

Stanisław PAŁUBICKI

ZAPEWNIENIE JAKOŚCI NA PRZYKŁADZIE PROCESU SPAWANIA DŹWIGNI ZMIANY BIEGÓW

DOI: 10.24136/atest.2018.320

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

Jakość jest jedną z podstaw wyboru produktu przez klientów. Dlatego też głównym obszarem zarządzania jakością jest identyfikacja klientów, ich wymagań i oczekiwań. Jest to szczególnie ważne w przemyśle motoryzacyjnym. Współczesne przedsiębiorstwa, chcąc umocnić swoją pozycję rynkową, poprzez poprawę jakości oferowanych przez siebie wyrobów, nieustannie kontrolują swoje produkty. Systemy odpowiedzialne za monitorowanie produkcji pozwalają na zapewnienie przebiegu procesów produkcyjnych w warunkach nadzorowanych. Kluczowe znaczenie ma zarówno monitorowanie jak i rejestrowanie zdarzeń, do których dochodzi podczas produkcji. Stanowi to podstawę analizy stabilności procesu produkcyjnego, która jest kluczowym aspektem ciągłego doskonalenia jakości. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest zapobieganie generowaniu kosztów związanych z usuwaniem powstałych na etapie wytwarzania wadliwych produktów, a także zmniejszenie liczby reklamacji.

Słowa kluczowe: jakość, zarządzanie jakością, spawanie łukowe

WPROWADZENIE

Klient i producent postrzegają jakość w różny sposób. Wynika to z rozbieżności oczekiwań, jakie każdy z nich wiąże z danym produktem. Klient oczekuje, że nabywany przez niego produkt spełni jego potrzeby funkcjonalne (wartość użytkowa produktu) oraz нефункционаłne (wartość emocjonalna produktu). Zadowolenie klientów odnosi się do postrzegania, w jakim stopniu zostały spełnione ich oczekiwania. Producent chce zaspokoić oczekiwania klienta, ale postrzega jakość jako jedną ze zmiennych objaśniających kształtowanie się konkurencyjności i zyskowności przedsiębiorstwa [1].

Jakość wykonywanych produktów jest pojęciem teoretycznym, niemożliwym do bezpośredniego pomiaru. Poprzez zidentyfikowanie operacji, parametrów procesu, wymagań produktu powstają pojedyncze, możliwe do zmierzenia wskaźniki, których wartości pomiarowe mogą wspólnie stworzyć reprezentatywny dla produktu zbiór danych.

Przemysł motoryzacyjny wymaga ciągłego doskonalenia produktów. Aby to osiągnąć, Międzynarodowa Grupa Zadaniowa Motoryzacji (IATF), opracowała międzynarodowy standard IATF 16949:2016. Standard ten jest uzupełnieniem do normy ISO 9001:2015. Położono w nim szczególny nacisk na ciągłe doskonalenie zorientowane na klienta, wskazujące na wieloaspektowe procesy związane z koniecznością nieustannego doskonalenia procesów systemu jakości oraz zarządzania urządzeniami i narzędziami. Sformułowano wymagania związane z zapewnieniem jakości dla wyrobów i procesów związanych z motoryzacją, m.in. [3]:

– konieczność opracowania dokumentacji procesu produkcji,

- nadzorowanie charakterystyk specjalnych i właściwości specjalnych,
 - uruchomienie produkcji w warunkach nadzorowanych,
 - nadzorowanie laboratorium wewnętrznego.
- System oddziaływania na jakość w przedsiębiorstwie powinien uwzględniać [2]:
- stopień zmonopolizowania rynku,
 - charakter i nowoczesność wyrobów,
 - środowisko eksploatacji,
 - zmienność poziomu jakości w czasie,
 - organizację procesu wytwarzania,
 - stabilność asortymentu,
 - stabilność struktur produkcyjno-administracyjnych,
 - kwalifikacje personelu,
 - środki produkcji i kontroli,
 - skuteczność systemów motywacji.

