Aleksandra GREŃ[1], Paweł ZAZIĘBŁO[2]

Opiekun naukowy: Dariusz PLINTA[3]

ZASTOSOWANIE ANALIZY PFMEA W OCENIE RYZYKA W PROCESIE PRODUKCYJNYM

Streszczenie: W artykule przedstawiono przykład zarządzania jakością w odlewni żeliwa w oparciu o stosowanie narzędzi jakościowych w celu usprawnienia identyfikacji i eliminacji zarówno błędów w procesie jak i ich przyczyn powstawania. Analiza PFMEA jest efektywnym narzędziem służącym do identyfikacji problematycznych obszarów, co przyczynia się do zapewnienia wymaganej jakości wyrobów odlewniczych oraz doskonalenia procesu produkcyjnego.

Słowa kluczowe: jakość, analiza PFMEA, odlewnictwo, zarządzanie jakością

APPLICATION OF THE PFMEA ANALYSIS IN THE RISK ASSESSMENT IN THE PRODUCTION PROCESS

Summary: The article presents an example of quality management in a cast iron foundry based on the use of quality tools in order to improve the identification of not only foundry defects but also their causes. PFMEA analysis is an effective tool used to identify problematic areas, which contributes to guaranteeing the required quality of foundry products and improving the production process.

Keywords: quality, PFMEA analysis, foundry, quality management

1. Wprowadzenie

Funkcjonowanie przedsiębiorstw według standardów ISO serii 9001 obecnie stanowi regułę wpisaną w kulturę organizacyjną zdecydowanej większości podmiotów gospodarczych z sektora dużych i średnich przedsiębiorstw. Normy jakościowe ISO cieszą się ogromną popularnością i są najbardziej rozpowszechnionym na świecie podejściem w zarządzaniu organizacją. Jednym ze podstawowych efektów ich

[1] Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Zarządzanie Jakością, agren@ath.bielsko.pl
[2] Metalpol Węgierska Górka, specjalność: utrzymanie ruchu, p.zazieblo@metalpol.com
[3] prof. ATH dr hab. Inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki,

stosowania w perspektywie globalnej jest znamienna rola w upowszechnieniu koncepcji zarządzania jakością oraz przyczynienie się do standaryzacji języka biznesu na całym świecie. Standard ISO 9001:" Systemy zarządzania jakości-Wymagania" na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat był kilkakrotnie nowelizowany, tak by wyjść naprzeciw zmieniającym się uwarunkowaniom zewnętrznym i wewnętrznym oraz wymaganiom podmiotów funkcjonujących na rynku. Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna nadzoruje procesy doskonalenia norm z rodziny ISO 9000, aby wymagania oraz wytyczne w nich zawarte były dopasowane do zmieniających się oczekiwań rynku oraz trendów w zarządzaniu organizacją. [12]
Ostatnia aktualizacja normy ISO 9001 została w szczególności skoncentrowana na wdrożeniu przez organizację podejścia opartego na myśleniu o ryzyku w całym przekroju przedsiębiorstwa. Podejście oparte na myśleniu o ryzyku zakłada identyfikacje, ewaluacje oraz nadzorowanie ryzyka podczas zarówno projektowania jak i funkcjonowania systemu zarządzania, żeby minimalizować zagrożenia oraz wykorzystywać szanse dla organizacji. Norma ISO 9001:2015 ukierunkowuje organizację do wzmożonej aktywności w procesie analizowania kontekstu organizacji, w którym operuje dany podmiot gospodarczy. [9] [6]
Domyślnie proces zarządzania ryzykiem ma wspomóc organizację w podejmowaniu świadomych decyzji oraz realizowaniu dalekosiężnej strategii biznesowej. Wedle normy PN ISO 31000 zarządzanie ryzykiem jest procesem, w którym systematycznie stosuję 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. Proces zarządzania ryzykiem powinien być nie tylko skorelowany z istniejącą kulturą organizacyjną jednostki, ale również prowadzony zgodnie z przyjętą metodologią i obowiązującymi regulacjami prawnymi, jak i zrozumiały dla osób w niego zaangażowanych. Istotną cechą skutecznego procesu jest ciągłość i uporządkowanie następujących po sobie zdarzeń, decyzji oraz działań. Proces zarządzania ryzykiem ma na celu również osiągniecie przez organizacje akceptowalnego poziomu ryzyka i tworzenie optymalnych warunków do dalszego wzrostu. [7]
Istotny, z punktu widzenia wdrożenia podejścia opartego na myśleniu o ryzyku, jest również fakt, że niniejsze wydanie zapewnia większą kompatybilność poszczególnych elementów zintegrowanych systemów zarządzania. [12]
Współcześnie ryzyko jest nieodłącznym elementem związanym z zarządzaniem organizacją niezależnie od jej wielkości oraz profilu działalności. Żeby zapewnić stabilny rozwój przedsiębiorstwa, zarządzanie ryzykiem powinno być naturalną aktywnością firm na każdym poziomie operacyjnym. Norma 9001 ukierunkowuje organizacje w stosowaniu multidyscyplinarnego podejścia do zarządzania ryzykiem, w celu zwiększenia zdolności adaptacyjnych podmiotów w odniesieniu do zmian zachodzących w jego otoczeniu zewnętrznym i wewnętrznym.[11]
Stosowanie strategii efektywnego zarządzania przedsiębiorstwem powinno opierać się m.in. na kompleksowym podejściu opartym na myśleniu o ryzyku skoncentrowanym na realizowanych procesach produkcyjnych. Rolą procesu zarządzania ryzykiem, zdefiniowanego powyżej, w kontekście procesu produkcyjnego jest opracowanie skutecznych i efektywnych procedur postępowania, zabezpieczających ciągłość realizacji procesu. Warunkiem koniecznym osiągnięcia powyższych celów jest wyspecjalizowanie się w trafnym prognozowaniu skutków potencjalnych zdarzeń w procesach technologicznych oraz prawdopodobieństwa ich

