

Aleksandra GREŃ¹

Opiekun naukowy: Dariusz PLINTA²

ZASTOSOWANIE ANALIZY PFMEA W OCENIE RYZYKA W PROCESIE PRODUKCYJNYM

Streszczenie: w realizacji strategii efektywnego zarządzania przedsiębiorstwem, w turbulentnym otoczeniu, konieczne jest stosowanie podejścia obejmującego kompleksowe zarządzanie ryzykiem w organizacji, zwłaszcza w realizowanych procesach produkcyjnych. Ostatnia aktualizacja normy ISO 9001 oraz standardu IATF 16949 została w szczególności skoncentrowana na wdrożeniu przez organizację podejścia opartego na myśleniu o ryzyku.

Słowa kluczowe: PFMEA, Jakość, IATF 16949, Odlewnictwo, Przemysł motoryzacyjny.

APPLICATION OF PFMEA ANALYSIS IN RISK ASSESSMENT IN THE PRODUCTION PROCESS

Summary: In the implementation of the strategy of effective enterprise management in a turbulent environment, it is necessary to use an approach that includes comprehensive risk management in the organization, especially in the ongoing production processes. The latest update of the ISO 9001 standard and the IATF 16949 standard focused in particular on the organization's implementation of a risk-based approach.

Keywords: PFMEA, Quality, IATF 16949, Casting, Automotive industry.

1. Wprowadzenie

Współcześnie nieodłącznym elementem wpisanym w życie procesów istniejących w organizacji jest ryzyko. Ryzyko ma znaczący wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstw. Aby efektywnie i skutecznie prowadzić organizację, niezbędne jest zarządzanie nim na każdym poziomie operacyjnym. Domyślnie proces zarządzania ryzykiem ma wspomagać podmioty w podejmowaniu świadomych decyzji oraz realizowaniu strategii biznesowej. Dzięki zastosowaniu podejścia interdyscyplinarnego w zarządzaniu ryzykiem przedsiębiorstwa zwiększają swoje

¹ mgr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, agren@ath.bielsko.pl

² prof. ATH dr hab. inż. Dariusz Plinta, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, dplinta@ath.bielsko.pl

zdolności adaptacyjne w odniesieniu do zmian zachodzących w turbulentnym otoczeniu. Podmioty prowadzący działalność gospodarczą muszą rozumieć wagę ukierunkowania prowadzonej strategii z uwzględnieniem mechanizmów umożliwiających wcześniej rozpoznanie istniejących zagrożeń i podejmowanie adekwatnych działań korygujących i zapobiegawczych. Przedsiębiorstwa, mając na celu zapewnienia stabilnego rozwoju w dynamicznym otoczeniu, muszą się liczyć z koniecznością wbudowania w kulturę organizacyjną podejścia opartego na myśleniu o ryzyku. [1]

Zgodnie z normą PN ISO 31000 zarządzanie ryzykiem jest procesem, w którym systematycznie stosuje się politykę zarządzania, procedury i przyjęte praktyki w zakresie następujących działań: ustanowienia kontekstu, identyfikacji, analizy, ewaluacji, komunikacji i konsultacji, postępowania oraz monitoringu i nadzorowania ryzyka. Na etapie identyfikacji głównym wyzwaniem dla organizacji jest pozyskanie możliwie jak największej ilości danych o potencjalnych czynnikach ryzyka oraz wynikających z nich następstw dla podmiotu. Wynikiem etapu identyfikacji powinno być zestawienie możliwie najbardziej kompletnej listy zagrożeń, wynikających z potencjalnych zdarzeń. Celem drugiego etapu jest analiza zidentyfikowanego ryzyka, które następnie poddaje się ewaluacji. Ocena ryzyka polega na oszacowaniu stopnia zagrożenia poszczególnych czynników poprzez porównanie ustalonych poziomów ryzyka z uznanymi kryteriami. Zgromadzone dane stanowią bazę do podejmowania decyzji odnośnie sposobu postępowania z ryzykiem.