Innym nowym elementem jest położenie dużego nacisku na zarządzanie ryzykiem w organizacji. Należy wdrożyć działania pozwalające przeanalizować ryzyka uwzględniając zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne zagrożenia mogące wpływać na organizację i jej system zarządzania jakością. Wszystkie organizacje posiadające certyfikat ISO TS 16949:2009 muszą pomyślnie przejść na nowe wydanie normy IATF 16949:2016 najpóźniej do 14 września 2018 roku [2, 3].

Systemy odpowiedzialne za monitorowanie produkcji pozwalają na zapewnienie przebiegu procesów produkcyjnych w warunkach nadzorowanych. Kluczowe znaczenie ma zarówno monitorowanie jak i rejestrowanie zdarzeń, do których dochodzi podczas produkcji. Dane wejściowe w tym zakresie stanowią, informacje pozyskane z systemów sterujących oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych. Za zbieranie danych odpowiedzialne są osoby nadzorujące procesy. Wyniki procesów poddawane są przeglądowi na przeglądach systemu przez kierownictwo w celu analizowania ich skuteczności i ciągłego doskonalenia. Karty Procesu zawierające ich dane takie, jak: cele, opisy, monitorowanie i skuteczność opracowywane w ustalonej formie przez osoby za nie odpowiedzialne, są przez nich przechowywane [3].

Jedną z metod pozwalającą określić zasoby do monitorowania i pomiarów produkcji jest koncepcja Piramidy Produktowności Procesu (ang. *The Productive Process Pyramid™*).

1. MONITOROWANIE I POMIARY PRODUKCJI

Piramida produktywności procesu zakłada istnienie czterech poziomów kontroli, które są od siebie wzajemnie zależne i z których każdy ma olbrzymi wpływ na poziom produktywności procesu (Rys. 1).



Rys.1. Piramida Produktyności Procesu [4]

Cztery poziomy kontroli począwszy od fundamentu to [5]:

- **kontrola zapobiegawcza** – zapewnienie stałych warunków, w których maszyna/urządzenie może wykonywać swoją pracę; ma na celu obniżenie liczby źródeł zmienności przed rozpoczęciem produkcji;
- **kontrola prognostyczna** – rozpoznanie, na etapie przygotowania procesu przewidywalnych źródeł zmienności, takich jak położenie przedmiotu, wymiary i ustawienia narzędzi itp., które mogą spowodować, że pierwsza seria produkcji nie będzie odpowiadać wymaganiom;
- **kontrola aktywna** (w trakcie procesu) – stawia czoła źródłom zmienności, które są typowe dla procesu, dostarczając użytecznej informacji zwrotnej pozwalającej na przystosowanie zmiany w trakcie procesu;
- **kontrola ostateczna** (monitorowanie poprodukcyjne) – w którym zarówno proces jak i produkt są sprawdzane względem swoich specyfikacji; część weryfikacji można wykonać na maszynie/urządzeniu, ale większość zadań jest wykonywana poza linią produkcyjną.

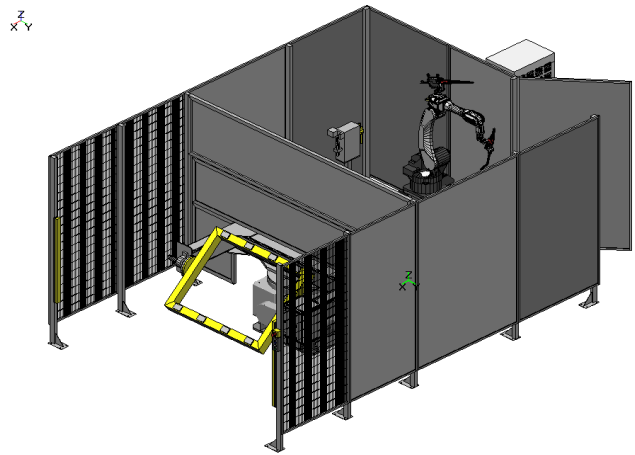
Obecnie, w dobie informatyzacji, można wykorzystywać w monitorowaniu i pomiarach systemy komputerowe. Gdy określone wymagania przy monitorowaniu i pomiarach są stosowane, to organizacja powinna potwierdzić możliwości komputerowego oprogramowania do zamierzonego zastosowania. Norma ISO 9001:2015 wymaga zachowania odpowiednio udokumentowanych informacji (plan kontroli i badań, karty pomiarowe, rejestry itp.) w celu potwierdzenia przydatności monitorowania i pomiaru zasobów oraz aby w trakcie badania przyczyn różnego rodzaju błędów jakościowych umożliwić ustalenie, czy ich powodem nie były niewłaściwe wskazania przyrządu do monitorowania, czy przyrządu pomiarowego.

