

## DOSKONALENIE PROCESU BADAŃ NIENISZCZĄCYCH Z WYKORZYSTANIEM TECHNIK ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ

Dominika SIWIEC<sup>1</sup>, Andrzej PACANA<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Rzeszowska, Rzeszów; d.siwiec@prz.edu.pl; ORCID: 0000-0002-6663-6621

<sup>2</sup> Politechnika Rzeszowska, Rzeszów; app@prz.edu.pl; ORCID: 0000-0003-1121-6352

\* Korespondencja: app@prz.edu.pl; Tel.: +48-178-651-390

**Streszczenie:** Analizowanie jakości wyrobów stanowi kluczowy etap w tworzeniu wyrobu. Jednymi z głównych badań wykorzystywanych do analiz jakościowych są badania nieniszczące (NDT). Badania te pozwalają zidentyfikować niezgodność wyrobu bez jego zniszczenia, co jest szczególnie istotne w przypadku analiz dokonywanych w przedsiębiorstwach produkujących wyroby z przemysłu lotniczego. Jednak dla rozwijających się przedsiębiorstw, niewystarczającym jest jedynie zidentyfikowanie niezgodności, ale także wskazanie źródła jej powstania. Celowym więc było wykazanie, że implementacja technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie metody fluorescencyjnej) umożliwia zidentyfikowanie niezgodności oraz źródła jej powstania. Implementację technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie metody fluorescencyjnej) zaproponowano przedsiębiorstwu zlokalizowanemu w Polsce południowo-wschodniej. Celem było zastosowanie technik zarządzania jakością (tj. diagram Ishikawy i metoda 5Why) po wykryciu niezgodności metodą fluorescencyjną w celu zidentyfikowania źródła powstania tej niezgodności. Przedmiotem badań był wspornik rozdzielacza zewnętrznego. Do analizy wyrobu zastosowano metodę fluorescencyjną, po której wykryto niezgodności (liczne wtrącenia niemetaliczne). Kolejno zastosowano diagram Ishikawy oraz metodę 5Why, które wykorzystane w sposób sekwencyjny umożliwiają zidentyfikowanie źródła niezgodności. Za pomocą diagramu Ishikawy wskazano przyczyny potencjalne problemu oraz przyczyny główne tj. zabrudzony materiał, przetop, brak zachowania czystości podczas pracy. Wykorzystując metodę 5Why zidentyfikowano źródło licznych wtrąceń niemetalicznych, tj. niezgodny materiał od dostawcy. Wykazano, że implementacja technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie metody fluorescencyjnej) umożliwia zidentyfikowanie niezgodności oraz źródła jej powstania. Zaproponowana sekwencja technik tj. badania NDT, diagram Ishikawy oraz metoda 5Why może być praktykowana do analizy jakości różnych typów wyrobów lub różnych typów niezgodności i wskazania źródła ich powstania.

**Słowa kluczowe:** jakość, badania nieniszczące, inżynieria mechaniczna, metoda fluorescencyjna, zarządzanie jakością

## **PERFORMANCE OF NON-DESTRUCTIVE TESTING PROCESS WITH THE USE OF QUALITY MANAGEMENT TECHNIQUES**

**Abstract:** Analysis of product quality is an important part of creating a product. One of the main research use to quality analysis are a non-destructive test (NDT). These tests allow identifying the incompatibility of the product without their destructive, which is especially important in the case of analysis in production enterprises form the aviation industry. However, for developing enterprises, it is not enough to only identify the incompatibilities, but also identify the root of their occurrence. It was therefore purposeful to show that the implementation of quality management techniques in the NDT process (on the example of the fluorescent method) makes it possible to identify non-compliance and the source of its occurrence. Implementation of the quality management techniques in the non-destructive test process (on an example of the fluorescent method) the enterprise localized in south-eastern Poland was proposed. The aim was to use the quality management techniques (i.e. Ishikawa diagram and 5Why method) after identified the incompatibility using the fluorescent method, in order to identify the root of this incompatibility. The subject of the study was the external splitter cantilever. To the analysis of the product, the fluorescent method was used, after which the incompatibility was identified (numerous non-metallic inclusions). Next, the Ishikawa diagram and 5Why method were used, which used in a sequential way allow identify the root of incompatibility. By using the Ishikawa diagram, the potential causes of the problem were identified and also the main causes of the problem, i.e. dirty material, melt, lack of cleanliness during work. By using the 5Why method, the root of the numerous non-metallic inclusions was identified, i.e. faulty material from the supplier. It was shown, that the implementation of quality management techniques in the NDT process (on the example of the fluorescent method) makes it possible to identify non-compliance and the source of its occurrence. The proposed sequence of techniques, i.e. NDT testing, Ishikawa diagram and the 5Why method can be practiced to analyze the quality of different types of products or different types of incompatibilities and indicate the source of their occurrence.

