

WPŁYW NIEZGODNOŚCI SYSTEMOWYCH NA REALIZACJĘ PROCESU SPAWANIA

Aleksandra RACHWAŁ^{1*}, Radosław WOLNIAK²

¹Institut Spawalnictwa w Gliwicach; aleksandra.rachwal@is.gliwice.pl

²Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania; rwolniak@polsl.pl, tel. 534538177

* Korespondencja

Streszczenie: Istotnym elementem wpływającym na realizację procesu spawania są niezgodności. Wynikają one między innymi z przyczyn technicznych i organizacyjnych przedsiębiorstwa oraz pojawiają się na różnym etapie realizacji procesów. Spełnienie wymagań systemów zarządzania jakością opartych o normy PN-EN ISO 9001 oraz PN-EN ISO 3834 pomaga zmniejszyć ryzyko występowania niezgodności i ograniczyć ich skutki. Celem opracowania jest przedstawienie wpływu niezgodności systemowych na realizację procesów spawalniczych. Dokonano analizy wpływu tych niezgodności na prawidłowe wykonanie konstrukcji spawanej.

Słowa kluczowe: spawanie, niezgodność, proces, jakość, jakość produktu.

THE INFLUENCE OF NONCONFORMITIES ON WELDING PROCESS PERFORMANCE

Abstract: Nonconformities are core elements which affect welding process performance. They are, among others, the result of technical and organisational reasons and they occur on different stages of the process. Fulfilling the requirements of quality management systems based on PN-EN ISO 9001 and PN-EN ISO 3834 supports reducing the risk of nonconformities occurrence and as a result, limits their consequences. The aim of the article is to illustrate the influence of nonconformities on welding processes and on welding construction performance.

Keywords: welding, nonconformity, process, quality, product quality.

1. Wprowadzenie

Istniejąca sytuacja na rynku, wymagania techniczne i coraz większa świadomość klientów powodują poprawę jakości wyrobów. Jednym ze sposobów efektywnego zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym jest wdrożenie systemu zarządzania jakością zgodnego z wymaganiami normy PN-EN ISO 9001:2015-10, który poprzez opisanie toku postępowania i analizę ryzyka i szans w kontekście budowania strategii firmy pozwoli zapobiegać występowaniu niezgodności i skutecznie zarządzać procesami.

W przedsiębiorstwach, gdzie wiodącym procesem produkcyjnym jest proces spawania ważnym elementem poprawności przeprowadzenia tego procesu jest zapewnienie jakości, powtarzalności i stabilności spawania na co składa się wiele czynników. Mając na uwadze fakt, iż spawanie jako proces specjalny, którego wynik nie może być w pełni zagwarantowany pomimo zastosowania wszelkich możliwych i dostępnych zabiegów prowadzących do prawidłowego i jakościowego wykonania złącza, wymaga opracowania zasad minimalizujących prawdopodobieństwo wystąpienia niezgodności lub wad wyrobu.

W tym celu pomocne staje się wdrożenie wymagań systemu zarządzania jakością w procesie spawania zgodnego z jednym z trzech arkuszy normy PN-EN ISO 3834. System oparty na zapisach PN-EN ISO 9001:2015-10, w połączeniu z wymaganiami PN-EN ISO 3834, w zadawalającym zakresie opisuje niezbędny tok postępowania mający doprowadzić do osiągnięcia zamierzonej zgodności wyrobu z umową.

Występowanie niezgodności systemowych może w znaczący sposób zachwiać stabilnością procesu produkcyjnego. Dlatego tak ważnym elementem jest przeanalizowanie zagrożeń związanych z prawdopodobieństwem wystąpienia odstępstwa od zgodności z wymaganiami zasadniczymi zamówienia. Celem opracowania jest przedstawienie wpływu niezgodności systemowych na realizację procesów spawalniczych występujących przy produkcji konstrukcji stalowych. W artykule dokonano analizy wpływu tych niezgodności na jakość wyrobu, a co za tym idzie również wpływ na koszty produkcji wyrobu (Czuchryj, i Sędek-Mazgaj, 2014; Horodecka, i Wolniak, 2015; PN-EN ISO 9000:2015).