Celem procesu zarządzania ryzykiem jest minimalizowanie wpływu zagrożeń oraz umożliwianie wykorzystywania szans dla przedsiębiorstwa. Ważną charakterystyką zapewniającą skuteczność procesu jest zachowanie ciągłości oraz skorelowanie niniejszego procesu z istniejącą w firmie kulturą organizacyjną w celu zapewnienia jego największej efektywności. Proces zarządzania ryzykiem powinien być również realizowany zgodnie z przyjętą metodologią i obowiązującymi regulacjami prawnymi, jak i zrozumiałą dla osób w niego zaangażowanych. Warto również wspomnieć o istotności skoncentrowania się również na zbudowaniu skutecznej komunikacji pomiędzy osobami zaangażowanymi w proces zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie. Kompleksowe podejście do komunikacji w trakcie działań z zarządzania ryzykiem umożliwia zrozumienie zależności przyczynowo - skutkowych i podejmowanie właściwych decyzji. Proces zarządzania ryzykiem ma na celu przede wszystkim osiągnięcie przez organizację akceptowalnego poziomu ryzyka i stworzenie optymalnych warunków do dalszego wzrostu podmiotu gospodarczego. [1] Podejście oparte na myśleniu o ryzyku w całym przekroju przedsiębiorstwa jest koncepcją mocno popularyzowaną po wprowadzeniu ostatniej nowelizacji standardu ISO 9001 oraz IATF 16949 dedykowanego do branży motoryzacyjnej. [3]

Głównym celem zastosowania procesu zarządzania ryzykiem w procesie produkcyjnym jest opracowanie efektywnych i skutecznych procedur postępowania, zabezpieczających ciągłość realizacji procesu oraz obniżających poziom ryzyka do poziomu akceptowalnego. Aby móc osiągnąć niniejszy cel konieczne jest pozyskanie wiedzy potrzebnej do trafnego prognozowania skutków potencjalnych zdarzeń w procesach technologicznych oraz określania prawdopodobieństwa ich wystąpienia w oparciu o metody oceny ryzyka.

Obecnie przedsiębiorstwa mają rozległą gamę metod wspomagających zastosowanie podejścia opartego na myśleniu o ryzyku, bazujących zarówno na statystyce, wiedzy

eksperckiej jak i doświadczeniu. Wiele z nich jest rekomendowanych w standardach międzynarodowych, przewodnikach i zaleceniach stowarzyszeń międzynarodowych czy też uregulowanych przepisami prawa. Jedną z metod służącą do prewencyjnego zarządzania jakością jest analiza FMEA, która jest niezastąpiona w kontekście spełnienia wymagań zawartych w normie ISO 9001:2015 oraz IATF 16949:2016, które narzucają wymóg prowadzenia analiz ryzyka w szczególności w procesach produkcyjnych. Analiza PFMEA ukazana w niniejszym artykule jest narzędziem wspomagającym organizację w procesie zarządzania ryzykiem. w artykule ukazano nowe podejście do prowadzenia analizy PFMEA ukazane w podręczniku FMEA w 2019 roku, które obecnie jest wdrażane w wielu przedsiębiorstwach produkcyjnych. [2]

2. Analiza PFMEA

Eliminowanie zagrożeń występujących w mprocesie umożliwia konsekwentne podwyższanie jakości wyrobów poprzez usuwanie przyczyn ich występowania. Jedną z metod służących do analizy ryzyka jest szeroko stosowana w branży motoryzacyjnej metoda PFMEA, która koncentruje się na zapobieganiu skutkom wad, które mogą wystąpić w fazie wytwarzania. Istotą PFMEA jest ustalenie związków przyczynowo-skutkowych powstania potencjalnych defektów w procesie przy uwzględnieniu czynników ryzyka. Analiza przyczyn i skutków awarii FMEA to metodologia analityczna stosowana w celu zapewnienia, że potencjalne wady zostaną rozważone i rozwiązane w całym procesie rozwoju produktu i procesu. Stosowanie metodologii FMEA umożliwia redukcję kosztów produkcyjnych. Wynika to z faktu, że koszty usuwania niezgodności wzrastają wykładniczo wraz z kolejnymi etapami cyklu życia produktu. Im później zostanie wykryta niezgodność, tym droższy będzie koszt jej usunięcia. [7] [9]

