

PROPOZYCJA METODYKI PROWADZENIA ANALIZ JAKOŚCIOWYCH W MSP I JEJ ZASTOSOWANIE DO DOSKONALENIA PROCESU PRODUKCJI KOŁA KOMPRESORA – STUDIUM PRZYPADKU

Dorota STADNICKA, Andrzej HRYŃ

Streszczenie: W niniejszej pracy przeanalizowano potrzebę stosowania analiz jakościowych w przedsiębiorstwach oraz wskazano na trudności związane z ich stosowaniem w małych i średnich przedsiębiorstwach. Następnie zaproponowano metodykę prowadzenia analiz jakościowych, która ze względu na swoją prostotę i wykorzystywanie łatwych do zastosowania metod i narzędzi zarządzania jakością, ma szansę być stosowana w małych i średnich przedsiębiorstwach. Przedstawiono także studium przypadku, w którym zaprezentowano wykorzystanie proponowanej metodyki do analizy procesu produkcji koła kompresora.

Słowa kluczowe: metody, narzędzia, zarządzanie jakością, MSP

1. Wprowadzenie

Ciągłe doskonalenie jakości jest jednym z podstawowych zadań przedsiębiorstw, które muszą obniżyć koszty, chcąc się utrzymać na rynku. Wiele przedsiębiorstw w celu obniżenia kosztów stosuje materiały gorszej jakości. Są to jednakże oszczędności pozorne, ponieważ wyroby wykonane z materiałów gorszej jakości i szybciej, i w większej ilości wrócą do przedsiębiorstwa w postaci wyrobów niezgodnych.

Innym, chętnie stosowanym przed przedsiębiorstwem sposobem na obniżenie kosztów produkcji, jest zwalnianie pracowników, których praca jest przekazywana do wykonania osobom pozostałym w firmie. Powoduje to nadmierne obciążenie pracowników pracą. To z kolei powoduje zwiększenie się liczby błędów popełnianych przez pracowników i wzrost kosztów.

Na podstawie przedstawionych rozważań można wyciągnąć wnioski, że firmy powinny poszukiwać innych sposobów na minimalizację kosztów, chociażby poprzez optymalizację kosztów jakości. Autorzy w niniejszej pracy proponują metodykę, której zastosowanie może pomóc firmom w osiągnięciu poprawy jakości. Wiele firm stosuje jedynie kontrolę jakości oraz wynikające z niej działania, czyli poprawę lub naprawę wyrobów niezgodnych. Tak jest w szczególności w małych i średnich przedsiębiorstwach, które nie posiadają rozwiniętych systemów zarządzania jakością oraz nie stosują lub stosują w ograniczonym zakresie metody i narzędzia zarządzania jakością.

W niniejszej pracy zaprezentowano metodykę analiz jakościowych, która pomoże małym i średnim przedsiębiorstwom w optymalizacji kosztów jakości. Przedstawiona metodyka pozwoli na skuteczne realizowanie procesu ciągłego doskonalenia, który jest podstawą rozwoju organizacji oraz systemu Kaizen [1, 2, 3, 4].

Zaproponowana metodyka została wykorzystana do przeprowadzenia analiz jakościowych w procesie produkcji koła kompresora, co zaprezentowano w dalszej części pracy.

2. Propozycja metodyki prowadzenia analiz jakościowych w MSP

2.1. Potrzeba opracowania metodyki

Małe i średnie przedsiębiorstwa prowadzą ograniczone działania w zakresie analiz jakościowych zarówno wyrobów, jak i procesów. Działania związane z zapewnieniem jakości to zwykle kontrola jakości, poprawa lub naprawa wyrobów, w tym wyrobów, które zostały zareklamowane przez klientów, oraz regulacje wartości parametrów procesów.

Tak ograniczone prowadzenie działań wynika z tego, że małe i średnie przedsiębiorstwa mają ograniczone środki finansowe oraz zasoby ludzkie, które mogłyby być zaangażowane w prowadzenie analiz jakościowych. Skutkiem tego jest ponoszenie wysokich kosztów złej jakości. Teoria zarządzania jakością daje do dyspozycji przedsiębiorstwom szereg metod i narzędzi zarządzania jakością oraz wskazuje zasady, którymi firma powinna się kierować, by w odpowiedni sposób zarządzać jakością oraz prowadzić do jej ciągłej poprawy. Niestety, wiele z zasad zarządzania jakością nie jest znanych, a tym bardziej stosowanych w praktyce. Firmy, które certyfikowały swoje systemy zarządzania jakością, zostały zmuszone do poznania zasad zarządzania jakością, ponieważ są odzwierciedlone w wymaganiach norm, jak chociażby normy ISO 9001. Nie zawsze jednak te zasady rozumieją i stosują w praktyce, mimo posiadania certyfikatu na zgodność swojego systemu zarządzania jakością z określonym standardem (np. PN-EN ISO 9001).

Wiele z metod i narzędzi zarządzania jakością proponowanych przez teorię, nie jest znanych, ani stosowanych w praktyce, szczególnie przez małe przedsiębiorstwa [5, 6]. Mimo, że w literaturze prezentowanych jest wiele przykładów zastosowania różnych metod i narzędzi zarządzania jakością do rozwiązywania problemów jakościowych w różnych branżach, np.: w produkcji i biznesie [7, 8, 9], w szpitalach [10], w administracji publicznej [11, 12], to nie wszystkie organizacje chcą ani wiedzą, jak prowadzić analizę i doskonalenie procesów.