2. Niezgodności w procesie

Wiele czynników ma wpływa na występowanie niezgodności w procesie. Za jedne z podstawowych uważa się czynniki ludzkie, sprzętowe, materiałowe oraz infrastrukturalne. Z uwagi na fakt, że niezgodność to niespełnienie wymagania, czyli niespełnienie potrzeby lub oczekiwania, które zostało ustalone, przyjęte zwyczajowo lub jest obowiązkowe, dlatego tak ważnym staje się zagwarantowanie spełnienia wszelkich procedur umożliwiających

jakościowe wytworzenie produktu jakim jest złącze spawane (Czuchryj, i Sikora, 2016; PN-EN ISO 9000:2015).

Niezgodności systemowe wpływające na prawidłowość przeprowadzenia procesu wytwórczego to:

- brak lub niewłaściwe przeprowadzenie przeglądu wymagań związanych z zamówieniem,
- niewłaściwe postępowanie związane z przeglądem technicznym dotyczącym materiału, urządzeń spawalniczych, zastosowanych technologii spawania, wymaganej kontroli i badań, obróbki cieplnej czy postępowaniem związanego z usuwaniem czy naprawą połączeń niespełniających kryteriów odbiorczych,
- niewłaściwe określenie zasad współpracy w zakresie podwykonawstwa,
- brak lub niewłaściwe postępowanie odnośnie personelu spawalniczego, jego uprawnień, wymaganego nadzoru czy wymaganych kwalifikacji kontrolerów jakości,
- niewłaściwy nadzór nad sprzętem spawalniczym, jego dostępnością, nadzorem, konserwacją,
- błędne opracowanie planu produkcji spawalniczej (instrukcje technologicznych spawania, procedur nadzoru i kontroli parametrów spawania),
- niewłaściwe określenie zasad doboru materiałów podstawowych i dodatkowych do spawania jego magazynowania oraz identyfikowania,
- niewłaściwe określenie i przeprowadzenie wymaganej obróbki cieplnej po spawaniu,
- brak lub niewłaściwe prowadzenie zapisów świadczących o zrealizowaniu wymaganych procedur kontroli i badań prowadzących do zapewnienia zgodności z zamówieniem (PNEN ISO 3834-1).

Obecnie promowane trendy w zarządzaniu wprowadzają myślenie oparte na ryzyku. Zakłada ono planowanie i podejmowanie decyzji z uwzględnieniem ryzyk i szans. Takie podejście jest również przyjmowane w rozpatrywaniu i zarządzaniu niezgodnościami w przedsiębiorstwie. W przypadkach wystąpienia niezgodności, w tym również reklamacji, wymagania normy PN-EN ISO 9001:2015 nakładają zobowiązanie podjęcia działań mających na celu nadzorowanie jej i skorygowanie, jak również zajęcie się konsekwencjami z niej wynikającymi. Następnym etapem w analizie niezgodności jest ocena działań eliminujących przyczynę niezgodności, w celu zapobieżenia jej ponownego wystąpienia poprzez dokonanie przeglądu niezgodności, ustalenia jej przyczyn oraz analizy czy mogą wystąpić podobne niezgodności. Wdrożenie działań i sprawdzenie ich skuteczności to następny etap zarządzania niezgodnościami, który może wpływać na aktualizację ryzyka i szans określanych w procesie planowania oraz na zmiany w systemie zarządzania. Działania korygujące muszą być adekwatne do skutków stwierdzonych niezgodności (Horodecka, i Wolniak, 2017; PN-EN ISO 9001:2015-10; Wolniak, i Skotnicka, 2011; Wolniak, i Skotnicka-Zasadzień, 2010; Pacana, et al. 2017).