Do tej pory AIAG rozwijał swoje wymagania dla przemysłu motoryzacyjnego w przedsiębiorstwach współpracujących z gałęzią amerykańskiego przemysłu, a VDA wydawał standard, który przedstawiał analizę ryzyka z punktu widzenia niemieckiej branży motoryzacyjnej. Skutkowało to koniecznością prowadzenia analiz ryzyka według różnych podejść w zależności od oczekiwań klientów. Nowy standard oprócz wypracowania konsensusu pomiędzy stosowanymi różnymi podejściami w branży motoryzacyjnej ma na celu również rozwiązanie problemów, wpływających na wartość dodaną, z którymi do tej pory borykały się przedsiębiorstwa podczas prowadzenia analiz ryzyka. Jednym z zarzutów do ostatniej wersji metodologii FMEA był fakt, że niektóre zespoły odpowiedzialne za prowadzenia analizy nie brały pod uwagę wszystkich wad oraz wszystkich skutków podczas prowadzenia działań. Przyczyną problemu były między innymi celowe działania oraz brak wystarczającej wiedzy do identyfikacji złożoności analizowanych problemów. Nowy podręcznik wymaga szczegółowego rozpisania elementów składających się na analizowany proces zaczynając od produkowanego wyrobu, przez fazy procesu, na elementach procesu kończąc. Problemy można wyeliminować poprzez stosowanie narzędzia jakim jest drzewo wad, które mocno ogranicza ryzyko pominięcia wady w analizowanym obszarze. Kolejną zmianą mającą na celu poprawę kompletności prowadzonych analiz, jest wymóg zamieszczania informacji o oczekiwanych i wymaganych funkcjach.[4]

Kolejną istotną zmianą wprowadzoną w nowym wydaniu podręcznika FMEA jest zastąpienie współczynnika RPN, dotychczas stosowanego do ustalenia priorytetowych działań, przez matrycę AP. Zmiana wynika z podstawowej wady współczynnika RPN jaką było spłaszczanie obrazu ryzyka wynikającego z niezgodności. AP nie jest wartością obliczaną jak dotychczas RPN, który był iloczynem trzech wskaźników. Współczynnik ryzyka AP wyznacza się ze specjalnej tabeli. Nowy podręcznik systematyzuje sposób przeprowadzania FMEA poprzez wprowadzenie prostego standardu nazwanego 5T.

Dwa podstawowe rodzaje FMEA to FMEA projektu (DFMEA), które koncentruje się na analizie produktu oraz FMEA procesu (PFMEA). Podręcznik AIAG&VDA FMEA opisuje powyższe podejścia, z tą różnicą, że wprowadza zupełnie nowy obszar analizy ryzyka FMEA-MSR (FMEA for Monitoring and System Response), który jest związany z wymaganiami normy ISO 26262. Celem tej metodologii jest oszacowanie defektów występujących w systemach elektronicznych i elektrycznych oraz cech związanych z funkcją utrzymania bezpieczeństwa i zgodności z przepisami prawnymi. FMEA-MSR. Odpowiednie zastosowanie uzupełniającego FMEA-MSR ma zapewnić również zgodność z przepisami dotyczącymi również ochrony środowiska. Siedmiostopniowy proces FMEA-MSR jest bardzo podobny do DFMEA, za wyjątkiem metodologii etapu czwartego (Analiza awarii) i etapu piątego (Analiza ryzyka).

