

PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE METODY FMEA NA PRZYKŁADZIE PRODUKCJI KOŁA PASOWEGO W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono proces zastosowania wybranej metody inżynierii jakości do analizy i rozwiązywania problemów z wadliwością procesu produkcji wyrobu odlewniczego – koło pasowe w badanym przedsiębiorstwie X. W pierwszej części artykułu przedstawiono istotę jakości oraz opisano i zobrazowano metodę FMEA. W części teoretycznej przedstawiono charakterystykę badanego obiektu, proces produkcyjny w ujęciu technologicznym oraz przedstawiono analizę FMEA, czyli analizę rodzajów błędów oraz ich skutków. Sprowadza się do analitycznego ustalania związków przyczynowo-skutkowych powstawania potencjalnych niezgodności wyrobu. Celem metody jest identyfikowanie potencjalnych niezgodności produktu, a następnie ich eliminowanie lub zmniejszenie ryzyka z nimi związanego.

Słowa kluczowe: jakość, metoda inżynierii jakości, metoda FMEA

1. Wprowadzenie

Termin jakość występuje we wszystkich sferach życia. W sektorze produkcyjnej najważniejszym aspektem jest dostarczenie klientowi zamówionego towaru o najwyższej jakości. Dla firm najważniejsze jest sprostać wymaganiom jakości stawianym przez klienta oraz wytwarzać produkty jak najwyższej jakości chcąc uzyskać satysfakcjonującą pozycję na rynku. Celem artykułu była analiza jakości koła pasowego, poprzez zastosowanie metody zarządzania jakością. W artykule zaprezentowano informacje dotyczące koła pasowego, przedstawiono proces technologiczny oraz przeprowadzono analizę niezgodności. Dzięki możliwości zastosowania metody FMEA jako instrument pomocniczy wykrycia oraz usunięcia ewentualnych niezgodności w procesie produkcji koła pasowego. Dodatkowo przedstawiono wnioski wynikające z możliwości użycia metody FMEA.

2. Istota jakości

Dla wszystkich organizacji, których celem jest osiągnięcie długoterminowych sukcesów jednym z najważniejszych elementów w strategii firmy, powinna być jakość. Prawdopodobnie wdrażana ma przełożenie na sukcesy organizacji [2].

Według Europejskiej Organizacji Kontroli Jakości jakość rozumiana jest jako stopień spełnienia przez produkty bądź usługi określonych potrzeb nakreślonych przez nabywcę.

¹PhD student, Czestochowa University of Technology, andrew.rusecki@gmail.com

Jakość należy rozpatrywać jako wypadkową jakości projektu i produkcji o wysokim standardzie jakości [3].

Jakość to stopień dostosowania produktu, procesu, przedsiębiorstwa bądź zjawiska do oczekiwań klienta [4]. Podobne ujęcia terminu jakość to również poniższe definicje [5]:

- zgodność z wymaganiami klienta (P. B. Crosby) [6];
- przewidywany stopień jednorodności i niezawodności przy odpowiednio niskim poziomie kosztów oraz przystosowaniu do wymiany rynkowej (W. E. Deming) [7];
- stopień zaspokojenia potrzeb wyznaczonych przez klienta zwana jako jakość rynkowa (M. Juran) [8];
- zaspokojenie bieżących i przyszłych życzeń klienta (J. Oakland) [9];
- zbiór różnorodnych cech określających stopień użyteczności produktu zgodnie z jego zastosowaniem (T. Kotarbiński) [10];
- jakość jest tożsama z zadowoleniem klienta (K. Ishikawy) [11].

3. FMEA - wybrana metoda zarządzania jakością

W przedsiębiorstwach procesy produkcyjne doskonalili się poprzez użycie metod, narzędzi lub technik. Wybór metody musi być podyktowany wnikliwą analizą sytuacji problemowej, okresem wykonania, rodzajem i wielowymiarowością [12].