Bardzo ważnym wymaganiem jest zapewnienie spójności pomiarowej poprzez wykonywanie w określonych odstępach czasu lub przed zamierzonym użyciem sprawdzania (wzorcowania/kalibracji) urządzeń pomiarowych [2, 3].

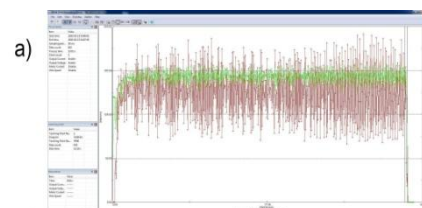
2. STANOWISKO SPAWALNICZE

Proces spawania dźwigni zmiany biegów jest prowadzony na stanowisku zrobotyzowanym (Rys. 2) z systemem spawalniczym TAWERS (ang. The Arc Welding Robot System).

System TAWERS, w który wyposażone jest zrobotyzowane stanowisko spawalnicze pozwala na pomiar i rejestrację parametrów technologicznych. Wartości napięcia i natężenia prądu są mierzone 10 000 razy na sekundę. Pozwala to na uchwycenie szybkich zmian przebiegów prądu spawania (Rys. 3). Dzięki temu możliwa jest realizowana na bieżąco analiza i ocena rzeczywistych parametrów oraz porównanie ich z danymi określonymi w specyfikacji WPS oraz ich korekta [7].



Rys. 2. Zrobotyzowane stanowisko spawalnicze do spawania dźwigni zmiany biegów wyposażone w system spawalniczy TAWERS z robotem TA 1400WG [8]

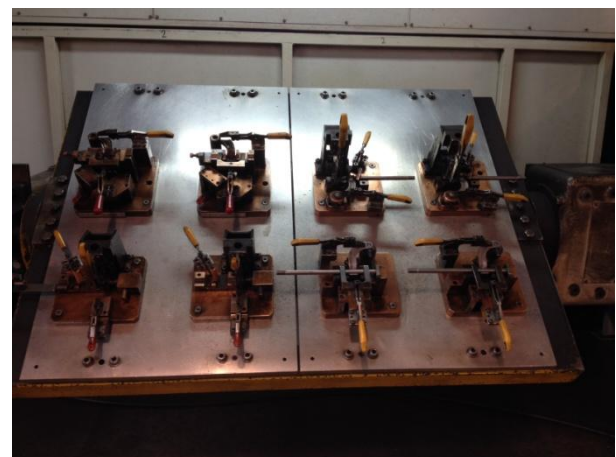


b)

Hour	Minute	Second	Program	Position	Command current	Command voltage	Weld speed	Current output	Voltage output
0	0	3	013-020D	P121	142	21.7	0.37	158	20.5
0	0	7	013-020D	P127	132	21.7	0.48	144	20.0
0	0	31	0013-020	P75	160	22.5	0.14	170	19.9
0	0	35	0013-020	P82	175	23.5	0.11	184	20.6
0	0	39	0013-020	P88	160	22.5	0.14	171	19.7
0	0	43	0013-020	P85	175	23.5	0.12	182	21.9
0	0	47	0013-020	P102	135	21.5	0.47	148	19.2
0	0	52	0013-020	P107	142	21.7	0.37	157	20.5
0	0	56	0013-020	P113	132	21.7	0.46	148	20.0
0	1	0	0013-020	P120	135	21.5	0.47	151	19.4
0	1	5	0013-020	P125	142	21.7	0.37	155	20.6
0	1	9	0013-020	P131	132	21.7	0.47	145	20.1

Rys. 3. Parametry spawania w czasie rzeczywistym: a) wykres; b) zapis tekstowy

Stanowiska spawalnicze wyposażone jest w elektryczny stół obrotowy (Rys. 4), służy on do wymiany pól spawalniczych względem robota (czas wymiany pól wynosi 4,5 s); stanowisko wyposażone zostało w dwa obrotniki PanaDice200, do których zamocowane są ramy służące do montażu przyrządów spawalniczych. Precyzja powtarzalności pozycji dla zastosowanego robota spawalniczego wynosi $\pm 0,1$ mm.



