

Identyfikacja i ocena obszarów niezgodności w produkcji ramek aluminiowych z wykorzystaniem metody FMEA

An identification and assessment of discrepancies areas in the production of aluminum frames using the FMEA method

Dawid Nawrotek¹, Krzysztof Mielczarek²

¹ student, członek koła naukowego "Promotor jakości", Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, e-mail: dawid150-1994@o2.pl

² mgr inż., Katedra Inżynierii Produkcji i Bezpieczeństwa, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, e-mail: krzysztof.mielczarek@wz.pcz.pl

Streszczenie: Głównym celem artykułu jest identyfikacja i ocena obszarów niezgodności ram aluminiowych. W artykule wykorzystano metodę zarządzania jakością, jaką jest analiza FMEA. W wyniku przeprowadzonych badań określono priorytetowe dla badanego produktu niezgodności. Kolejnym etapem było wskazanie działań korygujących. Zastosowanie analizy FMEA pomogło określić przyczyny oraz skutki potencjalnych niezgodności. Wykorzystana metoda pozwoliła zbadać główne błędy występujące podczas produkcji ram aluminiowych.

Abstract: The main purpose of the article is to identify and assess areas of discrepancies of the aluminum framework. The article uses the method of quality management, which is the FMEA analysis. As a result of the tests carried out using the FMEA method, the non-compliances priority for the tested product was determined. The next stage was the indication of corrective actions. The use of FMEA analysis helped to determine the causes and effects of potential nonconformities. The method also allowed to examine the main errors occurring the production of aluminum frames.

Słowa kluczowe: jakość, metody zarządzania jakością, metoda FMEA

Key words: quality, quality management methods, FMEA method

1. Wprowadzenie

Przedsiębiorstwo aby zaistniało na rynku powinno się odpowiednio rozwijać poprzez ciągłe zmiany dotyczące nowych trendów, wprowadzania ulepszonych, nowoczesnych technologii oraz metod, co jest ważne by móc nadążyć za dużą konkurencją oraz dostosować się do oczekiwań rynku i wymagających klientów. Należy zatem skutecznie i w odpowiedni sposób zarządzać zmianami, zachowując przy tym stabilność przebiegu procesów danej organizacji. Rozwój przedsiębiorstwa zależy w dużej mierze od prawidłowego zarządzania i podejmowania trudnych decyzji i możliwości rozwiązywania problemów które mogą się pojawić na każdym etapie wytwarzania produktu. Materiały budowlane, a zwłaszcza materiały konstrukcyjne, spełniają główną funkcję w rozwoju społeczeństwa. Współcześni konstruktorzy kładą duże wymagania tworzywom, które stosują do swoich projektów. Do tych materiałów oczywiście należy aluminium, dokładniej mówiąc - materiały ze stopu aluminium. Różne metody oraz narzędzia zarządzania jakością mogą być stosowane do monitorowania całego cyklu produkcyjnego już od fazy projektowania, przez produkowa-

nie aż do kontroli wyrobu gotowego. Wszelkie narzędzia, a także metody cechuje, powtarzalny, planowany oraz oparty na naukowych podstawach sposób postępowania w czasie ich używania (Wolniak, 2005).

2. Metodyka badań

FMEA jest jakościową i współcześnie używaną metodą pozwalającą na identyfikację błędów i pomoc w ich wykluczeniu (Górska i Daroń, 2011). Analizę FMEA stosuje się do wykrycia i oceny ryzyka pojawienia się potencjalnych błędów, które mogą pojawić się w poszczególnych elementach wyrobu lub w procesie jego produkowania, a także skutków ich wystąpienia (Suliga, 2018). Metoda ta ma określić elementy procesu lub części składowe wyrobu, wobec których należy podjąć czynności eliminujące lub obniżające ryzyko potencjalnych błędów (Łuczak i Matuszak-Flejszman, 2007)

W języku polskim FMEA działa jako metoda (Folejewska 2010):

- analizy przyczyn i skutków wad,
- analizy możliwych przyczyn i skutków wad,

- analizy możliwości i efektów powstawania wad,
- analizy przyczyn, skutków i krytyczności wad, FMECA (ang. Failure Mode Effects and Criticality Analysis).

Podstawowe założenia metody FMEA są następujące (Gawlik i Kiełbus, 2008):

- około 75% błędów powstaje z nieprawidłowości w etapie przygotowania produkcji; ich wykrywalność w stadium początkowym jest nieduża,
- około 80% błędów dostrzeganych jest w fazie produkcji i jej kontroli, jak również w ciągu eksploatacji.

