowiadający zamierzonemu projektowi. Dlatego, nie polega ona na zmianie

projektu produktu, tak żeby przewyżczyć słabości pojawiające się w procesie produkcyjnym. Uwzględnia natomiast cechy z projektu produktu względem zaplanowanej produkcji lub procesu montażu, by zapewnić, w jak największym stopniu, że powstały produkt odpowiada potrzebom i oczekiwaniom klienta [1].

Przebieg analizy jest dla obu rodzajów FMEA taki sam, różnią się tylko analizowane zagadnienia. W przypadku analizy FMEA produktu ocenie poddaje się cechy konstrukcyjne zaprojektowanego wyrobu, natomiast w przypadku FMEA procesu produkcji analizuje się przebieg procesu produkcyjnego wyrobu, zastosowanych rozwiązań i technologii, tak by ograniczyć powstawanie elementów wadliwych.

Najczęściej stosowaną metodą pomocną w określaniu rodzajów wad, które mogą wystąpić jest burza mózgów wszystkich członków zespołu oraz wykorzystywanie informacji pozostałych osób powiązanych z produkcją wykorzystując ich doświadczenie. Po sprecyzowaniu wad pojawiających się w procesie produkcyjnym, należy określić skutki ich wystąpienia, tzn. jakie będą ich skutki na wyprodukowanym wyrobie, zwłaszcza w odniesieniu do klienta. Na tej podstawie określa się znaczenie danej wady, w zależności od przyjętej w przedsiębiorstwie metody. Znaczenie wyrobu „Zn” lub z angielskiego „S” (severity) określa się przypisując danej wadzie liczbę od 1-10, gdzie 1 – wady nie istotne, 10 – wady o najwyższym znaczeniu.

W dalszym etapie należy określić potencjalne przyczyny wystąpienia wady oraz podać przewidywaną częstość ich występowania. Oznacza się je sylabą „Cz”, lub z angielskiego „F” (frequency) i przypisuje również wartości od 1 – 10, gdzie 1 – wada w ogóle się nie zdarza z powodu danej przyczyny, a 10 – przyczyna jest bardzo często powodem powstania wady.

Następnie określane jest jak często dana wada jest wykrywana w procesie produkcji. Parametr ten określa się podobnie jak w poprzednich przypadkach w skali od 1 – 10, gdzie 1 – wada jest wykrywana w 100%, a 10 – wada w ogóle nie jest wykrywana, oraz oznaczany jest za pomocą sylaby „Wy” lub z angielskiego „D” (detection).

Na podstawie tych trzech wartości określany jest współczynnik poziomu ryzyka wystąpienia błędu „WPR” (lub z angielskiego „RPN” – Risk Priority Number), który jest równy iloczynowi prawdopodobieństwa wystąpienia, znaczenia i trudności wykrycia wady [12].

$$WPR = Z_n \times C_z \times W_y \quad (RPN = S \times F \times D)$$

Współczynnik ten może przyjmować wartości od 1 do 1000, ale przyjmuje się jego pewną wartość graniczną (np. 100), powyżej której należy wprowadzić działania korygujące, by obniżyć ryzyko powstawania błędu. Najwygodniej jest uszeregować te wartości od największej do najmniejszej, dzięki czemu będziemy mogli łatwiej zauważyć, które błędy są najistotniejsze i należy się nimi zająć w pierwszej kolejności.

Działania, które należy podjąć, by obniżyć wartości WPR (RPN) to między innymi:

- obniżenie częstości występowania wady poprzez np. zmodyfikowanie procesu produkcyjnego lub udoskonalenie narzędzi produkcyjnych,
- zwiększenie wykrywalności powstałej wady poprzez ulepszenie systemu kontroli,

- zmniejszenie znaczenia danej wady poprzez np. uzgodnienie z klientami odstąpienia od projektu lub modyfikację projektu. Jest to trudniejsze do zrealizowania działanie, które zazwyczaj jest wręcz niemożliwe, dlatego często nawet nie jest brane pod uwagę.

