

ANALIZA WADLIWOŚCI WYROBU Z WYKORZYSTANIEM NARZĘDZI ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ

Michał ZASADZIEN

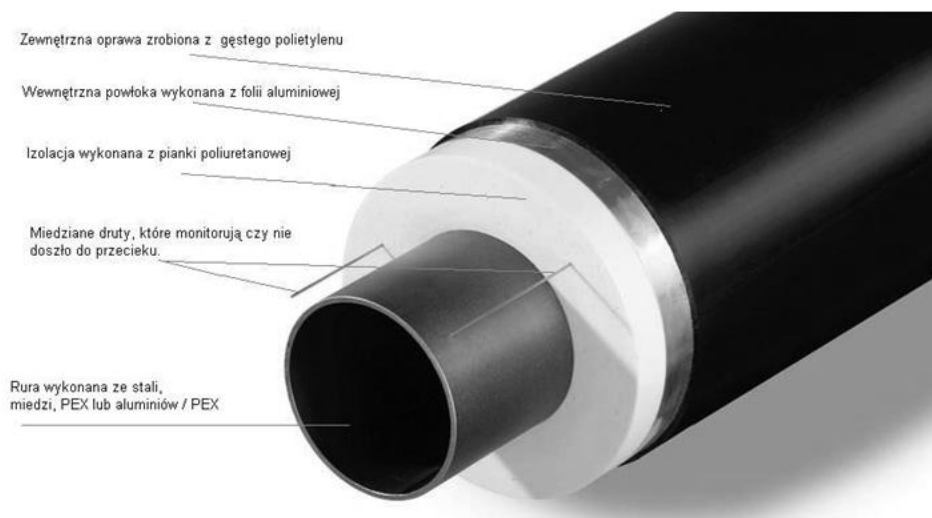
Streszczenie: W opracowaniu przedstawiono analizę wadliwości wyrobu jakim jest rura preizolowana. W tym celu wykorzystano narzędzia zarządzania jakością: diagram Pareto-Lorenza, metodę Ishikawy oraz analizę przyczyn i skutków wad – FMEA. W wyniku badań zidentyfikowano kluczowe dla wyrobu wady, miejsca ich powstawania, skutki jakie niosą one dla produktu oraz prześledzono przyczyny ich powstawania wraz ze sposobami ich eliminacji.

Słowa kluczowe: FMEA, analiza Pareto-Lorenza, wykres Ishikawy, wadliwość, jakość wyrobu.

1. Wprowadzenie

W przedsiębiorstwach produkcyjnych spotykamy się z wieloma rodzajami występujących wad wyrobów. Aby można było je zlikwidować lub podjąć działania zapobiegawcze należy zidentyfikować miejsce ich powstawania oraz przyczyny powodujące wystąpienie konkretnego problemu. Jednakże w praktyce okazuje się, że nie wystarczy tylko i wyłącznie znaleźć przyczyny. Jeżeli nie będą one w odpowiedni sposób uporządkowane, bardzo trudno wyodrębnić te o największym znaczeniu, i ustalić związki między nimi. W niniejszym opracowaniu przeprowadzono kompleksową analizę wadliwości wyrobu jakim jest rura preizolowana, wykorzystując w tym celu trzy narzędzia zarządzania jakością: Diagram Pareto-Lorenza, diagram przyczynowo-skutkowy oraz analizę rodzajów błędów oraz ich skutków.

Proces wytwarzania rur preizolowanych jest bardzo skomplikowany i przez to utrzymanie wysokiej jakości produktu jest bardzo trudne. W celu zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości należy stosować metody i narzędzia zarówno by zapobiec powstawaniu błędów, ale również by szybko i sprawnie rozwiązywać pojawiające się problemy. Rury preizolowane są wykorzystywane w wielu rodzajach przemysłu, np. w: ciepłowniczym, chemicznym, okrętowym, papierniczym, a także w chłodnictwie i górnictwie, do przesyłu gazów i cieczy. Podstawą systemu rury jest rura właściwa w osłonie z bezfreonowej sztywnej pianki poliuretanowej. Dzięki uzyskaniu wyjątkowo drobnoziarnistej struktury komórkowej pianka zapewnia dobrą izolację termiczną, zapewniając minimalizację strat ciepła przy zachowaniu doskonałych właściwości wytrzymałościowych. Budowę wraz z najważniejszymi elementami składowymi typowej rury preizolowanej prezentuje rysunek 1 [1].