3. Przegląd wymagań klienta i przegląd techniczny

Dokonanie przeglądu wymagań klienta pod względem formalno-prawnym, jak i technicznym ma na celu sprawdzenie możliwości ich spełnienia. Zapisy norm PN-EN ISO 9001:2015 i PN-EN ISO 3834-2 nakładają tę konieczność. Niezrealizowanie tego punktu w relacjach z klientami może skutkować problemami na wszystkich etapach realizacji procesu. Począwszy od zakupu materiału, który posiadając specyficzne własności może być trudno dostępny i droższy, niż popularne materiały podstawowe do spawania, i może wymagać przeprowadzenia dodatkowych badań, co zwiększy koszt oraz spowoduje opóźnienia w rozpoczęciu prac. Wysoki poziom jakości złączy spawanych wymaga posiadania spawaczy o określonych umiejętnościach, ich brak spowoduje zwiększenie ilości napraw, a co za tym idzie zwiększenie kosztów robocizny, materiałów dodatkowych i przedłużenie czasu wykonania produktu. Procesy naprawcze oprócz czysto ekonomicznych aspektów mogą powodować problemy technologiczne, związane chociażby z wprowadzeniem dodatkowej ilości ciepła do materiału, co może być powodem różnego rodzaju zmian struktury materiału spawanego. Zmiany te, mogą doprowadzić do utraty zakładanych właściwości mechanicznych połączenia i mogą być przyczyną wystąpienia pęknięć w złączu spawanym. Niezgodności typu pęknięcie jest na każdym etapie wykonywania konstrukcji spawanej niedopuszczalne z uwagi na ryzyko utraty stabilności konstrukcyjnej powodującej zniszczenie produkowanego obiektu.

Ważnym elementem produkcji spawalniczej jest również kolejność układania spoin i ich dostępność, która z kolei jest istotna dla przeprowadzenia wymaganych badań nieniszczących.

Procedury i instrukcje opisujące tok postępowania przy wykonywaniu prac związanych z badaniami nieniszczącymi czy obróbką cieplną wykazują gotowość w postępowaniu do realizacji zadań i przygotowanie przedsiębiorstwa. Posiadanie Kwalifikowanych Technologii Spawania w odpowiednich zakresach grubości materiału i właściwych metodach spawania uzależnionych od rodzaju konstrukcji, to zmniejszenie dodatkowych kosztów i czasu potrzebnego na przygotowanie właściwego toku spawania gdy konieczne jest opracowanie procesu spawania bez posiadania wskazówek zawartych w Kwalifikowanej Technologii Spawania (Czuchryj, i Sikora, 2016; Klimpel, i Szymański, 1992; PN-EN ISO 3834-2; Rachwał, 2017).

Brak kwalifikowanego personelu wykonującego połączenia nierozłączne, na etapie przeglądu wymagań klienta może spowodować opóźnienia w wykonaniu prac spowodowane koniecznością przeprowadzenia szkoleń personelu lub zwiększenie kosztów wynikające ze zlecenia wykonania prac na zewnątrz. Na tym etapie istnieje możliwość ustalenie szczegółów technicznych z klientem, zmiany w dokumentacji oraz oszacowania dodatkowego ryzyka wynikającego z realizacji zadania i wprowadzenia rozwiązań pomagających uniknąć strat i problemów związanych z odbiorem końcowym konstrukcji spawanej.

4. Podwykonawstwo

Nadzorowanie procesów zleczanych na zewnątrz ma istotny wpływ na realizację wyrobu i niezgodności jakie mogą wynikać w wyniku niewłaściwego nadzorowania. Norma PN-EN ISO 9001:2015 zwraca uwagę na ten obszar działania. Natomiast norma PN-EN ISO 3834-2 kładzie duży nacisk na ten obszar działania organizacji. Zgodnie z wymaganiami jednostek certyfikacyjnych opartych na normie do certyfikowania systemów zarządzania jakością PN-EN ISO 17021, auditorzy szukając zgodności z kryteriami audytu, przeprowadzają działania mające na celu potwierdzenie zapisów zawartych w opracowanych przez organizację procedurach zapewnienia jakości. System zarządzania procesem spawania wg normy PN-EN ISO 3834 w pkt. 6 nakłada wymagania nadzorowania podwykonawstwa związanego z realizacją procesu spawania. Jeżeli wytwórca zamierza korzystać z usług lub działalności podwykonawców (wykonanie procesów spawania, kontroli nieniszczącej, obróbki cieplnej) informacje konieczne do spełnienia odpowiednich wymagań powinny być dostarczone przez wytwórcę do podwykonawcy. Podwykonawca powinien prowadzić takie zapisy i dokumentacje swojej pracy jakie mogą być określone przez głównego zamawiającego. Podwykonawca powinien wykonywać prace zgodnie z zamówieniem i na odpowiedzialność wytwórcy oraz powinien spełnić w pełni odpowiednie wymagania normy ISO 3834-2. Wytwórca powinien zapewnić, że podwykonawca może stosować się do określonych wymagań jakościowych. Informacje dostarczone podwykonawcy przez wytwórcę powinny zawierać wszystkie odpowiednie dane dotyczące przeglądu wymagań klienta i przeglądu technicznego. Jasne określenie oczekiwań od podwykonawcy, między innymi związane z dodatkowymi wymaganiami w zakresie badań nieniszczących (np. określenie techniki badań magnetyczno-proszkowych – technika czarno-biała czy fluorescencyjna) wraz z konieczną dokumentacją potwierdzającą ich spełnienie, pozwala wytwórcy wziąć odpowiedzialność za wyrób gotowy.

