KWALIFIKOWANIE TECHNOLOGII SPAWANIA NA PRZYKŁADZIE STALOWEJ KONSTRUKCJI PODESTU BALKONOWEGO PRODUKOWANEGO W ZS ANATOL

Anatol KAŁASZNIKOW [1], Daniel DĘBOWSKI[2], Józef GRUSZKA[3]

W pracy przedstawiono zagadnienie dotyczące uznania technologii spawania na przykładzie stalowej konstrukcji podestu balkonowego. Przeanalizowano obowiązujące normy oraz systemy jakości w spawalnictwie. Zwrócono szczególną uwagę na zagadnienie kwalifikowania technologii spawania. Zgodnie z zaproponowaną procedurą uznania technologii spawania, przeprowadzono wszystkie niezbędne badania oraz analizy potrzebne do uzyskania certyfikatów zgodności zakładowej kontroli produkcji oraz jakości spawania.

Słowa kluczowe: Kwalifikowanie technologii spawania, jakość spawania, kontrola produkcji

1. Systemy jakości w spawalnictwie

Pojęcie spawania zawiera się w spajaniu, które to jest metodą łączenia materiałów w wyniku którego uzyskuje się połączenie o fizycznej ciągłości materiałowej. Pojęcie spajania obejmuje spawanie, napawanie, zgrzewanie, lutowanie, klejenie i inne.

Spawalność jako pojęcie techniczne jest trudne do zdefiniowania ponieważ obejmuje zespół czynników, których wspólne oddziaływanie decyduje o przydatności danego materiału do wykonania określonej konstrukcji spawanej [1]:

- według Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa „Uważa się, że materiał metaliczny jest spawalny w danym stopniu, przy użyciu danej metody spawania i w danym przypadku zastosowania, gdy pozwala, przy uwzględnieniu odpowiednich dla danego przypadku środków ostrożności, na wykonanie złącza pomiędzy elementami łączonymi z zachowaniem ciągłości metalicznej oraz utworzenie złącza spawanego, które poprzez swe właściwości lokalne i konsekwencje ogólne zadość uczyni wymogom żądanym i przyjętym za warunki odbioru" [23];

[1] mgr inż.; AK ANATOL, Żary; e-mail: anatol@zsanatol.com.pl
[2] dr inż.; Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny; e-mail: d.debowski@ibem.uz.zgora.pl
[3] dr hab. inż., prof. PP; Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania, e-mail: jozef.gruszka@put.poznan.pl

- wg J. Pilarczyka „Spawalność jest to zdolność do tworzenia za pomocą spawania złączy o wymaganych właściwościach fizycznych, zdolnych do przenoszenia obciążeń przewidzianych dla danego rodzaju konstrukcji, do wykonania której dana stal ma być użyta" [2];
- wg M. Myśliwca „Spawalność jest to prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że złącza spawane wykonane z danego materiału, za pomocą określonego procesu technologicznego spawania będą pracowały w sposób niezawodny w wymaganych warunkach eksploatacyjnych przez zadany okres" [23].

Norma ISO serii 9001 [4] zalicza spawanie do procesów specjalnych, które definiuje jako procesy, których rezultaty nie mogą zostać zweryfikowane poprzez późniejsze nieniszczące kontrole i badania lub takie, których błędy mogą wystąpić w trakcie użytkowania wyrobu przez klienta. Ze względu na ograniczone możliwości ich weryfikacji, nadzór nad takimi procesami podlega szczególnym obostrzeniom. Wymaga się, żeby procesy te były wykonywane przez odpowiednio wykwalifikowanych pracowników, a ich parametry były ciągle monitorowane. Należy także dokonywać kwalifikacji procesów operacji i wyposażenia. Weryfikacja ta powoduje określone działania związane z monitorowaniem takich procesów oraz konieczność zachowania zgodności z udokumentowanymi procedurami w celu zapewnienia ustalonych wymagań. Procesy specjalne podlegają w takim przypadku kwalifikowaniu i powinny być miedzy innymi realizowane przez odpowiednio wykwalifikowany personel, wykonujący określone czynności spawalnicze jak i nadzór.