wystąpienia w oparciu o efektywne metody oceny ryzyka. Popularność tematyki zarządzania ryzykiem sprawia, że metody i narzędzia mające zastosowanie w niniejszym procesie nieustannie są doskonalone. Organizację mają do wyboru szeroki zakres różnych metodologii, wspomagających stosowanie podejścia opartego na myśleniu o ryzyku, bazujących na statystyce, doświadczeniach oraz wiedzy eksperckiej. Wiele z nich jest uwzględnionych w standardach międzynarodowych, przewodnikach i zaleceniach stowarzyszeń międzynarodowych czy też uregulowanych przepisami prawa. [9] [10]

2. Analiza PFMEA

Analiza PFMEA procesu jest jedną z metod służących do zarządzania ryzykiem w procesie produkcyjnym szeroko stosowaną w branży motoryzacyjnej. Niniejsza analiza kładzie nacisk na zapobieganie skutkom wad, które mogą wystąpić w fazie wytwarzania. PFMEA jest jednym z dwóch elementarnych rodzajów FMEA (DFMEA oraz PFMEA). Stworzenie FMEA było naturalną konsekwencją wynikającą z rozwoju nauk o zarządzaniu. Metoda ta została opracowania w latach 60 XX wieku w odpowiedzi na potrzeby przemysłu kosmicznego (projekt APOLLO). Niebywały sukces tej metody w astronautyce przyczynił się do popularyzacji jej w przemyśle lotniczym i jądrowym. Natomiast podczas kongresu SAE w roku 1977 zaprezentowano wersje FMEA dedykowaną do potrzeb branży motoryzacyjnej. Przez kilkadziesiąt lat metoda FMEA jako jeden z podstawowych elementów zaawansowanego planowania jakości wyrobów APQP, była kojarzona z branżą motoryzacyjną. Obecnie ze względu na swój wszechstronny charakter jest rozpowszechniona w większości gałęzi przemysłu. [3]
Metoda PFMEA procesu zapewnia identyfikowanie błędów, które potencjalnie mogą wystąpić w fazie wytwarzania, dzięki czemu usprawnia eliminacje problemów jakościowych. Możliwości PFMEA opierają się na ustalaniu związków przyczynowo skutkowych powstania potencjalnych defektów w procesie przy uwzględnieniu czynników ryzyka. Dzięki uniwersalnemu charakterowi jest skuteczna zarówno przy analizie prostych, jak i złożonych procesów i produktów, w produkcji jednostkowej jak i masowej. Realizowanie analiz PFMEA jest spójne z ideologią ciągłego doskonalenia, ponieważ umożliwia konsekwentne oraz trwałe eliminowanie wad występujących w procesie. PFMEA umożliwia uporządkowanie działań, ze względu na wyznaczone priorytety, co jest istotne biorąc pod uwagę ograniczone zasoby organizacji. [8]
Analiza PFMEA jest przeprowadzana w trzech zasadniczych etapach. Rolą pierwszego etapu jest stworzenie interdyscyplinarnego zespołu oraz zdefiniowanie zakresu problematycznego analizy. w drugim etapie tj. fazie właściwej, rolą zespołu jest przedstawienie potencjalnych wad w procesie, ich przyczyn oraz skutków, które mogą wywołać. w ramach tego etapu należy również opisać obecnie stosowane środki detekcyjne mające, nie tylko chronić przedsiębiorstwo przed powstaniem czynnika ryzyka (środki zaradcze) w procesie, ale również usprawniać mechanizm wykrywania potencjalnego problemu, jeżeli już wystąpi (środki kontrolne). Efektem końcowym tej fazy jest stworzenie listy potencjalnych wad w procesie wraz z ich hierarchizacją na podstawie wyliczonego wskaźnika ryzyka RPN. Zespół przeprowadza ocenę określając liczbę priorytetu RPN, na podstawie poszczególnych wartości

