

# Zapobieganie niezgodnościom wyrobów w przedsiębiorstwie produkcyjnym – studium przypadku

## Prevention of product nonconformities in the production company – case-study

Karolina Kapkowska<sup>1</sup>, Krzysztof Knop<sup>2</sup>

<sup>1</sup> inż., student, członek koła naukowego “Promotor jakości”, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, e-mail: k.kapkowska@gmail.com

<sup>2</sup> 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:** Głównym celem badań jest identyfikacja i ocena poziomu jakości w procesie produkcji form odlewniczych oraz przedstawienie sposobów zapobiegania niezgodnościom. W artykule wykorzystano dwa tradycyjne narzędzia zarządzania jakością, tj. diagram Pareto-Lorenza oraz diagram Ishikawy. W wyniku przeprowadzonych badań przy użyciu diagramu Pareto-Lorenza wyszczególniono główne niezgodności badanego produktu. Kolejnym etapem było wykorzystanie diagramu Ishikawy do analizy czynników powodujących najczęściej występującą niezgodność (niezgodność krytyczną). Do każdej niezgodności zaproponowano działania korygujące i zapobiegawcze.

**Abstract:** The main goal of the research is the identification and assessment of the quality level in the production process of molds and the presentation of methods to prevent nonconformities. The article uses two traditional quality management tools, such as Pareto-Lorenz diagram and Ishikawa diagram. As a result of the research carried out using the Pareto-Lorenz diagram, the main nonconformities was specified for the product under test. The next step was to use of the Ishikawa diagram to analyze the factors that cause the most common nonconformity. Corrective and preventive actions have been proposed for each nonconformities.

**Słowa kluczowe:** analiza jakościowa, wyrób niezgodny, diagram Pareto-Lorenza, diagram Ishikawy

**Key words:** quality analysis, nonconforming product, Pareto-Lorenzo diagram, Ishikawa diagram

### 1. Wstęp

Produkt to wynik przeprowadzonego zestawu czynności, operacji, procesów produkcyjnych. Produkt przyjmuje postać usługi, materiału przetworzonego, wytworu intelektualnego czy też przedmiotu materialnego, tj. wyrobu. Najważniejszymi właściwościami wyrobu są: materialna postać i mierzalność, sposobność określenia zbiorem charakterystyk wielokrotnie mierzalnych (obserwowalnych), brak bezpośredniego związku między klientem a producentem a także możliwość otrzymania prawa własności do danego wyrobu (Hamrol, 2007). Efektem ubocznym prowadzenia działalności produkcyjnej są wyroby niezgodne, czyli nie spełniające wymagań klienta.

Wyrób niezgodny zdefiniować można jako ten, który nie spełnia postawionych mu wymagań określonej specyfikacji technicznej. Wyrób taki może powstać na skutek nieprawidłowo wykonanego etapu lub etapów procesu produkcyjnego, zastosowania niewłaściwego materiału, komponentu, złego przechowywania lub transportu wyrobu lub też jego nieodpowiedniego opakowania. Przyczyny powstawania wyrobów niezgodnych można ująć do kategorii 5M+E (Hamrol, 2007). W każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym powstają wyroby niezgodne. Przekazanie wyrobu niezgodnego do

klienta niesie za sobą określone straty dla przedsiębiorstwa. Ujawnienie niezgodności w produkcie po jego zakupie powoduje często wniesienie reklamacji przez klienta, co wpływa na spadek zadowolenia i lojalności klientów oraz w efekcie na spadek sprzedaży. Reklamacje prowadzą do dużych kosztów dla przedsiębiorstwa wynikających z usuwania nieprawidłowości w niezgodnych wyrobach czy też wymiany niezgodnego produktu na nowy. Priorytetem dla każdej organizacji powinno być zatem przeciwdziałanie powstawaniu wyrobom niezgodnym w produkcji, a przez to ograniczanie kosztów oraz zapewnienie zadowolenia klientów zgodnym jakościowo produktem.

