

DETERMINANTY JAKOŚCI W PRZEDSIĘBIORSTWACH BRANŻY OBRÓBKİ METALI

Radosław WOLNIAK^{1*}, Marcin SUŁKOWSKI²

¹ Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania; rwolniak@polsl.pl

² Qual-ISO, Nowy Sącz; biuro@qualiso.org

* Korespondencja

Streszczenie: Prezentowana publikacja prezentuje zagadnienia związane z problematyką determinantów jakości w branży przedsiębiorstw obróbki metali. Celem publikacji jest identyfikacja najważniejszych, kluczowych determinant jakości, jakie występują w przedsiębiorstwach działających w branży metalowej. Dodatkowo, wychodząc od zidentyfikowanych determinant zaprezentowano najważniejsze kryteria oceny skuteczności systemów zarządzania jakością dla przedsiębiorstw działających w tej branży.

Słowa kluczowe: determinanty jakości, jakość produktu, jakość procesu, system zarządzania jakością, skuteczność systemu zarządzania jakością.

QUALITY DETERMINANTS IN PROCESSING LINES OF THE METAL PROCESSING INDUSTRY

Abstract: This publication presents issues related to the problems of quality determinants in the metalworking industry. The aim of the publication is to identify the most important, key determinants of quality that exist in enterprises operating in the metal industry. Additionally, starting from the identified determinants, the most important criteria for assessing the effectiveness of quality management systems for enterprises operating in this industry were presented.

Keywords: determinants of quality, product quality, process quality, quality management system, efficiency of the quality management system.

