

Wykorzystanie diagramu Pareto-Lorenza oraz diagramu Ishikawy do analizy niezgodności powstających w procesie produkcji cięgna hamulca ręcznego

Utilization of the Pareto-Lorenz diagram and Ishikawa diagram for the analysis of nonconformities arising in the production process of the handbrake cord

Dominika Cierpiał¹, Krzysztof Knop²

¹ inż., student, członek koła naukowego "Promotor jakości", Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, e-mail: dominika04_1994@wp.pl

² dr inż., opiekun koła naukowego "Promotor jakości", Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, e-mail: krzysztof.knop@wz.pcz.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki wykorzystania dwóch narzędzi zarządzania jakością tj. diagramu Pareto-Lorenza oraz diagramu Ishikawy celem analizy i oceny jakościowej cięgna hamulca ręcznego do samochodu. Analiza wykorzystująca narzędzia miała na celu wykrycie najczęściej występujących przyczyn niezgodności hamulce ręcznego. Pogłębiona analiza umożliwiła identyfikację przyczyn, co pozwoliło na zaproponowanie odpowiednich działań korygujących.

Abstract: The article presents the results of the use of two quality management tools, ie the Pareto-Lorenz diagram and the Ishikawa diagram, in order to analyze and evaluate the quality of the handbrake cord for the car. Analysis using tools was aimed at detecting the most common causes of non-compliance of the handbrake. An in-depth analysis made it possible to identify the causes, which allowed to propose appropriate corrective actions.

Słowa kluczowe: diagram Pareto-Lorenza, diagram Ishikawy, analiza niezgodności, branża motoryzacyjna

Key words: Pareto-Lorenz diagram, Ishikawa diagram, nonconforming analysis, automotive industry

1. Wstęp

Kluczową wartością dla każdej firmy jest jakość, która musi być uwzględniona zarówno w procesie projektowania oraz produkcji wyrobów. Jak stwierdzili Peters i Waterman „*jakość to nie wszystko, ale wszystko staje się niczym bez jakości*”. Jakość jest tym wszystkim, co pod tym pojęciem rozumie klient, bowiem to klient ocenia wyroby i to on decyduje o powodzeniu danego produktu na rynku. Jakość wg normy ISO 9000 to stopień, w jakim zbiór inherentnych właściwości spełnia wymagania (PN-EN ISO 9000:2015-10). Wymagania wyrobu są odbiciem zidentyfikowanych potrzeb i oczekiwań klientów (Kowalik i Klimecka-Tatar, 2018). Niespełnienie wymagań równoważne jest z powstaniem niezgodności. Jeśli niezgodność odnosi się do zamierzonego lub wyspecyfikowanego użytkowania określana jest mianem wada (PN-EN ISO 9000:2015-10). Niezgodności mogą być wewnętrzne i zewnętrzne. Te pierwsze wykrywane są na terenie zakładu, przez system kontroli jakości, z kolei, drugie, przez użytkowników wyrobów – klientów (Kardas, 2016; Hamrol, 2008). W zakładach produkcyjnych można spotkać się z przeróżnymi rodzajami nie-