Tabela 1. Podejście 7 kroków FMEA

7 KROKÓW WG FMEA AIAG&VDA						
ANALIZA SYSTEMU			ANALIZA DEFECTÓW i OCENA RYZYKA			RAPORTOWANIE
KROK 1	KROK 2	KROK 3	KROK 4	KROK 5	KROK 6	KROK 7
Planowanie i definicja zakresu (5T)	Analiza struktury	Analiza funkcji	Analiza defektów	Analiza ryzyka	Optymalizacja (Redukowanie ryzyka)	Udokumentowanie wyników
Planowanie Określenie zakresu analizy.	Analiza struktury produktu/proces z zastosowaniem flow chartu.	Omówienie funkcjonalności produktu /procesu. Ustalenie wymagań.	Worzenie łańcucha defektów wraz z przyczynami	Przeprowadzenie oceny ryzyka w oparciu o współczynnik (S.O.D) oraz matrycę AP.	Wdrożenie działań korygujących i zapobiegawczych Ponowna ocena ryzyka.	Udokumentowanie wyników analizy. Zastosowanie lessons learned.

Nowe FMEA według AIAG&VDA zostało przekształcone w siedmiostopniowy proces. Większość etapów znana jest już ze starego podejścia do FMEA. Natomiast nowością jest definiowanie zakresu analizy FMEA w pierwszym kroku oraz udokumentowanie wyników poprzez zastosowanie lessons learned. w celu

udoskonalenia sporządzanej dokumentacji w siódmym kroku należy sporządzać raport, który powinien zawierać przede wszystkim podsumowanie ustaleń, przegląd analizy ryzyka i potwierdzenie, zamknięcia działań.

Wprowadzenie pierwszego kroku ma na celu z jednej strony zasadnicze określenia zakresu projektu, sprecyzowanie rodzaju zastosowanego FMEA oraz wyznaczenie granic czasowych analizy FMEA. Pierwszy krok również ułatwia określenie podstaw dla dalszych etapów procesu według 5T tj, Team (zespół FMEA), Timing (plan czasowy), inTent (cel FMEA), Tools (narzędzia) oraz Tasks (zadania).

W piątym kroku przeprowadza się ocenę ryzyka przypisując poszczególne wartości, zgodnie z wytycznymi w tabelach przedstawionych w najnowszych podręczniku FMEA, dla dotkliwości, prawdopodobieństwa wystąpienia wady oraz wykrywalności, a następnie definiuje poziom ryzyka zgodnie z matrycą AP.

Aktualne wydanie podręcznika FMEA wprowadza nowy wzór formularza, który charakteryzuje się mocno rozbudowaną ilością informacji koniecznych do udokumentowania (zmiana z kilkunastu do prawie trzydziestu kolumn). [8] [9]

Analiza FMEA powinna być przeprowadzona przez zespół interdyscyplinarny pod kierownictwem lidera. w skład zespołu należy wprowadzić osoby odpowiedzialne za realizację projektu, specjalistów w danym obszarze (jakość, produkcja, technologia, zaopatrzenie itp.). Efektywność analizy usprawnia również włączenie do prac zespołu przedstawicieli klienta i dostawców. Proces przeprowadzania analizy FMEA powinien zostać uruchomiony co najmniej jeżeli: nastąpiła zmiana w wyrobie, procesie produkcyjnym, przepływu materiału, metody montażu, proces nie posiada wymaganej zdolności, zastosowano nowe urządzenia, narzędzia i maszyny, przeniesiono produkcję do nowej lokalizacji, wystąpił wypadek w pracy, Klient zgłosił reklamację i w ramach okresowego przeglądu.

Ciągłe doskonalenie jest warunkiem koniecznym dla przedsiębiorstw, które chcą budować silną pozycję na rynku względem konkurencji. Stosowanie analizy FMEA jest spójne z ideologią ciągłego doskonalenia, ponieważ umożliwia konsekwentne oraz skuteczne eliminowanie wad występujących w procesie. PFMEA umożliwia priorytetyzację działań, co jest istotne biorąc pod uwagę ograniczone zasoby organizacji. Zważywszy na zmienność warunków otoczenia usprawnienia procesów i zapobieganie błędom powinno być procesem ciągłym nastawionym na osiągnięcia wysokiej skuteczności i efektywności. Podsumowując, poprzez zastosowanie instrumentów zarządzania jakością takie jak metodologia FMEA, można efektywnie wykrywać wady w procesie produkcyjnym, minimalizować koszty wytwarzania wyrobu oraz wprowadzać skuteczne działania korygujące, które pozwalają m.in. na zmniejszenie strat i kosztów bezpośrednich występujących w produkcji. [10]