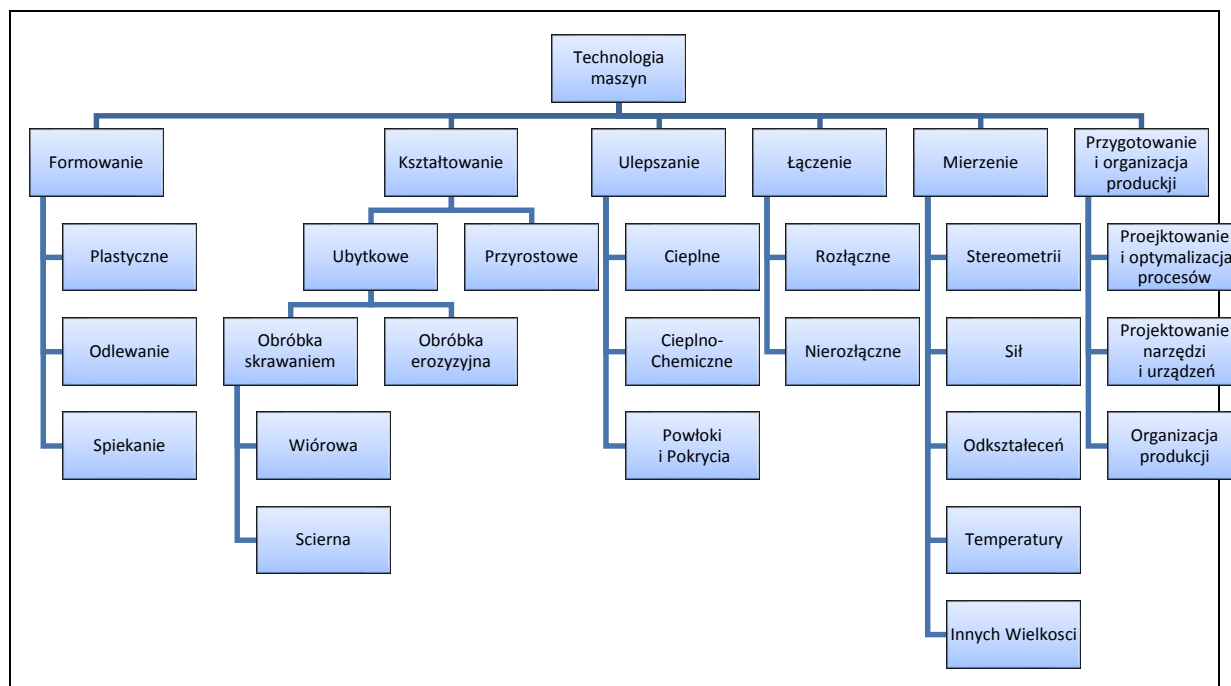
1. Wstęp

Producenci, działający w branży obróbki metali stają ciągle przed licznymi wyzwaniami związanymi z jakością produktu. Wynikają one z rosnących wymagań klienta i związanej z tym presji na ustawiczne podnoszenie sprawności biznesowej (Wolniak, and Sędek, 2009; Wolniak, 2010, 2011, 2014, 2016, 2017; Skotnicka-Zasadzień, and Wolniak, 2017; Wolniak, and Grebski, 2017, 2018; Olkiewicz, et al. 2017; Bober, et al. 2017, Wolniak, et al. 2017). W tym kontekście jest to branża bardzo ważna z punktu widzenia zarządzania jakością, gdyż stosowane w niej są metody i narzędzia zarządzania jakością mające na celu podnoszenie jakości wytwarzanych w niej produktów (Wolniak, and Skotnicka-Zasadzień 2014; Wolniak 2016). W tym kontekście interesujące jest zidentyfikowanie determinant jakości w tej branży i na tej podstawie opracowanie kryteriów pomiaru efektywności systemu zarządzania jakością.

Celem publikacji jest identyfikacja najważniejszych, kluczowych determinant jakości, jakie występują w przedsiębiorstwach działających w branży metalowej.

2. Technologiczne determinanty jakości w przedsiębiorstwach branży metalowej

Struktura procesów wchodzących w skład technologii maszyn determinuje jej silnie interdyscyplinarny charakter. Pomimo wielu lat rozwoju tej dyscypliny nauki i techniki, wciąż wiele zjawisk determinujących powodzenie procesów nie jest do końca zbadanych (Wolniak, et al. 2017; Skotnicka-Zasadzień, et al. 2017; Wolniak, 2017). Prace badawcze mają na celu poznawanie i wyjaśnianie fizycznych zjawisk towarzyszących procesom i formułowanie zależności występujących najczęściej między obrabianym materiałem a parametrami tego procesu (Aydin, and Ceylan, 2009; Ribeiro, and Sarsfield, 2006; Hokoma, et. al. 2010; Alkaya, and Demirer, 2013; Govik, et al. 2012). Dyscypliną, która w największym stopniu stanowi o wymaganiach dla procesów oraz wyrobów przedsiębiorstw działających w branży obróbki metali jest technologia maszyn, której strukturę przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1. Technologia maszyn – Struktura dyscypliny. Źródło: (Sułkowski, 2017).

Procesów tych nie da się rozpatrywać tylko w kontekście wymagań technologii wytwarzania i uprzednio zdefiniowanych parametrów. Wynika to z szeregu czynników, które są umiejscowione poza samym procesem obróbki materiału a dotyczą one (Brićić, et al. 2014; Łuczak, and Wolniak, 2016; International, 2005; Marciniak, and Filipowski, 2000):

- doboru, magazynowania, identyfikacji i jakości stosowanych materiałów,
- kwalifikacji i doświadczenia personelu,
- zasad współpracy z podmiotami zewnętrznymi biorącymi udział, szczególnie w procesach formowania i ulepszania,
- zasad walidacji procesów technologicznych,
- doboru i stanu technicznego stosowanych maszyn i narzędzi,
- środowiska, w których realizowane są procesy obróbki,
- organizacji procesów obróbki rozumianej jako sekwencja operacji wraz z towarzyszącą dokumentacją techniczną i procesową oraz identyfikacją wizualną,
- monitorowania stanu procesu i zapobiegania utracie kontroli nad jego parametrami oraz kosztom przestojów,
- organizacji kontroli,
- stosowania sprzętu kontrolnopomiarowego o zdefiniowanym statusie metrologicznym.