Stosowanie zasad, metod i narzędzi zarządzania jakością może być także wspomagane przez różne systemy informatyczne [13], jednakże nie zawsze przedsiębiorstwa są chętne do inwestowania w tego rodzaju systemy.

Powstało wiele opracowań książkowych prezentujących metody i narzędzia zarządzania jakością [14, 15, 16], co ułatwia zrozumienie metod i narzędzi zarządzania jakością, ale czasem to nie jest wystarczające, aby firma wiedziała, jakie narzędzie na jakim etapie analizy należy wybrać, aby analiza nie była zbyt czasochłonna, a przyniosła oczekiwane efekty.

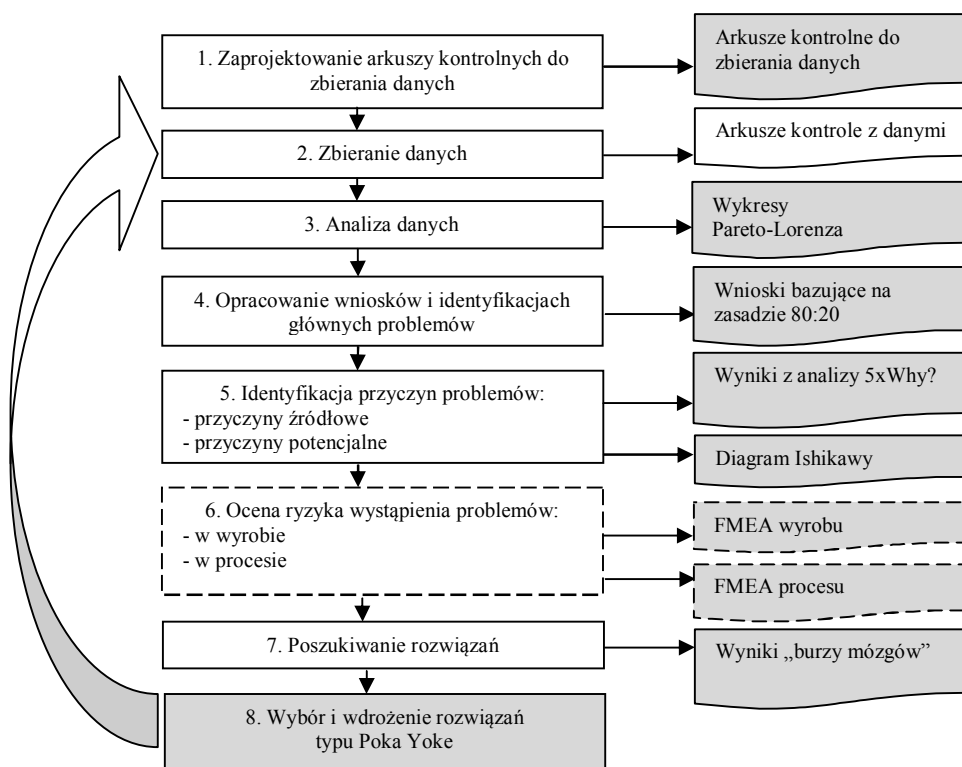
Celem stosowania metod i narzędzi zarządzania jakością jest doskonalenie jakości. Nie jest w związku z tym ważne, ile rodzajów narzędzi czy metod firma stosuje, ale jakie są tego efekty. Oczywiście znajomość większej liczby metod i narzędzi daje większe możliwości analityczne, ale już odpowiednie zastosowanie kilku podstawowych może dać wymierne efekty, a tym samym korzyści dla przedsiębiorstwa.

W związku z zaprezentowanymi rozważaniami w niniejszej pracy proponowana jest metodyka prowadzenia analiz jakościowych, która może być zastosowana przez firmy stawiające pierwsze kroki w prowadzeniu analiz jakościowych. Aby w ogóle coś zacząć robić w tym zakresie, należy zacząć od podstaw. Istnieją przedsiębiorstwa, które tak naprawdę nie wiedzą, od czego zacząć. Zastosowanie zaprezentowanej metodyki i przedstawionych narzędzi może być dla nich pierwszym krokiem.

2.2. Prezentacja metodyki

Proponowana w niniejszej pracy metodyka opiera się na prostych, a można wręcz powiedzieć podstawowych, narzędziach służących do zbierania danych, analizy danych, identyfikacji problemów, poszukiwania rozwiązań problemów i następnie ich wdrażania.

Proponowaną metodykę zaprezentowano na rys. 1. Kolorem szarym zaznaczono metody i narzędzia proponowane do zastosowania, a linią przerywaną etapy, które mogą być pominięte, ze względu na ich większą pracochłonność.