3. Przykład analizy PFMEA procesu produkcyjnego

Wysoka konkurencja rynkowa oraz coraz wyższe wymagania klientów powodują, że odlewnie kładą duży nacisk na produkcję odlewów o wysokiej jakości, niezawodności oraz trwałości eksploatacyjnej. Aby sprostać niniejszym wymaganiom konieczne jest identyfikowanie potencjalnych wad w procesie za pomocą analiz ryzyka.

Metalpol jest producentem dostarczającym wyroby dla sektora kolejowego, motoryzacyjnego, maszynowego, górniczego, rolniczego, budownictwa i robót publicznych z żeliwa szarego EN-GJL-200, 250, 300 oraz z żeliwa sferoidalnego EN-GJS-400-15, 500-7, 600-3, 700-2. Zakład wytwarza również armaturę przemysłową. Odlewanie żeliwa w formach bentonitowych w przedsiębiorstwie opiera się na wprowadzaniu pod działaniem grawitacji ciekłego metalu do formy bentonitowej. Jest to najstarsza technologia odlewnicza. Do najistotniejszych rozważanych zagadnień w tej technologii należą m.in.: sposób formowania, podział rdzeni, analiza warunków krzepnięcia odlewów, przegląd sposobu ułożenia odlewu w formie obejmujący podział formy oraz analiza systemu zasilania, rozmieszczenie, wymiary elementów układu wlewowego oraz zasięg ich oddziaływania. [5]

Istnieje wysokie zróżnicowanie wad odlewniczych, które wynikają z samej technologii odlewania grawitacyjnego odlewów. Typowe wady odlewnicze występujące przy niniejszej technologii wynikają z występowania zjawiska skurczu odlewniczego. Oprócz wad skurczowych charakterystycznymi dla omawianej technologii wadami są wytrącenia niemetaliczne takie jak zażuzlenia, pęcherze i bąble gazowe oraz zapiaszczenia. w przypadku odlewów, gdzie wpływ na jakość wyrobu ma mnoga ilość czynników ściśle ze sobą powiązanych bardzo trudno jest ustalić przyczynę źródłową problemu. w celu efektywnego prowadzenia analizy PFMEA konieczne jest posiadanie znajomości podstawowych zagadnień związanych z prowadzeniem procesów odlewniczych przez interdyscyplinarny zespół. [6]

Główną przesłanką niniejszej pracy jest przedstawienie implementacji procesu zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie produkcyjnym poprzez zastosowanie przykładowej analizy ryzyka jaką jest PFMEA. w badaniach przeprowadzonych w rozdziale trzecim w celu zapobiegania wystąpienia potencjalnych niezgodności w procesie produkcyjnym firma Metalpol zastosowała metodologię PFMEA. Poniżej w tabeli nr 2 przedstawiono fragment PFMEA dla procesu odlewniczego realizowanego na pionowej linii formierskiej. Poniższa analiza została zrealizowana w oparciu o wytyczne i zasady ukazane w najnowszym podręczniku FMEA wydanym w 06.2019 roku. Analizę FMEA zrealizowano zgodnie z procesem 7 kroków zobrazowanym w tabeli nr 1. w niniejszej tabeli załączono działania korygujące i zapobiegawcze mające na celu zapewnienie oczekiwanego przebiegu procesu produkcyjnego poprzez eliminację potencjalnych zagrożeń.