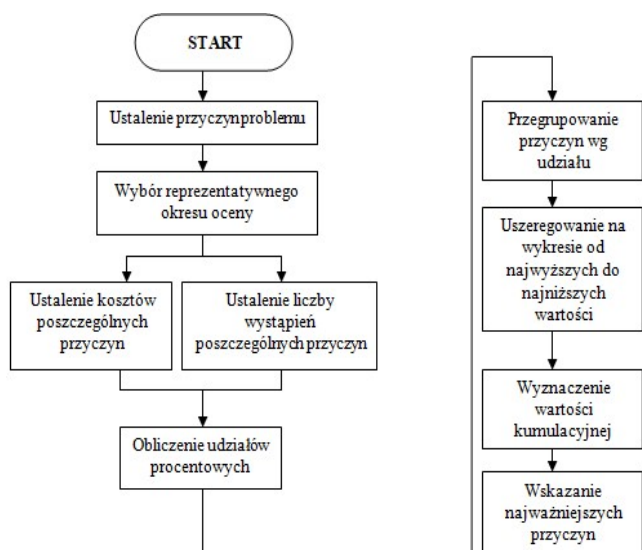
zgodności pojawiającymi się podczas produkowania wyrobów. Chcąc je zlikwidować należy określić miejsce ich pojawienia się, jak również czynniki przyczyniające się do ich wystąpienia (Czyżewski, 2007). W przypadku, gdy przyczyny nie będą we właściwy sposób zidentyfikowane, znacznie trudno rozróżnić te o nadrzędnym znaczeniu i zarazem sprecyzować powiązanie między nimi. Aby określić którymi niezgodnościami należy w pierwszej kolejności się zająć należy przeprowadzić analizę ilościową za dany okres, najlepiej też analizę zorientowaną na koszty, jakie niezgodności te generują. W tym celu można wykorzystać narzędzie zarządzania jakością o nazwie diagram Pareto-Lorenza. Analiza Pareto-Lorenza pozwoli zidentyfikować krytyczne niezgodności pod względem częstości wystąpień (Hamrol, 2015). Aby te niezgodności wyeliminować należy przeprowadzić gruntowaną analizę przyczynową. Do tego celu idealnym narzędziem jakości jest diagram Ishikawy, zwany diagramem przyczynowo-skutkowym (Hamrol, 2008). Analiza przyczyn niezgodności, ich weryfikacja poprzez potwierdzenie lub odrzucenie ich wpływu na dany problem pozwoli zidentyfikować kluczowe przyczyny, w odniesieniu do których należy zaproponować środki zaradcze, które w efekcie,

skutecznie wdrożone, powinny całkowicie wyeliminować dany problem. Warto korzystać z potencjału narzędzi zarządzania jakością do rozwiązywania problemów oraz doskonalenia jakości.

W artykule przedstawione praktyczne wykorzystanie dwóch narzędzi jakości, tj. diagramu Ishikawy oraz diagramu Pareto-Lorenza celem analizy niezgodności powstających w procesie produkcji cięgna hamulca ręcznego.

2. Diagram Pareto-Lorenza i diagram Ishikawy w służbie analizy niezgodności

Twórcą zasady Pareto był Vilfredo Pareto, włoski ekonomista, który odkrył, że 80% skutków jest spowodowanych przez 20% przyczyn, co w odniesieniu do jakości może oznaczać, że 80% kosztów jakościowych z tytułu braków lub napraw pochodzi z 20% możliwych przyczyn. Wszystkie problemy w produkcji zasługują na uwagę, dlatego dane mogą być prezentowane za pomocą wykresu Pareto-Lorenza np. z tytułu braków, napraw, zwrotów gwarancyjnych oraz innych kosztów związanych z produkcją wyrobu, bądź jego dostarczaniem. Diagram Pareto-Lorenza jest używany do analizy danych zebranych za pomocą arkusza kontrolnego. Przedstawia on wykres danych od największej częstotliwości do najmniejszej, stosowany jest również, jako narzędzie dla ustalania planu poprawy jakości. Diagram Pareto-Lorenza umożliwia klasyfikację czynników, które oddziałują na badane zjawisko (Wolniak i Skotnicka, 2007). Na rys. 1 przedstawiono schemat wykorzystania diagramu Pareto-Lorenza.



Rys. 1. Schemat zastosowania diagramu Pareto-Lorenza

Diagram przyczynowo-skutkowy Ishikawy jest jednym z narzędzi z grupy tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością. Ze względu na swój kształt zwany jest także diagramem rybiej ości (Krzemień, 2004). Diagram Ishikawy to graficzne przedstawienie wzajemnych relacji między skutkiem a mogącym go spowodować różnorodnymi przyczynami. Narzędzie to stosowane jest w pracy zespołowej. Jego zadaniem jest poszerzenie horyzontów myślenia zespołu, jak również wyznaczenie drogi, w których powinno się poszukiwać rozwiązań, ponieważ umożliwia uwolnienie się od rozumowania rutynowego (Urbaniak, 2004). Identyfikując kategorie czynników powodujące przyczyny, zastosować można podejście 5M, adekwatnie, z którym przyczyny rozpoznawane powinny być w obrębie pięciu głównych obszarów (Borkowski, 2004):