Rys. 1. Propozycja metodyki prowadzenia analiz jakościowych w MSP

Prowadzenie jakichkolwiek analiz jakościowych nie jest możliwe bez danych, stąd też w pierwszej kolejności należy te dane zebrać. Aby to zrobić, trzeba wcześniej zaprojektować i przygotować arkusze kontrolne. Po zebraniu danych powinny one zostać poddane analizie. Bardzo prostą metodą do przeprowadzenia takich analiz jest analiza Pareto-Lorenza. Z opracowanego wykresu łatwo jest wyciągnąć wnioski, które wskażą nam ~20% najbardziej istotnych problemów występujących w analizowanym procesie. Dla tych problemów proponuje się przeprowadzenie analiz mających na celu zidentyfikowanie przyczyn tychże problemów. Na tym etapie można zastosować prostą metodę 5xWhy? Która pozwoli szybko dojść do przyczyny źródłowej problemu. Pozwoli to na wyeliminowanie problemu, jeżeli była to jedyna jego przyczyna. W przypadku, gdy była to jedna z kilku przyczyn powodujących problem, jej wyeliminowanie pozwoli jedynie na ograniczenie występowania problemu. Ponieważ jednak naszym celem jest

wyeliminowanie problemu, tak aby problem raz zidentyfikowany i przeanalizowany ponownie się nie pojawił, zaleca się wykonanie analizy z wykorzystaniem diagramu Ishikawy, która pozwoli nam na zidentyfikowanie wszystkich potencjalnych przyczyn problemu i następną eliminację problemu dzięki eliminacji jego przyczyn.

Autorzy zalecają również wykonanie analizy FMEA dla oceny ryzyka pojawiania się problemów z wyrobami lub procesami występującymi w firmie. Ze względu na stosunkowo dużą pracochłonność tej analizy może ona być pominięta, ale mimo wszystko autorzy wskazują ją, jako jedną z ważnych metod w prowadzeniu analiz jakościowych.

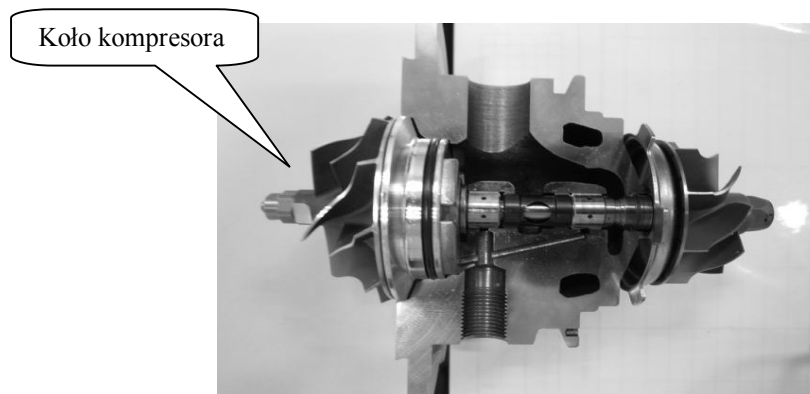
Do poszukiwania rozwiązań autorzy polecają stosowanie „burzy mózgów”. Rozwiązania, które będą wdrażane dla eliminacji problemów powinny mieć charakter rozwiązań typu Poka Yoke, czyli rozwiązań technicznych lub organizacyjnych zapobiegających popełnianiu błędów, które to błędy skutkują pojawianiem się problemów. Po wdrożeniu zaproponowanych rozwiązań należy, zgodnie z zasadą ciągłego doskonalenia, powrócić do zbierania danych. Pozwoli to z jednej strony na ocenę efektów wdrożonych rozwiązań, ale także na zidentyfikowanie kolejnych problemów, których wyeliminowanie pozwoli na dalsze doskonalenie jakości.

Charakterystykę narzędzi wskazanych w proponowanej metodzie można znaleźć w następujących pracach: [16], [17], [18], [19], [20].

3. Identyfikacja i eliminacja problemów w procesie produkcji koła kompresora

3.1. Charakterystyka wyrobu

Koło kompresora, którego proces produkcji został poddany analizie w niniejszej pracy, jest jednym z elementów turbosprężarki. Przekrój rdzenia turbosprężarki ze wskazanym kołem kompresora przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Przekrój rdzenia turbosprężarki ze wskazanym kołem kompresora

Koło kompresora wykonane jest ze stopów aluminium i osadzone na wale zespolonym z kołem turbiny. Odpowiada za kompresję powietrza dostarczanego do cylindra, co pozwala na lepsze spalanie paliwa i osiągnięcie większej mocy pracy jednostki napędowej. Kluczowe parametry mechaniczne uzyskiwane w procesie obróbki i niezbędne do prawidłowej pracy koła kompresora w układzie to:

- średnica konturu oraz średnica powierzchni podstawy,

- prostopadłość otworu do powierzchni podstawy,
- bicie na powierzchni podstawy i powierzchni czołowej,
- odpowiednie wyważenie.

Jednym z najważniejszych czynników warunkujących uzyskanie odpowiedniej kompresji oraz pulsacji są łopatki o niezmienionej względem rysunku geometrii. Ponieważ, obroty elementów wirujących dochodzą do 190 tys. obr./min, istotne jest również to, aby powierzchnia była pozbawiona wszelkich porowatości/nieciągłości wpływających na osłabienie wytrzymałości.

W firmie produkowane są trzy różne typy turbosprężarek (jedna do Fiata i dwie do Forda), a co za tym idzie, trzy różne rodzaje kół kompresora.

Na proces produkcyjny koła kompresora składają się następujące operacje:

- operacja 10: toczenie średnicy, wiercenie, rozwiercanie otworu,
- operacja 20: toczenie konturu,
- operacja 30: kontrola prądami wirowymi, wyważanie,
- operacja 40: mycie.