Rozpoznanie, że dany wyrób jest niezgodny odbywa się zazwyczaj przez pomiary, ocenę, stosowanie sprawdzianów, podczas audytu wewnętrznego, czy na skutek otrzymanych reklamacji lub skarg od klientów. Wg normy ISO 9001:2015 każda organizacja zobowiązana jest do zapewnienia, że wyrób niezgodny został rozpoznany i jego monitorowanie przebiegało tak, aby można było przeciwdziałać jego przypadkowemu użyciu lub dostawie. Organizacja powinna podjąć właściwe działania korygujące i zapobiegawcze na podstawie rodzaju wykrytej niezgodności wewnętrznej, jej przyczyny oraz skutków dla klienta. Znajduje to zastosowanie również do niezgodnych wyrobów i usług, które zostały wykryte po dostawie

wyrobów, w czasie lub po dostarczeniu usługi. Organizacja powinna postępować z niezgodnymi wyrobami lub usługami poprzez: korekcję, wstrzymanie, segregację, zwrot albo zawieszenie dostawy wyrobów i usług, poinformowanie klienta, pozyskanie zgody na przyjęcie w ramach ustępstwa. Zgodność z wymogami powinna zostać poddana weryfikacji, wtedy kiedy niezgodne „wyjścia” zostaną skorygowane (PN-EN ISO 9001:2009; Kuchariková i wsp., 2016).

Celem artykułu jest ocena poziomu jakości wyrobu z branży odlewniczej oraz zaproponowanie sposobów zapobiegania wyrobom niezgodnym.

## 2. Metody badań

Podmiotem badań jest małe przedsiębiorstwo produkcyjne zlokalizowane w województwie śląskim, działające od 2002 roku w branży obróbki skrawaniem, zajmujące się projektowaniem i produkcją form ciśnieniowych, wtryskowych, kokilowych, wykrojników oraz oprzyrządowania specjalistycznego. Firma produkuje narzędzia dla różnych branż, m.in. motoryzacyjnej, elektrotechnicznej, budowlanej, ogrodniczej, lotniczej.

Do analizy i oceny poziomu jakości oraz przedstawienia sposobów prewencji powstawania wyrobów niezgodnych zastosowano diagram Pareto-Lorenza oraz diagram Ishikawy.

Diagram Pareto-Lorenza pozwala na hierarchizację czynników oddziałujących na analizowane zjawisko. Narzędzie to ma szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach nauki oraz w życiu codziennym. Jego twórcą jest Włoch Vifredo Pareto (1848-1923), który zajmował się socjologią i ekonomią. W XIX wieku przeprowadzał badania dotyczące zamożności społeczeństwa włoskiego z których wynikało, że aż 80% bogactw Włoch należy do jedynie 20% społeczeństwa (stąd zasada 80/20, zwana zasadą Pareto). Według zasady Pareto niewielka liczba sytuacji, bądź zdarzeń odpowiada za większość pojawiających się zjawisk. Zasada ta używana jest w zarządzaniu, dzięki niej zobrazować można, co należałoby naprawić, na czym skupić uwagę, aby zwiększyć efektywność zarządzania, a co należałoby pominąć, jako że i tak nie da się tego zmienić. Jest to reguła umożliwiająca wyznaczenie kierunków działań, które zmierzają do poprawy jakości procesów, wyrobów bądź usług; wg niej hierarchizuje się dane ze względu na ich ważność.

Wykres Pareto-Lorenza, który zastosowano, jest ściśle powiązany z zasadą nierównomierności dochodów, którą opracował Max Otto Lorenz (1876-1959), amerykański ekonomista. Badał on nierównomierne rozkłady dochodów i wizualizował je za pomocą krzywej, która później została nazwana krzywą Lorenza. Wykres albo diagram Pareto-Lorenza opracowano wg następujących kroków:

1. Zgromadzenie danych o badanym zjawisku.
2. Uszeregowanie przyczyn w kolejności ważności.
3. Ustanowienie skumulowanych wartości każdej z przyczyn.
4. Oznaczenie na osi pionowej (Y) wartości (ilości) przyczyn a także ich udziały procentowe.
5. Oznaczenie na osi poziomej (X) przyczyn w kolejności malejącej, czyli od największej do najmniejszej, w kierunku od lewej do prawej.
6. Narysowanie wykresów słupkowych dla każdej przyczyny – tj. wykres Pareto.
7. Oznaczenie punktów odpowiadających konkretnym wartościom skumulowanym i połączenie ich linią – tj. krzywą Lorenza (Mazur i Gołaś, 2010).
8. Podjęcie działań eliminujących lub zmniejszających oddziaływanie najważniejszych przyczyn i polepszających analizowaną sytuację (Mroczo, 2011).