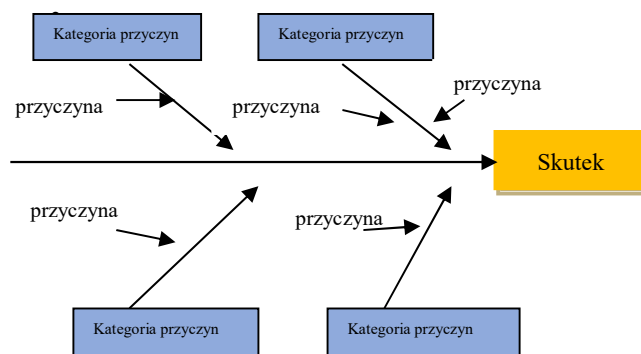
- MAN (człowiek).

- METHOD (metoda).
- MACHINE (maszyna).
- MATERIAL (materiał).
- MANAGMENT (zarządzanie).

Stosowanie 5M w odniesieniu do zagadnień produkcyjnych gwarantuje, że podczas analizy większość kluczowych przyczyn zostanie rozpoznana. Do negatywnych stron diagramu Ishikawy zalicza się przesadne trzymanie się narzuconej struktury, która może doprowadzić do sytuacji, gdzie przyczyny w sposób sztuczny będą wynajdywane. Wykorzystując diagram Ishikawy należy wykonywać zadania opierając się według następującej procedury:

- dokładna identyfikacja jak i wpisanie kluczowego problemu na osi wykresu,
- zidentyfikowanie głównych przyczyn problemu a także wyróżnienie kategorii przyczyn na osiach prowadzących do centralnej osi wykresu,
- zidentyfikowanie poszczególnych przyczyn w ramach wcześniej wyznaczonych grup przyczyn oraz zaznaczenie ich na osiach prowadzących do osi grup przyczyn.

Na rys. 2 przedstawiono schemat diagramu rybiej ości.



Rys. 2. Schemat diagramu rybiej ości - Ishikawy

3. Wyniki badań i ich omówienie

Do oceny poziomu jakości hamulca ręcznego produkowanego w badanym przedsiębiorstwie z branży motoryzacyjnej wykorzystano wyniki z procesów kontroli jakości za okres od lipca do września 2017 roku. Przedstawione dane liczbowe są wynikiem analiz raportów jakościowych wypełnianych na stanowiskach kontroli w postaci arkusza kontrolnego. Dane te stanowią podstawę analiz jakościowych dla poszczególnych linii wytwarzania w Dziale Kontroli Jakości.

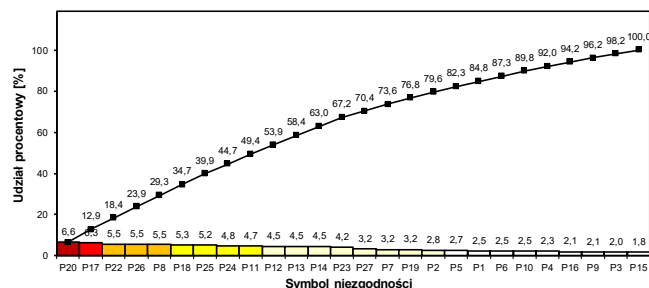
Wykonana analiza danych ukazała wystąpienie 26 różnorodnych przyczyn niezgodności istotnych dla wyprodukowania niezgodnego produktu, które zostały przedstawione w tabeli 1. Tabela ukazuje przyczyny i ich udział, które pojawiają się we wszystkich etapach procesu produkcji hamulca ręcznego. Dane wejściowe ukazane na diagramie Pareto-Lorenza uszeregowane zostały w kolejności malejącej. Określono również procentowy, jak i skumulowany udział procentowy niezgodności, co umożliwi rozpoznanie niezgodności, które mają największy udział w generowaniu problemów jakościowych podczas produkcji badanego wyrobu.

