

ANALIZA WADLIWOŚCI PRODUKTU Z WYKORZYSTANIEM METOD I NARZĘDZI INŻYNIERII JAKOŚCI

BIAŁY Witold

Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze, Polska
E-mail: wbialy@polsl.pl

MARUSZEWSKA Ewa W.

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Finansów i Ubezpieczeń
Katedra Informatyki i Rachunkowości Międzynarodowej
ul. Bogucicka 3, 40-287 Katowice, Polska
E-mail: ewa.maruszewska@ue.katowice.pl

KOŁODZIEJ Sabina

Akademia Leona Koźmińskiego
ul. Jagiellońska 57/59,
03-301 Warszawa, Polska
E-mail: sabina.kolodziej@op.pl

Streszczenie: We wszystkich przedsiębiorstwa produkcyjnych niezależnie od branży, występuje problemem wyrobów wadliwych. Usunięcie przyczyn powodujących wadliwość produktu końcowego, wiąże się z poniesieniem dodatkowych kosztów, co obniża efektywność procesów produkcyjnych. Dlatego też, przedsiębiorstwa podejmują działania aby rozpoznać przyczyny, które mają najistotniejsze znaczenie dla zapewnienia wymaganej jakości. Celem artykułu jest wskazanie możliwych do wykorzystania narzędzi inżynierii jakości dla określenia wad produktu i ich wpływu na jakość produktu gotowego. Artykuł opiera się na analizie case study w oparciu o przykład producenta wełny mineralnej skalnej.

Słowa kluczowe: wada, produkcja, proces produkcyjny, FMEA, diagram Ishikawy, diagram Pareto, koszty jakości.

1 Wprowadzenie

Każde przedsiębiorstwo, prowadząc działalność produkcyjną spotyka się z problemem wyrobów wadliwych. Niestety, nawet poprawnie określone wymagania, sprawny system produkcyjny, zachowanie procedur, nie gwarantuje wytworzenia wyrobu zgodnego z wcześniej określonymi wymaganiami [1].

Podczas procesu produkcyjnego dąży się do spełnienia wszystkich niezbędnych wymagań, w tym wymagań jakościowych, przy zachowaniu obostrzeń m.in. w zakresie kosztów produkcji. Praktyka pokazuje, że spełnienie wszystkich wymagań nie jest możliwe, gdyż żaden proces nie przebiega w warunkach idealnych. Wiąże się to między innymi z tym, że w trakcie procesu następuje zużycie maszyn (elementów), występują nieplanowane przerwy w pracy spowodowane awariami, zużywają się przyrządy pomiarowe, spotykamy się z różnymi właściwościami materiałów użytych do produkcji itp. To wszystko wpływa na zakłócenie rytmu pracy, nierównomierność procesu produkcyjnego, a na to wszystko nakładają się błędy ludzkie. Stąd w każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym występuje problem wyrobów wadliwych, który powoduje konsekwencje w postaci podwyższonych kosztów produkcji. Aby uniknąć tego problemu i spełniać w największym stopniu oczekiwania klientów, należy podejmować takie działania, które pozwolą na identyfikację miejsc powstawania wad, a także na określenie przyczyn ich powstawania.

2 Pojęcie wady

Pojęcie wady jest różnie definiowane. Wada jest często utożsamiana z niewłaściwym przeprowadzeniem procesu technologicznego, co powoduje, iż staje się on bezużyteczny dla finalnego odbiorcy. Może ona przyjmować kilka postaci, lecz najpowszechniejszą jest postać wyrażająca się błędami lub niską jakością. Wada jest niezgodnością z pewnymi przyjętymi wymogami wartości parametrów określających dany produkt. Jest ona także definiowana, jako odstępstwo o przyjętych wymagań.