W dokumencie powstającym w wyniku analizy FMEA powinny zostać zapisane wszystkie działania zapobiegawcze wraz z informacją, kto jest za nie odpowiedzialny oraz terminem do kiedy powinny zostać wdrożone. Zapisy te powinny być uaktualniane, a ich realizacja kontrolowana przez przewodniczącego zespołu przeprowadzającego analizę.

Jednak jeszcze przed wdrożeniem zaproponowanych działań zapobiegawczych należy ponownie obliczyć wskaźnik WPR (RPN) dla nowych wartości Znaczenia, Częstości oraz Wykrywalności. Jeśli jego wartość nie została wystarczająco obniżona to należy zastanowić się nad dodatkowymi działaniami zapobiegawczymi.

Tak przeprowadzona analiza powinna eliminować możliwe wady występujące podczas produkcji wyrobu i gwarantować obniżenie ryzyka powstawania wadliwych wyrobów do minimum.

## **2. Analiza FMEA i analiza braków – porównanie wyników**

W badanej organizacji<sup>2</sup> realizowana jest tylko analiza FMEA procesu produkcyjnego, gdyż przedsiębiorstwo nie zajmuje się projektowaniem wyrobu, lecz dostaje gotowe projekty na dany wyrób od klienta. Dlatego metoda jest przeprowadzana tuż po ustaleniu schematu produkcyjnego, tj. podaniu kolejności wykonywanych działań produkcyjnych (procesów) rozpoczynając od przyjęcia materiału na dany wyrób, a kończąc na wysyłce gotowych produktów do klienta.

Następnie podczas realizacji kolejnych elementów planowania jakości produktu analiza jest modyfikowana i uzupełniana. Ostatecznie jej zakończenie następuje na etapie wysłania dokumentacji dotyczącej procesu produkcyjnego do klienta, jednak służy ona także często do poprawy produkcji masowej, gdy występują jakiegokolwiek błędy nieuwzględnione wcześniej. Są one wtedy uzupełniane w dokumentacji metody FMEA, tak by w przyszłości mogły służyć jako podstawa do szkoleń mających na celu zwiększenie doświadczenia pracowników przy wykonywaniu kolejnych analiz FMEA i planowaniu produkcji nowo wprowadzanych wyrobów.

Zastosowanie metody FMEA przy planowaniu produkcji jest wymaganiem normy ISO/TS 16949 oraz klientów branży motoryzacyjnej. Dlatego też, badane przedsiębiorstwo realizuje ją dokładnie, a jej dokument końcowy każdorazowo jest zatwierdzany przez klienta danego elementu. Do badań wybrano metodę FMEA przeprowadzoną dla procesu produkcji elementu piasty koła przedniego (piastę koła

---

<sup>2</sup> Z uwagi na brak zgody firmy w niniejszej publikacji nie podano nazwy organizacji dla której przeprowadzono badania.

przedniego i produkowany w badanej firmie element piasty koła przedniego pokazano odpowiednio na rys. 1 i 2). Element ten produkowany jest z wykorzystaniem procesów, których schemat przedstawia rys. 3.



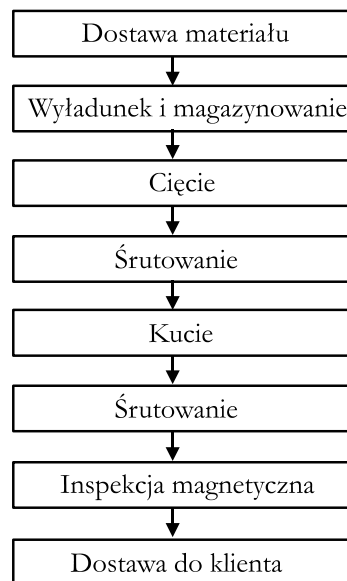
Rys. 1. Piasta koła przedniego.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z badanej firmy.



Rys. 2. Element piasty koła przedniego.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z badanej firmy.



Rys. 3. Schemat procesu produkcyjnego elementu piasty koła przedniego.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z badanej firmy.