Powyższe wskazuje, że determinanty jakości dla tych procesów będą zawierać się w szerokim spektrum, właściwym bardziej dla zarządzania jakością niż dla zapewnienia jakości. Stanowi to o konieczności uwzględniania wiedzy zarówno z zakresu zarządzania, jak i inżynierii procesów przemysłowych. Historyczny rozwój zarządzania jakością mający swoją genezę właśnie w branży obróbki metali, uczy że wybiórcze, pozbawione aspektów

zarządzania podejście do procesów obróbki metali skutkowało najczęściej utratą ekonomicznej opłacalności produkcji lub niemożnością osiągnięcia pożądanej jakości w dużej skali produkcji.

W tabeli 1 zostały przedstawione podstawowe procesy charakterystyczne dla poszczególnych technologii zawierających się w dyscyplinie Technologia Maszyn wraz z determinantami jakości zarówno w ujęciu technicznym, technologicznym i organizacyjnym. Została ona wykonana na podstawie analizy literaturowej i wywiadów z pracownikami z branży obróbki metali.

Tabela 1.
Technologiczne Determinanty Jakości w branży obróbki metali

Proces	Determinanty jakości dla procesu	Główne parametry definiujące jakość
Obróbka wiórowa		
Proces skrawania	Prawidłowość odwzorowania na powierzchni przedmiotu zarysu krawędzi skrawającej wraz z odstępstwami od zarysu idealnego – na skutek postępującego zużycia ostrza. Prawidłowość trajektorii wzajemnego ruchu przedmiotu i narzędzia. Drgania układu obróbkowego (np. drgania przekazywane przez fundamenty obrabiarki, zakłócenia w pracy układu hydraulicznego, zakłócenia w zasilaniu, oraz wiele innych) a mające wpływ na falistość powierzchni. Niedokładności obrabiarki – powodując błędy kształtu. Odprowadzenie ciepła z układu obróbkowego, im skuteczniejsze tym mniejsze przemiany metalograficzne w obrabianym materiale i dłuższa żywotność narzędzi. Prędkość posuwu narzędzia – im większa, tym krótszy kontakt z materiałem i mniejsze przemiany metalograficzne powierzchni obrabianego przedmiotu.	Odchylenie wymiarowe, Zgodność kształtu, Chropowatość powierzchni, Falistość powierzchni, Grubość, tekstura, mikrotwardość i rozkład twardości warstwy przypowierzchniowej.
Toczenie	Funkcja Kształtu ostrza i prędkości posuwu w dużej mierze definiuje chropowatość. W mniejszym stopniu chropowatość powierzchni wynika z plastyczności materiału i drgań układu obróbkowego.	Błąd okrągłości, Błąd walcowości, Chropowatość powierzchni.
Struganie i dłutowanie	Liczba suwów w jednostce czasu determinuje zużycie ostrza, co ma wpływ na odchylenie wymiarowe. Prędkość ruchu głównego, dobór płynu obróbkowego i siła skrawania determinują chropowatość powierzchni.	Odchylenie wymiarowe, Chropowatość powierzchni.
Przeciąganie i przepychanie	Odchylenie wymiarowe zależy w dużej mierze od stanu narzędzia. Chropowatość zależy od rodzaju obrabianego materiału, grubości warstwy skrawanej, prędkości skrawania, rodzaju płynu obróbkowego.	Odchylenie wymiarowe, Chropowatość powierzchni.
Wiercenie, przewiercanie, pogłębianie, rozwiercanie	Stosowanie narzędzi pozycjonującej wiertło w początkowej fazie wiercenia ma wpływ na położenie otworu. Dobór cieczy obróbkowej ma istotny wpływ na odprowadzenie wiórów i chłodzenie otworu, co wpływa na odchylenie wymiarowe i stan powierzchni.	Odchylenie wymiarowe, Kształt otworu, Położenie otworu, Stan powierzchni.

cd. tabeli 1.