W skład jakości produktu finalnego wchodzi jakość projektowania oraz jakość wykonania. Metody zarządzania umożliwiają poprawne funkcjonowanie organizacji. Do najczęstszych stosowanych metod zarządzania zalicza się [13]:

- QFD;
- FMEA;
- Kaizen;
- Taguchi.

Metoda FMEA jest analizą rodzajów oraz skutków możliwych błędów. Zalicza się ją do metod przeciwdziałania i niwelowania następstw niezgodności jakie mogą wystąpić w procesach konstrukcyjnych lub produkcyjnych [14].

Metoda FMEA jest używana do rozpoznawania niezgodności wraz z ryzykiem ich powstania, które może powstać w elementach produktu finalnego, procesie produkcji a także konsekwencji ich powstania oraz wyeliminowania [15].

Metoda polega na określeniu oraz ocenie ryzyka, które opiera się na słabych punktach występujących podczas planowania lub wytwarzania [16].

Metodę FMEA można wykorzystać w sytuacji [17]:

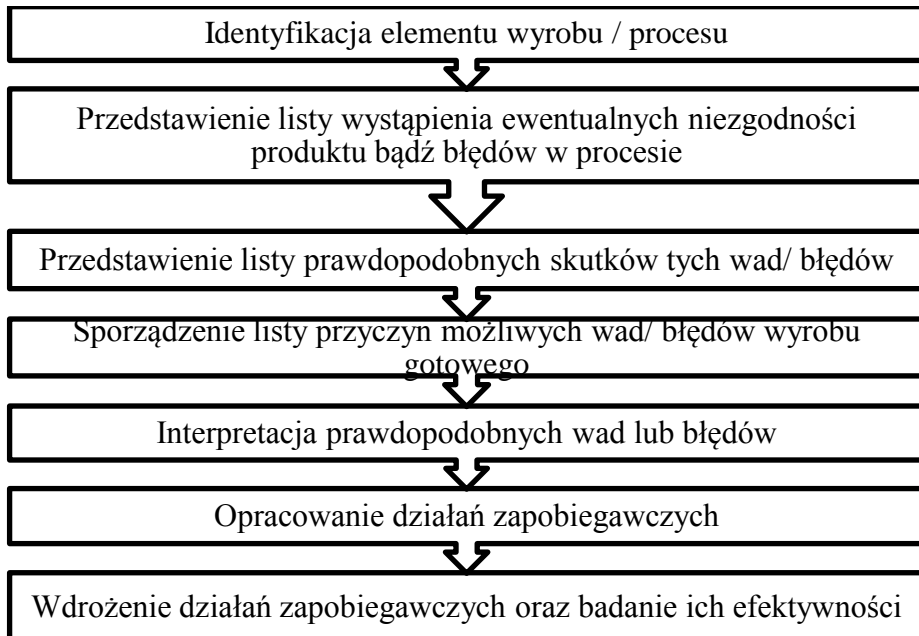
- wdrożenia nowych procesów produkcji lub wprowadzeniu nowych produktów;
- planowania procesu wytwarzania dla celów optymalizacji procesu;
- przed zamierzonym przystąpieniem do produkcji seryjnej;
- usprawnienia procesów niestabilnych.

Zastosowanie metody FMEA na etapie konstrukcyjnym sprowadza się do pomiaru wszystkich przypuszczalnych i ewentualnych niezgodności przed zatwierdzeniem rozwiązania konstrukcyjnego. Metodę FMEA używa się przy procesie produkcji w przypadku badania prawdopodobieństwa pojawienia się błędów w trakcie procesu wytwórczego lub montażu [18].

Celem metody jest systematyczne identyfikowanie prawdopodobnych niezgodności produktu/procesu, następnym krokiem jaki powinno się podjąć to eliminacja niezgodności bądź minimalizacja ryzyka z nimi związanego. Przedsiębiorstwa poprzez zastosowanie metody FMEA poprzez poddawanie go analizom. doskonalą swoje produkty lub procesy. Na podstawie uzyskanych wyników organizacje wprowadzają ulepszenia [19].