Rys. 1. Budowa rury preizolowanej
 Źródło: opracowanie na podstawie materiałów badanego przedsiębiorstwa

Rura preizolowana jest głównym wyrobem badanego przedsiębiorstwa, w trakcie produkcji tego wyrobu występują liczne niezgodności. W celu eliminacji wad powstałych w badanym wyrobie zastosowano metodę FMEA, za pomocą której można nie tylko trwale i konsekwentnie eliminować wady, ale także zmniejszyć niebezpieczeństwo powstania niezgodności oraz rozpoznać rzeczywiste przyczyny powstania niezgodności i stosować odpowiednie środki zaradcze.

2. Analiza wad wyrobu

W celu przeprowadzenia analizy wadliwości rury preizolowanej, dokonano podziału tego wyrobu na elementy składowe, a następnie tym elementom przypisano charakterystyczne, najczęściej występujące wady.

Pierwszy element to płaszcz rury – w tym elemencie ujawniły się następujące wady:

- uszkodzenia powierzchni (zarysowania, obicia),
- pęknięcia rury osłonowej,
- przekroczenia tolerancji średnic i grubości ścianek.

Drugim elementem jest izolacja - tutaj zauważono następujące wady:

- zbyt mała ilość pianki w rurze,
- zbyt mała gęstość pianki w rurze,
- zbyt duża ilość pianki w rurze,
- zmiana wyglądu lub twardości pianki.

Trzeci element stanowi elektroniczny system alarmowy wykryto w nim następujące wady:

- zwarcie między przewodami,
- zwarcie między przewodem a rurą stalową.

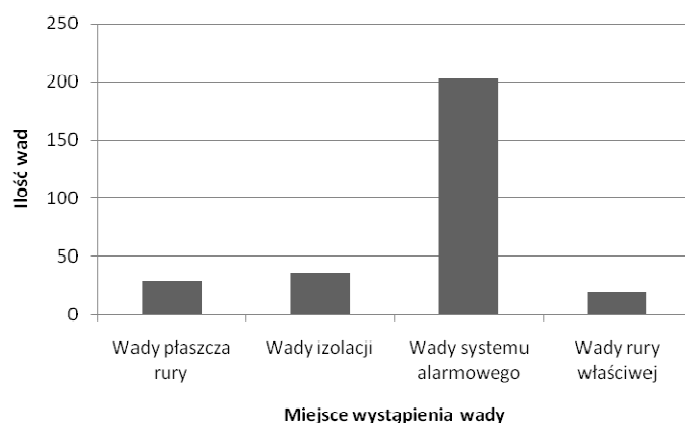
Czwarty element to rura właściwa - tutaj wykryto następujące wady:

- odchylenie od współosiowości,

- problemy spowodowane złym zamknięciem.

2.1. Rodzaje i ilość wad rur preizolowanych

Ogólnie wady, ze względu na miejsce występowania można podzielić na: wady płaszczu rury, wady izolacji, wady systemu alarmowego oraz wady rury właściwej. Ilość tych wad w skali roku prezentuje rysunek 2.



Rys. 2. Ilość wad rury preizolowanej w zależności od miejsca wystąpienia

Na rysunku 2 wyraźnie widać, że wady systemu alarmowego stanowią zdecydowaną większość i wynoszą 203 wadliwe sztuki. Wady izolacji – 35 wadliwych sztuk i rury właściwej – 30 sztuk plasują się na podobnym poziomie. Najmniej awaryjny okazał się płaszcz rury preizolowanej – 18 wadliwych sztuk w skali roku. Ilość wadliwych sztuk na tle rocznej produkcji i przewidywanych ilości wad prezentuje tabela 1.