Frezowanie	Chropowatość powierzchni jest zależny od wartości funkcji posuwu na ostrze. Promieniowe bicie ostrza frezu wpływa na błędy kształtu i położenia. Przesunięcie osi obrotu freza wobec osi freza prowadzi do błędu płaskości. Brak stabilności układu obróbkowego wpływa na błędy stereometrii i powstawaniu śladów po ostrzach. Prędkość posuwu ma wpływ na odchylenie wymiarowe i chropowatość powierzchni.	Odchylenie wymiarowe. Chropowatość powierzchni, Zgodność geometryczna kształtu i położenia, Płaskość powierzchni, Parametry stereometryczne.
Obróbka uzębień	Dobór prędkości i mocy skrawania, Kąt oraz skok freza, Wartość posuwu na ostrze.	Zgodność kąta zarysu, Zgodność kształtu zęba, Odchylenie wymiarowe.
Obróbka powierzchni śrubowych	Rodzaj narzędzia, Dobór prędkości nacinania gwintu, Posuw narzędzia, Zarys narzędzia – błędy zarysu gwintu rosna w miarę zwiększania kąta wzniosu zwojów gwintu oraz zwiększania średnicy frezu. Dobór płynu obróbkowego.	Zgodność zarysu gwintu, Klasa dokładności gwintu Kierunek linii zwojów gwintu.
Obróbka ścierna	Determinanty jakości dla procesu	Główne parametry definiujące jakość
Szlifowanie	Zmiany wartości posuwu poprzecznego (przybrania) powoduje zmiany wartości chropowatości. Zwiększenie prędkości obwodowej obrabianego przedmiotu powoduje niewielki spadek wartości chropowatości, przy znacznym wzroście zużycia ściernicy. Zastosowanie ściernic o mniejszej wielkości cząstek diamentu prowadzi do uzyskania powierzchni szlifowanej o niższej chropowatości. Zastosowanie kierunku obrotów ściernicy przeciwnych do kierunku obrotu stołu powoduje wzrost chropowatości powierzchni szlifowanej.	Chropowatość powierzchni, Ubytek szlifowanego materiału, Odkształcenie plastyczne materiału.
Gładzenie i dogładanie oscylacyjne	Docisk oselki, Grubość ziarna, Kierunek honowania, Dobór kinematyki obróbki i cieczy chłodzącej.	Chropowatość powierzchni. Wydajność objętościowa gładzenia.
Docieranie i polerowanie ścierne	Grubość ziarna, Dobór amplitudy oscylacji, Częstość oscylacji, Filtracja cieczy chłodzącej.	Chropowatość powierzchni.
Wygładzanie rotacyjne i wibracyjne pojemnikach	Prędkość kątowa pojemnika, Dobór kształtek ściernych, Dobór środków chemicznych.	Chropowatość powierzchni.
Obróbka luźnymi ziarnami ściernymi	Dobór materiału ściernego, Dobór cieczy nośnej, Ciśnienie powietrza w tryskaczu.	Chropowatość powierzchni.
Obróbka erozyjna		
Obróbka elektroerozyjna	Napięcie graniczne, Natężenie wyładowania, Czas wyładowania, Dobór cieczy roboczej.	Objętość materiału usuwanego przez pojedynczy impuls, Błędy odwzorowania powierzchni.

cd. tabeli 1.

Obróbka elektrochemiczna	Dobór elektrolitu pod kątem przewodnictwa prądu, Nadciśnienie i prędkość przepływu elektrolitu przez szczelinę, Dobór żywicy do izolowania powierzchni, Dobór kształtu erody dla założonej geometrii.	Struktura stereometryczna, Mikrostruktura, Chropowatość powierzchni.
Obróbka strumieniowo-erozyjna	Dobór prędkości posuwu i mocy lasera do parametrów fizycznych obrabianego materiału – refleksyjność powierzchni, ciepło topnienia, ciepło parowania.	Dokładność wymiarowo-kształtowa, Utwardzenie krawędzi, Stan warstwy wierzchniej.
Powłoki ochronne i dekoracyjne		
Powłoki ochronne metalowe	Czas trwania elektrolizy, Napięcie prądu stałego, Temperatura elektrolitu, Sprawność termostatu, Skład elektrolitu.	Grubość powłoki.
Powłoki ochronne nieorganiczne	Temperatura wypalenia powłoki emalierskiej, Stan powierzchni materiału przed naniesieniem powłoki, Dobór techniki natrysku powłoki.	Grubość powłoki emalierskiej.
Powłoki ochronne organiczne	Czystość powierzchni materiału przed nałożeniem powłoki, Dobór metody oczyszczania powierzchni materiału przed nałożeniem powłoki, Kontrola pH rozpuszczalnika w kąpielii wodnej lub temperatury w przypadku oczyszczania termicznego.	Grubość powłoki, Chropowatość powłoki, Zgodność barwy, Jednorodność powierzchni.