**Keywords:** quality, non-destructive test, mechanical engineering, fluorescent method, quality management

## 1. Wprowadzenie

Potrzeba spełniania potrzeb klientów wynikająca ze osiągnięcia przez wyrób określonej jakości sprawia, że koniecznym jest stosowanie kompleksowych analiz jakościowych (Malindzak et al., 2017; Pacana et al., 2015). Ważne jest to zwłaszcza w przypadku badań jakości wyrobów z przemysłu lotniczego, gdzie szczególnie efektywne są badania nieniszczące (NDT) (Brasche et al., 2006). Badania te umożliwiają wykrycie niezgodności wyboru bez jego zniszczenia, aczkolwiek nie wskazują źródła powstania tej niezgodności. Dla rozwijających się przedsiębiorstw stanowi to problem, ponieważ niewystarczającym podczas analiz jakościowych wyrobów staje się zidentyfikowanie jedynie niezgodności wyrobu. Efektywnym jest wskazanie również źródła powstania tej niezgodności, co przekłada się na podjęcie właściwych działań mających na celu wyeliminowanie lub zminimalizowanie powstawania tej niezgodności (Pacana, and Siwiec, 2019). Celowym więc było wykazanie, że implementacja technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie wybranej do analizy metody fluorescencyjnej) umożliwia zidentyfikowanie niezgodności oraz źródła jej powstania. Implementację technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie metody fluorescencyjnej) zaproponowano przedsiębiorstwu zlokalizowanemu w Polsce południowo-wschodniej.

W przedsiębiorstwie produkcyjnym zlokalizowanym w Polsce południowo-wschodniej dokonywano analiz jakościowych wyrobów z wykorzystaniem badań nieniszczących, tj. metoda fluorescencyjna oraz metoda magnetyczno-proszkowa. Efektywność tych metod tylko do wykrywania niezgodności wyrobu była dla przedsiębiorstwa niewystarczająca. Istotnym również było, aby po wykryciu niezgodności wskazać źródło jej powstania. Celem było zastosowanie technik zarządzania jakością (tj. diagram Ishikawy i metoda 5Why) po wykryciu niezgodności metodą fluorescencyjną w celu zidentyfikowania źródła powstania tej niezgodności. Przedmiotem badań był wspornik rozdzielacza zewnętrznego. Metodą, którą wykorzystano do analizy wyrobu była metoda fluorescencyjna, której wybór uwarunkowany był wymaganiami klienta zewnętrznego zlecającego analizę wyrobu (wspornik rozdzielacza zewnętrznego). Po przeanalizowaniu wspornika rozdzielacza zewnętrznego metodą fluorescencyjną wykryto niezgodności, tj. liczne wtrącenia niemetaliczne. W celu zidentyfikowania źródła niezgodności zastosowano w sposób sekwencyjny wybrane techniki zarządzania jakością, tj. diagram Ishikawy oraz metodę 5Why. Wybór do analizy tych technik zarządzania jakością (diagram Ishikawy i metoda 5Why) uwarunkowany był ich efektywnością, gdy stosowane w sposób sekwencyjny umożliwiają zidentyfikowanie źródła niezgodności. Przyczyny potencjalne problemu zidentyfikowano za pomocą diagramu Ishikawy. Spośród przyczyn potencjalnych wskazano przyczyny główne, tj. zabrudzony materiał, przetop, brak zachowania czystości podczas pracy. Wykorzystując metodę 5Why zidentyfikowano źródło licznych wtrąceń niemetalicznych, tj. niezgodny materiał

od dostawcy. Wykazano, że implementacja technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie metody fluorescencyjnej) umożliwia zidentyfikowanie niezgodności oraz źródła jej powstania.