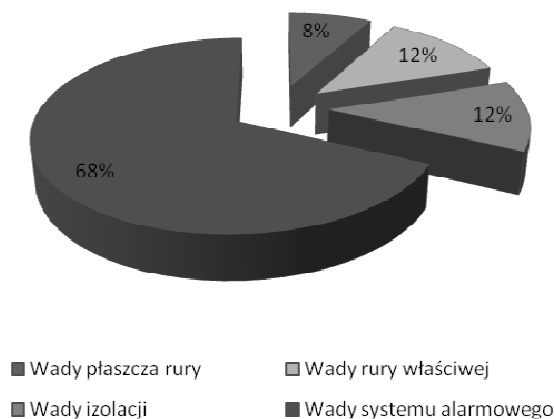
Tab. 1. Planowana wielkość niezgodności w skali roku

Wielkość produkcji	Ilość wyrobów wadliwych	Planowana ilość wad	Uzyskana ilość wad
szt.	szt.	%	%
63046	276	0,25%	0,44%

Jak widać z powyższej tabeli planowano osiągnąć awaryjność produktu na poziomie 0,25% całej produkcji. cel ten nie został osiągnięty ze względu na zbyt dużą ilość występujących wad wynoszącą 0,44%. Stało się to bezpośrednim powodem przeprowadzenia analizy FMEA w zakładzie produkcyjnym badanego przedsiębiorstwa.

2.2. Koszty wad poszczególnych elementów rury preizolowanej

Wady wyrobu, to realne koszty jakie musi ponieść dane przedsiębiorstwo w celu jej usunięcia. Na rysunku 3 zaprezentowano udział procentowy kosztów zidentyfikowanych wad.



Rys. 3. Analiza wad występujących w rurach preizolowanych za pomocą diagramu

Wady systemu alarmowego stanowią 71% wszystkich występujących wad i stanowią 68% wszystkich poniesionych kosztów. Zarówno ilość wad jak i wielkość kosztów jakie one generują wskazuje na kluczową rolę wad systemu alarmowego w zmniejszeniu wadliwości produktów firmy.

3. Diagram Pareto–Lorenza

Pierwszym etapem analizy wadliwości jest analiza Pareto–Lorenza dokonywana w celu zidentyfikowania najważniejszych wad z punktu widzenia ilości ich występowania.

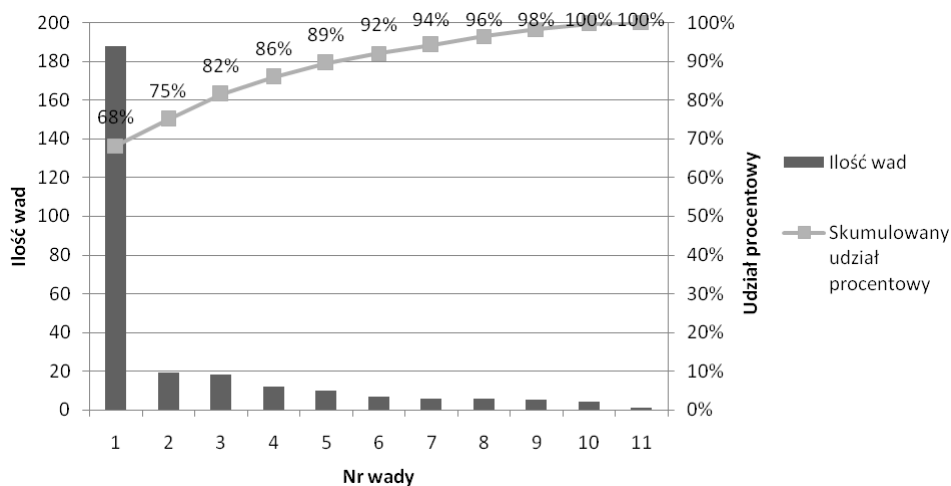
Diagram Pareto–Lorenza to technika pozwalająca na rejestrowanie danych dotyczących problemu i analizowanie ich w sposób umożliwiający wyróżnienie najważniejszych obszarów, czynników oddziałujących i zagadnień. Analiza Pareto–Lorenza bardzo często ujawnia, że niewiele błędów może być przyczyną znacznych kosztów, a zjawisko to opisuje zasada Pareto–Lorenza [2]. Zasada ta, znana również jako reguła (wzorec) 80/20, jest podawana w wielu postaciach [3]. Za pomocą diagramu Pareto–Lorenza można określić częstotliwość występowania przyczyn zaistniałego problemu. Pozwala to na wyznaczenie działań niezbędnych do doskonalenia procesów i zwiększenia jakości wyrobów.