Z wadą związane jest pojęcie wadliwości, określające wady techniczne albo konstrukcyjne danego wyrobu, jak i również pozostałe aspekty związane z obowiązkiem dokonania zmian w wyrobie. Wadliwość może zatem doprowadzić do niezadowolenia klienta i skutkować koniecznością poniesienia dodatkowych kosztów przez producenta. Wśród wad można wyróżnić:

- wadę istotną, czyli taką, która nie pozwala na wykorzystanie produktu lub też utrudnia jego wykorzystanie,
- wadę mało istotną, która posiada względnie niewielki wpływ na to jak będzie funkcjonował dany produkt i nie zmniejsza znacząco możliwości użytkowania wyrobu,
- wadę krytyczną, która może doprowadzić do pojawienia się warunków, w których użytkowanie było by niebezpieczne, albo zmniejszyć możliwości konkretnych funkcji wyrobu.

W konsekwencji pojawienia się w/w wad otrzymuje się wyrób niezgodny. Przez niezgodność rozumie się stan cechy niespełniający określonych wymagań, natomiast jednostką niezgodną definiuje się wyrób posiadający liczbę niezgodności przekraczającą dopuszczalny poziom lub wadą powodującą pełną nieużyteczność wyrobu [2]. Wg. normy ISO 9000:2005, niezgodność (3.6.2) – niespełnienie wymagania (3.1.2) [3]. Wystąpienie niezgodności nie sprzyja jakości, może być związane z niespełnieniem określonych wymagań związanych z normami, dokumentacją jakości, przepisów prawnych, wymagań stron kontraktu wymagań klienta, czy innych zainteresowanych stron. Jako niezgodność można potraktować tylko to, co zostało faktycznie stwierdzone, czyli poparte dowodem. Rozróżnia się następujące kategorie niezgodności:

- systematyczne – wady wykryte w systemie zarządzania jakością,
- przypadkowe – zostaje niespełnione wymaganie, ale bez większych konsekwencji.

Niezgodności dzieli się również na:

- niezgodność małą – odosobniony, udowodniony przypadek niespełnienia wymagania,
- niezgodność dużą (krytyczną) – wada całego systemu, niezgodność systematyczna ewentualnie znacząca liczba niezgodności z wymaganiami systemu zarządzania jakością.

Ponadto, udokumentowanie niezgodności wymaga:

- wskazania wymagania, które nie zostało spełnione,
- określenia na czym polega niezgodność,
- wskazania dowodu.

Odwołanie się do wymagania powinno być precyzyjne. Sformułowanie niezgodności powinno być oczywiste, niedwuznaczne, zwięzłe, natomiast dowód udokumentowany i dostatecznie uszczegółowiony. W przypadku stwierdzenia niezgodności podejmuje się działania korekcyjne (np. usunięcie niezgodności) oraz korygujące (likwidacja przyczyny niezgodności).

3 Wykrywanie wad

Na dzień dzisiejszy wszelkie wady produkcyjne są wykrywane poza linią produkcyjną na ostatnim etapie produkcji, co wiąże się z ogromnymi stratami czasu i dodatkowymi nakładami finansowymi, a także generuje niepożądane odpady.

Każdy producent dąży do zapewnienia bezusterkowej produkcji oraz do osiągnięcia minimalnego poziomu strat na liniach produkcyjnych co przekłada się na zapewnienie ekonomiczności działań produkcyjnych. W wyniku bezusterkowej produkcji przy minimalnej ilości odpadów, otrzymuje się efekt bardziej zrównoważonego i konkurencyjnego przemysłu wytwórczego, co staje się standardem współczesnej produkcji. Nadrzędnym celem każdego przedsiębiorstwa jest niezawodna i ekologiczna produkcja bez żadnych wad i odpadów. Dlatego opracowuje się nowe rozwiązania sprzętowe i programowe, które wprowadzają innowacje w zakresie technologii, modelowania i metodologii do zintegrowanych systemów kontroli jakości produkcji. Równocześnie przedsiębiorcy wprowadzają controlling kosztów jakości dla planowania i kontrolowania kosztów działań zorientowanych na zapewnienie odpowiedniej jakości. Działania te mają na celu zmniejszenie kosztów produkcji, skrócenie czasu przestojów oraz zminimalizowanie strat, a jednocześnie umożliwienie wytwarzania bezpieczniejszych produktów o pożądanej jakości.