Koncepcją metody FMEA jest interpretacja czynników, które mogą być problematyczne przy spełnieniu wymagań ujętych w specyfikacji technicznej materiału, konstrukcji, wyrobu itd. bądź mogą wpływać na stabilność ciągu procesu produkcyjnego [20].

Do opracowywania metody FMEA konieczna jest grupa osób (4- 8), spośród nich wybierany jest lider grupy. Do jego zadań należą m.in. wybór członków zespołu, wyznaczenie terminów spotkań, nadzorowanie i strategia wykonywanych czynności oraz kontrola efektów. Zespół powinien być złożony z osób posiadających duże doświadczenie z danej dziedziny. Osoby odpowiedzialne za wykonanie analizy FMEA opierają się na harmonogramie przedstawionym na rysunku 1 [21].



Rys. 1. Schemat FMEA

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Urbaniak: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. Difin. Warszawa 2004, s. 272.

Zadaniem pracowników wdrażających metodę FMEA jest zweryfikowanie wady wyrobu bądź błędów w procesie oraz określenie relacji: wada - skutek - przyczyna. Grupa jest również zobowiązana do wybrania metody kontroli, która pozwoli na wykrycie wad i przyczyn. Dla każdej niezgodności, jego przyczyny lub skutku definiuje się kryteria, przyznając im wartość 1-10 [22].

Kryteria LPW, LPZ, LPO oznaczają [23]:

- LPW (prawdopodobieństwo powstania niezgodności) - liczba występowania błędu;
- LPZ (znaczenie wady dla klienta) - liczba priorytetowa znaczenia;
- LPO (potencjalność wykrycia błędu przez wytwórcę) - liczba priorytetowa odkrycia.

Wskaźnik LPR jest iloczynem ocen cząstkowych [24]:

$$LPR = LPW * LPZ * LPO$$

Jeśli LPR, czyli wskaźnik priorytetowy ryzyka jest wysoki, oznacza pewność wystąpienia niezgodności. Natomiast w przypadku osiągnięcia $LPR = 1$ występuje minimalne ryzyko wystąpienia niezgodności [25].

Tabele o nr 1, 2, 3 przedstawiają wskazówki do oszacowania liczby LPW, LPZ oraz LPO.

Tabela 1. Wskazówki do przyjmowania liczby LPW

LPW	Wystąpienie niezgodności	Częstość występowania niezgodności
1	Nieprawdopodobne	Mniejsze występowanie niż 1 na 1 000 000
2	Bardzo rzadko	1 na 20 000
3	Rzadko	1 na 4 000
4-6	Przeciętnie(występuje sporadycznie)	1 na 1 000 1 na 400 1 na 80
7-8	Często(powtarza się cyklicznie)	1 na 40 1 na 20
9-10	Bardzo często(nie da się uniknąć)	1 na 8 1 na 2

Źródło: opracowanie własne na podstawie: A. Rychły- Lipińska: FMEA – analiza rodzajów błędów oraz ich skutków. „Zeszyty naukowe instytutu ekonomii i zarządzania”, nr 11, 2007, s. 51-53.

Tabela 2. Znaczenie niezgodności dla nabywcy

LPZ	Znaczenie niezgodności dla nabywcy	
1	Bardzo małe	Niezgodność nie ma żadnego wpływu na warunki użytkowania produktu
2-3	Małe	Znikome utrudnienie użytkowania, nieznaczne pogorszenie właściwości produktu.
4-6	Przeciętnie (występuje sporadycznie)	Towar nie zaspokaja potrzeb klienta.
7-8	Duże	Niezadowolenie klienta
9	Bardzo duże	Duże niezadowolenie klienta, koszty napraw wysokie na skutek zepsucia towaru lub elementu produktu.
10	Krytyczne	Towar zagraża bezpieczeństwu nabywcy, narusza przepisy prawa

Źródło: opracowanie własne na podstawie: A. Rychły- Lipińska: FMEA – analiza rodzajów błędów oraz ich skutków. „Zeszyty naukowe instytutu ekonomii i zarządzania”, nr 11, 2007, s. 51-53.