## 2. Przedmiot badań

Przedmiotem badań był wspornik rozdzielacza zewnętrznego wykorzystywany w przemyśle produkcyjnym oraz lotniczym. Wybór przedmiotu do analizy uwarunkowany był rodzajem niezgodności zidentyfikowanej na wyrobie (liczne wtrącenia niemetaliczne). W przedsiębiorstwie dokonywano kontroli jednostkowej wyrobów, przez co nie było zasadnym prowadzenia analiz identyfikowania źródła niezgodności dla typów wyrobów. Jednak, zasadnym było prowadzenie analiz identyfikowania źródła niezgodności dla typów niezgodności (w tym wtrąceń niemetalicznych) ze względu na rosnącą ich liczbę.

## 3. Metody

Analiza jakości powierzchni wspornika rozdzielacza zewnętrznego została przeprowadzona metodą fluorescencyjną (FPI). Wybór metody do analizy uwarunkowany był wymaganiami klienta zewnętrznego, który zlecił analizę wspornika rozdzielacza zewnętrznego tą metodą (tj. FPI). Metoda fluorescencyjna jest metodą penetracyjną (Pacana et al., 2019a). Niezgodności metodą FPI są identyfikowane przy promieniowaniu ultrafioletowym. Dlatego podczas przeprowadzania analizy wyrobu metodą FPI istotnym jest zaciemnienie stanowiska badawczego (PN-EN ISO 9934-1:2017-02). Metodyka przeprowadzania badań metodą FPI została przedstawiona w literaturze przedmiotu (Pacana et al., 2019a). Doskonalenie procesu prowadzonych analiz jakościowych z wykorzystaniem badań nieniszczących na przykładzie metody fluorescencyjnej polegało na zaimplementowaniu sekwencji technik zarządzania jakością - diagramu Ishikawy i metody 5Why. Wybór technik zarządzania jakością (diagram Ishikawy i metoda 5Why) do analizy uwarunkowany był ich efektywnością, ponieważ stosowane sekwencyjnie umożliwiają wskazać źródło niezgodności (Pacana et al., 2019b; Siwiec et al., 2019).

Diagram Ishikawy, nazywany diagramem rybiej ości lub diagramem przyczynowo-skutkowym, umożliwia zidentyfikowanie potencjalnych przyczyn powstania problemu i kolejno spośród nich wskazanie przyczyn głównych powstania problemu (Pacana et al., 2018; Ulewicz, 2018). W pierwszym etapie analizy w głównej części diagramu zapisano analizowaną niezgodności (liczne wtrącenia niemetaliczne) wryte metodą

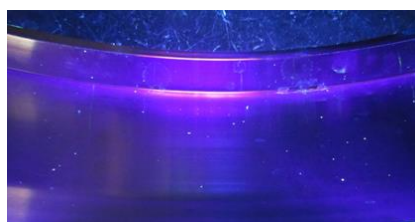
Management and Quality- Zarządzanie i Jakość Vol. 1 No 1

fluorescencyjną na wsporniku rozdzielacza zewnętrznego. W drugim etapie wybrano kategorie diagramu Ishikawy, adekwatne do analizowanego problemu. Były to człowiek, metoda, maszyna, materiał, zarządzanie i środowisko (Pacana et al., 2018; Wolniak, 2017; Skotnicka-Zasadzien et al., 2017). W trzecim etapie analizy, za pomocą burzy mózgów, przypisano potencjalne przyczyny problemu, spośród których wybrano trzy przyczyny główne. Aby zidentyfikować źródło problemu zastosowano metodę 5Why.

Metoda 5Why ma zastosowanie do identyfikowania źródła problemu. Polega na zadawaniu w sposób sekwencyjny kolejnych pytań „Why?”, aż do uzyskania odpowiedzi, po której możliwe będzie podjęcie adekwatnych do problemu działań doskonalących (Ulewicz, 2003; Pacana et al., 2019a, Pacana et al., 2019b). W pierwszym etapie analizy metodą 5Why zanotowano niezgodność (liczne wtrącenia niemetaliczne), które zostały zidentyfikowane na rozdzielaczu wspornika zewnętrznego metodą FPI. W kolejnej części analizy do wskazanego problemu (liczne wtrącenia niemetaliczne) zapisano trzy przyczyny główne zidentyfikowane diagramem Ishikawy. Przeprowadzono dalszą analizę poprzez sekwencyjnie zadawane pytanie „Why?”, aż do zidentyfikowania źródła problemu licznymi wtrąceniami niemetalicznymi. Po dokonanej analizie podjęto adekwatne do zidentyfikowanego źródła problemu działania doskonalące.