Niezależnie od miejsca wykrycia wady (na wejściu do procesu, w trakcie procesu produkcyjnego, na końcu procesu) należy przeanalizować proces, aby podjąć takie działania, które zminimalizują możliwość powtórzenia się problemu. Wczesne wykrycie wady prowadzi do usprawnienia procesu produkcyjnego, wyższej jakości, trwałości wyrobu oraz ma wpływ na koszty produkcji i koszty jakości.

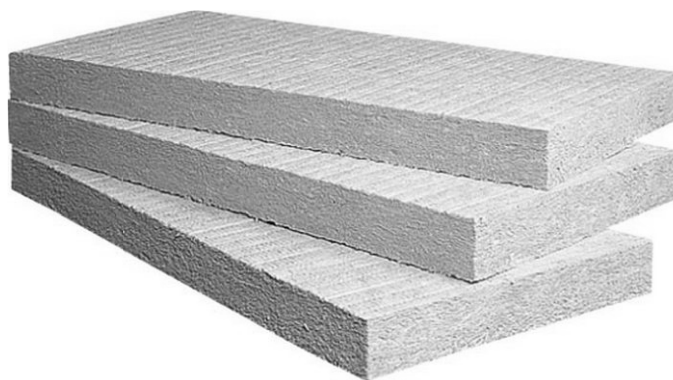
Wykrywanie wad możliwe jest tylko poprzez kontrole jakości, których zadaniem jest odbiór jakościowy wyrobu w trakcie produkcji, po zakończeniu procesu produkcyjnego, a także w obrocie towarowym [4].

Zidentyfikowany wyrób wadliwy (niezgodny), powinien zostać oznaczony w taki sposób, aby uniemożliwić jego przypadkowe wykorzystanie (zastosowanie). Postępowanie z takim wyrobem polega na [5]:

- podjęciu takich działań, które mają na celu usunięcie niezgodności (korekta, działania korygujące),
- zezwolenie do użytkowania, lub przeznaczenie wyrobu do innych celów (przekwalifikowanie wyrobu),
- działanie, którego celem jest niedopuszczenie wyrobu do pierwotnego wykorzystania,
- w przypadku poprawy, wyrób wadliwy musi zostać poddany powtórnej weryfikacji.

4 Proces produkcyjny wełny mineralnej skalnej

Wełna mineralna to powszechnie stosowany materiał izolacyjny (rys. 1). Produkcja wełny mineralnej to skomplikowany proces, którego przebieg zależy od rodzaju wytwarzanego wyrobu. Technologia produkcji wełny mineralnej skalnej wykorzystuje bazalt, gabbro, dolomit, wapień, a także żużel oraz koks (obniża temp. topnienia). Proces wytwarzania skalnej wełny rozpoczyna się od odmierzenia właściwych proporcji surowców i umieszczenia ich w specjalnym żeliwnym piecu, w którym koks (stosowany jako paliwo), podczas spalania wytwarza wysoką temperaturę, wynoszącą ok. 1400-1500°C. Powstała w wyniku stopnienia płynna masa skalna wypływa z pieca, grawitacyjnie opada na dyski które kręcą się z prędkością kilku tysięcy obrotów na minutę. Dyski te rozbijają surowkę, przekształcając ją we włókna, które następnie schładzane są powietrzem i zbierane w komorze osadczą w postaci kobierca wełny. Podczas tworzenia się włókien dodawane jest lepiszcze i środki hydrofobowe. Z komory osadczą kobierzec wełny kierowany jest na linię technologiczną, gdzie jest formowany przez ściskanie oraz zaburzanie włókien w wielu kierunkach.



Rys. 1. Wełna mineralna skalna

Kolejnym krokiem jest komora polimeryzacyjna, w której wełna jest podgrzewana do temperatury wynoszącej około 200°C aby nastąpiła pełna polimeryzacja dodanych żywic i stabilizacja materiału przed jego końcową obróbką. Po schłodzeniu kobierca na końcu linii następuje cięcie skalnej wełny do określonych wymiarów, a następnie pakowanie w folię.