następujących składowych: dotkliwość, prawdopodobieństwo wystąpienia wady oraz wykrywalność, wyznaczając danym wadom punktację od 1 do 10 zgodnie z poniższymi tabelami. [3]

Tabela 1. Sugerowane kryteria oceny dotkliwości PFMEA

Skutek	**Kryteria: Waga wpływu (Klient)** Ranking ten ma znaczenie, kiedy potencjalna usterka powoduje uszkodzenie dla klienta końcowego i/lub zakładu produkcyjnego/ montażowego. Jako pierwsze zawsze, należy brać pod uwagę klienta końcowego. Jeżeli wystąpią oba typy uszkodzeń, należy zastosować wyższą z obu wag.	**Kryteria: Waga wpływu (Produkcja/montaż)** Ranking ten ma znaczenie, kiedy potencjalna usterka powoduje uszkodzenia dla klienta końcowego i/lub zakładu produkcyjnego/ montażowego. Jako pierwsze zawsze, należy brać pod uwagę klienta końcowego. Jeżeli wystąpią oba typy uszkodzeń, należy zastosować wyższą z obu wag.	**Pkt.**
Niebezpieczny bez ostrzeżenia	Bardzo wysoka waga, gdy potencjalny typ usterki wpływa na bezpieczeństwo użytkownika pojazdu i/lub narusza przepisy rządowe. Usterka pojawia się bez ostrzeżenia.	Lub może nieść zagrożenie dla operatora (maszyny lub zespołu) bez ostrzeżenia.	10
Niebezpieczny z ostrzeżeniem	Bardzo wysoka waga, gdy potencjalny typ usterki wpływa na bezpieczeństwo użytkownika pojazdu i/lub narusza przepisy rządowe. Usterka pojawia się z ostrzeżeniem.	Lub może nieść zagrożenie dla operatora (maszyny lub zespołu) z ostrzeżeniem.	9
Bardzo wysoki	Pojazd/ zespół niesprawny (utrata zdolności do wykonywania podstawowej funkcji.	Lub możliwa konieczność odrzucenia (złomowania) 100% produktów bądź naprawy pojazdu/przedmiotu na wydziale napraw (czas naprawy >1 godz.).	8
Wysoki	Pojazd/zespół z obniżonym stopniem sprawności. Klient bardzo niezadowolony.	Lub możliwa konieczność dokonania posortowania produktów i ich część (mniejsza niż 100%) zostanie odrzucona (złomowana) bądź też pojazd/zespół będzie musiał zostać naprawiony na wydziale napraw (czas naprawy między 0,5 a 1 godz.).	7
Średni	Pojazd/przedmiot sprawny, ale elementy odpowiedzialne za komfort/wygodę są niesprawne. Klient niezadowolony.	Lub możliwa konieczność odrzucenia (złomowania) części produktów (mniej niż 100%) bez sortowania bądź naprawy pojazdu/przedmiotu na wydziale napraw (czas naprawy < 0,5 godz.).	6
Niski	Pojazd/pozycja działa, ale elementy odpowiedzialne za komfort/wygodę działają z obniżonym stopniem sprawności.	Lub 100% produktów będzie musiało zostać oddanych do ponownego przerobu bądź też zajdzie konieczność naprawy pojazdu/przedmiotu poza linią, lecz nie na wydziale napraw.	5