FMEA jest jakościową i współcześnie używaną metodą pozwalającą na identyfikację błędów i pomoc w ich wykluczeniu (Selejda, 2009). Analizę FMEA stosuje się do wykrycia i oceny ryzyka pojawienia się potencjalnych błędów, które mogą pojawić się w poszczególnych elementach wyrobu lub w procesie jego produkowania, a także skutków ich wystąpienia (Kleszcz i Ulewicz, 2010). Metoda ta ma określić elementy procesu lub części składowe wyrobu, wobec których należy podjąć czynności eliminujące lub obniżające ryzyko potencjalnych błędów. (Łuczak i Matuszak-Flejszman, 2007)

3. Analiza przyczyn i skutków występowania niezgodności z wykorzystaniem metody FMEA

Na podstawie spisu niezgodności sporządzonych w produkcji ram aluminiowych określone zostały przyczyny i następstwa dla każdej wskazanej niezgodności (Ingaldi, 2016). Ocenę ryzyka każdej przyczyny niezgodności dokonuje się za pomocą metody FMEA, na podstawie trzech kryteriów: znaczenia dla klienta (Z), prawdopodobieństwa wystąpienia wady (R), a także wykrywalności wady (W). Każde z tych kryteriów oceniane jest w 10-cio stopniowej skali (Jagusiak-Kocik i Knop, 2016). Obliczając iloczyn tych wartości można określić poziom prawdopodobieństwa ryzyka (RPN). Kryteria oceniania znaczenia dla klienta (Z), dla analizowanego wyrobu pokazują tabelę 1.

Tabela 1. Kryteria wartościowania oceny (Z) dla przeprowadzania analizy FMEA

	Znaczenie niezgodności dla klienta	Z
Bardzo małe	Wada wyrobu nie będzie oddziaływać na sposób jego użytkowania	1
Małe	Znaczenie wady jest małe i prowadzi tylko do niewielkiej zmiany właściwości wyrobu	2-3
Średnie	Wada wyrobu powoduje wyraźne niezadowolenie klienta. Produkt nie zaspokaja potrzeb albo jest źródłem uciążliwości. Użytkownik zauważa usterki wyrobu	4-6
Duże	Niezadowolenie klienta jest duże i jest spowodowane niemożnością wykorzystania wyrobu zgodnie z przeznaczeniem	7-8
Bardzo duże	Wada wyrobu zagraża bezpieczeństwu użytkownika albo narusza przepisy prawne	9-10

Tabela 2 przedstawia kryteria oceny (R) dla analizowanego produktu.

Tabela 2. Kryteria prawdopodobieństwa wystąpienia wady (R) dla analizowanego produktu

Prawdopodobieństwo wystąpienia	Częstość pojawienia się przyczyn	R
Bardzo często	1 na 10	10
	1 na 50	9
Często	1 na 200	8
	1 na 1000	7
Przeciętne	1 na 5 000	6
	1 na 20 000	5
	1 na 100 000	4
Rzadko	1 na 500 000	3
Bardzo rzadko	1 na 2 000 000	2
Nieprawdopodobne	1 na 10 000 000	1

Tabela 3 przedstawia kryteria szacowania wykrywalności wady (W) dla badanego wyrobu.

Tabela 3. Kryteria szacowania wykrywalności wady (W) dla analizowanego produktu

Wykrywalność niezgodności	Prawdopodobieństwo znalezienia niezgodności	W
Bardzo wysoka	Stosowane środki weryfikacji i nadzorowania dają pewność wykrycia wady wyrobu	1-2
Wysoka	Używane środki kontroli i monitorowania dają dużą szansę wykrycia wady wyrobu	3-4
Średnia	Stosowane środki kontroli i nadzorowania dają dużą szansę wykrycia wady wyrobu, jednak ze względu na zawężone możliwości kontroli stuprocentowej są one ograniczone	5-6
Niska	Jest bardzo prawdopodobne, że używane środki weryfikacji i monitorowania nie wykryją wady produktu	7-8
Bardzo niska	Z dużą pewnością można twierdzić, że stosowane środki kontroli nie wykryją wady wyrobu	9
Nieosiągalna	Nie są znane środki kontroli i nadzorowania pozwalające wykrycie danej wady wyrobu	10

Po wykonaniu analizy FMEA ukazane zostały 11 niezgodności, które pojawiły się w poszczególnych etapach produkowania ram aluminiowych (Tabela 4).