Tabela 3. Wytyczne do określania wskaźnika LPO

LPO	Opis	
1-2	Bardzo wysoka	Bardzo mała szansa wykrycia niezgodności przed ukończeniem operacji, 100%automatyczna kontrola
3-4	Wysoka	Małe prawdopodobieństwo nie wykrycia niezgodności przed ukończeniem produkcji, niezgodność jest ewidentna
5-6	Przeciętnie	Średnia szansa nie wykrycia niezgodności przed ukończeniem procesu produkcji, ręczna kontrola jest utrudniona
7-8	Niska	Niewykrycie niezgodności jest wysokie, kontrola wrywkowa próbek
9	Bardzo niska	Niewykrycie niezgodności jest wysokie, wada jest niedostrzegalna

Źródło: opracowanie własne na podstawie: A. Rychły- Lipińska: FMEA – analiza rodzajów błędów oraz ich skutków. „Zeszyty naukowe instytutu ekonomii i zarządzania”, nr 11, 2007, s. 51-53.

4. Charakterystyka badanego obiektu

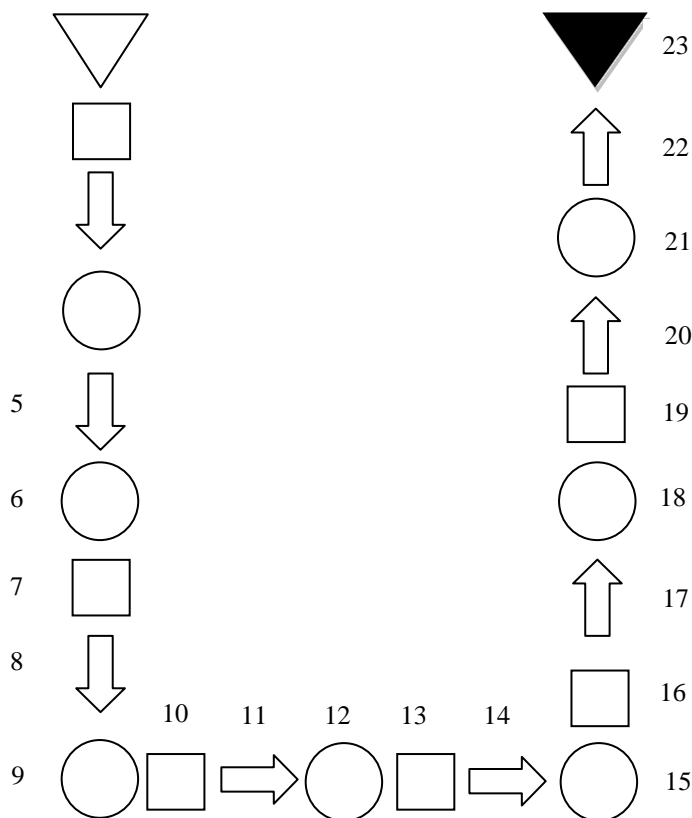
Początki istnienia przedsiębiorstwa w którym wykonano badania sięgają 1894 roku. Podstawową działalnością przedsiębiorstwa znajdującego się w Częstochowie

jest wytwórstwo odlewów z żeliwa szarego i innych rodzajów żeliwa. W badanym przedsiębiorstwie obiektem badanym było koło pasowe. Jest to najważniejszy element przekładni pasowej. Należy wyróżnić koło pasowe czynne lub bierne. Biorąc pod uwagę te uwarunkowania koło jest nakładane na wał, który napędza maszynę lub jest przez nią napędzany. Oprócz tego złożone jest z dwóch podstawowych elementów: wieńca oraz piasty. Koła pasowe należy podzielić w zależności od tego, jaki pas do nich przylega. Występują koła gładkie, zębate, z rowkiem pojedynczym lub wielorowkowe.