W analizie FMEA uwzględnione zostały wszystkie elementy procesu produkcyjnego dla elementu piasty koła przedniego, ponieważ produkt ten jest elementem bezpieczeństwa montowanym w samochodach, gdzie wymaga się szczególnej dokładności. Każdy z podprocesów produkcyjnych może być obciążony wadami które mogą mieć wpływ na produkt końcowy. Dlatego w poszczególnych operacjach procesu produkcji zostały wyszczególnione następujące możliwe do powstania wady<sup>3</sup>:

1. *Przyjęcie materiału i jego wyładunek oraz składowanie* – wady jakie mogą się tu pojawić to: różnice w wymaganej dokumentacji technicznej, zaakceptowanie złego materiału, inny numer stopu, różnice w ilości prętów, różnice w oznaczaniu materiału składowanego, brak etykiet na wiązkach, brak etykiet na prętach, powierzchniowe zadziory, zagięte pręty. Przy wystąpieniu większości z tych wad możliwa jest produkcja elementu ze złego materiału, co doprowadzi do odrzucenia całej partii produkcyjnej.
2. *Cięcie* – mogą się tu pojawić takie wady jak: pozostawienie materiału w maszynie, złe dopasowanie wymaganego materiału, inny promień, inny numer stopu, złe etykiety na prętach lub wiązkach, waga pociętego materiału poza wymaganiami (za dużo lub za mało materiału), zadziory poza tolerancją, złe wymiary, złamania, pomieszczenie końcówek prętów.
3. *Kucie* – pozostały materiał w maszynie, pomieszczenie sztabek, materiał niezgodny ze specyfikacją, zły promień sztabek, zła waga sztabek, zbyt niska temperatura podgrzania, zbyt wysoka temperatura podgrzania, niewystarczający materiał po kuciu, pęknięcia, zła wysokość, zły promień, wytłoczony materiał, rysy, wgniecenia, wypływka.
4. *Śrutowanie* – pozostały materiał w maszynie, za duża rdza.
5. *Inspekcja końcowa* – pozostałe części w maszynie, dostrzeżenie wady powierzchni podczas kontroli.
6. *Dostawa* – złamana paleta, zła ilość części, brak etykiety dostawy, opóźnienie dostawy, zły kierunek dostawy.

Wyniki metody FMEA można porównać z ilością składanych przez klienta reklamacji, które pojawiły się w trakcie produkcji masowej oraz z ilością defektów wewnętrznych, występujących podczas procesu produkcyjnego. Na tej podstawie można zbadać, czy określone poziomy częstotliwości występowania i wykrywania danych wad zostały dobrze przyjęte, czy też pojawiające się problemy nie zostały wzięte pod uwagę przez zespół przeprowadzający analizę FMEA (lub też ich ważność została zaniżona).

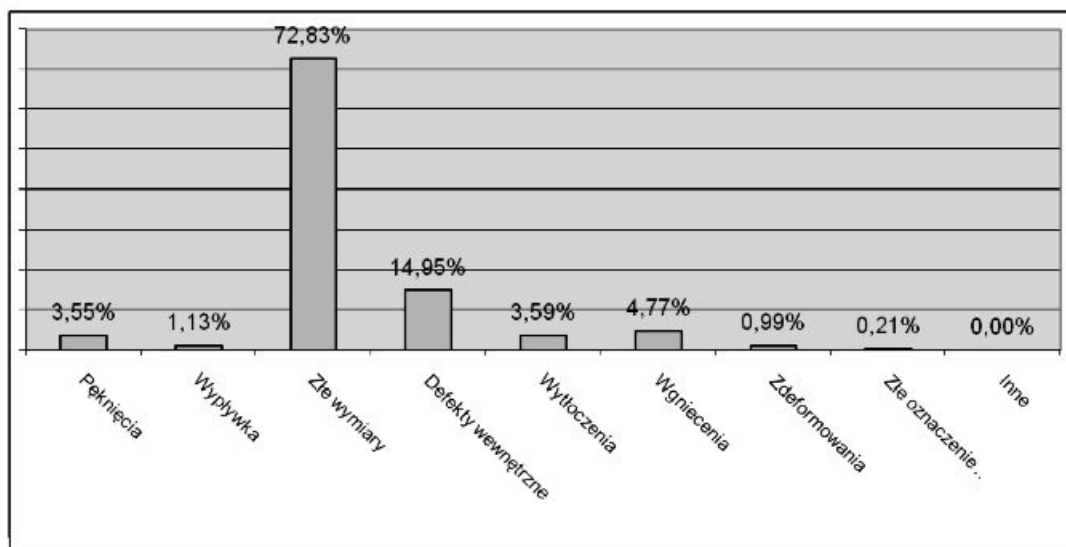
Badany element został wprowadzony do produkcji masowej w październiku 2008 roku. Od tej pory do końca marca 2009 roku wysłanych do klienta zostało 494734 elementów gotowych, z czego reklamowanych było jedynie 1619, czyli około 0,33%.