5. Personel spawalniczy i personel kontroli i badań

Aby uniknąć niezgodności systemowych, a co najistotniejsze występowania wadliwych produktów, których naprawa wiąże się w wielu przypadkach z niedotrzymaniem terminowości dostaw gotowego wyrobu, należy uwzględnić konieczność właściwej kontroli i nadzoru wyrobu gotowego.

Zapewnienie personelu wykonującego połączenia nierozłączne oraz personelu kontroli i badań to kolejny ważny obszar spełnienia wymagań normy PN-EN ISO 3834-2.

Brak personelu spawalniczego na poziomie Międzynarodowego i/lub Europejskiego Inżyniera Spawalnika (IWE/EWE), o kompetencjach i kwalifikacjach określonych wg wymagań normy PN-EN ISO 14731, może skutkować zwiększeniem niezgodności wynikających z braku nadzoru nad prawidłowością realizacji procesu. Kompetencje Głównego Spawalnika obejmują w wielu przypadkach bardzo szeroki zakres. Począwszy od zaangażowania spawalnika w przegląd wymagań umowy, poprzez analizę dokumentacji technologicznej i kontrolę nad parametrami procesu spawania a skończywszy na kontroli i analizie przeprowadzonych badań nieniszczących i obróbki cieplnej jeśli taka była wymagana. Niewłaściwie przeprowadzony przegląd zlecenia w skrajnych przypadkach może doprowadzić do takiej sytuacji, że już zawarta umowa nie może zostać zrealizowana z uwagi brak możliwości wykonania specyficznych połączeń. Właściwe opracowanie technologii spawania skutkuje poprawnością prowadzenia procesu, a nadzór nad nim pozwala wyeliminować błędy ludzkie związane z tzw. „przyzwyczajeniem” spawaczy do wcześniej ustawianych parametrów. I pojawia się kolejne zagadnienie związane z nadzorem, a mianowicie nadzór nad uprawnieniami spawaczy które muszą być właściwe do zamówienia i zapotrzebowania dla danego procesu. Niewłaściwe kompetencje, lub ich brak, powodują perturbacje z terminowością realizacji spawania i koniecznością zatrudnienia odpowiedniego personelu, co w obecnych czasach jest zagadnieniem nie tyle bardzo skomplikowanym ale również kosztownym. W dobie dostępności do rynków pracy dobrze wykwalifikowany personel spawaczy zna swoją wartość. I w takim przypadku należy brać pod uwagę wzrost kosztów produkcji danego zamówienia. Personel kontroli jakości również ma w wielu przypadkach decydujący wpływ na terminowość realizacji umowy. Kompetentny i sprawny personel jest w stanie niejednokrotnie już w trakcie spawania wykryć niezgodności które negatywnie wpływałyby na realizację projektu. Tak więc rola spawalnika jest nie do przecenienia w procesie eliminacji niezgodności systemowych mogących wystąpić w czasie spawania. W głównej mierze na jego „barkach” spoczywa odpowiedzialność za właściwe przygotowanie i realizację procesu wytwarzania połączenia spawanego łącznie z nadzorem nad kontrolą jakości.

Przykładowo opracowanie niewłaściwej technologii spawania, złe parametry i brak nadzoru nad spawaczami skutkuje wykonaniem błędnego połączenia spawanego które może w ogóle nie nadawać się do eksploatacji (za duże wprowadzenie ciepła spawania w obszar złącza powoduje nadmierne zmiany strukturalne materiału). A naprawa takiego połączenia może wymagać wymiany całego elementu lub dużej jego części, a to podnosi koszty produkcji.