W artykule zanalizowano koła zębate wielorowkowe. Koła pasowe z rowkiem znalazły zastosowanie do obsługi pasów klinowych. Natomiast pasy klinowe używane są do napędzania układów oraz systemów mechanizmów. Znalazły zastosowanie m.in. w samochodach do napędu pomp, alternatora, sprężarki klimatyzacji. Koła pasowe z rowkiem w poprzek, chronią przed powstaniem poślizgu. Stosowane są przy mechanizmach, gdzie niezawodność jest najważniejsza, występują m.in. w układzie rozrządu w silnikach spalinowych. Koła pasowe są odlewane a na dalszym etapie produkcji obrabiane. Proces produkcyjny koła pasowego przedstawiono w ujęciu technologicznym na rysunku 2.

Legenda procesu produkcji koła pasowego:

1. Magazynowanie surowców(np. złom, dodatki stopowe)
2. Kontrola jakości.
3. Transport suwnicowy surowców do pola załadowniczego pieca.
4. Wytop.
5. Transport międzyoperacyjny.
6. Wybijanie odlewów z form.
7. Kontrola jakości.
8. Transport międzyoperacyjny.
9. Oczyszczanie.
10. Kontrola jakości.
11. Transport wydziałowy.
12. Sortowanie.
13. Kontrola jakości.
14. Transport wydziałowy.
15. Szlifowanie.
16. Kontrola jakości.
17. Transport międzywydziałowy.
18. Obróbka mechaniczna na maszynach CNC.
19. Kontrola końcowa.
20. Transport wydziałowy.
21. Pakowanie.
22. Transport międzywydziałowy z hali do magazynu.
23. Magazynowanie wyrobów gotowych.



Rys. 2. Proces produkcyjny w ujęciu technologicznym

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Urbaniak: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. Difin. Warszawa 2004, s. 272.

Bardzo ważne jest uzyskanie odpowiedniej jakości powierzchni koła pasowego wszędzie tam, gdzie styka się ono z pasem. Odpowiednio dobrane koło pasowe efektywnie redukuje wstrząsy oraz zapobiega ich przeniesieniu na napęd, co z kolei spowodowałoby powstanie niechcianych wibracji.

5. Wykorzystanie metody zarządzania jakością FMEA

W badanej firmie przeanalizowano proces produkcyjny koła pasowego za pomocą metody FMEA (rysunek 3). Metoda w sposób szybki i efektywny wykrywa najczęstsze niezgodności wraz z ich potencjalnymi przyczynami i skutkami. Ocenę ryzyka każdej przyczyny niezgodności wykonuje się za pomocą metody FMEA. Należy określić trzy kryteria: znaczenie wady dla klienta (LPZ), prawdopodobieństwu

wystąpienia niezgodności (LPW) oraz wykrywalności niezgodności przez producenta (LPO). Każde z podanych kryteriów oceniane jest w 10-cio stopniowej skali. Iloczyn wartości pokazuje poziom prawdopodobieństwa wystąpienia niezgodności (LPR). Analizie FMEA poddanych zostało trzynaście etapów produkcji, tj.: inspekcja surowców, przygotowanie oprzyrządowania odlewniczego, przygotowanie masy formierskiej, wykonanie form odlewniczych, załadunek pieca, topienie, odlewanie, wybijanie z form, oczyszczanie, sortowanie, szlifowanie, obróbka mechaniczna i kontrola końcowa. Badania przeprowadzono w ciągu jednego tygodnia na 15 000 sztuk kół pasowych. Przeprowadzona kontrola jakości wyłoniła 125 kół pasowych zakwalifikowanych jako niezgodne jakościowo, posłużyły one do analizy metodą FMEA

Tabela 4. Tytuły Analiza FMEA dla przeprowadzenia procesu produkcji koła pasowego