#### 4. Wyniki

Po przeprowadzeniu analizy metodą fluorescencyjną rozdzielacza wspornika zewnętrznego zidentyfikowano niezgodności tj. liczne wtrącenia niemetaliczne (Rysunek 1).

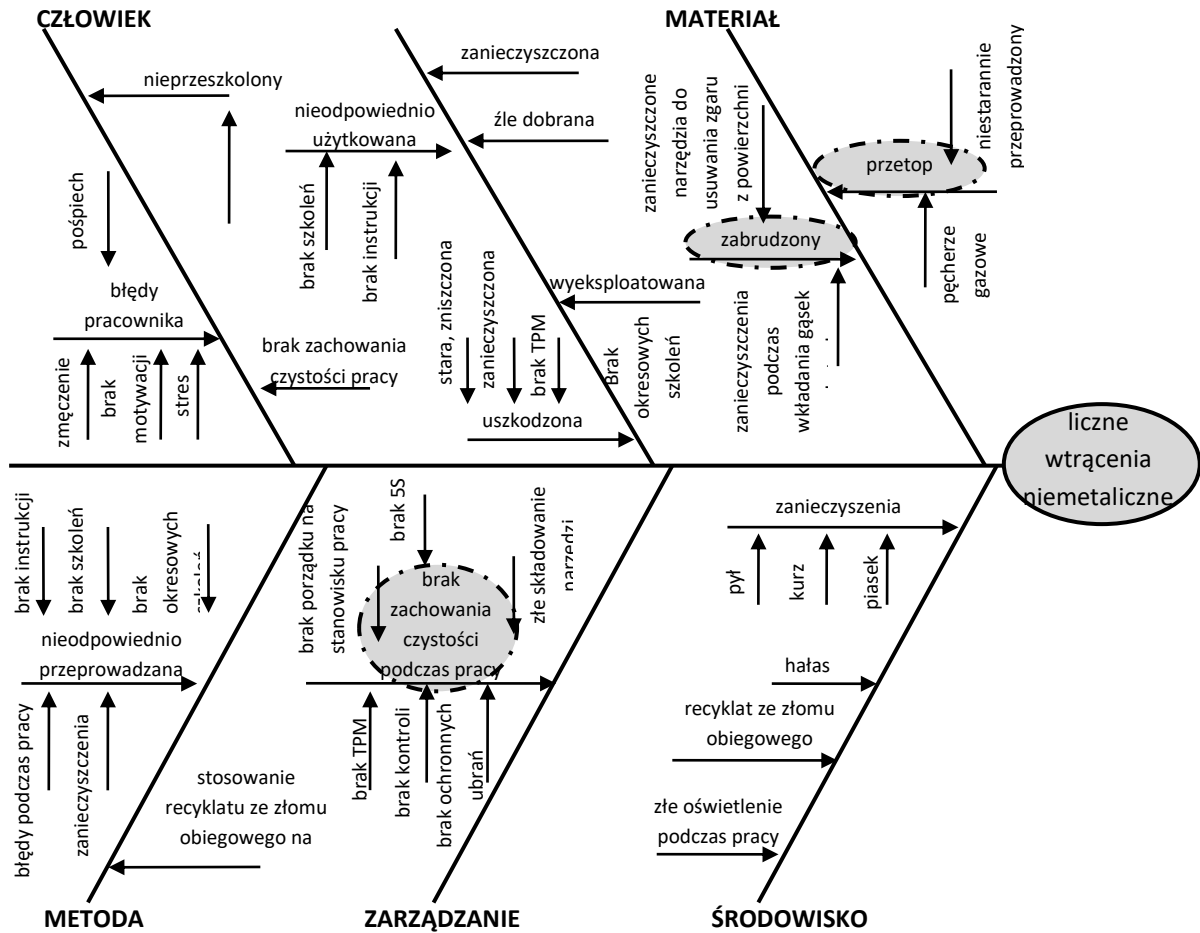


**Rysunek 1.** Niezgodność (liczne wtrącenia niemetaliczne) na rozdzielaczu wspornika zewnętrznego.  
*Źródło: Materiały niepublikowane analizowanego przedsiębiorstwa.*