Wełna mineralna charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- termiczną izolacyjnością (niski współczynnik przewodzenia ciepła),
- niepalnością i ognioodpornością,
- zdolnością pochłaniania dźwięków,
- stabilnością wymiaru i kształtu,
- wytrzymałością mechaniczną, sprężystością,
- odpornością biologiczną i chemiczną,
- wodoodpornością i paroprzepuszczalnością.

5 Analiza powstawania wad wyrobu [6]

Zaprezentowany przypadek dotyczy przedsiębiorstwa, w którym przeprowadzono badania mające na celu zidentyfikowanie wad powstających w wyrobie, ustalenie przyczyn oraz wdrożenie działań zapobiegawczych, powodujących zmniejszenia liczby wadliwych wyrobów. Dla osiągnięcia celu posłużono się narzędziami inżynierii jakości w postaci diagramu Pareto, diagramu Ishikawy oraz metody FMEA.

W pierwszym etapie przeanalizowano najczęstsze wady, jakie powstają w procesie produkcyjnym wełny mineralnej skalnej. Wyróżniono cztery główne grupy wad, w ramach których wyszczególniono osiem przyczyn, a mianowicie:

- niewłaściwy kolor wełny,
- brak deklarowanych właściwości wyrobu (tj. wartości naprężenia ściskającego oraz wytrzymałości na rozciąganie),
- niezgodność wymiarów płyty,
- niewłaściwa miękkość płyty (miejscowo).

W tabeli 1, przedstawiono przyczyny, ich częstość wystąpienia w skali roku oraz ich udział procentowy.

Tabela 1. Wykaz przyczyn powstania wad i ich liczba w skali roku

Nr przyczyny	Rodzaj wady	Przyczyna wystąpienia wady	Liczba wad	Udział %
1	Niewłaściwy kolor wełny	Zbyt wysoka temperatura w piecu szybowym	30	9,7
2		Zatkana rozwłóknarka	60	19,4
3	Brak deklarowanych właściwości wyrobu	Zbyt wysoka temperatura żywicy	15	4,8
4		Nierównomierny natrysk na włókno	80	25,9
5		Złe ustawienie parametrów pracy maszyny do zaburzania ułożenia włókien	28	9,1
6	Niezgoda wymiarów	Złe ustawienie wymiarów piły tnącej	50	16,2
7		Tępy nóż piły tnącej	14	4,5
8	Miejscowo miękka płyta	Nieprawidłowa praca maszyny do zaburzania ułożenia włókien	32	10,4

W następnej kolejności przyczyny przedstawione w tabeli 1, uporządkowano w porządku malejącym oraz obliczono wartość skumulowaną (tabela 2).

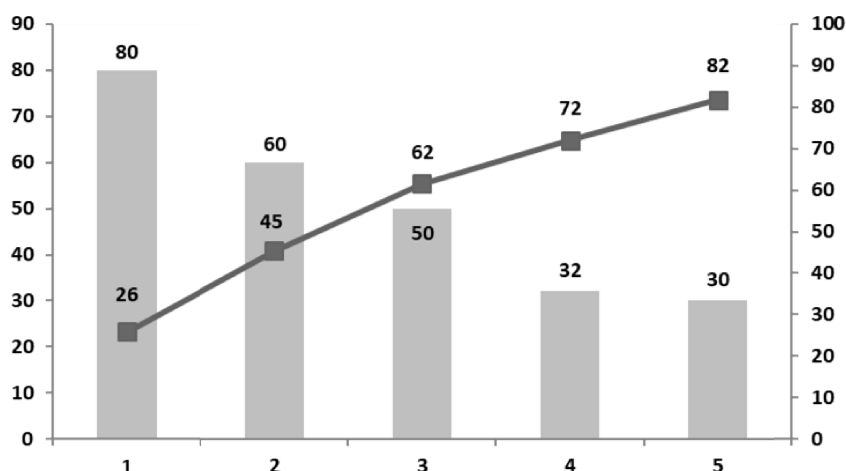
Tabela 2. Przyczyny wad wełny mineralnej