Źródło: Opracowanie własne.

3. Kryteria oceny efektywności systemu zarządzania jakością w przedsiębiorstwie branży metalowej

Jeżeli założy się, że głównym celem funkcjonowania przedsiębiorstwa działającego z wdrożonym Systemem Zarządzania Jakością zgodnym z wymaganiami normy ISO 9001 jest ustawiczne spełnianie wymagań klienta, jako czynnik decydujący o przetrwaniu na rynku i generowaniu zysków w średnim i długim okresie, to na pierwszy plan wysuwa się zdolność do prowadzenia ustawicznego doskonalenia wyrobów i usług. Procesy w organizacji mają zatem osiągać cele ustanowione na podstawie analiz danych dotyczących obecnych i przyszłych potrzeb klienta (Sułkowski, and Wolniak, 2013; Wolniak, and Sułkowski, 2015, 2016; Sułkowski, and Wolniak, 2018; Gębczyńska, and Wolniak, 2018). Proponuje się zatem następujące kryteria oceny skuteczności SZJ w przedsiębiorstwach branży obróbki metali:

- 1) Zdolność organizacji do poznania potrzeb klienta i ich transformacji na decyzje wyrażającą się poprzez:
 - a) Prowadzenie pomiaru satysfakcji Klienta.
 - b) Częstotliwość i rzetelność pomiaru satysfakcji Klienta.
 - c) Dobór reprezentatywnej próby dla pomiaru satysfakcji Klienta.
 - d) Zastosowanie wyników pomiaru satysfakcji klienta w procesie decyzyjnym.
 - e) Określenie funkcji jakości w przypadku projektowania wyrobu, np. QFD.
 - f) Stosowanie benchmarkingu wobec wyrobów konkurencji.

- g) Stosowanie benchmarkingu wobec procesów konkurentów.
 - h) Przegląd dokumentacji technicznej otrzymanej od Klienta i zapisy na temat rozbieżności w interpretacji.
 - i) Analizę zapisów kontraktu/zlecenia pod kątem posiadanego wyposażenia i kwalifikacji przez przyjęciem zlecenia.
 - j) Kalkulację dla oferty przed zobowiązaniem się do realizacji.
 - k) Stosowanie zdefiniowanej ścieżki komunikacji (procedury) w odniesieniu do dokumentacji przekazanej przez Klienta.
 - l) Stosowanie zdefiniowanej ścieżki komunikacji i postępowania (procedury) w odniesieniu do reklamacji Klienta.
 - m) Monitorowanie statusu reklamacji przez personel niezależny od osób realizujących postępowanie reklamacyjne.
- 2) Zdolność do zarządzania procesami i osiągnięcia celów wyrażającą się poprzez:
- a) Stosowanie przez organizację zestawu wskaźników dla wszystkich procesów. Wskaźniki uwzględniają specyfikę poszczególnych procesów.
 - b) Prowadzenie przez organizację rachunku kosztów jakości i kalkulację kosztu jednostkowego wyrobu.
 - c) Stosowanie przez organizację zestawów narzędzi statystycznych np. 7NT (Narzędzi Tradycyjnych) lub 7NN (Nowych Narzędzi).
 - d) Stosowanie systematycznych metod analizy przyczynowo skutkowej wykorzystujących techniki pracy grupowej i na jej podstawie planowanie oraz wdrażanie działań doskonalących i korygujących (np. 5WHY, Wykres Ishikawy, Wykres Pareto).
 - e) Komunikowanie wyników analiz dotyczących jakości pracownikom i stanowią podstawę systemu motywacyjnego.
 - f) Personel odpowiedzialny za kontrolę jakości jest niezależny i posiada odpowiednie umocowanie i upoważnienia.
 - g) Wdrożenie skutecznego systemu identyfikowalności dla zleceń. Poszczególne operacje są możliwe do zidentyfikowania wstecz.
- 3) Wiedza – zdolność do jej pozyskania i utrzymania w organizacji wyrażającą się poprzez:
- a) Określenie zestawu kwalifikacji (w tym wykształcenia, uprawnień, szkoleń i doświadczenia) wymaganych do pracy na danym stanowisku.
 - b) Zdefiniowane ścieżki szkoleń dla każdego stanowiska, w tym obowiązkowe okresowe szkolenia.
 - c) Wdrożenie gradacji poziomu kwalifikacji
 - d) Określenie wymaganych kwalifikacji dla poszczególnych zleceń, które stanowią o wyznaczeniu personelu do ich realizacji.
 - e) Regularne sprawdzenia wiedzy pracowników i na ich podstawie dopuszczenie do realizacji zleceń wg poziomu trudności.