Rysunek 1. Pionowa linia formierska

Tabela 2. Analiza PFMEA

Analiza struktury (krok 2)			Analiza funkcji (krok 3)			Analiza błędu (krok 4)		
1. Element procesu System, podsystem, komponent lub nazwa procesu	2. Faza procesu Numer stanowiska, nazwa elementu centralnego	3. Element roboczy procesu 4M	1. Funkcja elementu procesu Funkcja systemu, podsystemy, komponentu lub procesu	2. Funkcja kroku procesu i charakterystyka wyrobu (wartość liczbowa jest opcjonalna)	3. Funkcja elementu roboczego procesu i charakterystyka procesu	1. Skutek błędu (FE) dla następnego wyższego poziomu i/lub użytkownika końcowego	Ważność (S) FE	2. Rodzaj błędu (FM) wynikający z elementu centralnego
Produkcja rdzeni	Powlekanie rdzeni (Wanna zanurzenio wa)	Maszyna: Wanna zanurzeniowa Materiał: Pokrycie, Rdzeń Metoda: Metoda zanurzeniowa, Karta technologiczna, Etykieta identyfikacyjna Człowiek: Pracownik Rdzeniarni	Wytworzenie rdzeni koniecznych do odtworzenia wewnętrznych kształtów odlewów	Zabezpieczenie rdzeni, Uzyskanie niższej chropowatości powierzchni odlewów	Maszyna: Pokrycie rdzenia pokryciem Materiał: Odpowiednie zabezpieczenie rdzenia Metoda: Przedstawienie Pracownikowi wymagań jakościowych i sposobu realizacji, Identyfikacja materiałów Człowiek: Kontrola realizacji operacji	Powstanie wyrobu niezgodnego (wady powierzchniowe)	8	Zaciek na powierzchni powlekanego rdzenia

Tabela 2. Analiza PFMEA – c.d.

(krok 4)		Analiza ryzyka (krok 5)					Optymalizacja (krok 6)									
3. Przyczyna błędu (FC))																
Bieżące sterowanie - prewencja (PC) dla FC																
7		Występowalność (O) FC														
Kontrola wzrokowa operatora		Bieżące sterowanie - detekcja (DC) dla FC lub FM														
8		Detekcja m(D) FC/FM														
H		PFMEA AP														
-		tCharakterystyka specjalna														
-		Kody dla filtracji (opcjonalnie)														
Błędne składowanie świeżo pokrytego rdzenia							1. Stworzenie systemu sterowania rdzeniem w trakcie operacji powlekania oraz miejsca osuszania rdzeni powlekanych.									
							1. Wprowadzenie wzorca do weryfikacji powierzchni									
		Osoba odpowiedzialna					Kierownik Nowych Uruchomień									
		Planowa data zakończenia działania n					31.12.2021									
		Status					ZAMKNIĘTE									
		Podjęte działania ze wskazaniem dowodu					Zgodnie z planem									
		Data zakończenia					31.10.2021									
		Ważność (S) FE					8									
		Występowalność (O) FC					1									
		Wykrywalność (D) FC/FM)					8									
		PFMEA AP					L									

4. Podsumowanie

Wpływ na coraz większe znaczenie wdrożenia procesu zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie ma dynamika otoczenia, która ma diametralny wpływ na efektywność działania organizacji. Jak prognozuje większość ekspertów z dziedziny zarządzania jakością obecnie panujące trendy niepewności środowiska organizacji oraz dynamizm zmian zachodzących w otoczeniu tylko się pogłębią. Obecnie jest stosowanych wiele metod jakościowych i ilościowych służących do oceny ryzyka, jednakże większość z nich opiera się na tych samych etapach tj. ustaleniu kontekstu i identyfikacji czynników ryzyka, analizie oraz ewaluacji ryzyka. Współcześnie przedsiębiorstwa stoją przed koniecznością ciągłego doskonalenia istniejących procesów jak i poszukiwania nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych, tak aby sprostać wymaganiom mającym zastosowanie. [1]