Lp.	Niezgodność	Skutek	Przyczyny	LPW	LPZ	LPO	LPR	Działania naprawcze
1.	Niewłaściwy skład chemiczny	Zdyskwalifikowanie partii detali	Nieodpowiedni dobór ilości surowców	2	10	2	40	Wzmocniona kontroli surowca zgodnie z normami specyfikacji
2.	Niewłaściwy wymiar odlewu	Odrzucenie partii detali ze względu na brak możliwości wykonania dalszej obróbki	Uszkodzenie formy odlewniczej	2	10	2	40	Zwiększenie kontroli oprzyrządowania oraz kontroli funkcjonowania automatycznej linii formierskiej sprzętu
3.	Obecność pęcherzy gazowych	Odrzucenie partii detali	Nieodpowiednia wilgotności masy formierskiej	4	10	3	120	Zapewnienie właściwych parametrów poprzez podwyższoną kontrolę masy wnętrza form
4.	Formowanie tworzenie form odlewniczych z masy formierskiej	Odezw wymaga naprawy	Niepoprawny odczyt parametrów masy formierskiej	3	10	1	30	Zapewnienie właściwych parametrów
5.	Nieodpowiedni skład chemiczny żeliwa przy procesie załadunku pieca	Odrzucenie partii detali	Niedostosowanie się do właściwej ilości surowców przy załadunku pieca	2	10	2	40	Podwyższona kontrola surowców wobec specyfikacji chemicznej, zwiększona kontrola pracowników

6.	Nieodpowiedni skład chemiczny żeliwa przy procesie topienia	Odrzucenie partii detali	Nieprzystosowanie się do właściwej ilości surowców przy procesie topienia. Niewłaściwe zrealizowanie procesu topienia	2	10	2	40	Kontrola składu chemicznego oraz temperatury topienia.
7.	Niezgodność odlewu powstała podczas zalewania form	Odrzucenie partii detali	Zbyt niska temperatura ciekłego metalu	2	10	1	20	Zapewnienie odpowiedniej temperatury ciekłego metalu
8.	Uszkodzenie mechaniczne odlewu w trakcie wybijania z masy formierskiej	Odrzucenie partii detali	Zbyt duża siła zastosowana w procesie technologicznym wybijania odlewu z formy	3	10	1	30	Przeszkolenie pracowników
9.	Zniekształcony odlew przy procesie oczyszczania	Odrzucenie partii detali	Zbyt długi okres czyszczenia odlewów w oczyszczarkach przelotowych	2	10	1	20	Przeszkolenie pracowników
10.	Wady kształtu i powierzchni przy procesie sortowania	Odrzucenie partii detali	Nieprzestrzeżenie procedur wewnętrznych podczas produkcji	3	10	2	60	Zwiększona kontrola nad procesem produkcyjnym
11.	Mechaniczne uszkodzenia przy procesie szlifowania	Dyskwalifikacja partii detali	Nieprowaźne usunięcie nadmiaru materiału	3	10	1	30	Przeszkolenie pracowników
12.	Wymiary odlewu poza specyfikacją określoną w dokumentacji technologicznej	Dyskwalifikacja partii detali	Nieprawidłowe mocowanie odlewów w uchwycie obróbczym, nieodpowiednie parametry obróbki	3	10	1	30	Zwiększona kontrola parametrów zdefiniowanych jako „bardzo ważna”, kontrola jakości obrabianych odlewów
13.	Defekt kształtu oraz powierzchni przy kontroli końcowej	Dyskwalifikacja partii detali	Nieprzestrzeżenie procedur w trakcie procesu produkcyjnego	3	10	4	120	Zwiększony nadzór nad procesem produkcyjnym

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa X

Minimalna wartość LPR przyjęta przez badane przedsiębiorstwo wynosi 100. Dwie niezgodności uzyskały wartości powyżej 100. Na początku firma powinna podjąć kroki w kierunku wykluczenia wady: występowanie pęcherzy gazowych, które zostały spowodowane niewłaściwą wilgotnością masy formierskiej. Działania naprawcze to przede wszystkim zapewnienie właściwych parametrów poprzez podwyższoną kontrolę masy wnętrza form. LPW należy określić jako przeciętnie,

czyli niezgodność występuje sporadycznie. LPO, należy określić jako małe prawdopodobieństwo nie wykrycia niezgodności przed wykończeniem produkcji, wada jest ewidentna. Opisywana niezgodność ma wartość LPR wynoszącą 120.