Bardzo niski	Elementy wykończeniowe i dodatki nie są zgodne. Wada zauważalna przez większość klientów (powyżej 75%).	Lub produkty będą musiały zostać posortowane bez konieczności odrzutu (złomowania), a ich część (mniejsza niż 100%) oddana do ponownego przerobu).	4
Nieznaczny	Elementy wykończeniowe i dodatki nie są zgodne. Wada zauważalna przez większość klientów (powyżej 50%).	Lub część produktów (mniejsza niż 100%), będzie musiała zostać przerobiona, bez odrzutów, w linii, lecz na innym stanowisku.	3
Bardzo nieznaczny	Elementy wykończeniowe i dodatki nie są zgodne. Wada zauważalna przez większość klientów (mniej niż 25%).	Lub część produktów (mniejsza niż 100%) będzie musiała zostać przerobiona na linii, na tym samym stanowisku.	2
Brak	Brak zauważalnego wpływu.	Lub drobna niedogodność dla operacji lub operatora, bądź też brak wpływu.	1

Tabela 2: Sugerowane kryteria oceny prawdopodobieństwa PFMEA

Prawdopodobieństwo usterki	**Możliwe stopy usterek**	**Cpk**	**Pkt.**
Bardzo wysokie: usterka jest prawie nieunikniona.	≥ 100 na tysiąc sztuk	< 0,55	10
	50 na tysiąc sztuk	≥ 0,55	9
Wysokie: powtarzające się usterki (defekty).	20 na tysiąc sztuk	≥ 0,78	8
	10 na tysiąc sztuk	≥ 0,86	7
Średnie: okazjonalne usterki (defekty).	5 na tysiąc sztuk	≥ 0,94	6
	2 na tysiąc sztuk	≥ 1,0	5
	1 na tysiąc sztuk	≥ 1,10	4
Niskie: stosunkowo rzadkie usterki (defekty).	0,5 na tysiąc sztuk	≥ 1,20	3
	0,1 na tysiąc sztuk	≥ 1,30	2
Odległe: usterka mało prawdopodobna (defekt).	≤0,01 na tysiąc sztuk	≥ 1,67	1

Tabela 3: Sugerowane kryteria oceny wykrywania PFMEA

Skuteczność wykrywania	**Kryterium**	**Sugerowany zakres metod wykrywania**	**Pkt.**
Zupełny brak pewności	Całkowita pewność niemożności wykrycia.	Nie można wykryć lub wada nie została sprawdzona.	10
Bardzo nikła	Kontrole prawdopodobnie nie wykryją wad.	Kontrola jest dokonywana jedynie za pomocą sprawdzeń pośrednich lub losowych.	9
Nikła	Kontrole dają niewielką szansę wykrycia wad.	Kontrola jest dokonywana tylko metodą wzrokową.	8

Bardzo mała	Kontrole dają niewielkie szanse wykrycia wad.	Kontrola jest dokonywana tylko za pomocą podwójnego sprawdzenia wzrokowego.	7
Mała	Kontrole mogą spowodować wykrycie wad.	Kontrola jest przeprowadzana z wykorzystaniem metod wykresowych (np. SPC, Statistical Process Control).	6
Średnia	Kontrole mogą spowodować wykrycie wad.	Kontrola jest oparta na różnorodnych pomiarach, gdy części opuszczą stanowisko lub gdy wykonano pomiar typu Go/No Go na 100% części, które opuściły stanowisko.	5
Umiarkowanie wysoka	Istnieje duża szansa wykrycia w wyniku kontroli wad.	Wykrywanie wad w dalszych operacjach lub mierzenie przeprowadzane na konfiguracji wraz ze sprawdzaniem pierwszej sztuki (dotyczy tylko przyczyn konfiguracyjnych).	4
Wysoka	Istniej duża szansa wykrycia w wyniku kontroli wad.	Wykrywanie wad na stanowisku lub wykrywanie błędów w dalszych operacjach poprzez zastosowanie wielopoziomowych akceptacji: dostawa, selekcja, instalacja, weryfikacja. Części niezgodne są nieakceptowane.	3
Bardzo wysoka	Kontrole dają prawie całkowitą pewność wykrycia wad.	Wykrywanie wad na stanowisku (pomiary automatyczne wraz z automatycznym mechanizmem zatrzymywania). Części niezgodne nie mogą przejść tej kontroli.	2
Prawie pewność	Kontrole dają pewność wykrycia wad.	Części niezgodne nie mogą zostać wytworzone, ponieważ element ten został zabezpieczony przed wadami, zapewnia projekt procesu/produktu.	1