Zasada Pareto pełni bardzo ważną rolę z paru względów: w wielu schematach stanowi argument do twierdzenia, że uzyskanie celu jest możliwe w skończonej liczbie kroków oraz kieruje uwagę

na określenie priorytetów dla możliwych kierunków postępowania przed podjęciem działania (Myszewski, 2011).

Wykrycie czynników powodujących wystąpienie danego niezgodności jest możliwe dzięki zastosowaniu diagramu Ishikawy. Diagram Ishikawy przedstawia w postaci graficznej grupę czynników, które mają wpływ na decydujący wynik. Opiera się na założeniu, że dany skutek wywołuje nie jeden, lecz zbiór czynników (Hamrol, 2007). Przygotowanie wykresu przyczynowo-skutkowego zrealizowano poprzez wykorzystanie metody burzy mózgów. Diagram kształtem przypomina rybią ość, gdzie „głowa” to problem, który należy rozwiązać, z kolei „kręgosłup” gromadzi poszczególne przyczyny powodujące pojawienie się omawianego problemu oraz „ości”, to przyczyny wchodzące w skład danej grupy. Diagram Ishikawy prezentuje informacje w sposób uporządkowany, hierarchizuje konkretne dane, przez co zapis jest przejrzysty i komunikatywny oraz skupia się na lokalizacji i eliminacji przyczyn, które powodują problem. Opracowanie diagramu Ishikawy zrealizowano w 4 etapach:

- zdefiniowanie problemu – rozpoznano problem, który trzeba rozwiązać oraz zapisano go na końcu strzałki;
- sformułowanie głównych przyczyn – wykorzystano podejście 5M, zgodnie z nim oznaczono pięć głównych czynników, tj. czynnik ludzki, maszynę, metodę, materiał i zarządzanie (ang. *man, machine, method, material, management*). Przedstawione czynniki zapisywano na osiach, które będą dochodzić do głównej osi diagramu;
- sformułowanie czynników drugorzędnych – to czynniki bezpośrednio powiązane z czynnikami głównymi, będące ich rozwinięciem (Hamrol i Mantura, 2002);
- analiza wyników – po opracowaniu diagramu poddano go dokładnej analizie poprzez wystawienie go na widok publiczny, przez co każdy uczestnik mógł zaprezentować swoje zdanie i zasugerować rozwiązanie (Mazur i Gołaś, 2010).

## 3. Wyniki badań i ich omówienie

Diagram Pareto-Lorenza jest narzędziem, który wykorzystano do rejestracji danych dotyczących badanego zagadnienia – niezgodności wyrobów i przeanalizowanie ich w taki sposób, aby umożliwić wyróżnienie niezgodności najbardziej znaczących. Badaniem wyrobem są wkłady formujące detal. Przebadano 50 wyrobów i zaobserwowano następujące niezgodności:

- zła średnica gabarytu,
- zła średnica części formującej,
- nieodpowiednia głębokość części formującej,
- zła długość całkowita gabarytu,
- zły kierunek zabezpieczenia,
- zła średnica otworów,
- zły kształt otworu,
- nieodpowiednia powierzchnia,
- zła zbieżności elementów,
- zła średnica wlewów i przelewów.

Dokonano analizy ilościowej niezgodności badanego wyrobu. Uszeregowano niezgodności w kolejności od najbardziej do najmniej znaczących, obliczono procentowy udział każdej w stosunku do całości zjawiska oraz obliczono wartości skumulowane. Pozwoliło to na identyfikację niewielkiej liczby niezgodności powodujących znaczącą ilość problemów jakościowych. Wyniki analizy przedstawia tabela 1.

Na podstawie zdefiniowanych i odpowiednio uszeregowanych niezgodności z tabeli 1 sporządzono diagram Pareto-Lorenza, który przedstawiono na rysunku 1. Krzywą Pareto identyfikują słupki, czyli udział procentowy niezgodności, a krzywą Lorenza krzywa liniowa, która odzwierciedla wartości skumulowane niezgodności.