W dalszej kolejności analizowane przedsiębiorstwo powinno skupić się na zmniejszeniu lub całkowitej eliminacji niezgodności kształtu oraz powierzchni wykrywanych przy kontroli końcowej. Jako główny czynnik ich powstawania na danym etapie określono nieprzestrzeganie procedur podczas procesu wytwórczego. LPW wskazuje na fakt, że błąd występuje rzadko, natomiast wskaźnik LPO jest wysoki, oznacza to małą szansę nie wykrycia błędów przed ukończeniem procesu produkcji, niezgodność jest ewidentna. Defekt ten ma wartość LPR wynoszącą 120. W obydwóch przypadkach liczba priorytetowa, czyli LPW oznacza, że niezgodność dla klienta ma znaczenie tzw. krytyczne, czyli wyprodukowane towary zagrażają bezpieczeństwu klienta i naruszają przepisy prawa. Przedsiębiorstwo w głównej mierze powinno zwrócić specjalną uwagę na szkolenia pracowników w zakresie występowania potencjalnych zagrożeń dla procesu na poszczególnych etapach procesu produkcji. Szkolenia przyczyniają się do zwiększenia wykrywalności niezgodności (LPO), a przez to na obniżenie wskaźnika LPR.

W późniejszej kolejności firma powinna wyeliminować pozostałe zaistniałe niezgodności. Czynności naprawcze są działaniami koniecznymi, poprzez ich wprowadzenie poprawie ulegnie jakość wytwarzania koła pasowego. Dzięki nim możliwe jest również ograniczenie występowania błędów w przyszłości.

6. Podsumowanie

W badanym przedsiębiorstwie przytoczono wyniki wybranych badań dotyczących stosowania metody FMEA. Dzięki dokonanej analizie przy użyciu tej metody z łatwością można określić, które błędy przedsiębiorstwo powinno wyeliminować w pierwszej kolejności.

Celem FMEA jest konsekwentne oraz trwałe eliminowanie niezgodności wyrobu bądź procesu produkcji poprzez rozpoznawanie rzeczywistych przyczyn ich powstawania oraz wykorzystywanie odpowiednich środków zapobiegawczych. Przytoczona analiza zagadnień zarządzania jakością pokazuje, że dobór narzędzi zarządzania jakością w badanej organizacji zależy od rodzaju oraz charakteru problemów, które firma chce rozwiązać.

Z przytoczonej analizy badanego przedsiębiorstwa wynika, że w pierwszej kolejności firma powinna podjąć kroki w kierunku wykluczenia wady: występowanie pęcherzy gazowych, które zostały spowodowane nieodpowiednią wilgotnością masy formierskiej. W dalszej kolejności firma powinna zmniejszyć bądź całkowicie wyeliminować niezgodności kształtu i powierzchni wykrywanych przy kontroli końcowej.

Narzędzia oraz techniki pełnią ważną rolę w przedsiębiorstwach ukierunkowanych na ciągłą poprawę, ocenę oraz monitorowanie procesów. Daje to

możliwość zwiększenia zadowolenia klientów i efektywniejsze funkcjonowanie badanej firmy.