Po wyliczeniu wartości dla poszczególnych czynników dla każdego potencjalnego błędu, zespół przeprowadza piorytetowanie poszczególnych działań na podstawie liczby RPN według poniższego wzoru:

$$RPN = S \cdot O \cdot D \tag{1}$$

gdzie: S – dotkliwość; O – prawdopodobieństwo wystąpienia; D – wykrywalność

Priorytet danego problemu wzrasta wraz z wartością wskaźnika RPN. Podczas wyliczeń wskaźnika zespół powinien położyć nacisk na wartość czynnika dotkliwości, ponieważ kiedy jego ocena punktowa wynosi 9 lub 10, należy obligatoryjnie podjąć działania niezależnie od wartości liczby priorytetu RPN. w przykładowej analizie zaprezentowanej w artykule wyznaczono działania dla błędów w procesie, dla których wartość dotkliwości wynosi 9 lub 10 oraz gdy wskaźnik RPN wynosił 150. Wyznaczenie granicznej liczby ryzyka nie jest rekomendowane przez twórców podręcznika FMEA, ale pomocne w skupieniu się w pierwszej kolejności na najważniejszych problemach. [2]

3. Przykład zastosowania analizy PFMEA

W poniższym przykładzie analiza PFMEA jest stosowana do konsekwentnego podwyższania jakości wyrobów odlewniczych poprzez usuwanie przyczyn występowania błędów, które potencjalnie mogą wystąpić w procesie produkcyjnym. w artykule ukazano fragment całościowej analizy dotyczący etapu obróbki mechanicznej odlewów realizowanej na maszynach sterowanych numerycznie.

Przedsiębiorstwo Metalpol dostarcza odlewy 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 przedsiębiorstwie opiera się na wprowadzaniu pod działaniem grawitacji ciekłego metalu do formy bentonitowej na automatycznej linii formierskiej.

Tabela 4: Przykład analizy PFMEA procesu obróbki mechanicznej odlewów

Proces/ Funkcja	**Potencjalne błędy**	**Potencjalne skutki**	**Dotkliwość**	**Charakterystyka**	**Potencjalne przyczyny błędów**	**Występowalność**	**Obecne środki zaradcze**
Obróbka mechaniczna CNC	Odkształcenia i przemieszczenia mocowania detalu pod wpływem obciążeń.	Wyrób niezgodny- błąd kształtu bądź wymiaru.	8	-	Niestabilność wymiarowa i kształtowa odlewu.	3	SPC procesu formowania, Konserwacja zapobiegawcza oprzyrządowana odlewniczego.
Obróbka mechaniczna CNC	Odkształcenia i przemieszczenia mocowania detalu pod wpływem obciążeń.	Zatrzymanie maszyny spowodowane przeciążeniem obrabiarki.	5	-	Zużycie mocowania.	1	Konserwacja zapobiegawcza maszyny zgodnie z Z3/01/00/00.
Obróbka mechaniczna CNC	Zatrzymanie maszyny spowodowane przeciążeniem obrabiarki.	Powstanie wyrobu niezgodnego/ Konieczność powtórzenia cyklu obróbki.	8	-	Nieautoryzowana próba otwarcia celi.	1	System lockout (Instrukcja obsługi obrabiarki).
Obróbka mechaniczna CNC	Brak pracowników z kompetencjami do obsługi maszyny.	Niezrealizowanie planu produkcyjnego/ powstanie wyrobu niezgodnego/konieczna naprawa.	8	-	Brak zastępstw kadrowych.	5	Szkolenia pracowników.
Obróbka mechaniczna CNC	Zbyt wysoka twardość materiału.	Zatrzymanie maszyny spowodowane przeciążeniem obrabiarki.	5	-	Dostarczenie niezgodnego detalu wejściowego.	3	Kontrola jakościowa o charakterze wyrywkowym (badania wytrzymałościowe, struktura metalograficzna) Częstotliwość: 1/10.