Nr przyczyny	Przyczyna wystąpienia wady	Liczba wad	Udział %	Wartość skumulowana %
4	Nierównomierny natrysk na włókno	80	26	26
2	Zatkana rozwłóknarka	60	19	45
6	Złe ustawienie wymiarów piły tnącej	50	17	62
8	Nieprawidłowa praca maszyny do zaburzania ułożenia włókien	32	10	72
1	Zbyt wysoka temperatura w piecu szybowym	30	10	82
5	Złe ustawienie parametrów pracy maszyny do zaburzania ułożenia włókien	28	9	91
3	Zbyt wysoka temperatura żywicy	15	5	96
7	Tępy nóż piły tnącej	14	4	100

Z powyższego zastawienia wynika, że głównymi przyczynami, które generują ponad 80% wszystkich wad, są:

- nierównomierny natrysk na włókno,
- zatkana rozwłóknarka,
- złe ustawienie wymiarów piły tnącej,
- nieprawidłowa praca maszyny do zaburzania ułożenia włókien,
- zbyt wysoka temperatura w piecu szybowym.

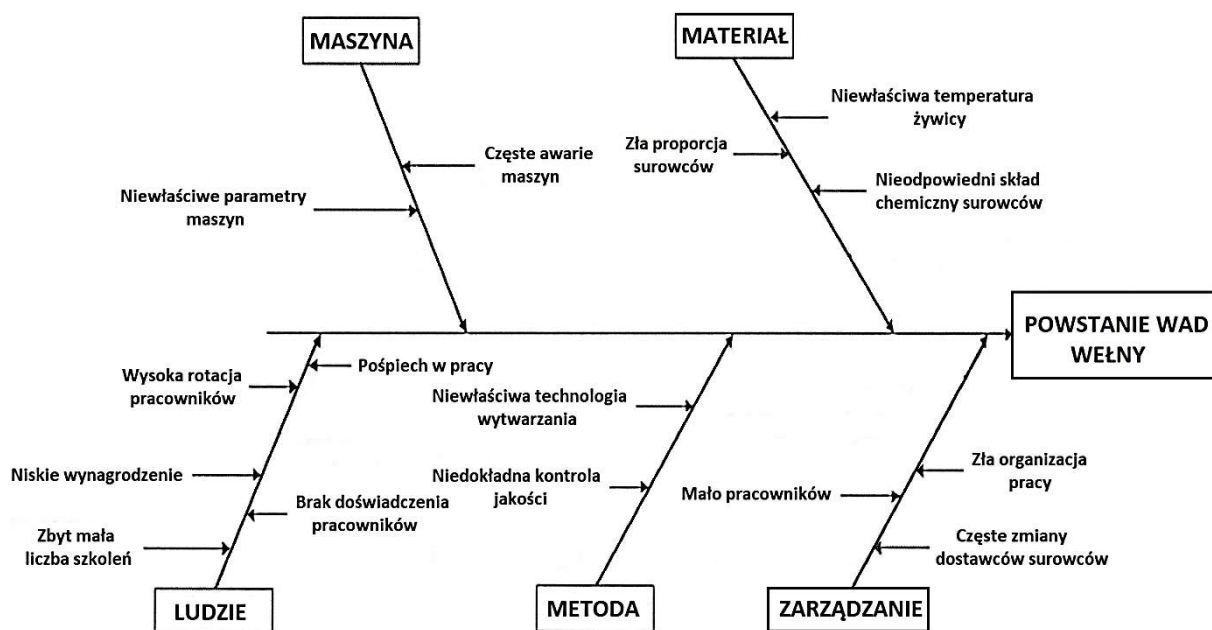
Zastosowanie diagramu Pareto-Lorenza (rys. 2) zawężono dla pięciu głównych przyczyn, które stanowią ponad 80% wszystkich wad (zgodnie z zasadą ABC).



Rys. 2. Diagram Pareto-Lorenza przyczyn wad wełny mineralnej skalnej

Wykorzystanie analizy Pareto pozwala na rozpatrzenie przyczyn powstawania czterech głównych wad w procesie produkcyjnym wełny mineralnej skalnej. Natomiast za pomocą diagramu Ishikawy (rys. 3), można przedstawić przyczyny jakie mogą wpływać na wystąpienie potencjalnych wad produkowanego wyrobu w następujących obszarach:

- maszyna,
- materiał,
- ludzie,
- metoda,
- zarządzanie.