3.2. Analiza niezgodności powstałych w procesie produkcji koła kompresora

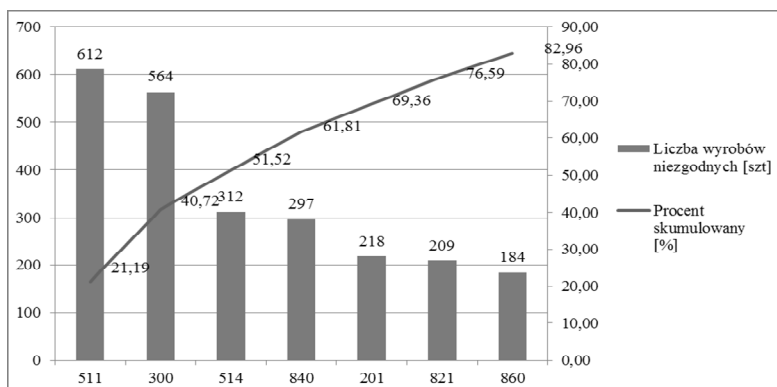
W procesie produkcji koła kompresora powstało wiele rodzajów niezgodności. Dane z procesu zbierano przez okres 6-ciu miesięcy z wykorzystaniem arkuszy kontrolnych. Wykaz zidentyfikowanych niezgodności przedstawia tabela 1, a wykres Pareto-Lorenza (rys. 3) przedstawia informację o zarejestrowanej liczbie poszczególnych rodzajów niezgodności. Sześć rodzajów niezgodności stanowi 23,08% ogółu rodzajów wszystkich niezgodności. 23,08% rodzajów niezgodności generuje 76,59% wyrobów niezgodnych.

Tabela 1. Wykaz niezgodności powstałych w procesie produkcji koła kompresora

Kod niezgodności	Opis niezgodności	Kod niezgodności	Opis niezgodności
511	Zbyt duże niewyważenie	249	Nieudana obróbka wtórna
300	Uszkodzona powierzchnia	1103	Upuszczone przez operatora
514	Brak możliwości wyważenia	242	Uszkodzony w transporcie
840	Ustawienie maszyny	120	Nie zgodna średnica
201	Nie zgodny kąt	990	Inne testy
821	Błąd uchwytu	172	Bicie osiowe
860	Uszkodzenia wynikające z pracy robota	822	Część nie zamocowana poprawnie
650	Odrzucone przy badaniu prądem wirowym	240	Uszkodzony – zdeformowany
350	Zagięty górny róg łopatki	110	Nie zgodna długość
100	Błąd wymiaru	173	Bicie promieniowe
800	Błąd maszyny	631	Pory
352	Wgniecenia w łopatkach	246	Zdeformowana średnica otworu
241	Uszkodzony – złamane narzędzie	109	Nie zgodna faza

Na analizowanej linii produkcyjnej wytwarzane są trzy typy wyrobów. Procentowy udział wyrobów niezgodnych w poszczególnych typach wyrobów jest następujący: Wyrób CW1 –

1,12%, wyrób CW2 – 2,99%, wyrób CW3 – 3,55%. Najwięcej wyrobów niezgodnych powstało w procesie produkcji wyrobu CW2, ale największy udział wyrobów niezgodnych w stosunku do wszystkich wyprodukowanych wyrobów danego typu jest w produkcji CW3.



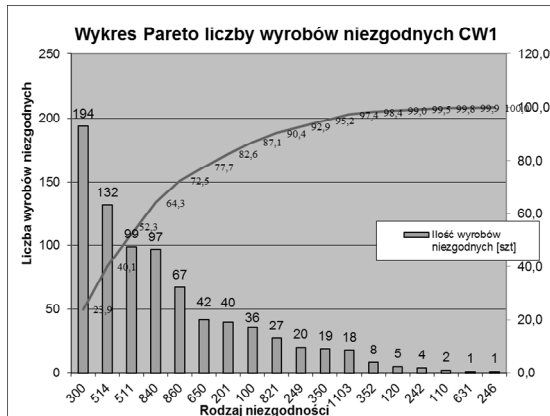
Rys. 3. Diagram Pareto-Lorenza przedstawiający wykaz niezgodności powstałych w procesie produkcji koła kompresora w okresie 6-ciu miesięcy

Dla poszczególnych typów wyrobów przeprowadzono analizę Pareto-Lorenza, aby zdefiniować niezgodności, które wystąpiły w największej części wyrobów niezgodnych. Na rys. 4 przedstawiono przykładową analizę dla wyrobu CW1.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że sześć rodzajów niezgodności (300, 514, 511, 840, 860, 650) stanowi 77,7% wszystkich niezgodności powstałych w procesie produkcyjnym wyrobu CW1.

Sześć rodzajów niezgodności (511, 300, 514, 840, 201, 821) stanowi 79,4% wszystkich niezgodności powstałych w procesie produkcyjnym wyrobu CW 2. Sześć rodzajów niezgodności (300, 511, 821, 840, 860 i 201) stanowi 81,9% wszystkich niezgodności powstałych w procesie produkcyjnym CW3.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że do najczęściej pojawiających się niezgodności można zaliczyć niezgodności opisane kodami: 514, 511, 300, 840, 201, 821. Dlatego właśnie dla tych niezgodności przeprowadzono kolejne analizy.