Właściwe uprawnienia personelu wykonującego połączenia nierozłączne, potwierdzone odpowiednimi świadectwami kwalifikacji, również istotnie wpływają na występowanie lub brak niezgodności. Brak takich uprawnień może być powodem niezrealizowania zamówienia z powodu wykonania połączeń przez personel nieposiadający odpowiednich uprawnień (np. spawacze posiadają uprawnienia do spawania połączeń doczołowych metodą MAG 135,

ale te uprawnienia nie obejmują wykonywania złączy podlegających wymaganiom Dyrektywy Ciśnieniowej 2014/68/UE).

Personal wykonujący kontrolę i badania połączeń spawanych powinien mieć kwalifikacje zgodne z wymaganiami normy PN-EN ISO 9712. Nie korzystanie z usług personelu badań nieniszczących o wymaganych kwalifikacja skutkuje brakiem wykonania badań i zwolnieniem do eksploatacji wadliwego wyrobu, a tym samym wygenerowanie reklamacji, Zwroty reklamacyjne poza aspektami ekonomicznymi (koszty remontów, napraw) mają również aspekt wizerunkowy, bardzo dobitnie wpływający na firmę wytwórczą (Czuchryj, i Sikora, 2016; PN-EN ISO 3834-2; Rachwał, i Wolniak, 2013).

6. Sprzęt spawalniczy

Nadzór nad sprzętem spawalniczym pozwala na uniknięcia postępu w produkcji wywołanej nieplanowanymi awariami sprzętu oraz błędów w określaniu wartości parametrach spawania. Ograniczenia w użytkowaniu sprzętu wynikającymi z napraw można wyeliminować poprzez planowanie napraw i przeglądów, natomiast zachowanie sprawności urządzeń wskazujących parametry spawania można osiągnąć poprzez walidację sprzętu nowo zakupionego jak również używanego w produkcji.

Przykładem niezgodności, która może wystąpić w wyniku braku nadzoru nad sprzętem spawalniczym, jest błędne wskazywanie parametrów prądowo-napięciowych na wyświetlaczu urządzenia spawalniczego. Zbyt wysokie wskazania w stosunku do parametrów rzeczywistych mogą powodować występowanie niezgodności takich jak przyklejenie, które są z punktu widzenia stabilności konstrukcji porównywane z pęknięciami. Przyklejenia podobnie jak pęknięcia są niezgodnościami płaskimi, w których występuje spiętrzenie naprężeń na końcach niezgodności i w efekcie czego mamy do czynienia z karbem inicjującym lub powodującym dalszy rozwój pęknięcia.

Zbyt wysokie parametry w stosunku do wyświetlanych powodują zbyt duże wprowadzenie ciepła do złącza spawanego, wartość ta może znacząco różnić się od danych zawartych w instrukcji technologicznej spawania. Zbyt duże przegrzanie materiału powoduje niekorzystny rozrost ziarna materiału spawanego w Strefie Wpływu Ciepła i tym samym zmieniają się właściwości wytrzymałościowe materiału, które mogą nie spełniać wymagań początkowych. być przyczyną przegrzania materiału spawanego (Czuchryj, i Sikora, 2016; Czuchryj, i Sikora, 2017; Klimpel, i Szymański, 1992).