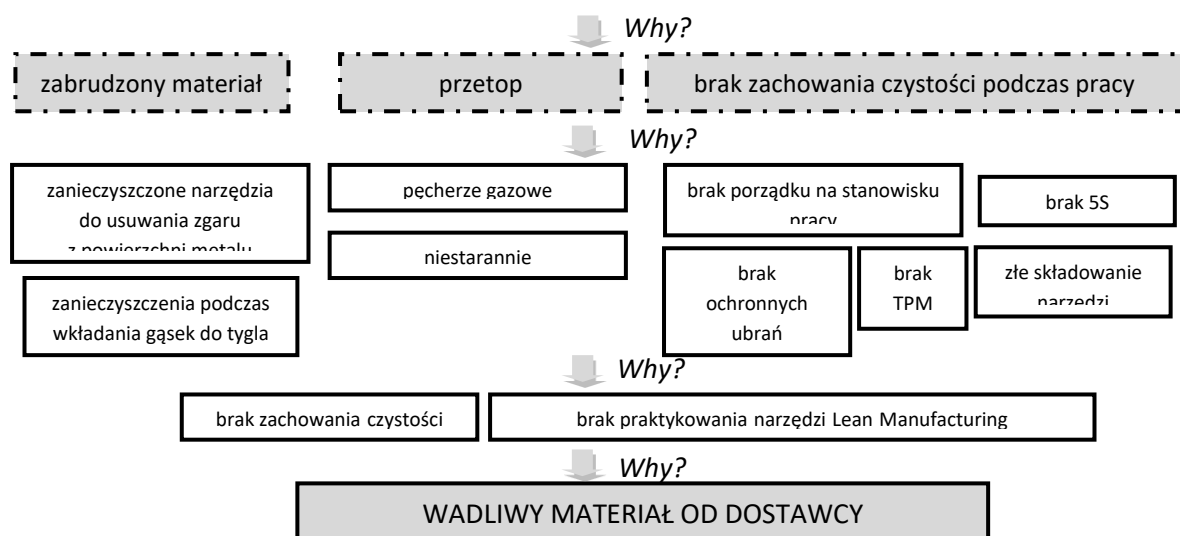
Kolejno przeprowadzono analizę niezgodności z zastosowaniem technik zarządzania jakością, tj. diagram Ishikawy i metoda 5Why. Przeanalizowano problem wykorzystując diagram Ishikawy (Rysunek 2), po którym zidentyfikowano przyczyny potencjalne. Spośród nich wybrano trzy przyczyny główne, tj. zabrudzony materiał, przetop, brak zachowania czystości podczas pracy. Kolejno dokonano analizę problemu (licznych wtrąceń niemetalicznych) metodą 5Why (Rysunek 3), po której zidentyfikowano przyczynę źródłową

Doskonalenie procesu badań nieniszczących...

problemu tj. wadliwy materiał od dostawcy. Działaniami doskonalącymi było poinformowanie dostawcy materiału o zidentyfikowanej przyczynie źródłowej.



Rysunek 2. Analiza niezgodności (licznych wtrąceń niemetalicznych) z wykorzystaniem diagramu Ishikawy. Źródło: opracowanie własne



**Rysunek 3.** Analiza niezgodności (licznych wtrąceń niemetalicznych) z wykorzystaniem metody 5Why. Źródło: opracowanie własne.