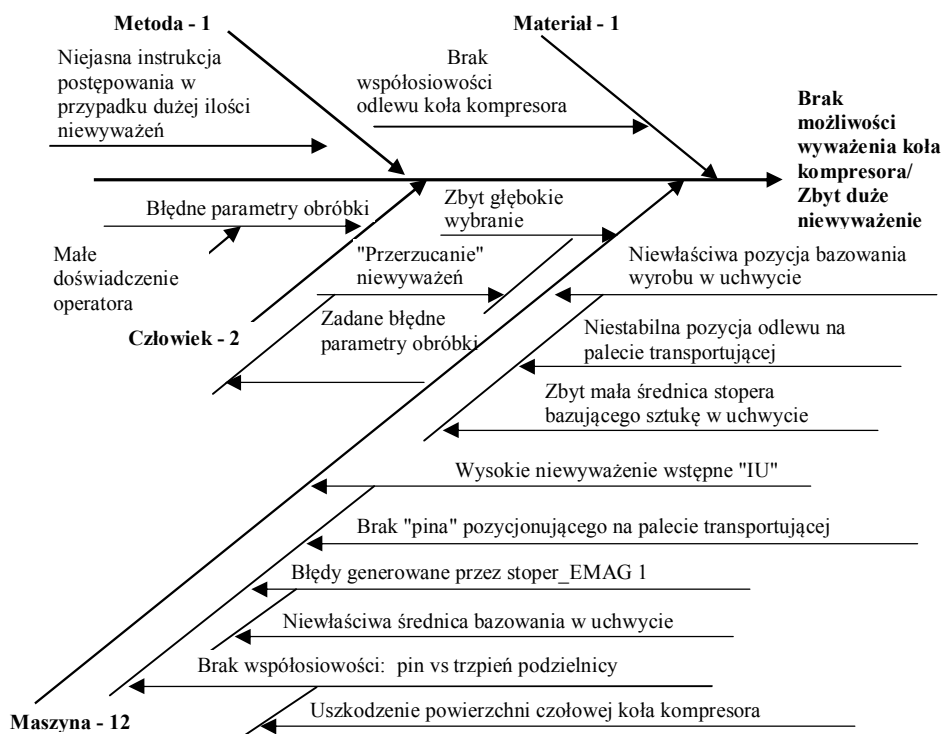


Rys. 4. Wykres Pareto-Lorenza dla liczby wyrobów niezgodnych zidentyfikowanych w procesie produkcyjnym wyrobu CW 1 w analizowanym okresie 6-ciu miesięcy

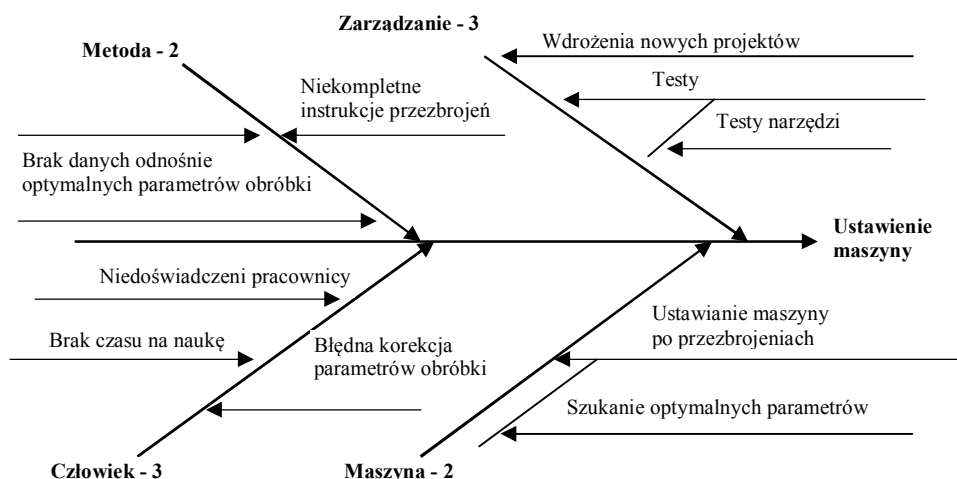
3.3. Analiza przyczyn najczęściej występujących niezgodności

Przyczyny powstawania najczęściej występujących niezgodności powstających w procesie produkcyjnym koła kompresora zostały przeanalizowane z wykorzystaniem dwóch narzędzi: diagramu Ishikawy oraz metody 5 Why?

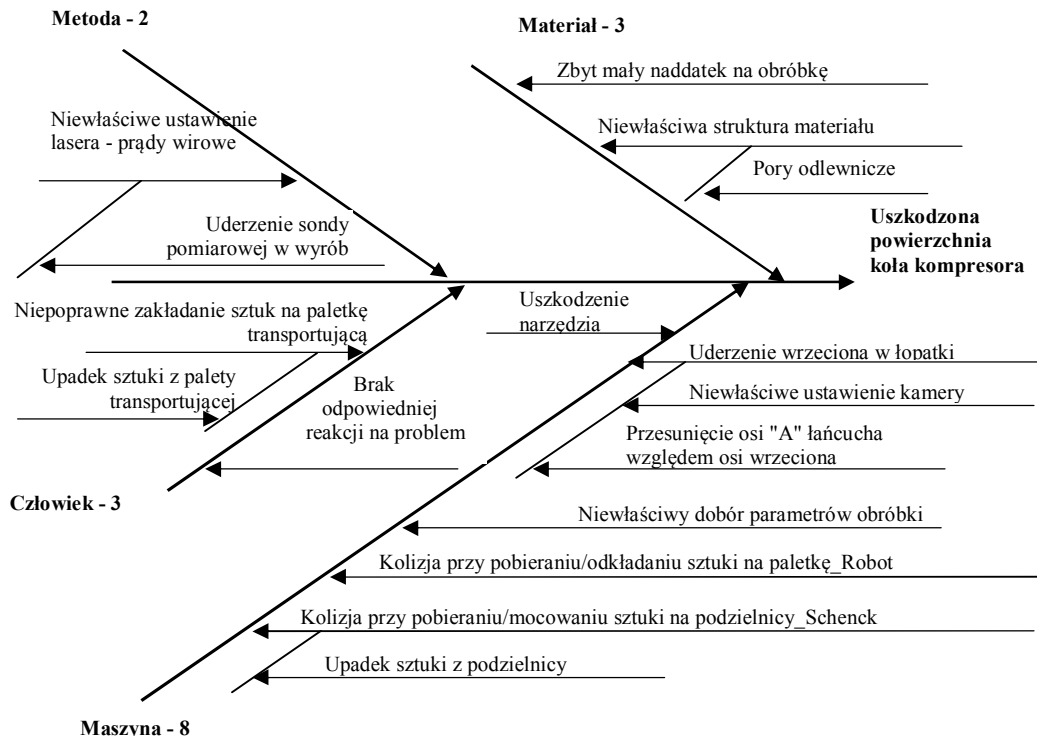
Diagramy Ishikawy dla najczęściej występujących niezgodności przedstawiono na rysunkach 5-8. Dokonano również analizy 5xWhy? dla najczęściej występujących niezgodności, a jej wyniki przedstawiono w tabelach 2-6.