- f) Wdrożenie systemu ocen pracowniczych.
 - g) Określenie zasad szkolenia wewnętrznego i zasady doboru (poziom wiedzy) osób je prowadzących.
 - h) Prowadzenie kursów lub szkół przyzakładowych w celu pozyskania i wykształcenia przyszłego personelu.
 - i) Stosowanie systemu motywacyjnego dla pracowników szkolących pozostałych pracowników.
 - j) Stosowanie systemu zachęt o charakterze socjalnym.
 - k) Wypracowanie ścieżek kariery dla poszczególnych stanowisk.
 - l) Planowanie z wyprzedzeniem pozyskiwania personelu o określonych kwalifikacjach zgodnie z podejmowanymi decyzjami o charakterze strategicznym – np. rozwój nowego wydziału produkcyjnego.
- 4) Zdolność do zmiany i realizacji celów wyrażającą się poprzez:
- a) Zarządzanie projektami związanymi z doskonaleniem, stosowanie narzędzi zarządzania ryzykiem. Projekty podlegają okresowemu przeglądom.
 - b) Budżetowanie poszczególnych projektów.
 - c) Podejmowanie decyzji i rozpisywanie ich szczegółowo na wykonawców wraz z terminami wykonania, przydzielonymi zasobami i kryteriami akceptacji wyniku.
 - d) Wymiarowanie celów za pomocą mierzalnych i porównywalnych wskaźników.
 - e) Rozwijanie mechanizmów oddolnych innowacji wspomaganych systemem motywacyjnym.
 - f) Prowadzenie działań zmierzających do integracji personelu w ramach wydziału/organizacji.
 - g) Prowadzenie przeglądów kierownictwa z udziałem Kierowników wszystkich komórek organizacyjnych w krótkich odstępach czasu np. tygodniowych – ustalenia są rozliczane na kolejnych spotkaniach. Prowadzenie zapisów.
- 5) Zdolność do kreowania i utrzymania wzajemnie korzystnych relacji z dostawcami wyrażającą się poprzez:
- a) Posiadanie personelu o kwalifikacjach właściwych do oceny jakości materiałów i usług pochodzących z dostaw.
 - b) Posiadanie laboratorium umożliwiającego ocenę jakości materiałów i usług pochodzących z dostaw zewnętrznych.
 - c) Stosowanie szczegółowych specyfikacji dla materiałów i usług zakupywanych u dostawców.
 - d) Weryfikację deklaracji potencjalnych i obecnych dostawców za pomocą auditów u dostawcy i zewnętrznych laboratoriów.
 - e) Posiadanie wypracowanych i wdrożonych procedur weryfikacji ilościowej i jakościowej dostaw wraz z mechanizmami postępowania z dostawą niezgodną.