Szczególna specyfikacja procesów spawania spowodowała, że opublikowane zostały dodatkowe dokumenty normalizacyjne. Dokumenty te są zarówno o charakterze regionalnym, europejskim jak i światowym. Stanowią podstawę do opracowywania systemu zarządzania jakością w procesach spawania. Określone dokumenty dotyczą wymagań wykonywania, nadzorowania i dokumentowania prac spawalniczych, kwalifikacji i kwalifikowania personelu wykonującego i nadzorującego prace spawalnicze oraz badań nieniszczących, a także metod oceny jakości wyrobu.

Normy te z jednej strony stanowią dla ich użytkowników ułatwienie, ale i wyzwania związane z dokonywaniem odpowiednich zmian dotyczących szeroko pojętych procesów spawania. W zarządzaniu jakością, w procesach spawania podstawowe znaczenia ma norma ISO serii 3834 [12].

W Polsce normy te zostały opublikowane w polskiej wersji językowej i włączone do zbioru Polskich Norm jako PN-EN ISO 3834:2007 „Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych". W pierwszej części danej normy określono kryteria wyboru odpowiedniego poziomu wymagań jakości. Pełne wymagania dotyczące jakości zamieszczono w części 2, standardowe w części 3, podstawowe w części 4. Część 5 określa dokumenty, które są konieczne dla potwierdzenia zgodności z wymaganiami jakości.

Dobór poziomu wymagań dotyczących jakości procesu spawania jest przede wszystkim uzależniony od wymagań klienta (odbiorcy), który mając na względzie zastosowanie i odpowiedzialność zlecanych do wykonania wyrobów oraz warunki ich eksploatacji, może określić w umowie odpowiedni poziom wymagań jakościowych wykonywania procesu spawania. W związku z wymaganiami, wytwórca powinien znać wszystkie uwarunkowania dotyczące wytwarzania złączy spajanych, szczególnie w przypadku gdy normy wyrobu wymagają zastosowania systemu zapewnienia jakości.

Korzyści wynikające z wdrożenia wymagań normy PN-EN ISO 3834:

- podniesienie jakości wytwarzanych wyrobów,
- zwiększenie wiarygodności w „oczach" klienta,
- zapewnienie, że procesy spajania wykonywane są prawidłowo,
- zapewnienie nadzoru nad wyrobem począwszy od projektowania,
- zrozumienie źródeł potencjalnych trudności w wytwarzaniu wyrobu oraz ich nadzorowanie,
- norma może służyć do przedstawienia zdolności wytwórcy do wytwarzania konstrukcji spawanych w pełni spełniających wymagania jakości, określone w specyfikacjach, normach oraz w wymaganiach przepisów prawnych.

Inną normą określającą wymagania dotyczące oceny zdolności elementów konstrukcyjnych jest norma PN-EN 1090 [3]. Od 2010 roku przedsiębiorstwa wytwarzające konstrukcje stalowe i aluminiowe są zobligowane do certyfikacji Zakładowej Kontroli Produkcji na zgodność z EN 1090-1. Od połowy 2012 roku wszystkie wyroby metalowe wytwarzane w firmach działających w ramach nadzoru budowlanego muszą być certyfikowane na zgodność normą EN 1090-1. Z dniem 01.07.2014 roku dotychczas obowiązująca dyrektywa UE nr: 89/106/EWG (tzn. dyrektywa budowlana CPD) została ostatecznie zastąpiona przez Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr: 305/2011 ustanawiająca znormalizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylająca dyrektywę Rady 89/106/EWG. Adekwatne zmiany nastąpiły także w prawie polskim i 25 lipca 2013 roku Prezydent RP podpisał ustawę o zmianie ustawy o wyrobach budowlanych oraz ustawy o systemie oceny zgodności. Certyfikacja na zgodność wg PN-EN 1090-1 + A1:2012 stanie się obligatoryjna dla producentów konstrukcji stalowych i aluminiowych z dniem 01.07.2014. W tym dniu kończy się okres koegzystencji i wszystkie krajowe specyfikacje techniczne według których producenci konstrukcji stalowych budowlanych do tej pory dokonywali oceny zgodności (obecnie oceny właściwości użytkowych) muszą zostać wycofane.