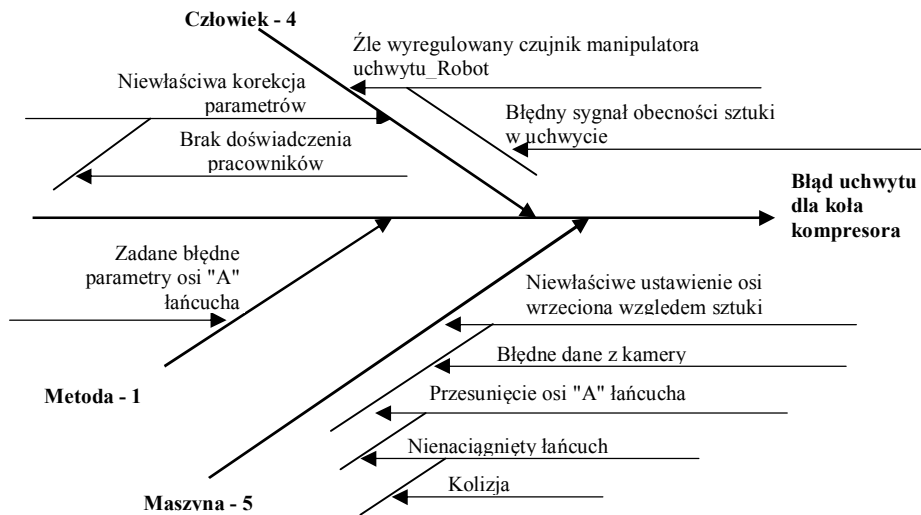
Rys. 5. Diagram Ishikawy dla błędów: Brak możliwości wyważenia koła kompresora (514) i Zbyt duże niewyważenie (511)



Rys. 6. Diagram Ishikawy dla błędu: Ustawienie maszyny do produkcji koła kompresora (840)



Rys. 7. Diagram Ishikawy dla błędu: Uszkodzona powierzchnia koła kompresora (300)



Rys. 8. Diagram Ishikawy dla błędu: Błąd uchwytu dla koła kompresora (821)

Tab. 2. Analiza 5xWhy? dla błędu: Brak możliwości wyważenia koła kompresora (514)

Problem	Brak możliwości wyważenia
1. Dlaczego nie ma możliwości wyważenia?	Ponieważ było wysokie niewyważenie wstępne
2. Dlaczego było wysokie niewyważenie wstępne?	Ponieważ wyrób jest niewłaściwie zabazowany w uchwycie
3. Dlaczego wyrób jest niewłaściwie zabazowany w uchwycie?	Ponieważ średnica stopera bazującego jest zbyt mała
Przyczyna źródłowa problemu	Zbyt mała średnica stopera bazującego

Tab. 3. Analiza 5xWhy? dla błędu: Zbyt duże niewyważenie koła kompresora (511)

Problem	Błąd uchwytu
1. Dlaczego uchwyt generuje błędy?	Niewspółosiowe ustawienie osi wrzeciona względem pobieranego komponentu
2. Dlaczego komponent i wrzeciono nie znajdują się w tej samej osi?	Ponieważ łańcuch transportujący palety jest nieodpowiednio naciągnięty
3. Dlaczego łańcuch transportujący palety jest nieodpowiednio naciągnięty?	Ponieważ pracownicy utrzymania ruchu nie naciągają łańcucha
4. Dlaczego pracownicy utrzymania ruchu nie naciągają łańcucha?	Ponieważ w TPM nie ma zdefiniowanej okresowej kontroli stanu łańcucha
Przyczyna źródłowa problemu	Brak zdefiniowanej okresowej kontroli stanu łańcucha w TPM

Tab. 4. Analiza 5xWhy? dla błędu: Uszkodzona powierzchnia koła kompresora (300)

Problem	Uszkodzona powierzchnia
1. Dlaczego powierzchnia jest uszkodzona?	Narzędzie uległo zniszczeniu
2. Dlaczego narzędzie uległo zniszczeniu?	Ponieważ zastosowano niewłaściwy typ narzędzia
3. Dlaczego typ narzędzia był niewłaściwy?	Ponieważ nie stosowano narzędzi dedykowanych do obróbki aluminium
4. Dlaczego nie stosowano narzędzi do obróbki aluminium?	Ponieważ nie przeprowadzono testów narzędzi o różnej geometrii
Przyczyna źródłowa problemu	Brak testów narzędzi o różnej geometrii