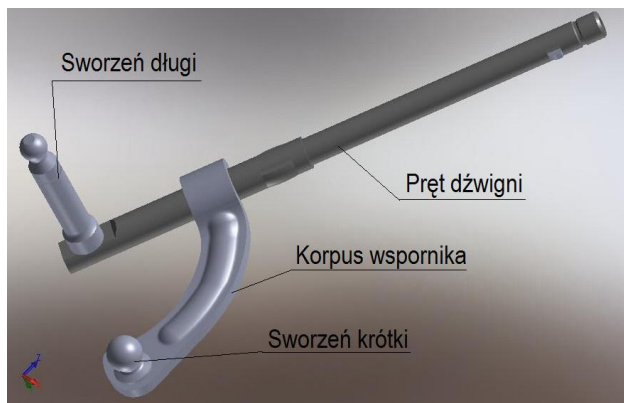
Rys. 4. Stół obrotowy z obrotnikami PanaDice200 z zamontowanymi przyrządami spawalniczymi

3. SPAWANIE DŹWIGNI ZMIANY BIEGÓW

3.1. Charakterystyka konstrukcyjna

Dźwignia zmiany biegów jest zespołem spawanym metodą MAG (ang. *Metal Active Gas*), w skład którego wchodzi cztery elementy (Rys. 5):

- pręt dźwigni, wykonany ze stali S355JR,
- sworzeń długi, wykonany ze stali 11SMn30,
- sworzeń krótki, wykonany ze stali 11SMnPb30,
- korpus wspornika, wykonany ze stali DD12.



Rys. 5. Model cyfrowy dźwigni zmiany biegów [6]

3.2. Materiały dodatkowe i zadane parametry spawania

W procesie spawania zastosowano następujące materiały dodatkowe:

- drut spawalniczy G3Si1 \varnothing 1,0 - drut elektrodowy, miedziowany z dodatkiem odtleniaczy Mn i Si do spawania półautomatycznego w osłonie CO₂ oraz mieszanki M21 (80% Ar + 20% CO₂), własności mechaniczne drutu zapewniają wysoką jakość spoin, gaz osłonowy – M21 (80% Ar + 20% CO₂), przepływ gazu – 10-15 l/min.

Zestawienie zadanych parametrów spawania przedstawiono w Tab. 1.

Tab. 1. Zadane parametry spawania

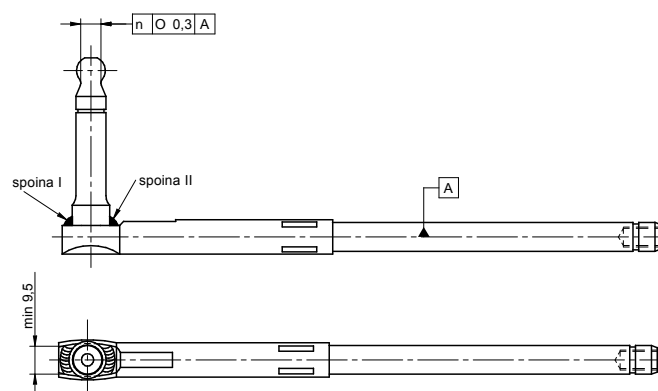
Nr spoiny	Natężenie prądu I, A	Napięcie łuku U, V	Prędkość spawania v, m/min
Spoina I	155±5	21,5±1,5	0,35±0,05
Spoina II	175±5		0,20±0,05
Spoina III	145±5		0,25±0,05
Spoina IV	150±5		0,25±0,05
Spoina V	135±5		0,40±0,05