Obróbka mechaniczna CNC	Niewłaściwa jakość materiału wyjściowego (niespełnienie wymagań wymiarowych).	Zatrzymanie maszyny spowodowane przeciążeniem obrabiarki.	5	-	Naddatek materiału powyżej górnej tolerancji.	2	Szkolenia pracowników, Karty Technologiczne.
Obróbka mechaniczna CNC	Niezgodność wymiarowa detalu po obróbce.	Powstanie wyrobu niezgodnego (brak lub naprawa).	8	-	Dobór niewłaściwego narzędzia.	1	Szkolenia pracowników, Karty Technologiczne.
Obróbka mechaniczna CNC	Zużycie się tarcz oraz frezy.	Konieczność wymiany narzędzia/ korekta programu/ przestój maszyny/ryzyko naprawy wyrobu.	3	-	Zbyt wysoka twardość materiału.	4	Kontrola jakościowa o charakterze wyrywkowym (parametry wytrzymałościowe, struktura metalograficzna), Częstotliwość: 1/10. Kontrola stanu narzędzi.
Obróbka mechaniczna CNC	Awaria maszyny.	Niezrealizowanie planu produkcyjnego/ powstanie wyrobu niezgodnego/ konieczna naprawa.	8	-	Woda w układzie pneumatycznym.	3	Odwadniacz na stanowisku pracy, Konserwacja zapobiegawcza maszyny, Instrukcje obsługi maszyny.
Obróbka mechaniczna CNC	Brak przeprowadzenia lub błędnie przeprowadzona kalibracja po przestoju maszyny.	Awaria maszyny/ powstanie wyrobu niezgodnego/ konieczna naprawa/ uszkodzenie oprzyrządowania/ brak zrealizowania planu.	8	-	Błąd pracownika.	1	Szkolenia pracowników, Instrukcja obsługi maszyny, Dedykowane sprawdziany do kalibracji.

Tabela 5: Przykład analizy PFMEA procesu obróbki mechanicznej odlewów-c.d.

Obecne środki kontrolne	**Detekcja**	**RPN**	**Zalecane działania**	**Odpowiedzialny i data ukończenia**	**Dotkliwość**	**Występowalność**	**Detekcja**	**RPN**
Kontrola wzrokowa, Dedykowane sprawdzany.	5	120	Projektowanie mocowań, kompensujących potencjalne odchylenia odlewów.	Szef Służb Technicznych/ 04.05.2019r.	7	2	4	56
Kontrola wzrokowa.	5	25	-	-	-	-	-	-
-	2	16	-	-	-	-	-	-

Okresowa ocena pracownicza	6	240	Stworzenie macierzy kompetencji/Szkolenia/ wyznaczenie załogi zastępczej.	Kierownik Oczyszczalni/ 04.05.2019r.	7	2	6	84
Kontrola wzrokowa.	5	75	-	-	-	-	-	-
Kontrola wzrokowa.	5	50	-	-	-	-	-	-
Kontrola wzrokowa, Dedykowane sprawdzany.	4	32	Zapewnienie identyfikacji poprzez trwałe oznakowanie narzędzi oraz ich lokalizacji (miejsc składowania).	Kierownik Oczyszczalni/ 28.02.2019r.	7	1	2	14
Kontrola wzrokowa.	5	60	-	-	-	-	-	-
Kontrola wzrokowa w trakcie przygotowania maszyny do pracy.	4	96	-	-	-	-	-	-
Kontrola wzrokowa.	3	24	-	-	-	-	-	-

Powyżej w tabeli nr 4 przedstawiono fragment PFMEA obejmujący potencjalne wady związane z etapem obróbki odlewów. W niniejszej tabeli załączono działania korygujące i zapobiegawcze mające na celu zapewnienie prawidłowego przebiegu procesu produkcyjnego. Następnie ponownie przeliczono wskaźnik RPN. Jak widać powyżej, analiza PMEA umożliwia minimalizowanie ryzyka zaistnienia potencjalnych wad w procesie, co przyczynia się do zagwarantowania wymaganej jakości odlewów.