Tabela 4. Analiza FMEA dla podstawowych etapów produkcji ram aluminiowych

Nr części/procesu	Etap/Funkcja	Wymaganie	Potencjalna niezgodność	Potencjalny skutek niezgodności	Znaczenie (Z)	Kategoria	Potencjalne przyczyny niezgodności	Bieżący proces			RPN	Propozycje działań	Osoba odpowiedzialna	Rezultaty zadań				
								Działania zapobiegawcze	Występowanie (R)	Podjęmowane środki kontroli				Występowanie (W)	Znaczenie	Występowanie	RPN	
1	Cięcie	Wymiary zgodne z zamówieniem	Złe pocięty profil	Długość profilu powyżej tolerancji	9	K	Niewłaściwy dobór parametrów; zła interpretacja danych; błędny program	Dobrać parametry według załączonego zlecenia	2	Kontrola wrywkowa, poprawa programu	8	144	Kontrola po cięciu	Kierownik produkcji	9	2	6	108
				Długość profilu poniżej tolerancji														
2	Montaż	Odpowiedni profil przy składaniu	Montaż innego profilu	Raklamacje	8	C	Nieuwaga pracownika, pośpiech	Sprawdzenie ze zleceniem	2	Kontrola wrywkowa	8	128	Szkolenie pracowników	Kierownik produkcji	8	2	6	96
3	Montaż	Wymiary zgodne z zamówieniem	Złe wymiary ramy	Raklamacje	8	C	Nieuwaga pracowników	Mierzenie	2	100% kontrola wzrokowa	8	128	Szkolenia pracowników	Kierownik produkcji	8	2	6	96
4	Malowanie	Poprawnie pomalowany produkt	Zacieki	Estetyka dyskwalifikująca wyrób, wycofanie elementu z procesu produkcji	8	K	Zbyt duża wilgotność	Równe położenie proszku	2	100% kontrola wzrokowa	7	112	Szkolenia pracowników	Kierownik lakierni	8	2	5	80
5	Transport międzyoperacyjny	Dobrej jakości wyrób	Zarysowanie profilu	Wycofanie elementu z procesu produkcji	7	K	Niewłaściwy transport, nieuwaga	Lepsze zabezpieczenie produktu w czasie transportu	2	Samokontrola	7	98						
6	Malowanie	Prawidłowo pomalowany produkt	Pęcherze	Estetyka dyskwalifikująca wyrób, wycofanie elementu z procesu produkcji	7	K	Nieprawidłowe oczyszczenie malowanej powierzchni	Odpowiednie przygotowanie produktu	2	Kontrola wrywkowa	6	84						
7	Malowanie	Odpowiedni proszek	Pomalowanie na inny kolor	Dodatkowy proces malowania	7	K	Nieuwaga pracownika, niewłaściwie dobrana farba	Skupienie pracownika, opis produktu	2	100% kontrola	6	84						
8	Malowanie	Poprawnie pomalowany produkt	Niciągłość powłoki lakierniczej	Dodatkowy proces malowania	7	K	Nierówne rozprószanie proszku, uszkodzony pistolet lakierniczy	Sprawność urządzenia	2	Kontrola wrywkowa	6	84						
9	Pakowanie	Odpowiednio zabezpieczony produkt do transportu	Nieprawidłowe zabezpieczenia ramy przed transportem	Zgniecenie, porysowanie, pęknięcie ramy	9	C	Nieuwaga, mała dokładność	Lepsze zabezpieczenie wyrobu	1	Kontrola wzrokowa	8	72						
10	Czyszczenia	Dobrze wyczyszczony profil	Zła wyczyszczony profil	Chropowatość, ostre krawędzie	6	K	Nieuwaga pracownika, zużyte urządzenie	Sprawność urządzenia	2	Kontrola wzrokowa	6	72						
11	Malowanie	Dobrze przygotować profil	Rysy pod lakierem	Dodatkowy proces czyszczenia i malowania	5	K	Zła wyczyszczony produkt	Ostrożność, dokładność	2	Kontrola wzrokowa	7	70						

Z każdą niezgodnością powiązane są przyczyny wystąpienia wad np. nieuwaga pracownika, niewłaściwe obchodzenie się z gotowym wyrobem, zła interpretacja zamówienia przez pracownika. Zgodnie z regułą ilościową dla każdej przyczyny określono czynnik zagrożenia: liczby Z, R, W. Na podstawie iloczynu liczb określono współczynnik poziomu ryzyka RPN. Wartość liczby RPN

obejmuje przedział: 40-144. W analizie wartość współczynnika poziomu ryzyka przewyższyła wartość 100 w czterech sytuacjach. Działania zapobiegawcze opierały się na prawidłowym szkoleniu pracowników w celu wykonania odpowiednich wymiarów ram, pocięcia profilu zgodnego z zamówieniem, prawidłowego montażu oraz poprawnie pomalowanego produktu.