3.3. Przebieg operacji spawania

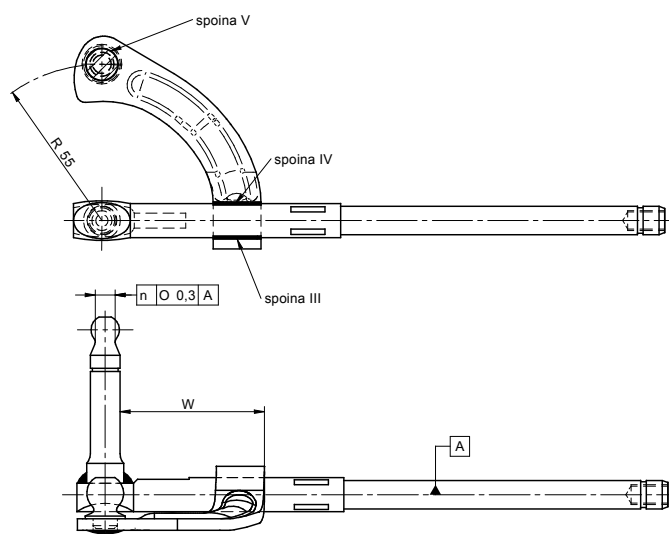
Operacja spawania dźwigni zmiany biegów jest operacją dwu zabiegową. Przebieg operacji podano poniżej:

1. Sprawdzić oznaczenie drutu spawalniczego wg etykiety na paczce oraz oznaczenie gazu wg etykiety na butli.
2. Sprawdzić prawidłowość uzbrojenia stołów spawalniczych w przyrządy spawalnicze wg instr. dla stanowisk spawalniczych.
3. Pobrać z pojemnika i dokonać oględzin elementów spawanych, powinny być suche, wolne od zawilgoceń, oleju, zatluszczeń i zabrudzeń.
4. **Zabieg I:** Ustawiać i zabazować w przyrządzie spawalniczym pręt dźwigni i sworzeń długi.
5. Wykonać dwie spoiny pachwinowe wg szkicu (Rys. 6).
6. Odłożyć pospawane elementy na stojak celem wystygnięcia.

7. **Zabieg II:** Ustawiać i zabazować w przyrządzie spawalniczym sworzeń krótki, korpus wspornika oraz drążek z zabiegu I.
8. Wykonać dwie spoiny łączące korpus wspornika z drążkiem z zabiegu I oraz spoinę łączącą sworzeń krótki z korpusem wg szkicu (Rys. 7).
9. Wykonać do 5 sztuk detalu, detal przekazać do NKJ (Kontroli Jakości) celem odbioru i opisanie I-szej dobrej sztuki.
10. Po opisanie I-szej dobrej sztuki przez NKJ, pozostawić sztukę wzorcową na stanowisku i przystąpi do wykonania serii produkcyjnej.
11. Wyprodukowane sztuki sprawdzać zgodnie z Kartą Autokontroli i sztuką wzorcową.



Rys. 6. Szkic części – operacja spawanie, zabieg I



Rys. 7. Szkic części – operacja spawanie, zabieg II

4. WERYFIKACJA POPRAWNOŚCI WYKONANYCH POŁĄCZEŃ SPAWANYCH W ODNIESIENIU DO NORM PN EN ISO

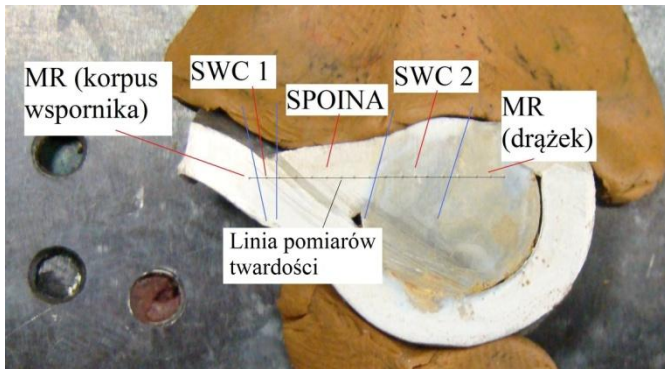
Do weryfikacji poprawności wykonanych połączeń spawanych w odniesieniu obowiązujących norm PN EN ISO, w wykonanych złączach wykorzystano dwie metody badań nieniszczących [9, 10]:

- badania wizualne (VT) wg. PN-EN ISO 17637:2011,
- badania penetracyjne (PT), wg. PN-EN ISO 3452-1:2013-08 i PN EN ISO 23277:2010.