Tabela 2. przedstawia rodzaje i ilość wszystkich wad, które występują we wszystkich elementach rury preizolowanej w skali badanego roku. Zawiera dane wejściowe do analizy Pareto–Lorenza uszeregowane w porządku malejącym, obliczono także procentowy udział oraz skumulowane udziały procentowe, co pozwala na zidentyfikowanie niewielkiej liczby wad, które powodują znaczącą ilość wadliwych wyrobów.

Tab. 2. Rodzaje i ilość wad rur preizolowanych w skali roku

Numer wady	Ilość wad	Udział procentowy	Wartość skumulowana	Opis wady
1	188	68,12%	68,12%	Zwarcie między przewodem, a rurą stalową
2	19	6,88%	75,00%	Zbyt mała ilość pianki w rurze
3	18	6,52%	81,52%	Uszkodzenia powierzchni (zarysowania, obicia)
4	12	4,35%	85,87%	Odchylenie od współosiowości
5	10	3,62%	89,49%	Pęknięcie rury osłonowej
6	7	2,54%	92,03%	Problem spowodowany złym zamknięciem
7	6	2,17%	94,20%	Za mała gęstość pianki w rurze
8	6	2,17%	96,38%	Zbyt duża ilość pianki w rurze
9	5	1,81%	98,19%	Zwarcie między przewodami
10	4	1,45%	99,64%	Zmiana wyglądu lub twardości pianki
11	1	0,36%	100,00%	Przekroczenie tolerancji średnicy i grubości ścianek
Suma	276			

Na podstawie określonych i odpowiednio ułożonych niezgodności z tabeli 2, wykonano diagram Pareto–Lorenza, który został przedstawiony na rysunku 4.



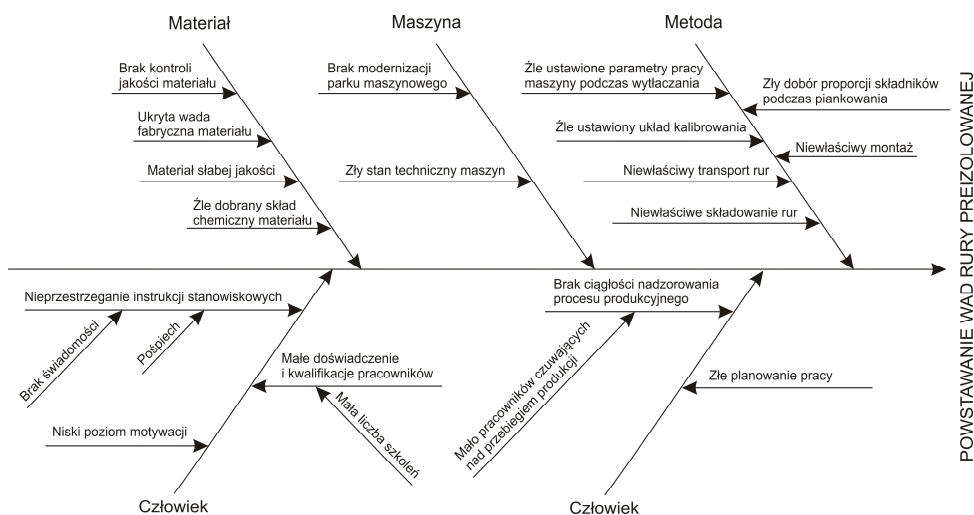
Rys. 4. Diagram Pareto–Lorenza dla wad występujących w rurze preizolowanej

Z rysunku 4 wynika, że za 82% wad występujących w czasie procesu technologicznego rur preizolowanych odpowiadają 3 rodzaje wad: zwarcie między przewodem, a rurą stalową, zbyt mała ilość pianki w rurze oraz uszkodzenie powierzchni płaszczka i stanowią 27% zidentyfikowanych rodzajów wad. Pozostałe 8 rodzajów wad, czyli 72% powoduje 18% stwierdzonych problemów jakościowych.