Tab. 5. Analiza 5xWhy? dla błędu: Ustawienie maszyny do produkcji koła kompresora (840)

Problem	Ustawienie maszyny
1. Dlaczego powstaje błąd „ustawienie maszyny”?	Ponieważ jest konieczność korekcji wymiarów po przebrojeniu
2. Dlaczego należy korygować wymiary?	Ponieważ nie ma określonych parametrów obróbki przy stanowiskach roboczych
3. Dlaczego nie ma określonych parametrów obróbki przy stanowiskach roboczych?	Ponieważ brak jest testów mogących potwierdzić optymalne parametry obróbki
Przyczyna źródłowa problemu	Brak jest testów potwierdzających optymalne parametry obróbki

Tab. 6. Analiza 5xWhy? dla błędu: Błąd uchwytu dla koła kompresora (821)

Problem	Błąd uchwytu
1. Dlaczego uchwyt generuje błędy?	Ponieważ jest niewspółosiowe ustawienie osi wrzeciona względem pobieranego wyrobu
2. Dlaczego oś wrzeciona i wyrobu nie są współosiowe?	Ponieważ łańcuch transportujący palety jest nieodpowiednio naciągnięty
3. Dlaczego łańcuch transportujący palety jest nieodpowiednio naciągnięty?	Ponieważ pracownicy utrzymania ruchu nie naciągają łańcucha
4. Dlaczego pracownicy utrzymania ruchu nie naciągają łańcucha?	Ponieważ w TPM nie ma zdefiniowanej okresowej kontroli stanu łańcucha
Przyczyna źródłowa problemu	Brak zdefiniowanej okresowej kontroli stanu łańcucha w TPM

Dla każdej przyczyny źródłowej zaproponowano usprawnienie mające na celu eliminację lub ograniczenie możliwości powstawania niezgodności.

3.4. Propozycje usprawnień mających na celu niedopuszczenie do powstania niezgodności

Propozycja eliminacji błędów 514 oraz 511: Ponieważ zbyt duże niewyważenie (514) oraz brak możliwości wyważenia (511) powodowane są przez te same przyczyny źródłowe, zaproponowano jedno usprawnienie mające na celu eliminację przyczyn ich powstawania. Obydwa błędy wynikają ze zbyt małej średnicy stoperów stosowanych do każdego typu wyrobu. Średnica ta jest istotna przy bazowaniu i mocowaniu odlewu wirnika koła kompresora w uchwycie obróbczym. Odpowiednia pozycja i stabilne mocowanie w uchwycie zapewniają prawidłową grubość ścianki na całym obwodzie oraz odpowiednią prostopadłość otworu względem powierzchni podstawy. Grubość ścianki na obwodzie oraz prostopadłość otworu mają decydujący wpływ na proces wyważania koła kompresora.

Dlatego, aby ograniczyć lub wyeliminować możliwość powstawania tych niezgodności, należy dla każdego z produkowanych wyrobów zwiększyć średnicę stopera bazującego w operacji 10 o 2 mm. Umożliwi to bardziej stabilne bazowanie w uchwycie, czego konsekwencją będzie zmniejszenie niewyważień wstępnych.

Propozycja eliminacji błędu 300: Do uszkodzenia powierzchni kół kompresora najczęściej dochodzi w skutek uszkodzenia narzędzi skrawających, szczególnie wiertła. Używane dotychczas wiertła nie były najnowszymi rozwiązaniami stosowanymi do obróbki stopów aluminium. Powodowało to jednocześnie duże opory skrawania oraz problem z odprowadzaniem wiórów. Aby wyeliminować ten problem, zaproponowano zastosowanie wiertła o odpowiednich kątach skrawania, które są dedykowane do obróbki stopów aluminium.

Propozycja eliminacji błędu 840: Błędy związane z ustawieniem maszyny generowane są wskutek konieczności korekty parametrów obróbki po przebrojeniu. Ze względu na konieczność produkowania kilku różnych rodzajów wyrobów na jednym centrum tokarskim zachodzi konieczność dosyć częstego przezbrajania. Wywołanie programu z ostatnio pracującymi parametrami nie gwarantuje uzyskania żądanych wymiarów. W celu uzyskania właściwych wymiarów operator dokonuje korekt, często nawet kilkakrotnie. Opisany sposób wprowadzania zmian powoduje produkcję wyrobów wadliwych. Sposób ustawienia obrabiarki jest jednym z podstawowych czynników wpływających na dokładność wykonania obrabianego przedmiotu. Rozwiązaniem problemu może być przeprowadzenie testów

mających na celu sprawdzenie, czy dobrane parametry obróbki są właściwe. Testy powinny gwarantować uzyskanie wymaganych wymiarów wyrobów i uwzględniać zużywanie się narzędzi. Ustalone wyniki przeprowadzonych testów powinny być dostępne dla operatora w postaci instrukcji przebrojenia.