Graniczne wartości niezgodności spawalniczych spełniały wymagania poziomu jakości C wg PN-EN ISO 5817, klasyfikacja

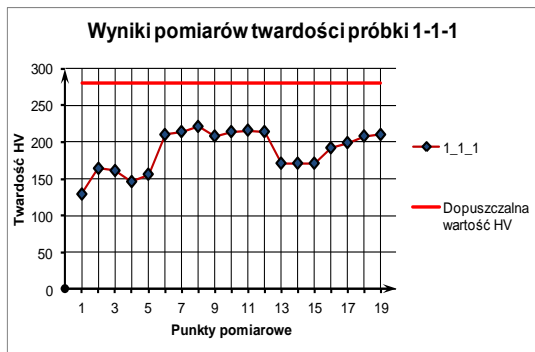
i oznaczenia numeryczne niezgodności spawalniczych wg PN-EN ISO 6520-1.

W ramach badań przeprowadzono również pomiary twardości i badania metalograficzne. Pomiary twardości (Rys. 8) wykonano metodą Vickersa przy obciążeniu 49,3 N (HV 5).

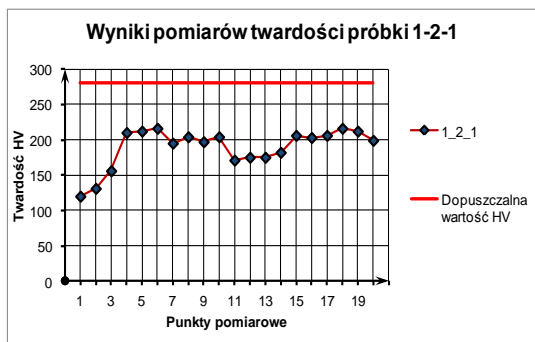


Rys. 8. Usytuowanie punktów pomiarowych twardości

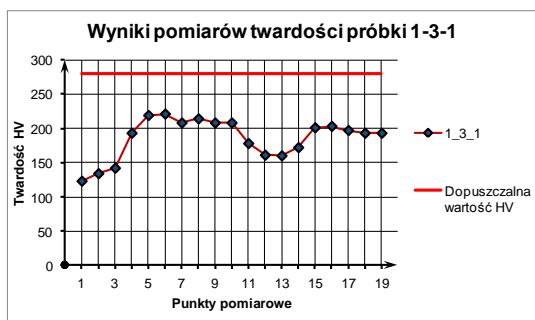
Na rysunkach 9-16 przedstawiono wyniki pomiarów twardości w odniesieniu do twardości dopuszczalnej (oznaczenie próbek: strona stołu - przyrząd - próbka).



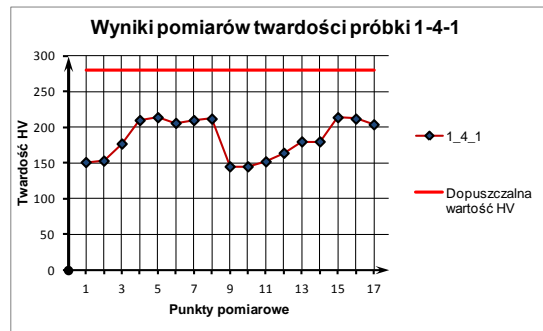
Rys. 9. Wyniki pomiarów twardości próbki 1-1-1