4. Analiza przyczyn wad za pomocą diagramu Ishikawy

Diagram jest techniką organizatorską stosowaną powszechnie do rozwiązywania problemów jakościowych, w których łańcuch przyczyn można przedstawić w sposób graficzny [2]. Diagram Ishikawy – diagram przyczynowo – skutkowy czy też „rybiej ości” umożliwia identyfikację źródeł powstawania problemów, wspomaga określenie łańcucha przyczyn występowania niezgodności, przeprowadzany w etapach: badanie i diagnoza oraz wybór terapii, ułatwia rozwiązania problemu [4, 5]. Diagram ma kształt przypominający rybią ość, przy czym: „głowa ryby” - oznacza problem do rozwiązania, „kręgosłup” - skupia poszczególne grupy przyczyn, powodujące wystąpienie analizowanego problemu, „ości” oznaczają przyczyny zaliczone do danej grupy.

Na rysunku 4 przedstawiono czynniki wpływające na powstawanie wad rur preizolowanych. Po jego prawej stronie umieszczono analizowany problem (powstawanie wad rur preizolowanych), natomiast na odchodzących strzałkach główne przyczyny jej powstawania do których zaliczono: człowieka, maszyny, metody, materiały, zarządzanie.



Rys. 5. Diagram Ishikawy przedstawiający przyczyny wpływające na powstawanie wad rur preizolowanych

Powstały w ten sposób syntetyczny zbiór informacji na temat potencjalnych przyczyn powstawania wad pomocny będzie w dalszej analizie rozpatrywanego problemu przy pomocy metody FMEA.

5. Metoda FMEA

Metoda FMEA to analiza przyczyn i skutków wad. Metodę tą można zdefiniować jako systemowy zestaw działań mających na celu: rozpoznanie i ocenę rodzaju potencjalnego uszkodzenia oraz jego przyczyn związanych z konstrukcją i produkcją wyrobu, ustalenie postępowania, które mogłoby wyeliminować lub zmniejszyć możliwość występowania uszkodzeń oraz udokumentowanie procesu [6]. Zastosowanie tej analizy umożliwia

zidentyfikowanie czynników wpływających na uszkodzenie wyrobu oraz pozwala na konsekwentne i trwałe eliminowanie lub ograniczenie wad wyrobu, procesu produkcyjnego bądź usługowego. Jako wynik metody FMEA stosuje się ocenę stopnia ryzyka wystąpienia wad, do której dochodzi się poprzez ocenę ryzyka dla każdej przyczyny. Dokonuje się tego za pomocą trzech kryteriów o konkretnych wartościach liczbowych:

- W – znaczenie skutków wady.
- P – prawdopodobieństwo wystąpienia wady.
- R – wykrywalność wady.

Liczby te służą do obliczenia poziomu prawdopodobieństwa ryzyka (WPR), będącego iloczynem wyżej wymienionych liczb. Za pomocą tego iloczynu opisuje się poziom prawdopodobieństwa ryzyka związanego w wystąpieniem wady [7].

Tab. 5. Analiza przyczyn i skutków wad rury preizolowanej

Nr wady	Potencjalna wada	Potencjalne skutki wady	Potencjalne Przyczyny Wady	Działania zapobiegawcze	W	P	R	WPR	Wyniki działania				
									Działania na rzecz poprawy wykrywalności wady	W	P	R	WPR
1	Uszkodzenia powierzchni płaszcza	Z czasem może doprowadzić do pęknięcia płaszcza rury np. Podczas gięcia rury na budowie	Niewłaściwy transport lub magazynowanie rur	Lepsze zabezpieczenie produktu w czasie transportu, magazynowania lub rozładunku.	5	3	2	30	Sprawdzenie przed każdym transportem i po procesie magazynowania czy wyrób jest odpowiednio	5	2	1	10
2	Pęknięcie rury osłonowej.	Rura kierowana do naprawy. W stanie obecnym nie nadaje się do użytku.	Uszkodzenie mechaniczne	Zwiększenie ostrożności w czasie magazynowania i transportu	10	3	1	30	Sprawdzenie czy wyrób jest odpowiednio zabezpieczony.	10	2	1	20
			Skoki ciśnienia wody podczas schładzania w wannie próżniowej	Usprawnienie procesu schładzania	6	2	5	60	Kontrola działania rotametrów	6	2	4	48
3	Przekroczenie tolerancji średnicy i grubości ścianek	Płaszcz w mniejszym stopniu chroni izolację. Możliwe jego pęknięcie, lub odkształcanie	Doboru niewłaściwych parametrów podczas procesu wytłaczania, proces niestabilny.	Usprawnienie układu chłodniczego.	3	2	4	24	Dodatkowa kontrolą średnicy i grubości ścianek.	3	1	2	6

Tab. 5. Analiza przyczyn i skutków wad rury preizolowanej cd.