Tabela 1. Wykaz niezgodności badanego wyrobu i analiza ich częstotliwości występowania dla potrzeb budowy diagramu Pareto-Lorenza

Symbol niezgodności	Nazwa niezgodności	Częstotliwość występowania	Udział % niezgodności	Wartość skumulowana niezgodności
N10	Nieodpowiednia średnica wlewów i przelewów	10	34,5	34,5
N6	Zła średnica otworów	6	20,7	55,2
N8	Nieodpowiednia powierzchnia	3	10,3	65,5
N4	Zła długość całkowita gabarytu	2	6,9	72,4
N7	Zły kształt otworu	2	6,9	79,3
N9	Złe zbieżności elementów	2	6,9	86,2
N1	Zła średnica gabarytu	1	3,4	89,7
N2	Zła średnica części formującej	1	3,4	93,1
N3	Nieodpowiednia głębokość części formującej	1	3,4	96,6
N5	Zły kierunek zabezpieczenia	1	3,4	100,0
<b>SUMA</b>		<b>22</b>	<b>100</b>	

Na podstawie otrzymanego diagramu Pareto-Lorenza zauważyć można, że 20% przyczyn powoduje 55,2 % skutków. 55,2% problemów jakościowych spowodowanych jest przez 2 niezgodności, a mianowicie nieodpowiednią średnicę wlewów i przelewów oraz złą średnicę otworów. Pozostałe 8 niezgodności powoduje powstawanie 44,48% problemów jakościowych. Należy więc skupić się na ograniczeniu tych dwóch kluczowych niezgodności. Biorąc pod uwagę regułę 80/20 wysuwają się wnioski, że 5 niezgodności powoduje powstawanie ok. 80% (79,3%) problemów jakościowych, a mianowicie nieodpowiednia średnica wlewów i przelewów, zła średnica otworów, nieodpowiednia powierzchnia, zła długość całkowita gabarytu oraz zły kształt otworu. Według tej zasady to te niezgodności powinny być wyeliminowane w pierwszej kolejności, należy więc skoncentrować się na dokładnej analizie specyfikacji wyrobu, aby wszystkie wymiary były odpowiednie. Po wprowadzeniu proponowanych działań korygujących oraz upływie wyznaczonego czasu (np. roku), można ponownie dokonać analizy problemu za pomocą diagramu Pareto-Lorenza, który jest mało kosztowny i łatwy w zastosowaniu oraz dzięki niemu można obniżyć poziom wyrobów niezgodnych.

Kolejnym etapem badań było dokonanie analizy przyczynowo-skutkowej niezgodności za pomocą diagramu Ishikawy. Na podstawie diagramu Pareto-Lorenza określono niezgodności występujące w produkcji wkładów formujących oraz ich częstość występowania. Najczęściej występującą niezgodnością okazała się być nieodpowiednia średnica wlewów i przelewów.

Sporządzono diagram Ishikawy (rys. 2) dla niezgodności występującej najczęściej. Pozwolił on na wyszczególnienie możliwych

przyczyn i podprzyczyn badanego problemu. Analiza została oparta na pięciu podstawowych obszarach problemowych, czyli: maszyna, metoda, zarządzanie, człowiek oraz materiał. Diagram wskazuje na szereg czynników wywołujących dane przyczyny, najwięcej z nich znajduje się w grupie „maszyna” i „człowiek”.

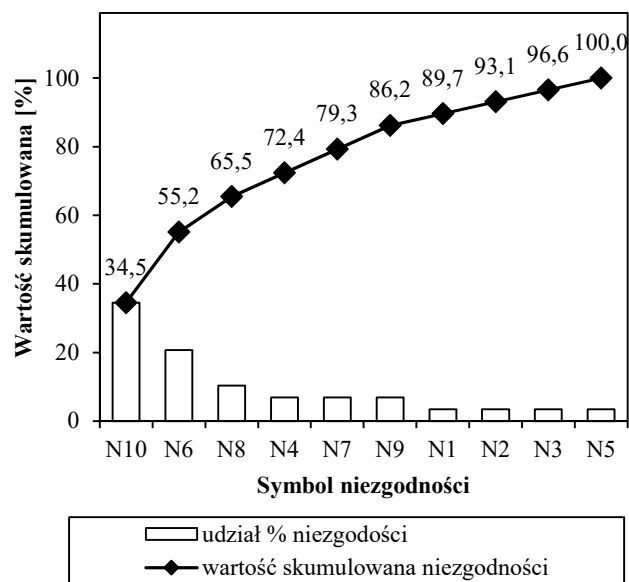
Maszyna odgrywa istotną rolę w postawianiu niezgodności ponieważ dzięki słabej wydajności, awarii i co za tym idzie, braku części zamiennych może ona generować powstawanie złych wymiarów w wyrobach. Urządzenie mogło zostać przeciążone lub nie było wystarczająco nowoczesne. Zwrócić należy również uwagę na fakt, że mogło zabraknąć instrukcji obsługi.