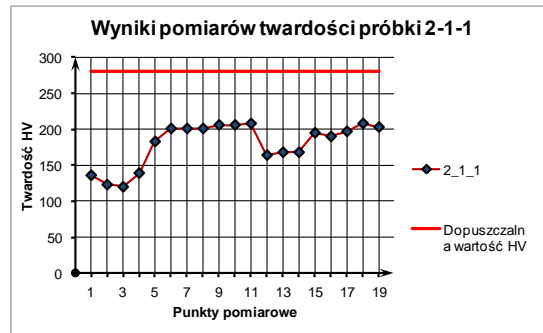
Rys. 10. Wyniki pomiarów twardości próbki 1-2-1



Rys. 11. Wyniki pomiarów twardości próbki 1-3-1



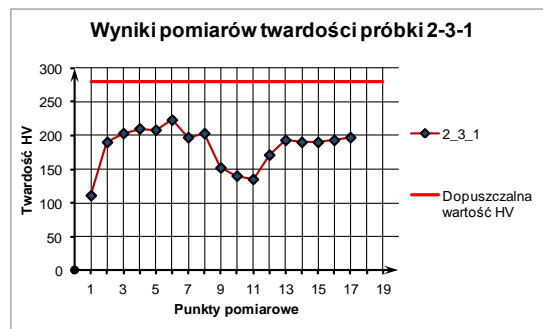
Rys. 12. Wyniki pomiarów twardości próbki 1-4-1



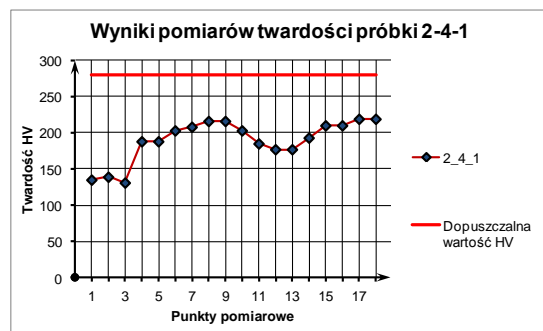
Rys. 13. Wyniki pomiarów twardości próbki 2-1-1



Rys. 14. Wyniki pomiarów twardości próbki 2-2-1



Rys. 15. Wyniki pomiarów twardości próbki 2-3-1

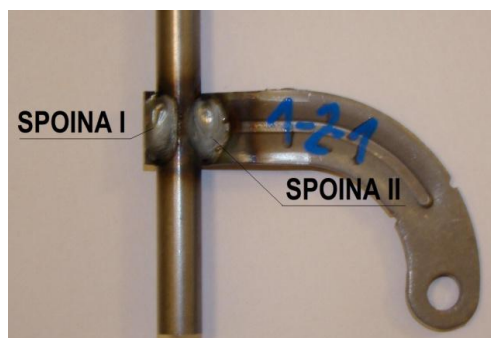


Rys. 16. Wyniki pomiarów twardości próbki 2-4-1

Wyniki pomiarów nie wykazały lokalnego utwardzenia w badanych próbkach – wzrostu twardości powyżej dopuszczalnej twardości maksymalnej (280 HV). Twardość badanych przekrojów zawierała się w przedziale 120-216 HV (wartości średnie z 3 pomiarów wykonanych na próbkach z poszczególnych przyrządów). Pomiar wykonano przy użyciu twardościomierza Vickersa HMO 10.

W celu określenia mikrostruktury badanych połączeń przeprowadzono metalograficzne badania mikroskopowe. Powierzchnię zglądów wytrawiono – odczynnik trawiący Nital A.1 (wg. PN-CR 12361:2002; Badania niszczące spoin materiałów metalowych – Odczynniki do badań makroskopowych i mikroskopowych).

Mikrostruktury w poszczególnych strefach badanego połączenia spawanego przedstawiono w Tab. 2 a widok badanego elementu na rys. 17.