4	Zbyt mała ilość pianki w rurze.	Wilgoć w pustych przestrzeniach powoduje rozkład pianki i korozję rury stalowej.	Zmieszania za małej ilości składników.	Optymalizacja procesu piankowania.	5	4	7	140	Analiza proporcji i ilości składników do piankowania.	5	3	5	75
5	Zbyt mała gęstość pianki w rurze.	Spadek właściwości termicznych i wytrzymałościowych pianki.	Zbyt duża redukcją ilości komponentów podawanych podczas piankowania.	Optymalizacja procesu piankowania.	7	2	3	42	Analiza proporcji i ilości składników zastosowanych w procesie piankowania.	7	2	2	28
6	Zbyt duża ilość pianki w rurze.	Pianka może powodować rozpieranie płaszczka, prowadząc do wybrzuszeń.	Zmieszanie za dużej ilości składników.	Optymalizacja procesu piankowania.	8	3	5	120	j.w..	8	2	3	48
7	Zmiana wyglądu lub twardości pianki.	Zmiana właściwości termicznych i fizycznych pianki.	Złe proporcje komponentów użyte podczas procesu piankowania	Optymalizacja procesu piankowania.	7	2	4	64	Analiza surowców do produkcji wyrobu.	7	2	3	63
			Możliwa wada materiału wejściowego do piankowania	Kontrola składników do produkcji pianki	5	2	8	80	Weryfikacja dostawców komponentów do produkcji pianki.	5	1	6	30
8	Zwarcie między przewodami alarmowymi.	Brak możliwości monitorowania poprawnego funkcjonowania rury	Skreślenie przewodów przed procesem piankowania.	Test przewodów po założeniu zamknięć, a przed zapiankowaniem rur.	7	3	2	42	Kontrola funkcjonowania systemu alarmowego po piankowaniu.	7	1	1	7
9	Zwarcie między przewodem alarmowym, a rurą stalową.	Błędne odczyty uniemożliwiające monitorowanie poprawności funkcjonowania wyrobu.	Podczas wsuwania rury do osłony następuje przekreślenie pierścienia dystansowego i skreślenie przewodu alarmowego.	Sprawdzenie ułożenia pierścieni przed założeniem zamknięć i wykonanie nowych ciężarków pod produkcję dużych średnic	8	6	3	144	Okresowa kalibracja i przegląd urządzenia.	8	4	1	32

Tab. 5. Analiza przyczyn i skutków wad rury preizolowanej cd.

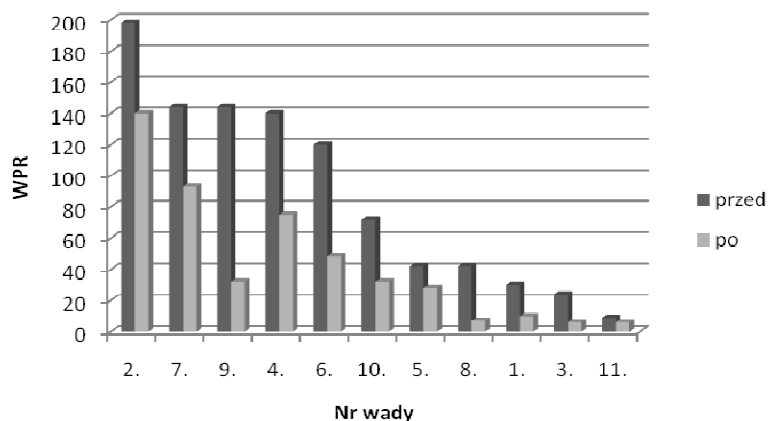
10	Odchylenie od współosiowości	Odchylenia od współosiowości (równoległa lub kątowna).	Nieprawidłowe wsunięcie rury do płaszczu.	Optymalizacja procesu montażu.	8	3	3	72	Szkolenie pracowników w zakresie montażu.	8	2	2	32
11	Złe zamknięcie.	Korozja rury właściwej.	Złe dopasowanie, domknięcie pokrywy lub jej uszkodzenie.	Po założeniu pokrywy jej dodatkowe domknięcie.	3	3	1	9	Kontrola domknięcia pokrywy.	3	2	1	6

Podsumowaniem analizy FMEA jest tabela 6, która przedstawia wyniki analizy w postaci wskaźników WPA „przed” i „po” działaniach naprawczych. Ponadto zawarto w niej wartości procentowe wskaźnika WPA.