W dużej mierze człowiek również wpływa na powstawanie niezgodności: ważne są jego kwalifikacje, staż pracy, zadowolenie i samopoczucie. Pracownicy muszą uczestniczyć w szkoleniach i posiadać odpowiednią wiedzę dotyczącą działania urządzeń, które znajdują się w firmie.

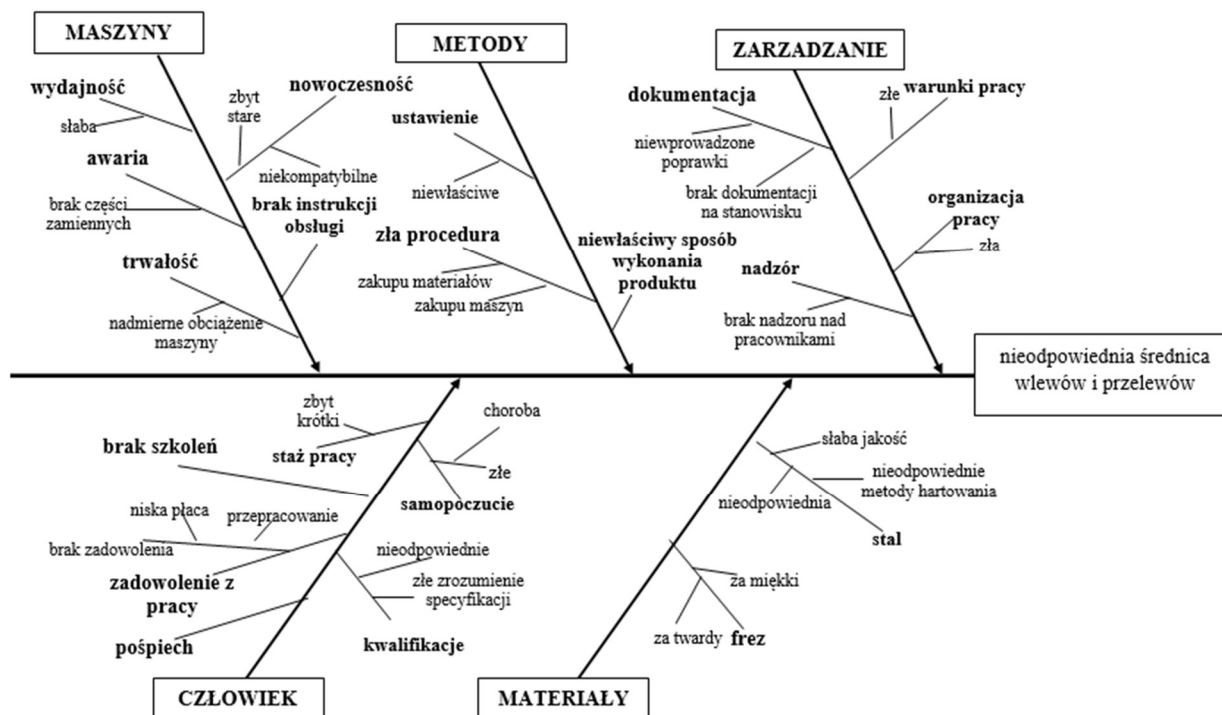
Podczas analizy „metod” zauważono, że maszyna mogła zostać niewłaściwie ustawiona, procedura zakupu materiałów lub maszyn mogła być nieodpowiednia, co niosło skutki w nieprawidłowym wykonaniu wyrobu.

Zarządzanie także wpływa na powstawanie głównego problemu, ponieważ klient mógł nanieść zmiany w wymiarach wyrobu, a poprawki te nie zostały wprowadzone do dokumentacji, lub dokumentacja mogła w ogóle nie być. Pracownicy mogli być nienadzorowani, a warunki i organizacja pracy nieodpowiednie.