- f) Posiadanie wypracowanych i wdrożonych procedur przenoszenia oznakowania materiałów w trakcie wszystkich procesów logistycznych i przetwórczych. Wyznaczono personel upoważniony do przenoszenia znaków materiałowych.
- g) Zdefiniowanie dostawców alternatywnych dla wszystkich krytycznych materiałów i usług.
- h) Określenie wskaźników oceny dla poszczególnych dostawców – np. PPM dla dostaw niezgodnych.
- i) Zdefiniowanie systemu zamawiania niegenerującego zbędnych zapasów.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych analiz dokonano identyfikacji determinant Jakości w branży obróbki metali. Determinanty podzielono na następujące kategorie: obróbka wiórowa, obróbka ścierna, obróbka erozyjna oraz powłoki ochronne i dekoracyjne. Następnie dla każdej z kategorii określono główne parametry definiujące jakość. W kolejnym etapie zaproponowano kryteria pomiaru skuteczności systemu zarządzania jakością dla branży obróbki metali. Kryteria te zostały podzielone na pięć grup: zdolność organizacji do poznania potrzeb klienta i ich transformacji na decyzje, zdolność do zarządzania procesami i osiągania celów, wiedza – zdolność do jej pozyskania i utrzymania w organizacji, zdolność do zmiany i realizacji celów, zdolność do kreowania i utrzymania wzajemnie korzystnych relacji z dostawcami.

Bibliografia

1. Alkaya, E., Demirer, G.N. (2013). Greening of production in metal processing industry through process modifications and improved management practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 77, 89-96.
2. Aydin, B., and Ceylan, A. (2009). Does organizational learning capacity impact on organizational effectiveness? Research analysis of the metal industry. *Development and Learning in Organizations: An International Journal*, 23(3), 21-23.
3. Bober, B., Olkiewicz, M., Wolniak, R. (2017). Analiza procesów zarządzania ryzykiem jakości w przemyśle farmaceutycznym. *Przemysł Chemiczny*, 9, 1818-1819.
4. Brikic, V.K.S., Vejlkovic, Z.A., Golubovic, T., Omić, S., Brikić, A.D. (2014). Bosnia and Herzegovina's metal working industry companies barriers to export to EU market. *Journal of Engineering Management and Competitiveness*. 4(2), 78-84.

5. Gębczyńska, A., Wolniak, R. (2018). *Process management level in local governemnt*. Philadelphia.
6. Govik, A., Larsgunnar, N., Mosfegh, R. (2012). *Finite element simulation of the manufacturing process chain of a sheet metal assembly*. Linköping University.
7. Hokoma, R., Khursid, M.K., Hussain, K. (2010). The present status of quality and manufacturing management techniques and philosophies within the Libyan iron and steel industry. *The TQM Journal*, 22(2), 209-221.
8. International Labourt Organization (2005). *Code of practice on safety and health in the iron and steel industry*. Geneva: International Labour Office.
9. Łuczak, J., Wolniak, R. (2016). Integration of quality environment and safety management systems in a foundry. *Metalurgija*, 55(4), 843-845.
10. Marciniak, P., Filipowski, R. (2000). *Techniki obróbki mechanicznej i erozyjnej*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
11. Olkiewicz, M., Bober, B., Wolniak, R. (2017). Innowacje w przemyśle farmaceutycznym jako determinanta procesu kształtowania jakości życia. *Przegląd Chemiczny*, 11, 2199-2201.
12. Rostecka, M., Wolniak, R. (2017). *Doskonalenie jakości procesów spawalniczych w wyniku wdrożenia robotyzacji*. Częstochowa: Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Produkcji i Jakości.
13. Rostecka, M., Wolniak, R., (2016). IT Systems in Aid of Welding Processes Quality Management in the Automotive Industry. *Archives of Metallurgy and Materials*, 4, 1785-1792, doi:10.1515/amm-2016-0288.
14. Ribeiro, L.M.M., Sarsfield, J.A.C. (2006). A benchmarking methodology for metalcasting industry. *Benchmarking: An International Journal*, 13(½), 23-35.
15. Skotnicka-Zasadzień, B., Wolniak, R. (2017). Jakość produktów z tworzyw sztucznych w kontekście procesu doboru i przygotowania surowców. *Przemysł Chemiczny*, 12, 2406-2407, doi:10.15199/62.2017.12.5.
16. Skotnicka-Zasadzień, B., Wolniak, R., Zasadzień, M. (2017). Use of quality engineering tools and methods for the analysis of production processes – case study. *Advances in Economic, Business and Management Research*, 33. Second International Conference on Economic and Business Management, FEBM, Shanghai, 240-245.
17. Sułkowski, M. (2017). *Badania skuteczności systemów zarządzania jakością w przedsiębiorstwach branży obróbki metali z wykorzystaniem rozmytego rachunku zdań*. Doctor Thesis, promotor R. Wolniak. Zabrze: Silesian Technical University.
18. Sułkowski, M., Wolniak, R. (2013). Przegląd stosowanych metod oceny skuteczności i efektywności organizacji zorientowanych na ciągłe doskonalenie. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*, 67, 63-74.