Propozycja eliminacji błędu 821: Błąd uchwytu powstaje w wyniku kolizji wrzeczona z uchwytem zaciskowym i łopatki koła kompresora podczas poboru komponentu z palety transportującej. Palety przesuwały się po elipsie za pomocą łańcucha, który odpowiada za ich odpowiednią pozycję kątową zadaną w programie. Jeśli łańcuch jest nieodpowiednio naciągnięty, zmienia się pozycja kątowa palety transportującej. Aby wyeliminować problem zbyt słabego naciągnięcia łańcucha, należy wprowadzić do karty okresowych przeglądów TPM obowiązek sprawdzania i regulacji naciągnięcia łańcucha co 1 miesiąc.

4. Wnioski i podsumowanie

Wdrożenie zaproponowanych rozwiązań to dla firmy nieporównywalnie niższe koszty od tych, które firma musiała ponosić w związku z pojawiającymi się niezgodnościami. W przeprowadzonych analizach nie wykorzystano metody FMEA. Autorzy podkreślają jednak znaczące korzyści z prowadzenia analiz FMEA na etapie projektowania wyrobów i procesów. Wyniki analiz ułatwią wprowadzanie usprawnień zanim jeszcze produkcja zostanie rozpoczęta.

Analizując zaproponowane rozwiązania można zauważyć, że dotyczą one sposobu mocowania wyrobu, stosowanych narzędzi, procedury przebrojenia maszyny oraz utrzymania infrastruktury technicznej w ciągłej sprawności zapewniającej uzyskanie odpowiedniej jakości ich pracy.

Wdrożenie tych rozwiązań wiąże się więc z wprowadzeniem różnych rozwiązań technicznych i organizacyjnych, które pozwolą na wyeliminowanie przyczyn analizowanych niezgodności. Oczywiście nie rozwiązuje to wszystkich problemów związanych z jakością produkowanych kół kompresora, ale pozwoli na zmniejszenie liczby wyrobów niezgodnych.

Należy jeszcze zauważyć, że koło kompresora jest jedynie jednym z elementów turbosprężarek produkowanych w analizowanej firmie. W związku z tym podobne analizy powinny być wykonane również dla pozostałych elementów wyrobu, jak np. dla koła turbiny.

Zastosowanie zaproponowanej metodyki pozwoliło na sprawne przeprowadzenie analiz i znalezienie rozwiązań newralgicznych problemów występujących na linii produkcyjnej koła kompresora.

Literatura

1. Wasilewski L.: Kaizen tajemnica sukcesu Japonii, na podstawie książki Masaaki Imai: Kaizen – the key to japanese competitive success, Ośrodek Badania Jakości Wyrobów ZETOM, Warszawa, 1997.
2. Imai M.: Gemba Kaizen, Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa, 2006.
3. Maurer R.: Filozofia Kaizen. Jak mały krok może zmienić Twoje życie. Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2010.
4. Kaizen na hali produkcyjnej. The Productivity Press Development Team. Wydawnictwo ProdPublishing, Wrocław, 2008.

5. Starzyńska B.: Systematyka narzędzi doskonalenia procesów produkcyjnych dla organizacji uczących się. Rozprawy – Politechnika Poznańska nr 493. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2013.
6. Olszewska A. M.: Diagnoza poziomu wykorzystania narzędzi i metod zarządzania jakością w przedsiębiorstwach Podlasia. Konferencja IZIP Zakopane 2013.
7. Szczęśniak B., Zasadzień M., Wapienik Ł.: Zastosowanie analizy Pareto oraz diagramu Ishikawy do analizy przyczyn odrzutów w procesie produkcji silników elektrycznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 2012, Seria: Organizacja i Zarządzanie, z. 63a, nr kol. 1891.
8. Łybacki W., Zawadzka K.: Wspomaganie diagnostyki wad odlewów narzędziami zarządzania jakością. Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji, vol. 28 nr 1, 2008.
9. Bamford D. R., Greatbanks R. W.: The use of quality management tools and techniques: a study of application in everyday situations, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 22 Issue 4, pp. 376 – 392, 2005.
10. Lewandowski R.: Zastosowanie narzędzi zarządzania jakością w szpitalu, Problemy Jakości nr 2, s. 7-12. 2011.
11. Skierniewski T.: Diagnoza modelu zarządzania jakością w administracji rządowej. Raport z I etapu badania. Warszawa, listopad 2008.
12. Kozera I., Diagnoza modelu zarządzania jakością w administracji rządowej. Kapitał intelektualny jako determinanta realizacji polityki jakości w urzędach administracji rządowej. Warszawa, listopad 2009.
13. Skroban K.: Wdrażanie metod zarządzania jakością przez dostawców oprogramowania i odbiorców. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, nr 97 Seria: Administracja i Zarządzanie, 2013.
14. Wolniak R., Skotnicka B.: Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka, Politechnika Śląska, Gliwice, 2005.
15. Sęp J., Pacana A.: Metody i narzędzia zarządzania jakością, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2001.
16. Sęp J., Perłowski R., Pacana A.: Techniki wspomagania zarządzania jakością, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2006.
17. Jazdon A.: Doskonalenie zarządzania jakością. Oficyna Wyd. Ośrodka Postępu Organizacyjnego Sp. Zoo, Bydgoszcz, 2001.
18. SAE J1739. Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA).
19. Stadnicka D.: Podstawy zarządzania. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2003.
20. Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W.: Narzędzia Lean Manufacturing. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2013.

Dr inż. Dorota Stadnicka
 Inż. Andrzej Hryń
 Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
 Politechnika Rzeszowska
 35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 12,
 tel./fax: (0-17) 865 1452, (0-17) 865 1184
 e-mail: dorota.stadnicka@prz.edu.pl
 andrzej.hryn@gmail.com