---

<sup>3</sup> Opracowanie na podstawie danych otrzymanych z badanej firmy.

Najczęstszą przyczyną reklamacji był brak materiału na wyprodukowanych elementach, czyli złe wymiary dostarczonego elementu (1039 sztuk). Pozostałe przyczyny reklamacji były już dużo mniej istotne, gdyż z powodu wytłoczeń zareklamowano 95 elementów oraz z powodu pęknięć jedynie 26 sztuk<sup>4</sup>.

W przypadku defektów wewnętrznych ich ilość wyniosła 14,95% ze wszystkich wyprodukowanych elementów piasty koła przedniego. Wśród nich zdecydowanie największym problemem w produkcji okazały się złe wymiary dostarczonego elementu, których udział w całkowitej ilości braków jest przeważający, co zostało zilustrowane na rys. 4. Pozostałe przyczyny są zdecydowanie mniej istotne, gdyż w sumie ich udział wynosi 27%.



Rys. 4. Wykres procentowy przyczyn powstawania braków wewnętrznych przy produkcji elementu piasty koła przedniego.

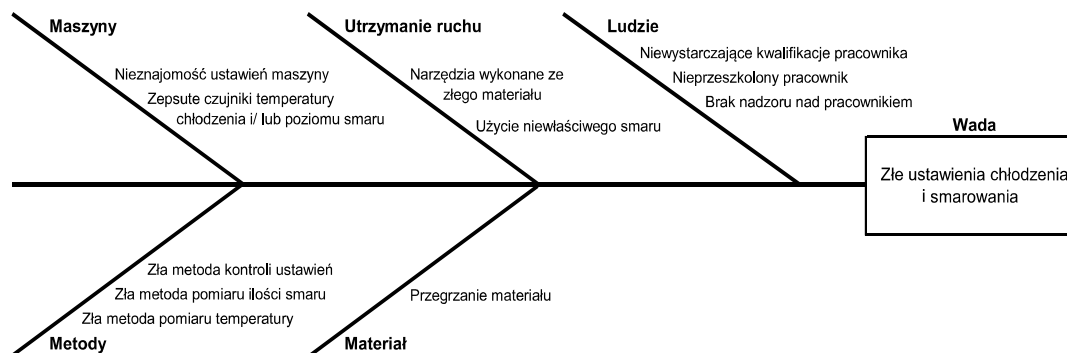
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z badanej firmy.

Najpoważniejszą przyczyną powstania braków produkcyjnych są złe wymiary elementów. Problem ten został wzięty pod uwagę w analizie FMEA w procesie kucia, gdzie znaczenie materiału mającego złe wymiary po kuciu zostało ocenione na 8, natomiast największa częstość występowania potencjalnej przyczyny, czyli zarówno złe ustawienia chłodzenia i smarowania oraz nieodpowiedni transport zostały ocenione na 7, co jednak zostało zredukowane po wprowadzeniu działań korygujących do 4.