Tabela 1. Dane procentowe dotyczące przyczyn niezgodności pojawiających się w produkcji ciągną hamulca ręcznego

Lp.	Przyczyny niezgodności	Symbole	Udział % niezgodności	Skumulowany udział %
1.	Błąd dostawcy podczas Kontroli Jakości Dostaw	P ₂₀	6,57%	6,57%
2.	Uszkodzenie komponentów w trakcie transportu	P ₁₇	6,29%	12,86%
3.	Nieprawidłowe ustawienie urządzenia do cięcia linki	P ₂₂	5,51%	18,37%
4.	Nieprawidłowe ustawienie urządzenia do nawlekania	P ₂₆	5,51%	23,88%
5.	Błąd operatora podczas nawlekania	P ₈	5,45%	29,33%
6.	Błąd dostawcy, uszkodzenie w trakcie transportu podczas nawlekania	P ₁₈	5,34%	34,67%
7.	Materiał drutu niezgodny podczas zwijania osłony	P ₂₅	5,23%	39,90%
8.	Złe dobrane parametry zwijania	P ₂₄	4,79%	44,69%
9.	Złe dobrane narzędzia zwijania	P ₁₁	4,73%	49,42%
10.	Nieprawidłowo dobrane parametry powlekania	P ₁₂	4,51%	53,93%
11.	Zbyt duża wilgotność granulatu	P ₁₃	4,51%	58,43%
12.	Złe dobrane taśma znakująca	P ₁₄	4,51%	62,94%
13.	Złe dobrane stemple znakujące	P ₂₃	4,23%	67,17%
14.	Złe dobrane parametry znakujące	P ₂₇	3,23%	70,40%
15.	Błędny ustawiony opór odcinarki	P ₇	3,17%	73,57%
16.	Wadliwa regulacja urządzenia napinającego	P ₁₉	3,17%	76,74%
17.	Zużyte noże odcinające	P ₂	2,84%	79,58%
18.	Zużycie freza	P ₅	2,67%	82,25%
19.	Niewłaściwa wilgotność tworzywa	P ₁	2,50%	84,76%
20.	Niewłaściwe parametry wtrysku	P ₆	2,50%	87,26%
21.	Niezgodne parametry procesu wtrysku	P ₁₀	2,50%	89,76%
22.	Zużycie formy	P ₄	2,28%	92,05%
23.	Nieprawidłowe pozycjonowanie ciągną w formie	P ₁₆	2,11%	94,16%
24.	Nieprawidłowe pierwsze wtryski z uruchomienia procesu	P ₉	2,06%	96,22 %
25.	Niedokładne czyszczenie wtryskarki przy zmianie tworzywa	P ₃	2,00%	98,22 %
26.	Niewłaściwe opakowanie	P ₁₅	1,78%	100,00%

Na podstawie sprecyzowanych i prawidłowo uszeregowanych niezgodności wg tabeli 1 sporządzono diagram Pareto-Lorenza, który został ukazany na rys. 3.

Diagram Pareto-Lorenza umożliwił rozpoznanie najistotniejszych niezgodności, które powinno się w jak najszybszym czasie zniwelować.



Rys. 3. Diagram Pareto-Lorenza dla analizy niezgodności ciągną hamulca ręcznego

Z rys. 3 wynika, że za 79,58% niezgodności pojawiających się w czasie procesu produkcyjnego hamulca ręcznego odpowiada 17 przyczyn począwszy od błędu dostawcy podczas Kontroli Jakości Dostaw po zużyte noże odcinające. Pozostałe 9 przyczyn niezgodności wywołuje 20,42% rozpoznanych przyczyn. Na podstawie diagramu Pareto-Lorenza, stwierdzono, że aby zmniejszyć liczbę występujących niezgodności należy zlikwidować dwa najczęściej pojawiające się przyczyny, czyli: P₂₀ (niewłaściwe parametry wtrysku) i P₁₇ (zużyte noże odcinające), poprzez odpowiednią regulację i kalibrację maszyny, wymianę narzędzi wtryskowych, jak również wymianę oprzyrządowanie na mocniejszą stal.