## 5. Podsumowanie

Dokonywanie kontroli jakości wyrobów z wykorzystaniem badań nieniszczących (NDT) stanowi skuteczny sposób na identyfikację niezgodności. W przypadku przedsiębiorstw dążących do ciągłego doskonalenia, kluczowym staje się zapewnienie kompleksowych analiz jakościowych. Dlatego też, niewystarczające staje się identyfikowanie jedynie niezgodności. Istotnym jest dodatkowo wskazanie źródła jej powstania. Celowym więc było wykazanie, że implementacja technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie metody fluorescencyjnej) umożliwia zidentyfikowanie niezgodności oraz źródła jej powstania. Przedsiębiorstwu zlokalizowanemu w Polsce południowo-wschodniej zaproponowano implementację technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie metody fluorescencyjnej). Celem było zastosowanie technik zarządzania jakością (tj. diagram Ishikawy i metoda 5Why) po wykryciu niezgodności metodą fluorescencyjną w celu zidentyfikowania źródła tej niezgodności. W przedsiębiorstwie dokonywano kontroli jednostkowych wyrobu, jednak liczba typów niezgodności, które były identyfikowane na wyrobach powtarzała się. Jednym z typów niezgodności, które często były identyfikowane to wtrącenia niemetaliczne. Niezgodności te zidentyfikowano na wsporniku rozdzielacza zewnętrznego, który przyjęto za przedmiot badań. Ze względu na wymagania klienta zewnętrznego zlecającego analizę wyrobu (wspornika rozdzielacza zewnętrznego) badania dokonano metodą fluorescencyjną, po której wykryto na wyrobie liczne wtrącenia niemetaliczne. Ze względu efektywność w identyfikowaniu źródła niezgodności sekwencją technik zarządzania jakością tj. diagram Ishikawy i metoda 5Why, dalszą analizę problemu przeprowadzono z wykorzystaniem tych technik. Za pomocą diagramu Ishikawy wskazano przyczyny potencjalne problemu (liczne wtrącenia niemetaliczne oraz przyczyny główne tj. zabrudzony materiał, przetop, brak zachowania czystości podczas pracy. Wykorzystując metodę 5Why zidentyfikowano źródło licznych wtrąceń niemetalicznych, tj. niezgodny materiał od dostawcy. Działaniami doskonalącymi było poinformowanie klienta o przyczynie źródłowej, która zidentyfikowano. Wykazano, że implementacja technik zarządzania jakością w proces badań nieniszczących (na przykładzie metody fluorescencyjnej) umożliwia zidentyfikowanie niezgodności oraz źródła jej powstania. Zaproponowana sekwencja technik tj. badania NDT, diagram Ishikawy oraz metoda 5Why może być praktykowana do analizy jakości różnych typów wyrobów lub różnych typów niezgodności i wskazania źródła ich powstania.

## Bibliografia

- Brasche, L. J. H., Lopez, R., Eisenmann, D. (2006). Characterization of developer application methods used in fluorescent penetrant inspection. *Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, AIP Conference Proceedings*, 820, 598-605.
- Malindzak, D., Pacana, A., Pacaiova, H. (2017). An effective model for the quality of logistics and improvement of environmental protection in a cement plant *Przemysł Chemiczny*, 96(9), 1958-1962.
- Non-destructive testing - Magnetic powder testing. Part 1: General principles. PN-EN ISO 9934-1:2017-02.
- Pacana, A., Czerwińska, K., Siwiec, D. (2018). *Narzędzia i wybrane metody zarządzania jakością. Teoria i praktyka*. Częstochowa: Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji.
- Pacana, A., Radon-Cholewa, A., Pacana, J. et al. (2015). The study of stickiness of packaging film by Shainin method. *Przemysł Chemiczny*, 94(8), 1334-1336.
- Pacana, A., Siwiec, D. (2019). An improvement of quality of the rear cover of bearing turbine with the use of selected methods. *Quality Production Improvement, SCIENDO*, 1(1), 456-463.
- Pacana, A., Siwiec, D., Bednárová, L. (2019). Analysis of the incompatibility of the product with fluorescent method. *METALURGIJA*, 58(3-4), 337-340.
- Pacana, A., Siwiec, D., Bednárová, L., Hajduová, Z. (2019). The selected methods of quality management used for the evaluation of label printing. *Przemysł Chemiczny*, 98(1), 110-112.
- Siwiec, D., Bednarova, L., Pacana, A., Zawada, M., Rusko, M. (2019). Decision support in the selection of fluorescent penetrants for industrial non-destructive testing. *Przemysł Chemiczny*, 98(10), 1594-1596.
- Skotnicka-Zasadzien, B., Wolniak, R., Zasadzien, M. (2017). Use of quality engineering tools and methods for the analysis of production processes - case study. *PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECONOMIC AND BUSINESS MANAGEMENT*, 33, 240-245.
- Ulewicz, R. (2003). Quality Control System in Production of the Castings from Spheroid Cast Iron. *Metalurgija*, 42(1), 61-63.
- Ulewicz, R. (2018). *Narzędzia jakości w praktyce. Poradnik dla biznesu*. Częstochowa: Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji.
- Wolniak, R., (2017). Application methods for analysis car accident in industry on the example of power. *Support Systems in Production Engineering*, 6(4), 34-40.