Z proponowanych działań korygujących wybrano i wdrożono nowy projekt narzędzi do chłodzenia i smarowania, co miało na celu zmniejszenie częstotliwości pojawiania się problemu, czyli przylepiania się gorącej stali do równie gorących narzędzi przez co wyrób był zniekształcony, a jego wymiary niezgodne ze specyfikacją. Zmieniono także metodę kontroli ustawień chłodzenia i smarowania z danych zapisanych na komputerze do wprowadzenia karty inspekcji oraz instrukcji chłodzenia i smarowania,

<sup>4</sup> Opracowanie na podstawie danych otrzymanych z badanej firmy.

a także zwiększono kontrolę pracowników wprowadzających ustawienia maszyny. Jeśli zaś chodzi o nieodpowiedni transport to prasa do kucia na gorąco została odpowiednio przystosowana do transportu elementu piasty koła przedniego. By upewnić się, że zostały wyeliminowane wszystkie możliwe do wystąpienia przyczyny powstania złego chłodzenia i smarowania przedstawiono je na wykresie Ishikawy (rysunek 5).



Rys. 5. Diagram Ishikawy – przyczyny złych ustawień chłodzenia i smarowania.  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych z badanej firmy.

Na diagramie widać, że przyczyn złych ustawień chłodzenia i smarowania jest bardzo dużo, dlatego należałoby wprowadzając działania korygujące wyeliminować wszystkie z nich. Jednak te wyróżnione w analizie FMEA nie uwzględniły możliwości uszkodzenia czujników temperatury chłodzenia i/lub poziomu smaru co może być bardzo dużym problemem, którego kontrola nie została poprawiona w działaniach korygujących. Nie została także rozpatrzona możliwość przegrzania materiału, ale dlatego, że zostało to potraktowane jako osobna wada, która może wystąpić w momencie zbyt wysokiej temperatury grzania.

Z badań wynika, że największą wartością RPN, czyli największym ryzykiem powstawania obarczone zostały w przeprowadzonej metodzie FMEA wgniecenia oraz wytłoczenia materiału. Wady te nie zostały do końca wyeliminowane poprzez wprowadzone działania korygujące, jednak nie stanowiło to przy produkcji tak wielkiego problemu, gdyż udział wgnieceń w ilości wszystkich braków wyniósł jedynie 4,35% a wytłoczeń 3,68%.

Tab. 1. Porównanie częstości występowania wad według metody FMEA i według udziału procentowego.

	Złe wymiary materiału	Defekty wewnętrzne	Wgniecenia	Wytłoczenia	Pęknięcia	Wypływką	Zdeformowania	Złe oznaczenie elementów	Inne (rdza)
Częstość wady według FMEA	4	2	3	3	2	4	3	2	2
Faktyczna częstość wady [%]	70,89%	13,64%	4,35%	3,68%	3,35%	1,03%	0,90%	0,20%	1,96%

Źródło: Opracowanie własne.

Z danych zawartych w tabeli wynika, że założona częstość występowania wady oszacowana w metodzie FMEA nie pokrywa się z faktyczną częstością występowania. Największa częstość według metody FMEA (wartość 4) występuje w przypadku wady



„złe wymiary materiału”, co zgadza się z rzeczywistością (70,89% wad), jednak taką samą częstość (wartość 4) przypisano wypływcę, której występowanie jest znacznie rzadsze (tylko 1,03% wad). Natomiast druga z najczęściej pojawiających się wad – defekty wewnętrzne (udział 13,64%) została w metodzie FMEA oceniona najniżej (ocena 2), czyli tym razem nie doceniono wagi tego problemu. Mogło to być wynikiem braku doświadczenia zespołu wykonującego analizę FMEA lub też przeoczenia możliwych przyczyn powstawania tych wad.

Działania korygujące zostały wprowadzone dla czterech potencjalnych wad, a mianowicie dla złych wymiarów materiału, wgnieceń, wypływki oraz dla defektów powierzchniowych wykrywanych podczas inspekcji, czyli pęknięć. Pomimo podjętych działań korygujących wszystkie te problemy pojawiły się ponownie czyli nie zostały do końca usunięte, a jedynie zmniejszono ryzyko ich pojawiania się. Problemem okazało się również, że działania korygujące nie dotyczyły tak istotnych wad jak defekty wewnętrzne, zdeformowania, czy wysyłania do klienta elementów porzewiałych.