Tab. 6. Wartości działania „przed” i „po”

Numer wady	Nazwa wady	Suma WPR (przyczyny wady)		Wartość w %	
		„przed”	„po”	„przed”	„po”
1.	uszkodzenia powierzchni płaszczu	30	10	3%	1%
2.	pęknięcie rury osłonowej	198	140	21%	15%
3.	przekroczenie tolerancji średnicy i grubości ścianek	24	6	2%	1%
4.	zbyt mała ilość pianki w rurze	140	75	15%	8%
5.	zbyt mała gęstość pianki w rurze	42	28	4%	3%
6.	zbyt duża ilość pianki w rurze	120	48	12%	5%
7.	zmiana wyglądu lub twardości pianki	144	93	15%	10%
8.	zwarcie między przewodami alarmowymi	42	7	4%	1%
9.	zwarcie między przewodem alarmowym, a rurą stalową	144	32	15%	3%
10.	odchylenie od współosiowości	72	32	7%	3%
11.	problemy spowodowane złym zamknięciem	9	6	1%	1%

Na podstawie danych zawartych w tabeli 6 wykonany został diagram Pareto–Lorenza. Zidentyfikowane wady zostały uszeregowane w porządku malejącym wg wartości wskaźnika WPR przed działaniami korygującymi, dzięki czemu można zobaczyć, którymi powinniśmy się zająć w pierwszej kolejności.



Rys. 6. Zestawienie wartości wskaźnika WPR przed oraz po wprowadzeniu działań korygujących

Z powyższej analizy (Rys. 6) wynika, że wadą, która ma największe znaczenie jest pęknięcie rury osłonowej, zmiana wyglądu lub twardości pianki. W przypadku pierwszej niezgodności wskaźnik WPR=198 i udało się go zredukować do 140, natomiast w przypadku drugiej niezgodności WPR=144 i zredukowano do 93. Trzecią wadą o największym współczynniku ryzyka było zwarcie między przewodem alarmowym, a rurą stalową jest to wada o największej liczebności (Rys. 4). W tym przypadku po zastosowaniu zaleceń wynikających z analizy FMEA wskaźnik WPR zmniejszył się ze 144 do 32, czyli z 15 do 3 procent. Wymienione wcześniej najważniejsze wady to wady, które uniemożliwiają lub w sposób znaczący utrudniają użytkowanie produktu. Powstają głównie na skutek braku lub niedostatecznej kalibracji urządzeń oraz nieoptymalizowania procesu piankowania.

6. Podsumowanie

Analizy wad za pomocą takich narzędzi jak: diagram Pareto–Lorenza, wykres Ishikawy i metody FMEA potwierdziła, iż proces produkcji rur preizolowanych jest bardzo złożony, a czynniki wpływające na jego jakość często są wzajemnie powiązane.

Podczas analizy zostały zidentyfikowane następujące wady rury preizolowej:

- uszkodzenia powierzchni płaszcza (zarysowania, obicia),
- pęknięcie rury osłonowej,
- przekroczenie tolerancji średnicy i grubości ścianek,
- zbyt mała ilość pianki w rurze,
- zbyt mała gęstość pianki w rurze,
- zbyt duża ilość pianki w rurze,
- zmiana wyglądu lub twardości pianki,
- zwarcie między przewodami alarmowymi,
- zwarcie między przewodem alarmowym, a rurą stalową,
- odchylenie od współosiowości,

- problem spowodowany złym zamknięciem.

Badania przeprowadzone za pomocą diagramu Pareto–Lorenza wykazały, że najważniejszymi wadami występującymi w trakcie procesu produkcyjnego rur preizolowanych są: zwarcie między przewodem, a rurą stalową (68,12%), zbyt mała ilość pianki w rurze (6,88%) oraz uszkodzenie powierzchni płaszcza (6,52 %). Powodują one występowanie 81,52% wszystkich braków w trakcie procesu produkcji.