Rys. 3. Diagram Ishikawy przyczyn powstania wad wełny mineralnej skalnej

W opisywanym przypadku diagram Ishikawy pozwolił na czytelne uszeregowanie przyczyn powstawania wad wełny mineralnej. Analizując diagram można zauważyć, że na powstawanie wad w procesie produkcyjnym wełny mineralnej skalnej, w głównej mierze składają się czynniki ludzkie takie jak:

Tabela 3. Analiza przyczyn i skutków wad wełny mineralnej skalnej

Nr wady	Potencjalna wada	Potencjalne skutki wady	Potencjalne przyuczyny wady	Działania zapobiegawcze	Wyniki działania								
					Zn	Cz	Wy	WPR	Działania na rzecz poprawy	Zn	Cz	Wy	WPR
1	Niewłaściwy kolor wbelny	Raklamacja klientowska	Zbyt wysoka temp. w piecu	Staly monitoring pieca do wytopienia lawy	8	3	1	24	Automatyczna kontrola temp. pieca	8	2	1	16
				Czestsze czyszczenie maszyny	8	5	1	40	Sprawdzanie stanu maszyn przy rozpozniem nowej partii	8	2	1	16
2	Brak odpowiednich wiadomosci wytyczn. wbelny	- Raklamacja klientowska - Brak nadzwienia stabilnych wymiarow i kosztow w trakcie eksploatacji	Zbyt wysoka temp. zywicy	Dokladniejsza kontrola dostawcy surowca	9	2	1	18	Analiza surowca do przedluzaj	9	1	1	9
				Kontrola instalacji technologicznej	9	4	2	72	Zwiekszenie ilosci kontroli jakosci	9	2	1	18
3	Niezgodnosci wymiarow i kosztow	- Przeprowadzenie poprawek - Niezadowolenie odbiorcow - Powolne wytworzenie produktu - Wzrost kosztow produkcji	Nieprawidlowo ustawione parametry pracy do zaburzenia ubienienia wtkien	Poprawne ustawienie pracy maszyny	9	5	1	45	Zwiekszenie kontroli parametrow pracy maszyn	9	3	1	27
				Skorygowanie ustawien ply	5	7	2	70	Zakup dokladajacych urzadzen pomiarowych	5	3	1	15
4	Miejscowe naplata plyta	- Nieprawidlowa praca maszyn do zaburzenia ukladania wtkien - Produkcja nowego wyrobu - Wzrost kosztow - Opoznienia w dostawie wyrokw	Wady narzadz macych	Wymiana nozy macych	5	4	2	40	Czestsza konserwacja narzadzi macych	5	3	2	30
				- Dokladniejsza instrukcje - Przeszkolenie pracownikow	9	4	6	216	Stworzenie bardziej intuicyjnego programu, szkolenie pracownikow w tym zakresie	9	3	6	162
5	Uszkodzenia palety zlozonej	- Zwiakszenie liczby odpadow - Wydłużony czas realizacji zamówienia - Dodatkowe koszty	Niewlasciwy transport palet, zaburzenie zaburzenia magazynowania	Dokladniejsze zapakowanie produktow, odpowiednie magazynowanie, ostrozniejzy zaburzenie	9	4	2	72	Kontrola zabezpieczenia produktow i nadoz hali magazynowej	9	2	2	36
6	Brak odpornosci na wilgoc	- Zwiakszona wilgotnosc dodawanych wymagan - Niezabezpieczenie - Produkt nie moze byc dostarczony	Nieodpowiednie proporcje dodawanych lepiszczy i sredkow	Procesu dostawienia lepiszczy i sredkow	10	2	6	120	Zwiekszenie kontroli dodawanych skladnikow i probek	10	1	6	60

Dalsza analiza diagramu pozwala na sformułowanie wniosków dotyczących pożądanych działań doskonalących. Przedsiębiorstwo powinno zwrócić większą uwagę na:

- bardziej szczegółową i prowadzoną na wcześniejszych etapach kontrolę jakości,
- motywację pracowników poprzez ukierunkowanie ich działań na zapewnienie jakości,
- podnoszenie kwalifikacji pracowników produkcyjnych,
- zwiększenie ilości pracowników produkcyjnych z jednoczesnym zmniejszeniem rotacji,

Powyższe wyliczenie wskazuje wyraźnie na istotną rolę zasobów ludzkich w procesie produkcyjnym. Powodzenie procesu produkcyjnego objawiające się mniejszą ilością wadliwych produktów w dużej mierze zależy od wykwalifikowanych i doświadczonych pracowników, co może przekładać się na sferę finansową zarządzania procesem produkcyjnym [7].

Dla pogłębionej analizy przyczynowo-skutkowej występujących wad zastosowano kolejne narzędzie inżynierii jakości: analiza FMEA (ang. Failure Mode and Effects Analysis), tj. analiza rodzajów i skutków możliwych błędów [8, 9]. Analiza FMEA dla wystąpienia wad w procesie produkcyjnym wełny mineralnej skalnej została przedstawiona w tabeli 3.

Wykorzystanie analizy FMEA umożliwia zapobieganie skutkom wad, które mogą wystąpić w fazie projektowania oraz w fazie wytwarzania oraz wskazuje na potencjalne wady które mogą wystąpić i spowodować produkcję wadliwego produktu. W opisanym przypadku oceny dokonano w skali dziesięciopunktowej i uwzględniono trzy kryteria:

1. ryzyko wystąpienia wady – Z_n ,
2. możliwość wykrycia przyczyny wady – C_z ,
3. znaczenie wady dla użytkownika – W_y .

Dla tych trzech kryteriów wyliczono liczbę WPR, która wskazuje jaka wada może wystąpić najwcześniej i na którą należy zwrócić największą uwagę.

$$WPR = Z_n \cdot C_z \cdot W_y$$

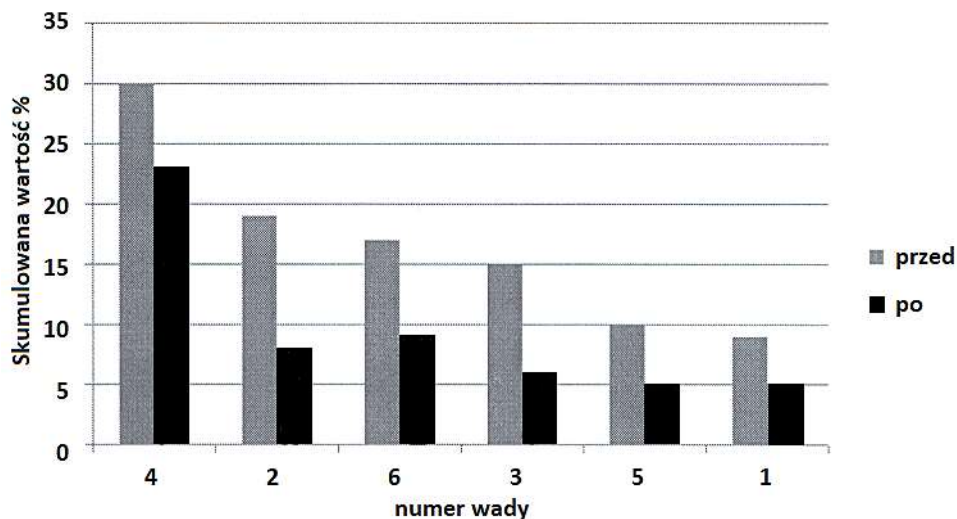
W tabeli 3 zestawiono wartości WPR uzyskane przed i po przeprowadzonej analizie FMEA. Działania korygujące które zostały wprowadzone spowodowały redukcję liczby WPR o połowę i więcej, w każdym rodzaju występujących wad.

W tabeli 4, przedstawiono wyniki efektów jakie przyniosły działania korygujące. Dane zawarte w tabeli 4, przedstawiono graficznie na rysunku 4.