4. Podsumowanie

Jak prognozuje większość ekspertów z dziedziny zarządzania jakością obecnie panujące trendy niepewności środowiska organizacji oraz dynamika zmian zachodzących w otoczeniu tylko się pogłębią. Nowelizacja ISO 9001 wyznacza kierunki działania organizacjom w zakresie rozumienia kontekstu organizacji oraz realizacji strategii zarządzania zgodnie z podejściem opartym ma myśleniu o ryzyku. Adaptacja koncepcji zarządzania ryzykiem w procesach, w szczególności produkcyjnych umożliwia odpowiedź na potrzeby i oczekiwania stron zainteresowanych oraz podejmowanie świadomych decyzji. Należy akceptować ryzyko jako integralny czynnik związany z funkcjonowaniem na rynku. Zarządzanie nim powinno być podstawowym elementem wbudowanym w strategię zarzadzania przedsiębiorstwem na każdym poziomie operacyjnym. Popularyzacja zagadnień z dziedziny zarządzania ryzykiem spowodowała powstanie wielu metod jakościowych i ilościowych wspomagających realizacje procesu zarządzania ryzykiem. Jednym z narzędzi stosowanym do oceny ryzyka jest analiza PFMEA. [5]

W artykule przedstawiono zastosowanie analizy PFMEA w praktyce produkcyjnej do wykrycia przyczyn wad i na jej podstawie wprowadzono działania zapobiegawcze oraz korygujące na etapie obróbki mechanicznej.
W dzisiejszym czasach, aby móc budować silną pozycję na rynku konieczne jest współdziałanie w ramach koncepcji ciągłego doskonalenia. Podsumowując dzięki zastosowaniu instrumentów zarządzania jakości, zgodnych z ideą ciągłego doskonalenia, do których należy m.in. analiza PFMEA, można minimalizować występowanie wad zarówno w wyrobie jak i procesie produkcyjnym poprzez identyfikację problematycznych obszarów. na podstawie niniejszej analizy organizację doskonalą proces produkcyjny, zapewniając wymaganą jakość wyrobów oraz minimalizują straty i koszty bezpośrednie powstające w fazie produkcji. [4] [1]

LITERATURA

1. BRZOZOWSKI L., DOWN M., YOUNIS H. i.in.: FMEA podręcznik 4 edycja, AIAG, Southfield, 2004.
2. BYLINKO L. i in.: Zarządzanie XXI wieku, Zarządzanie logistyką i jakością, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno- Humanistycznej, Bielsko-Biała,2014.
3. HAMROL A., MANTURA W.: Zarządzanie jakością – teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. 2011.
4. JAMRÓZ A., KOSTRZEWA N.: Optymalizacja procesu produkcyjnego poprzez wdrożenie systemu SMED w przedsiębiorstwie poligraficznym, W: Metodyczno-instrumentalne aspekty inżynierii produkcji, pod redakcją naukową Dudek M. i in., Wydawnictwo AGH, Kraków, 2014.
5. KOBYLIŃSKA U.: Ewolucja czy rewolucja? Zmiany w standardzie ISO 9001:2015. Economics and Management". 1 (2014), 2005-2019.
6. PN-ISO 9001:2015 „Systemy zarządzania jakością – Wymagania”
7. PN-ISO 31000:2018 „Zarządzanie ryzykiem- zasady i wytyczne “
8. WOLNIAK R., SKOTNICKA B.: Metody i narzędzia zarządzania jakością, Teoria i praktyka, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2011.
9. Serwis internetowy Repozytorium Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego:https://repozytorium.uph.edu.pl/bitstream/handle/11331/822 / Wroblewski_Zarzadzanie_ryzykiem_w_przedsiebiorstwie.pdf?sequence=, 25.10.2020
10. Serwis internetowy Serwis ZOZ: https://serwiszoz.pl/jakoscsanepid/jak-zarzadzac-ryzykiem-w-ujeciu-iso-90012015-2620.html, 25.10.2020
11. Serwis internetowy Quality Austria: http://www.qualityaustria.com.pl/baza-wiedzy/art/rewizja-iso-9001-wyjasniona-w-prosty-sposob-kontekst-organizacji, 25.10.2020
12. Serwis internetowy PKN: *https://wiedza.pkn.pl/web/wiedza-normalizacyjna/ najważniejsze -zmiany-wprowadzone-w-iso-9001-2015,*25.10.2020