Rys. 17. Badany element

Tab. 2. Mikrostruktury w poszczególnych strefach badanego połączenia spawanego

	MR (korpus wspornika)	SWC 1	SPOINA	SWC 2	MR (drażek)
Powiększenie x40					
Powiększenie x100					
Powiększenie x200					
Powiększenie x400					

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania nieniszczące i niszczące (pomiary twardości i badania metalograficzne) dźwigni zmiany biegów pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- proces spawania dźwigni zmiany biegów przebiega stabilnie, wykorzystywane urządzenia i oprzyrządowanie pozwalają na pełną powtarzalność elementów;
- parametry spawania zostały dobrane prawidłowo – nie występuje nadmierny wzrost twardości elementu ani nadmierny rozrost ziaren w spoinie i strefie wpływu ciepła (nadmierny rozrost ziarn mógłby prowadzić do pęknięcia obciążonych mechanicznie złączy).

Z zastosowania zrobotyzowanego stanowiska spawalniczego z systemem TAWERS w warunkach produkcyjnych wynikają następujące korzyści dla przedsiębiorstwa:

- uzyskanie informacji o przebiegu procesu spawania w czasie rzeczywistym lub na podstawie zarejestrowanych parametrów i możliwość wprowadzania działań korygujących;
- poprawa jakości i powtarzalności wyrobów spawanych;
- obniżka kosztów produkcji przez eliminację braków;
- automatyzacja kontroli i nadzoru parametrów spawania;
- dostępność danych dla wszystkich zainteresowanych pracowników w wyniku włączenia systemu w infrastrukturę informatyczną przedsiębiorstwa.

Jakość staje się głównym wyznacznikiem w procesie zakupu produktów. Z punktu widzenia przedsiębiorstwa ponoszenie kosztów na podwyższenie jakości swoich wyrobów może się okazać kluczowym czynnikiem w procesie budowania własnej marki. Jeśli wyroby okażą się dobre jakościowo, to bez obawy można przenieść koszty poniesione na jakość na odbiorcę.

Jakość daje wymierne korzyści dla producenta jak i dla klienta.

BIBLIOGRAFIA

1. Hamrol A., *Zarządzanie jakością z przykładami*, PWN, Warszawa 2005
2. PN-EN ISO 9001:2015-10; *Systemy zarządzania jakością – Wymagania*
3. IATF 16949:2016 – *Technical Specification*
4. <http://www.renishaw.pl/pl/kiedy-wykonuje-pomiary--12477>
5. Kubist M. (red.), ISO 9001:2015. *Rewizja normy w prostych słowach*. Quality Austria-Polska Sp. z o.o., październik 2016.
6. Pałubicki S., Kukiela K., *Zarządzanie jakością w wybranym procesie produkcyjnym z zastosowaniem metody FMEA*. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2017 nr 6. s. 256-261.

7. Pałubicki S., *Innowacyjne procesy spawania w przemyśle motoryzacyjnym*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2017 nr 6. s. 389-394.
8. *Zrobotyzowane stanowisko spawalnicze – szczegółowa instrukcja: bezpieczeństwo, obsługa, dozór*. TECHNIKA SPAWALNICZA Sp. z o.o., Poznań. 2010.
9. Czuchryj J., Papkala H., Winiowski A.: *Niezgodności w złączach spawanych*. Instytut Spawalnictwa, Gliwice. 2005.
10. Czuchryj J., Sikora S.: *Badania wizualne złączy spawanych*. Instytut Spawalnictwa, Gliwice. 2009.

Quality assurance on the example of the welding process for gear lever

Quality is one of the basics of product selection by customers. Therefore, the main area of quality management is the identification of customers, their requirements and expectations. This is especially important in the automotive industry. Today's enterprises, wanting to strengthen their market position by improving the quality of their products, constantly control their products. Systems responsible for monitoring production allow to ensure the course of production processes in supervised conditions. The monitoring and recording of events that occur during production is of key importance. This is the basis for analyzing the stability of the production process, which is a key aspect of continuous improvement of quality. Thanks to this approach, it is possible to prevent the generation of costs related to the removal of defective products created at the manufacturing stage, as well as to reduce the number of complaints.

Key words: quality, quality management, arc welding

Autor:

mgr inż. **Stanisław Pałubicki** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Produkcji,
e-mail: stanislaw.palubicki@tu.koszalin.pl

Artykuł powstał przy współpracy
PLASMET Czechowicz spółka jawna
Widzino, ul. Krzywa 8
76-251 Kobylnica