Pierwszy z wymienionych problemów (złe wymiary materiału) jest bardzo trudny do wykrycia, gdyż każdy z elementów musiałby przechodzić bardzo długie badania laboratoryjne, co jest nieopłacalne oraz czasowo niewykonalne. Dlatego badaniom tym poddawana jest tylko pewna próbka z wyprodukowanych wyrobów gotowych z partii. Zazwyczaj wynosi ona 30 sztuk, ale klient może zażyczyć sobie innej ilości.

Defekty wewnętrzne to druga po złych wymiarach materiału pod względem ważności wada. Powstają one najczęściej, gdy temperatura kucia jest zbyt niska lub do produkcji został użyty stop stali inny od wymaganej. Przyczyny te zostały uwzględnione w analizie FMEA, jednak stopień ryzyka ich wystąpienia był na tyle niski, że nie były w tym przypadku wymagane działania korygujące. Uznano, że tańsze jest produkowanie wadliwych elementów, aniżeli wprowadzanie działań korygujących, które byłyby bardzo drogie ale niekoniecznie skuteczne.

Kolejną wadą, w przypadku której nie zostały bezpośrednio wprowadzone działania korygujące są zdeformowania. Wada ta występuje bardzo rzadko (0,9%), jednak pojawia się w produkcji masowej. Nie uwzględniono jej również w analizie FMEA jako osobnego problemu. W przypadku omawianej wady uznano, że wprowadzanie dodatkowych działań korygujących jest zbyt drogie i za zgodą klienta zaakceptowano ten stan.

Podobnie wygląda sytuacja z wadą „złe oznaczenie elementu”, co wynika z wykucia złego numeru partii lub innego numeru, niezgodnego z etykietą dostawy. Powoduje to problemy z identyfikacją części lub numeru partii. Problem ten został tylko częściowo uwzględniony w analizie FMEA. Został on nieprawidłowo oceniony, gdyż nie wzięto pod uwagę, że wykuty numer partii może być nieczytelny, co okazało się problemem pojawiającym się przy produkcji masowej. Jednakże jest to problem który występuje bardzo rzadko (0,2%) nie ma więc potrzeby w tym przypadku stosowania działań korygujących.

Innym problemem, który nie był wychwytywany przez przedsiębiorstwo, a wszystkie elementy wadliwe trafiały do klienta, jest rdza. Wada ta obecnie nie jest w ogóle

wykrywana z czego wynika, że określony stopień wykrywalności na poziomie 3 został zaniżony, co było spowodowane brakiem doświadczenia pracowników przedsiębiorstwa w zakresie wykonywania analizy FMEA.

### **3. Ocena skuteczności analizy FMEA prowadzonej w przedsiębiorstwie**

Podsumowując analizę wykonanych działań korygujących można stwierdzić, że większość wad faktycznie pojawiających się w produkcji masowej została wzięta pod uwagę podczas planowania oraz podjęto działania zapobiegające im. Można jednak zauważyć, że nie wszystkie podjęte działania zapobiegawcze okazały się skuteczne. Szczególnie sytuacja taka ma miejsce jeśli chodzi o złe wymiary materiału, gdzie początkowo niewłaściwie oceniono skuteczność podjętych działań. Okazuje się, że w praktyce jedyną możliwością zmniejszenia poziomu wady jest wymiana części prasy do kucia, co wymaga znacznych środków finansowych, których przedsiębiorstwo nie posiada. Dlatego jedyne co można zaproponować to zwiększenie kontroli wykutych elementów przez co zapobiegnie się dostawom wadliwych części do klientów.

W całej przeprowadzonej analizie FMEA widać błędy wynikające między innymi z niewykorzystywania przez wykonujący ją zespół interdyscyplinarny żadnych dodatkowych narzędzi wspomagających metodę. Wykorzystanie na przykład tak zwanych siedmiu „starych” narzędzi zarządzania jakością zamiast stosowanej jedynie burzy mózgów mogłoby pozwolić na większą dokładność wykonanej analizy.