Dalsza analiza niezgodności przeprowadzona za pomocą wykresu Ishikawy, pozwoliła na wykazanie przyczyn odpowiedzialnych za występowanie wad rur preizolowanych. Niezgodności zostały podzielone na pięć grup głównych: materiał, metoda, maszyna, człowiek, zarządzanie. Do najważniejszych z nich możemy zaliczyć:

- małe doświadczenie i kwalifikacje pracowników,
- zły stan techniczny i brak modernizacji maszyn,
- nieodpowiedni dobór składników w czasie piankowania,
- niewłaściwy transport i składowanie rur.

Wyniki z powyższych metod posłużyły do wykonania analizy FMEA, która wykazała, że do wad osiągających najwyższy poziom wskaźnika priorytetowego ryzyka (WPR) zalicza się: pęknięcie rury osłonowej (WPR=198) zmianę wyglądu lub twardości pianki (WPR=144), zwarcie między przewodem alarmowym a rurą stalową (WPR=144). Za niezgodności te w znacznym stopniu odpowiedzialne są: brak kalibracji urządzeń, nieodpowiednie proporcje składników w procesie piankowania. Nie można wykluczyć również wady materiału wejściowego do piankowania oraz braku kwalifikacji pracowników.

7. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski:

1. Przeprowadzenie analizy pozwoliło na zidentyfikowanie głównych wady rur preizolowanych do których zaliczamy: zwarcie między przewodem alarmowym, a rurą stalową, zbyt mała ilość pianki w rurze oraz uszkodzenie powierzchni płaszcza.
2. Głównymi przyczynami wpływającymi na powstawanie powyższych wad są błędy w czasie montażu, wymieszanie nieodpowiednich ilości składników do piankowania oraz nieprawidłowy transport bądź magazynowanie gotowego wyrobu.
3. Zaproponowano szereg działań zapobiegawczych mających na celu niedopuszczenie do powstania niegodności w czasie produkcji: optymalizacja procesu piankowania, usprawnienie układu chłodniczego, szkolenia pracowników oraz lepsze zabezpieczenie gotowego wyrobu w trakcie składowania i transportu.
4. Wprowadzono działania mające na celu poprawę wykrywalności wady. Do głównych z nich możemy zaliczyć: wprowadzenie dodatkowych i częstszych kontroli oraz szkolenia pracowników.
5. Zakład powinien zwrócić uwagę na podnoszenie kwalifikacji pracowników, ich szkolenie, lepsze zabezpieczenie produktów zarówno w czasie transportu jak i magazynowania oraz zwiększenie funduszy na kontrolę. Działania te mogą okazać się dość kosztowne, jednakże w dalszej perspektywie czasu powinny w znaczący sposób wpłynąć na zmniejszenie wad rur preizolowanych.

Literatura

1. Prątnicki K.: Wykorzystanie metody FMEA w celu poprawy jakości rury preizolowanej na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego. Praca magisterska, Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania 2008.
2. Wolniak R., Skotnicka B.: Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.
3. Smith S.: Techniki pokonywania problemów. Grupa Wydawnicza HELION S.A., Gliwice, 2004.
4. Siekański K., Słowik P.: Praktyczne zarządzanie jakością, metody i narzędzia stosowane do planowania i utrzymania systemów jakości w przedsiębiorstwie, wg norm serii ISO 9000, pod red. R. Leista, Wyd. ALFA-WEKA, Warszawa, 1997.
5. Kreier E., Łuczak J.: ISO 9000. Łatwy i skuteczny sposób uzyskania certyfikatu jakości. Tomy 1–3, Wydawnictwo FORUM, Poznań, 2008.
6. Jednoróg A., Koch T., Zadrożny R.: Metody i techniki zapewnienia jakości o szczególnym znaczeniu dla przemysłu motoryzacyjnego. Problemy Jakości, nr 1, 2000.
7. J. Łańcucki, Podstawy kompleksowego zarządzania jakością TQM, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań, 2001.

Dr inż. Michał ZASADZIEN
Instytut Inżynierii Produkcji
Wydział Organizacji i Zarządzania
Politechnika Śląska
41-800 Zabrze
ul. Roosevelta 26
tel./fax.: (32) 27 77 362
e-mail: michal.zasadzien@polsl.pl