19. Sułkowski, M., Wolniak, R. (2018). *Poziom wdrożenia instrumentów zarządzania jakością w przedsiębiorstwach branży obróbki metali*. Częstochowa: Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Produkcji i Jakości.
20. Wolniak, R. (2010). Innovation in the context of economic situation in the EU countries. *Zeszyty Naukowe Akademia Morska w Szczecinie*, 24, 141-147.
21. Wolniak, R. (2011). *Parametryzacja kryteriów oceny poziomu dojrzałości systemu zarządzania jakością*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
22. Wolniak, R. (2014). Relationship between selected lean management tools and innovations. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*, 75, 157-266.
23. Wolniak, R. (2016). Smart specialisation in Silesian region in Poland. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacji i Zarządzanie*, 92, 407-419.
24. Wolniak, R. (2016). The role of QFD method in creating innovation. *Systemy Wspomagania Inżynierii Produkcji*, 3, 127-134.
25. Wolniak, R. (2017). Analiza relacji pomiędzy wskaźnikiem innowacyjności a nasyceniem kraju certyfikatami ISO 9001, ISO 14001 oraz ISO/TS 16949. *Kwartalnik Organizacja i Kierowanie*, 2, 139-150.
26. Wolniak, R. (2017). The Design Thinking method and its stages. *Systemy Wspomagania Inżynierii Produkcji*, 6, 247-255.
27. Wolniak, R. (2017). *The use of constraint theory to improve organization of work*. 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts. SGEM 2017, 24-30 August 2017, Albena, Bulgaria. Conference proceedings. Book 1, Modern Science. Vol. 5, Business and management. Sofia: STEF92 Technology, 1093-1100.
28. Wolniak, R., Grebski, M.E. (2017). Functioning of the business incubator center in Gliwice. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*, 105, 569-580, <http://dx.doi.org/10.29119/1641-3466.2017.105.43>.
29. Wolniak, R., Grebski, M.E. (2018). Innovativeness and creativity as nature and nurture. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*, 116.
30. Wolniak, R., Grebski, M.E. (2018). Innovativeness and Creativity of the Workforce as Factors Stimulating Economic Growth in Modern Economies. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*, 116.
31. Wolniak, R., Grebski, M.E. (2018). Innovativeness and creativity as factors in workforce development – perspective of psychology. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*, 116.
32. Wolniak, R., Sędek, A. (2009). Using QFD method for the ecological designing of products and services. *Quality and Quantity*, 4, 695-701.
33. Wolniak, R., Skotnicka-Zasadzień, B. (2014). The use of value stream mapping to introduction of organizational innovation in industry. *Metalurgija*, 4, 709-712.

34. Wolniak, R., Skotnicka-Zasadzień, B., Zasadzień, M. (2017). *Application of the theory of constraints for continuous improvement of a production process – case study*. 3rd International Conference on Social, Education and Management Engineering (SEME), Shanghai, 169-173.
35. Wolniak, R., Sułkowski, M. (2015). Motywy wdrażanie certyfikowanych Systemów Zarządzania Jakością. *Problemy Jakości*, 9, 4-9.
36. Wolniak, R., Sułkowski, M. (2015). Rozpowszechnienie stosowania Systemów Zarządzania Jakością w Europie na świecie – lata 2010-2012. *Problemy Jakości*, 5, 29-34.
37. Wolniak, R., Sułkowski, M. (2016). The reasons for the implementation of quality management systems in organizations. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacji i Zarządzanie*, 92, 443-455.
38. Wolniak, R., Szeptuch, A., Zięcina, G. (2017). Analiza zachowań kadry kierowniczej w międzynarodowej organizacji z branży hutniczej z wykorzystaniem typologii Camerona i Quinna. *e-mentor*, 2, 60-69.