7. Spawanie i działalność związana

Realizacja produkcji spawalniczej i prowadzenie nad nią nadzoru, wpływa na ilość niezgodności w samym wyrobie. Posiadanie kwalifikowanych technologii spawania, na których podstawie opracowywane są Technologiczne Instrukcje Spawania (WPS) wraz z przestrzeganiem parametrów spawania i wykwalifikowanymi spawaczami pozwala na zmniejszenie występowania niezgodności w złączu spawanym. Prowadzenie kontroli przed spawaniem czyli: zgodności materiałów podstawowych i dodatkowych do spawania oraz dokumenty kontroli, przygotowanie odpowiednich brzegów, wstępne podgrzewanie materiału do spawania, zapewnienie odpowiedniego środowiska pracy (dostępność do elementów spawanych) uzależnionego od rodzaju i grubości materiału. Następnie prowadzenie kontroli w trakcie spawania poprzez kontrolę parametrów zadanych na urządzeniu spawalniczym, kontrolę temperatury międzyścigowej oraz nadzór nad wymaganiami technologicznymi (np. kontrola prędkości spawania – zbyt duża prędkość spawania lub zbyt duża prędkość chłodzenia ciekłego jeziora spawalniczego może powodować występowanie pęknięć gorących wzdłuż osi spoiny). Właściwy nadzór nad procesem spawania może przyczynić się do ograniczenia prawdopodobieństwa występowania niezgodności a często wręcz do eliminacji możliwości powstania niezgodności wewnętrznych w złączu (dokładne czyszczenie warstw spawanych przed ułożeniem kolejnej warstwy eliminuje zagrożenie występowania wtrąceń żużla, który w wielu przypadkach, podobnie jak przyklejenie, działa jak koncentrator naprężeń). Kontrola po spawaniu to zapewnienie właściwych wymiarów geometrycznych elementu oraz wykonanie badań powierzchniowych i objętościowych w zależności od wymagań umowy. Badania nieniszczące jako jedyny rodzaj badań pozwalają na bezinwazyjne oszacowanie jakości wykonanego połączenia. Oszacowanie, ponieważ z uwagi na proces specjalny jakim jest spawanie nie można z całą pewnością stwierdzić, że wykryto lub nie wykryto wszelkich niezgodności które mogły się pojawić w połączeniu spawanym.

Materiały podstawowe i dodatkowe do spawania mają duży wpływ na powstawanie niezgodności. Dlatego też kontrola przy dostawie zgodności materiałów z wytopem i dokumentami kontroli powoduje wstępną weryfikację materiałów wejściowych do procesu. Brak wymaganych później przez klienta dokumenty kontroli może spowodować nieodebranie konstrukcji. Większość wad materiałowych takich jak rozwarstwienie czy korozja na powierzchni oraz rozbieżności we własnościach mechanicznych materiału można wyeliminować na pierwszym etapie kontroli. Właściwe przechowywanie materiałów podstawowych oraz monitorowanie temperatury i wilgotności powoduje zmniejszenie ryzyka wystąpienia w czasie spawania porowatości wewnątrz lub na zewnątrz złącza (eliminacja wilgoci, czyszczenie wstępne z wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń, korozji itp.) (Czuchryj, i Sikora, 2016; Dobrzański, 2002; Rachwał, et al. 2014; Rachwał, i Wolniak, 2017).

Ewidencjonowanie niezgodności i działań korygujących daje możliwość analizy przyczyn powstawania niezgodności w wyrobie spawanym oraz ich eliminowania w celu ponownego wystąpienia. Brak możliwości monitorowania niezgodności spawalniczych powoduje ich powtarzanie się, uniemożliwia eliminowanie ich przyczyn i ograniczenia kosztów produkcji (PN-EN ISO 3834-2; Rachwał, i Wolniak, 2013; Szczeńsiak, i Samek, 2012, Wolniak, 2013).

8. Podsumowanie

Realizacja procesu specjalnego, jakim jest spawanie, wymaga zapewnienia wysokich standardów jakościowych. Dotyczą one zarówno wytwarzania połączeń, ale również nadzoru nad przygotowaniem elementów do spawania oraz zapewnieniem właściwych urządzeń i narzędzi wymaganych do prawidłowego przeprowadzenia procesu spawania. Niespełnienie wymagań jakościowych określonych w branżowych systemach jakości może skutkować pojawieniem się niezgodności w konstrukcji spawanej i wygenerować dodatkowe koszty dla przedsiębiorstwa.

Właściwe przeanalizowanie wymagań umowy na etapie przystępowania do kontraktu daje odpowiedź na bardzo ważne pytanie: czy jesteśmy jako przedsiębiorstwo w stanie spełnić przedstawione wymagania w sposób właściwy i terminowy.

Prawidłowe przygotowanie instrukcji technologicznych spawania i nadzór nad ich stosowaniem przez spawaczy zarówno w przedsiębiorstwie jak i u poddostawcy skutkuje wyeliminowaniem niezgodności związanych z błędnym procesem spawania.