Na podstawie prowadzonych analiz można stwierdzić, że chociaż przedstawiony w publikacji przykład zastosowania metody FMEA okazał się nieskuteczny to jednak dobrze wskazał on kierunek działań, które powinny zostać podjęte. Problemy pojawiły się w zakresie wykonania działań korygujących, które zostały źle wprowadzone, oceniono również ich skuteczność.

### **4. Podsumowanie**

Doświadczenia z przeprowadzenia analizy FMEA w omawianym przedsiębiorstwie przemysłowym sugerują, iż metoda ta jest skuteczna tylko wtedy, gdy jest realizowana przez doświadczony zespół pracowników mających dużą wiedzę dotyczącą procesu produkcyjnego oraz stosowanych technologii, jak i potrafiących wykorzystać dodatkowe narzędzia zarządzania jakością wspierające realizację metody. Na podstawie badań można stwierdzić, że analiza FMEA przeprowadzona przez przedsiębiorstwo była nieskuteczna. Wiązały się z tym również znaczne koszty.

Każde przedsiębiorstwo przemysłowe chcąc zastosować metodę FMEA powinno zwrócić baczność uwagę na dobór pracowników do zespołu podejmującego się analizy. Tylko obecność pracowników dobrze znających proces produkcyjny pozwoli zagwarantować, że analiza została wykonana poprawnie i uwzględniono oraz właściwie

oceniono wszystkie aspekty realizowanych procesów produkcyjnych. Bardzo ważne jest także, aby pracownicy byli odpowiednio przeszkoleni w zakresie wykorzystania odpowiednich narzędzi przydatnych przy realizacji metody FMEA. Sama znajomość podstawowej metodologii FMEA to zbyt mało, należy wspomagać jej wykonanie innymi narzędziami takimi jak np. siedem „starych” narzędzi zarządzania jakością, metody statystyczne, itp. W innym przypadku uzyskane wyniki nie będą wiarygodne.

## LITERATURA

- [1] *Potential Failure Mode and Effects Analysis. FMEA*, Third Edition, Daimler Chrysler, Ford Motor Company, General Motors Corporation, AIAG, 2001.
- [2] A. Hamrol: *Zarządzanie jakością z przykładami*, PWN, Warszawa 2005.
- [3] *Podstawy inżynierii jakości*, prac. zbior. pod red. A. Hernas, Politechnika Śląska, Gliwice 1996.
- [4] A. Hernas, L. Gajda: *Systemy zarządzania jakością w organizacji*, Wydawnictwo WSZOP, Katowice 2006.
- [5] Z. Huber: *Analiza FMEA procesu Internetowe*, Wydawnictwo Złote Myśli, Gliwice 2007.
- [6] ISO/TS 16949:2002 Systemy zarządzania jakością – Szczegółowe wymagania do stosowania ISO 9001:2000 w przemyśle motoryzacyjnym w produkcji seryjnej oraz w produkcji części zamiennych.
- [7] A. Jednoróg, T. Koch, R. Zadrozny: *Metody i techniki zapewnienia jakości o szczególnym znaczeniu dla przemysłu motoryzacyjnego*. „Problemy Jakości”, 2000, nr 1.
- [8] J. Łuczak, A. Matuszak-Flejszman: *Metody i techniki zarządzania jakością*, Wydawnictwo Quality Progress, Poznań 2007.
- [9] A. Meller: *Metoda analizy przyczyn i skutków wad (FMEA)*, „Przegląd Organizacji”, 1994, nr 4.
- [10] *Procedura potencjalna usterka i analiza jej skutków (FMEA). Wskazówki i przykłady stosowania*, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 1999.
- [11] J. Sęp, A. Pacana: *Metody i narzędzia zarządzania jakością*, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2001.
- [12] R. Wolniak, B. Skotnicka: *Metody i narzędzie zarządzania jakością. Teoria i praktyka*, Politechnika Śląska, Gliwice 2008.