Podstawowe etapy produkcji zostały poddane analizie rodzajów i skutków możliwych błędów FMEA. Na podstawie której stwierdzono, że wskaźnik ryzyka w czterech miejscach jest powyżej normy. Procesy, w których przedsiębiorstwo powinno wdrożyć działania korygujące to cięcie profilu na wymiar, montaż innego profilu, złe wymiary ramy oraz zacieki. W procesie cięcia trzeba zwrócić uwagę, by profile miały wymiary zgodne z zamówieniem. W celu eliminacji potencjalnych niezgodności zaproponowano działania korygujące polegające na zwiększeniu kontroli wzrokowej oraz częstszych szkoleniach dla pracowników. Wdrożenie tych działań mogło by trzykrotnie zmniejszyć ryzyko wystąpienia tych niezgodności. W procesie montażu potencjalne niezgodności mogą wystąpić podczas nieuwagi pracownika oraz pośpiech. W celu minimalizacji tego ryzyka zaproponowano działania korygujące polegające na szkoleniu pracowników. W przypadku zacieków mogą wystąpić podczas zbyt dużej wilgotności. Działania polegały na szkoleniu pracowników przez kierownika lakierni. Dla części reszty potencjalnych niezgodności, wskaźnik nie przekroczył granicy 100.

4. Podsumowanie

W badanym przedsiębiorstwie wykorzystano analizę FMEA. Przedstawiona metoda zarządzania jakością umożliwiła analizę przyczyn oraz ich skutków powstawania niezgodności w procesie produkcji ram aluminiowych.

Niezgodności zostały poddane analizie rodzajów błędów oraz ich skutków FMEA. Do każdej wady został przydzielony: etap, wymaganie, skutek oraz przyczyna niezgodności, a także działania zapobiegawcze i podejmowane środki kontroli. Obliczono również wskaźnik ryzyka RPN, jeśli on przekraczał 100, to wtedy trzeba napisać propozycje działań i osobę odpowiedzialną za te działania. Zastosowana metoda jest pomocna przy budowaniu pozytywnego wizerunku firmy, organizowaniu pracy i wyraźnie przekłada się na jakość wytwarzanych produktów, a także na efektywność prowadzonych działań. Umożliwia to na wcześniejsze rozpoznanie błędów.

Firma powinna mieć sprecyzowaną procedurę postępowania z wyrobem niezgodnym i procedurę reklamacyjną, jak również wprowadzać takie działania zapobiegawcze, które pozwolą na ciągłe doskonalenie procesów oraz wyrobów, a także minimalizację liczby zgłaszanych reklamacji. Niezwykle kluczowym elementem w doskonaleniu jest dokumentacja prowadzona w zakładzie. Z jej pomocą można zidentyfikować każdy etap produkcji wyrobu.

Literatura

- Wolniak R., Skotnicka B. (2005) Metody i narzędzi zarządzania jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Łuczak J., Matuszak-Flejszman, A. (2007) Metody i techniki zarządzania jakością. Kompedium wiedzy. Quality Progress, Poznań, s.53.
- Folejewska A. (2010) Analiza FMEA – zasady, komentarze, arkusze. Wydawnictwo Verlag Dashofer, Warszawa, s. 4.
- Gawlik J., Kielbus A. (2008) Metody i narzędzia w analizie jakości wyrobów. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, s. 74.
- Górska M., Daroń M. (2011) Zastosowanie metody FMEA do oceny procesu wykorzystania floty magazynowej. Logistyka, 5, 91-94.
- Jagusiak-Kocik M., Knop K., (2016) Wykorzystanie wybranych narzędzi zarządzania jakością i metody FMEA w przedsiębiorstwie produkującym konstrukcje spawane dla maszyn. (red.) Biały W., Mazur M., Techniczne aspekty inżynierii produkcji (Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji, Czstochowa, 61-72.
- Łuczak J., Matuszak-Flejszman A. (2007) Metody i techniki zarządzania jakością. Kompedium wiedzy. Quality Progress, Poznań, s. 53.
- Hamrol A. (2007) Zarządzanie jakością z przykładami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s.382, 384.
- Ingaldi M. (2016) Metoda FMEA jako instrument zarządzania jakością. (red.) Paliszkievicz J., Ingaldi M., Teoria i praktyka w zarządzaniu produkcją i usługami Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji, Czstochowa, s. 22.
- Kleszcz D., Ulewicz R. (2010) Application of the FMEA Method in the Process of Assurance of Quality of Ceramic Ware. Eds. S. Borkowski, M. Konstanciak, Toyotarity. Standardization in Enterprises, 9-25.
- Olejnik M. (2010) Materiały szkoleniowe. Zapewnienie Jakości. Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, s. 33.
- Selejdak J. (2009) FMEA Method Utilization in the Quality of Goods Evaluation. TRANSCOM. 8-th European Conference of Young Research and Scientific Workers. Proceedings. Section 2. Economics and Management. M-Z. Žilina, Slovak Republic, 113-116.
- Suliga D. (2018) The Analysis of FMEA Method for Quality Assessment in Food Sector. 12th International Conference Quality Production Improvement (QPI 2018), Zaborze, s. 3-9.