Tabela 4. Wartości WPR przed i po analizie FMEA

Nr wady	Suma WPR		Wartość w %	
	przed	po	przed	po
1	64	32	9	5
2	135	54	19	8
3	110	45	15	6
4	216	162	30	23
5	72	36	10	5
6	120	60	17	9

Wady uporządkowane zostały w kolejności malejącej, uzyskując czytelny obraz ważności występujących wad. Tym samym wskazano na zalecaną kolejność usuwania wad w procesie produkcyjnym.



Rys. 4. Uporządkowany diagram wad „przed” i „po” analizie FMEA

Wnioski

Proces produkcyjny wełny mineralnej skalnej jest procesem wieloetapowym i na wyrób gotowy ma wpływ wiele czynników począwszy od czynnika ludzkiego, surowców, poprzez proces technologiczny aż po magazynowanie. W niniejszym artykule zarekomendowano sposób postępowania w analizie procesu produkcyjnego ukierunkowanej na wykrycie wad i wskazanie obszarów działań korygujących. W tym celu zaproponowano następujące narzędzia inżynierii jakości: diagram Pareto-Lorenza, diagram Ishikawy oraz metodę FMEA. Pogłębiona analiza z wykorzystaniem wymienionych narzędzi zidentyfikowała najczęściej występujące wady, które skutkują niespełnieniem określonych wymagań jakościowych, a tym samym oczekiwań klientów. Wybrane narzędzia umożliwiły ponadto wskazanie przyczyn występujących wad oraz ich skutki dla jakości produktu gotowego.

Wady wykryte po zakończeniu procesu produkcyjnego rzadko można skorygować, co przekłada się na podniesienie kosztocłonności procesu produkcyjnego i obniżenie efektywności ekonomicznej prowadzonej działalności. Z tego powodu ważną jest decyzja o poniesieniu nakładów finansowych na działania eliminujące wykryte nieprawidłowości celem zmniejszenia wadliwości i tym samym utrzymaniu pożądanego poziomu kosztów wytworzenia produktów. Zaproponowane narzędzia inżynierii jakości mogą zostać rozbudowane o controlling kosztów jakości, co pozwoliłoby na szersze rozpatrywanie zagadnień wadliwości produktów i poprawy procesów produkcyjnych. Zdaniem autorów, wskazane metody stwarzają możliwości wykorzystania ich również w obszarze analiz ukierunkowanych nie tylko na techniczne, ale i na ekonomiczne skutki wadliwości produktów.

Literatura

- [1] D. Lock, *Podręcznik zarządzania jakością*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- [2] Z. Zymonik, A. Hamrol, P. Grudowski, *Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013.
- [3] ISO 9001 Auditing Practices Group Wytyczne dotyczące przeglądu i zamknięcia niezgodności, ISO&IAF, 2005

- [4] T. Karpiński, *Inżynieria produkcji*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004.
- [5] R. Kolman, *Różne odmiany jakości i ich praktyczne wykorzystanie*, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2013.
- [6] A. Ceglarek, Analiza wadliwości produktu w wybranym przedsiębiorstwie w branży budowlanej, Projekt inżynierski. Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Zabrze 2017.
- [7] M. Strojek-Filus, Vairants of determining the manufacturing cot of a product in a production unit in the light of balance sheet law, *Management Systems in Production Engineering*, 1(13), 2014.
- [8] M. Urbaniak, Zarządzanie jakością, Wydawnictwo Difin, Warszawa 2004, s. 391. ISBN 83-7251-469-0.
- [9] H. Gołaś, A. Mazur, *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.

PRODUCT DEFECTIVENESS ANALYSIS USING METHODS AND TOOLS OF QUALITY ENGINEERING

Abstract: All production companies, regardless of the industry, face the problem of defective products. Removing the causes of the final product's defectiveness is connected with incurring additional costs, which reduces the efficiency of the production processes. That is why companies take measures to identify those causes which bear the most significance to ensuring the required product quality. The present article aims to indicate the tools of quality engineering that can be used to determine product defects and their impact on the quality of the final product. The article is based on a case study analysis of the example rock wool manufacturing company.

Keywords: defect, production, production process, FMEA, Ishikawa diagram, Pareto chart, quality costs.