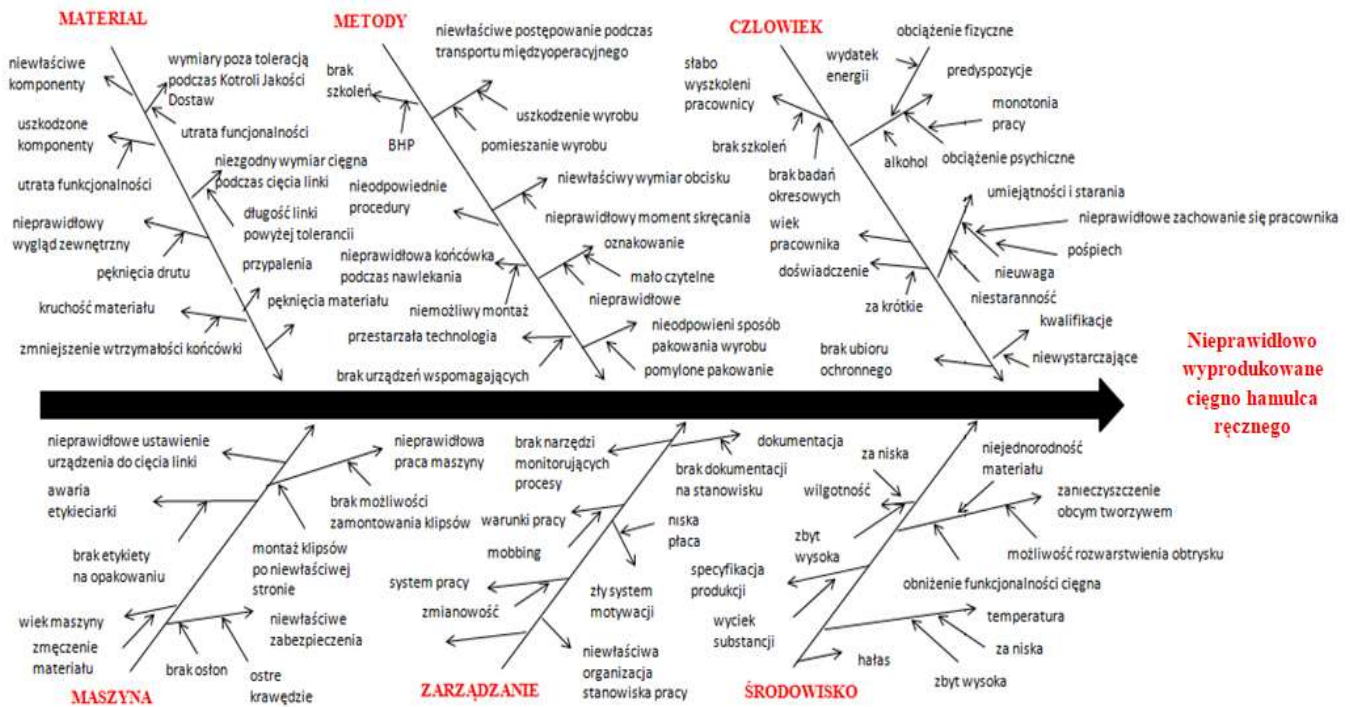
W celu identyfikacji potencjalnych przyczyn niezgodnego ciągną hamulca ręcznego opracowany został diagram przyczynowo-skutkowy przedstawiony na rys. 4. Diagram Ishikawy przedstawia jak bardzo złożony jest analizowany problem oraz umożliwił uwidocznienie przyczyn pojawiania się niezgodności. Na podstawie diagramu Ishikawy wskazano cztery zasadnicze przyczyny, które wpływają na nieprawidłowe wyprodukowanie ciągną hamulca ręcznego, a są to:

- zmniejszenie wytrzymałości końcówki,
- zanieczyszczenie obcym tworzywem,
- brak wykonania operacji kontroli,
- niewłaściwe postępowanie podczas transportu międzyoperacyjnego.

Po dokonaniu analizy jakościowej przyczyn generowanych niezgodność nieprawidłowego wyprodukowania ciągną wskazano cztery najistotniejsze przyczyny:

- kruchość materiału,
- zmniejszenie funkcjonalności ciągną,
- możliwość rozwarstwienia obtrysku,
- uszkodzenie wyrobu i pomieszenie podczas pakowania.