Istotnym elementem mającym wpływ na zmniejszenie ilości niezgodności jest prowadzenie wykazu niezgodności i reklamacji, który pozwala na dokonanie analizy przyczyn ich wystąpienia i stworzenia skutecznego sposobu ich wyeliminowania i monitorowania.

Bibliografia

1. Czuchryj, J., i Sędek-Mazgaj, A. (2014). *Podstawy zapewnienia jakości prac spawalniczych*. Gliwice: Wydawnictwo Instytutu Spawalnictwa.
2. Czuchryj J., i Sikora, S. (2016). *Niezgodności spawalnicze w złączach spawanych z metali i termoplastycznych tworzyw sztucznych*. Gliwice: Wydawnictwo Instytutu Spawalnictwa.
3. Czuchryj J., i Sikora, S. (2017). *Badania wizualne złączy spawanych*. Gliwice: Wydawnictwo Instytutu Spawalnictwa.

4. Dobrzański, L.A. (2002). *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego*. Warszawa: WNT.
5. Horodecka, A.M., & Wolniak, R. (2015). Valutazione delle non conformità nell'esempio di un'azienda italiana. *Systemy Wspomagania Inżynierii Produkcji*, 1, 18-31.
6. Horodecka, M., i Wolniak, R. (2017). Narzędzie do wartościowania niezgodności w przedsiębiorstwie przemysłowym. *Problemy Jakości*, 1.
7. Klimpel, A, i Szymański, A. (1992). *Kontrola jakości w spawalnictwie*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
8. Pacana, A., Ingaldi, M., i Czajkowska, A. (2017). *Projektowanie i wdrażanie sformalizowanych systemów zarządzania*. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
9. Pacana, A., Lew, G., i Kulpa, W. (2017). Rating the quality of implementation of environmental management systems. *Journal of Business & Retail Management Research*, 22(2), 165-169.
10. PN-EN ISO 3834-1. *Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych. Część 1: Kryteria wyboru odpowiedniego poziomu jakości*.
11. PN-EN ISO 3834-2. *Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych. Część 2: Pełne wymagania jakości*.
12. PN-EN ISO 9000:2015-10. *Systemy zarządzania jakością – Podstawy i terminologia*.
13. PN-EN ISO 9001: 2015 –10. *Systemy zarządzania jakością – Wymagania*.
14. Rachwał, A. (17.05.2017). Wymagania nowej normy PN-EN ISO 9001:2015, a realizacja procesu spawania w oparciu o wymagania normy PN-EN ISO 3834-2:2007. *Materiały seminaryjne „Wymagania jakościowe w spawalnictwie – nowości i praktyka”*. Gliwice: Instytut Spawalnictwa.
15. Rachwał, A., Sędek, A., i Wolniak, R. (2014). Proces zakupów materiałów spawalniczych w oparciu o wymagania ZKP dla konstrukcji stalowych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*, 73, 519-530.
16. Rachwał, A., i Wolniak, R. (2013). Kompetencje twarde personelu spawalniczego w świetle wymagań normy PN-EN ISO 3834. W J. Brzóska i J. Pyka (red.), *Nowoczesność przemysłu i usług w warunkach kryzysu i nowych wyzwań*. Katowice: TNOiK, 531-539.
17. Rachwał, A., i Wolniak, R. (2017). Zapewnienie jakości procesów spawania w oparciu o systemy zarządzania jakością. W S. Popek, i M. Misniakiewicz (red.), *Narzędzia doskonalenia jakości. Analiza ryzyka wyrobów i usług*. Kraków: Wydawnictwo PTT, 129-139.
18. Szczeńiak, B., i Samek, J. (2012). Arkusz kalkulacyjny w doskonaleniu procesu analizy niezgodności produktów w przedsiębiorstwie przemysłowym. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*, 63a, 233-243.

19. Wolniak, R. (2013). Metody i narzędzia Lean Production i ich rola w kształtowaniu innowacji w przemyśle. W R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 524-534.
20. Wolniak, R., i Skotnicka, B. (2011). *Metody i narzędzia zarządzania jakością – Teoria i praktyka, cz. 1*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
21. Wolniak, R., i Skotnicka-Zasadzień, B. (2010). *Zarządzanie jakością dla inżynierów*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.