Obecnie obowiązujące wydanie standardu ISO 9001 wskazuje przedsiębiorstwom istotę rozumienia kontekstu organizacji oraz realizacji strategii zarządzania zgodnie z podejściem opartym na myśleniu o ryzyku. Adaptacja koncepcji zarządzania ryzykiem w procesach, w szczególności produkcyjnych umożliwia odpowiedź na wymagania stron zainteresowanych oraz podejmowanie świadomych decyzji. Konieczne jest uświadomienie i akceptacja faktu, że ryzyko jest nieodłącznym ogniwem związanym z funkcjonowaniem na rynku. Zarządzanie nim powinno być podstawowym elementem wbudowanym w strategię zarządzania przedsiębiorstwem na każdym poziomie operacyjnym. Popularyzacja zagadnień z dziedziny zarządzania ryzykiem przyczyniła się do stworzenia wielu metod jakościowych i ilościowych wspomagających realizację procesu zarządzania ryzykiem. Jednym z narzędzi stosowanych do oceny ryzyka jest analiza PFMEA. [6]

W niniejszym artykule przedstawiono zastosowanie analizy PFMEA w praktyce produkcyjnej do wykrycia przyczyn wad i na tej podstawie wdrożono działania zapobiegawcze oraz korygujące w procesie produkcyjnym na linii formierskiej. Zagwarantowanie wysokiej jakości wyrobów jest jednym z głównych celów zakładów produkcyjnych. Warto wspomnieć, że im wcześniej wykryta zostanie niezgodność w procesie produkcyjnym tym wiąże się to z poniesieniem niższych kosztów złej jakości. Analiza PFMEA jest narzędziem, które umożliwia zapobieganie występowaniu wszelkich defektów w procesie oraz efektywne reagowanie w przypadku ich wystąpienia.

Podsumowując dzięki stosowaniu instrumentów zarządzania jakością, zgodnych z ideą ciągłego doskonalenia, do których należy m.in. analiza PFMEA, można minimalizować występowanie wad zarówno w procesie produkcyjnym jak i wyrobie poprzez identyfikację defektów. Analiza PFMEA jest skuteczną metodologią służącą do zidentyfikowania problematycznych obszarów i podjęcie działań, których celem jest minimalizacja bądź całkowita eliminacja przyczyn powstawania niezgodności w procesie. Warto zauważyć, że PFMEA umożliwia również priorytetyzację działań i ukierunkowuje przedsiębiorstwa w trakcie ustalania planu działań dzięki czemu zapewnia wymaganą jakość wyrobów odlewniczych w sposób efektywny. [7]

LITERATURA

1. WRÓBLEWSKI D. i in.,: Zarządzanie ryzykiem. Przegląd wybranych metodyk, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2015.
2. Serwis internetowy Akredytacja i ISO: <https://serwiszoz.pl/jakoscspanepid/jak-zarzadzac-ryzykiem-w-ujeciu-iso-90012015-2620.html> , 20.10.2022
3. Serwis internetowy Serwis ZOZ: <https://serwiszoz.pl/jakoscspanepid/jak-zarzadzac-ryzykiem-w-ujeciu-iso-90012015-2620.html> , 20.10.2022
4. Serwis internetowy Centrum FMEA: <https://fmea.com.pl/nowe-wymagania-aiag-i-vda-w-zakresie-fmea-definiowanie-wad-i-skutkow>, 21.10.2022
5. PERZYK M. i in.,: Odlewnictwo, WNT, Warszawa, 2012.
6. RĄCZKA M.: Wybrane aspekty sterowania jakością w odlewni pod kątem wymagań normy ISO 9000. Krzepnięcie Metali i Stopów, 32 (1997), 19-28.
7. BRZOZOWSKI L., DOWN M., YOUNIS H. i in.,: FMEA podręcznik 4 edycja, AIAG, Southfield, 2004.
8. Serwis internetowy Magazyn Jakości: https://inzynierjakosci.pl/wp-content/uploads/2019/06/magazyn_jakosc_11.pdf , 21.10.2022
9. Serwis internetowy Akademia Jakości: <https://akademijakosci.com/wp-content/uploads/2020/02/Nowe-FMEA-AIAGVDA-vs.-stare-FMEA.pdf>, 21.10.2022
10. HAMROL A., MANTURA W.,: Zarządzanie jakością – teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2011.