Literatura

- [1] Bizon-Górecka J.: Inżynieria niezawodności i ryzyka w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Wydawnictwo OPO. Bydgoszcz 2001.
- [2] Fazłagić J.: *Marketing szkoły*. Wydawnictwo Wolters Kluwer Polska SA. Warszawa 2011.
- [3] Folejwska A.: *Analiza FMEA- zasady, komentarze, arkusze*. Wydawnictwo Verlag Dashofer Sp.z o.o. Świat profesjonalnej wiedzy. Warszawa 2010.
- [4] Gołębiowski M., Janasz W., Prozorowicz M.: *Zarządzanie jakością w przedsiębiorstwie*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 1999.
- [5] Gwarek H.: *Sterowanie jakością w przedsiębiorstwie*. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne. Warszawa 1975.
- [6] Iwaniec K., Józwiak K.: Metoda FMEA jako analiza przyczyn i skutków - wybrane aspekty. W: *Wybrane aspekty zarządzania jakością II. Red. M. Salerno-Kochana. Wydawnictwo AGH. Kraków 2010, s. 126. Artykuł dostępny na stronie: www.knzj.uek.krakow.pl/artykuly/Karolina%20Iwaniec,%20Karol%20J%20C3%B3C5%20BAwik-2010-ok.pdf (odczyt: 27.01.17r.).*
- [7] Jagusiak-Kocik M., Knop K.: Wykorzystanie wybranych narzędzi zarządzania jakością i metody FMEA w przedsiębiorstwie produkującym konstrukcje spawane dla maszyn. „Zeszyty Naukowe Quality. Production. Improvement” 2016.
- [8] Jasińska J.: *Zmiany w organizacjach: Sprawne zarządzanie, sytuacje kryzysowe i warunki osiągnięcia sukcesu*. Wydawnictwo Frel. Warszawa 2015.
- [9] Knop K., Jagusiak M., Stasiak-Betlejewska R.: The Application of ABC and FMEA Method to Define Critical Parts and Subassemblies of Closing Machine Gopak. W: *Production Engineering. Ed. and Scientific Elaboration. Red. S. Borkowski, R. Ulewicz. Publisher Novosibirsk State Tech. Univ. Novosibirsk 2009.*
- [10] Knop K., Mielczarek K.: *Aspekty doskonalenia procesu produkcyjnego*. „Zeszyty Naukowe Quality. Production. Improvement”, nr 1, 2015.
- [11] Kosiorek D.: *Jakość w teorii i praktyce zarządzania organizacjami*. „Zarządzanie i Finanse” nr 11, cz.1, 2013.
- [12] Łańcucki J.: *Podstawy kompleksowego zarządzania jakością TQM*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu. Poznań 2001.
- [13] Mazur A., Gołaś H.: *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 2010.
- [14] Mroczko F.: *Zarządzanie jakością*. Wałbrzyska Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości. Wałbrzych 2011.
- [15] Rychły-Lipińska A.: *FMEA – analiza rodzajów błędów oraz ich skutków*. „Zeszyty Naukowe Wydziału Nauk Ekonomicznych Politechniki Koszalińskiej”, nr 11, 2007.
- [16] Skrzypczak A., Dudek A., Ulewicz R.: Ocena możliwości wykorzystania wybranych instrumentów zapewniających jakość w procesie łączenia włókien światłowodowych. „Zeszyty Naukowe. Quality. Production. Improvement”, nr 1, 2015.
- [17] Ulewicz R., Novy F.: *Zapewnienie jakości i właściwości wybranym materiałem konstrukcyjnym*. Monografia. Wydawnictwo wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa 2016, s. 55- 56.
- [18] Urbaniak M.: *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*. Difin. Warszawa 2004.

- [19] Wiśniewska M., Grudowski P.: Zarządzanie jakością i innowacyjność w świetle doświadczeń organizacji Pomorza. InnoBaltica Sp. z o.o. Gdańsk 2014.
- [20] www.pi.gov.pl/PARPFiles/file/news/20141126_IOB_monitorowanie_satysfakcji_klientow_propozycja.pdf
- [21] Żółtowski M.: Narzędzia kształtowania jakości usług w przedsiębiorstwie. „Logistyka” nr 6, 2012.

THE PRACTICAL APPLICATION OF THE FMEA METHOD ON THE EXAMPLE OF PULLEY WHEEL PRODUCTION IN A SELECTED ENTERPRISE

Abstract: Article presents process of application of a selected quality method for analyzing and solving problems with the defectiveness of the foundry production process - in example of pulley production in the examined enterprise X. The first part of the article presents the essence of quality and describes and illustrates the FMEA method. The theoretical part presents the characteristics of the tested object, the production process in terms of technology and presents the FMEA analysis- the analysis of the types of errors and their consequences. Directs to the analytical determination of cause-effect relation resulting in potential incompatibilities of the product. Afterwards eliminating or reducing the risks associated with it.

Keywords: quality, methods of quality engineering, FMEA method

Data przesłania publikacji do Redakcji: 02.07.2018

Data akceptacji publikacji przez Redakcję: 24.07.2018