Zmniejszenie wytrzymałości końcówki wpływa na kruchość materiału. W celu zapobiegania należy dobrać właściwe tworzywo. Brak wykonania operacji kontroli ciągną, niedokładne czyszczenie wtryskarki, jak również uszkodzenie i pomieszenie wyrobu zdecydowanie wpływa na nieprawidłowe wyprodukowanie finalnego wyrobu. Szkolenie pracowników w celu wykonania właściwej kontroli, dokładnego czyszczenia maszyny jak i bezbłędnego pakowania może znacząco zapobiec produkowaniu wyrobów niezgodnych.



Rys. 4. Diagram Ishikawy dotyczący nieprawidłowego (niezgodnego) cięgna hamulca ręcznego

4. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzona analiza niezgodności cięgna hamulca ręcznego do samochodu pozwoliła na zaproponowanie usprawnień procesu wytwarzania na podstawie otrzymanych wyników.

Przeprowadzona analiza ukazała rozpoznanie kluczowych przyczyn niezgodności cięgna hamulca ręcznego, do których zakwalifikowano: niewłaściwe parametry wtrysku, zużyte noże odcinające, kruchość materiału, zmniejszenie funkcjonalności cięgna, rozwarstwienie obtrysku, jak również uszkodzenie i pomieszczenie wyrobu podczas pakowania. Zasadniczymi przyczynami powodującymi pojawienie się niezgodności są: zmniejszenie wytrzymałości końcówki, zanieczyszczenie obcym tworzywem, brak wykonania operacji kontroli oraz niewłaściwe postępowanie podczas transportu międzyoperacyjnego.

Zaproponowano szereg czynności prewencyjnych mających zadanie niedopuszczenie do pojawienia się niezgodności podczas produkcji, poprzez: odpowiednią regulację i kalibrację maszyny, wymianę narzędzi wtryskowych, dokładne czyszczenie wtryskarki, wymianę oprzyrządowania na mocniejszą stal, właściwe i odpowiednie dobranie tworzywa oraz bezbłędne pakowanie.

Wprowadzono czynności prowadzące do poprawy skuteczności wykrywania niezgodności. Do najważniejszych z nich zaliczać można: szkolenie pracowników i wprowadzenie dodatkowych i regularnych kontroli.

Przedsiębiorstwo powinno położyć nacisk na szkolenie i zdobywanie dodatkowych kwalifikacji przez pracowników, dokładne zabezpieczenie wyrobu zarówno podczas transportu, jak również podczas magazynowania i składowania a także zwiększenie nakładów na kontrolę. Działania te mogą powodować wysokie koszty, aczkolwiek w późniejszej perspektywie czasu powinny w zasadniczy sposób wpłynąć na ograniczenie niezgodności cięgna hamulca ręcznego.

Literatura

- Borkowski S. (2004) Mierzenie poziomu jakości. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania i Marketing, Sosnowiec.
- Czyżewski B. (2007) Wewnętrzna kontrola jakości w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Wielkopolski Klub Jakości FSNT NOT, Poznań.
- Hamrol A. (2008) Zarządzanie jakością z przykładami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Hamrol A. (2008) Strategie i praktyki sprawnego działania. LEAN, SIX SIGMA i inne. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kardas E. (2016) The assessment of quality of products using selected quality instruments. *Production Engineering Archives* 10/1, 5-8. DOI: 10.30657/pea.2016.10.02
- Kowalik K., Klimecka-Tatar D. (2018) The process approach to service quality management. *Production Engineering Archives* 18, 31-34. DOI:10.30657/pea.2018.18.05
- Krzemien E. (2004) Zintegrowane zarządzanie – aspekty towaroznawcze: jakość środowiska, technologia, bezpieczeństwo. Wydawnictwo Śląsk, Katowice-Warszawa.
- PN-EN ISO 9000:2015-10 Systemy zarządzania jakością - Podstawy i terminologia.
- Urbaniak M. (2004) Zarządzanie jakością, teoria i praktyka. Difin, Warszawa.
- Wolniak R., Skotnicka B. (2007) Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.