Ze względów materiałowych należy w szczególności zwrócić uwagę na wybór odpowiedniej stali. Musi być ona zgodna ze specyfikacją, odpowiedniej jakości i poddana właściwym procesom hartowania. Dobór odpowiedniego frezu również jest bardzo ważny, ponieważ za miękki frez może szybko się zetrzeć, wyszczerbić lub złamać i przez to średnica elementu może być niezgodna.



Rys. 1. Diagram Pareto-Lorenza dla analiza niezgodności krytycznych badanego wyrobu



Rys. 2. Diagram Ishikawy dla analizy przyczynowej powstawania niezgodności – nieodpowiednia średnica wlewów i przelewów

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Każde przedsiębiorstwo powinno stawiać sobie za cel zapobieganie niezgodnościom wyrobów. W artykule przedstawiono sposoby zapobiegania wyrobom niezgodnym, gdzie punktem wyjścia była analiza jakościowa za pomocą narzędzi zarządzania jakością. W efekcie czego zaprezentowano działania korygujące, które będą prowadziły do zmniejszenia liczby niezgodności na etapie produkcji.

Pierwszym wykorzystanym narzędziem był diagram Pareto-Lorenza, na którego podstawie wyodrębniono główne niezgodności występujące podczas produkcji wkładów formujących detal. Najczęściej występującymi niezgodnościami była nieodpowiednia średnica wlewów i przelewów oraz zła średnica otworów. Zaproponowano, aby skupić się na dokładnej analizie specyfikacji wyrobu, aby wszystkie wymiary były odpowiednie.

W kolejnym etapie analizy wykorzystano diagram Ishikawy, który pozwolił wykazać przyczyny odpowiedzialne za występowanie niezgodności. Wybrano nieodpowiednią średnicę wlewów i przelewów, ponieważ według diagramu Pareto-Lorenza, to właśnie ta niezgodność okazała się najistotniejszym problemem jakościowym. Do najważniejszych przyczyn tej niezgodności zaliczono:

- awarię maszyny,
- słabą wydajność maszyny,
- nieodpowiednie kwalifikacje pracowników,
- brak szkoleń,
- złe zrozumienie specyfikacji przez pracowników.

Głównymi przyczynami powodującymi niezgodność krytyczną okazały się być maszyna i człowiek. Należy wprowadzić ulepszenia dotyczące monitoringu nad obrabiarkami, na przykład poprzez wprowadzenie kontroli stanu technicznego maszyny oraz organizować szkolenia dla pracowników, aby podnosić ich kwalifikacje.

Ocena poziomu jakości w procesie produkcji form odlewniczych oraz przedstawienie sposobów zapobiegania wyrobom niezgodnym było przyjętym celem badawczym, który udało się zrealizować. Sposób podejścia do analizy jakościowej, przedstawiony w niniejszym artykule, może posłużyć innym organizacjom i pokazać, że w każdym przedsiębiorstwie, bez względu na jego wielkość, można przeprowadzić tego rodzaju analizy. Zastosowanie narzędzi zarządzania jakością przyniosło zamierzone skutki, pozwoliły bowiem one zidentyfikować niezgodności, wskazać na ich częstość występowania, dokonać ich analizy przyczynowej, co umożliwiło określenie działań korygujących. Walidacja zastosowania narzędzi jakościowych przebiegła pozytywnie, co niewątpliwie zachęca do ich stosowania w celu zapobiegania niezgodnościom wyrobów.

#### Literatura

- Hamrol A. (2007) Zarządzanie jakością z przykładami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Hamrol A., Mantura W. (2002) Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Poznań.
- Kuchariková L., Tillová E., Závodská D. (2016) The assessment of castings quality using selected quantitative methods. Production Engineering Archives 13/4, 7-10. DOI: 10.30657/pea.2016.13.02
- Mazur A., Gołaś H. (2010) Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Mroczo F. (2011) Zarządzanie jakością. Drukarnia D&D Spółka z o.o., Wałbrzych.
- Myszewski J. M. (2009) Po prostu jakość. Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa.
- PN-EN ISO 9001:2009 Systemy zarządzania jakością. Wymagania. Pkt 8.7. Nadzór nad niezgodnymi wyjściami.