Norma PN-EN 1090 „Wykonywanie konstrukcji stalowych i aluminiowych" dzieli się na dwie części PN-EN 1090-1 oraz PN-EN 1090-2 [3]. Część 1 określa zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych. Jest częścią grupy norm związanych z projektowaniem i produkcją elementów konstrukcji nośnych ze stali i aluminium.

Wdrożenie zasad zawartych w tej normie umożliwia wytwórcy oznakowanie stalowej lub aluminiowej konstrukcji budowlanej znakiem CE. Oznakowanie to zapewnia swobodny przepływ konstrukcji na rynku europejskim. W części 2 określono wymagania dotyczące wykonania konstrukcji stalowych lub elementów wytwarzanych z następujących wyrobów hutniczych:

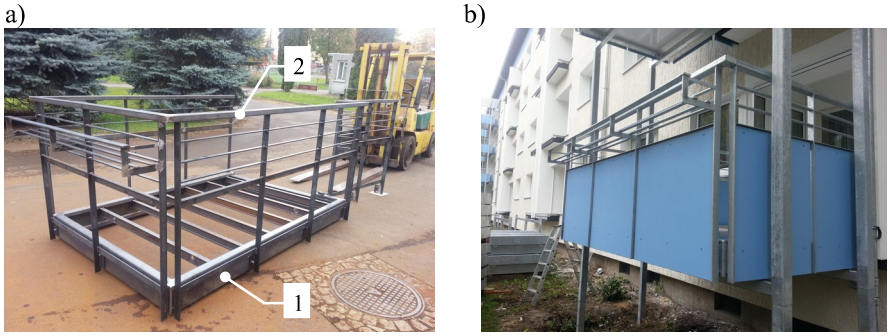
- wyrobów walcowanych na gorąco z gatunków stali nie wyższych niż S690,
- kształtowników i blach profilowanych na zimno z gatunku stali nierdzewnych nie wyższych niż S700 lub z gatunków stali węglowych nie wyższych niż S690,
- wyrobów formowanych na gorąco lub zimno, znormalizowanych i profilowanych indywidualnie, oraz kształtowników zamkniętych spawanych,
- wyrobów formowanych na gorąco lub zimno ze stali nierdzewnej austenitycznej, austenityczno-ferrytycznej i ferrytycznej.

Spełnienie wymagań zawartych w PN-EN ISO 3834 oraz PN-EN 1090 daje klientom potwierdzenie, że oferowane konstrukcje wytwarzane są w warunkach nadzorowanych przez kompetentny i uprawniony personel, którego wynikiem jest ich właściwa jakość.

2. Przedmiot badań

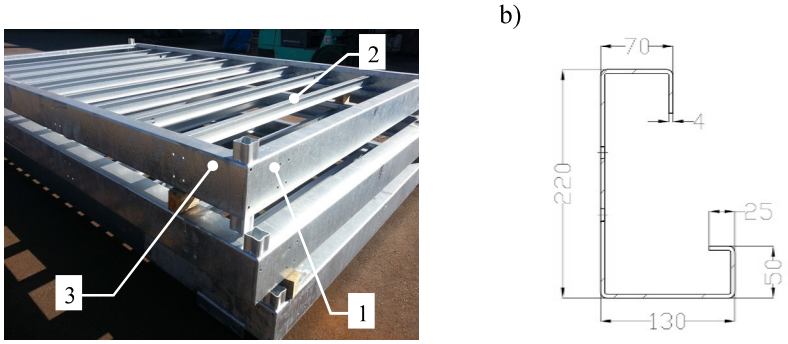
Przedmiotem badań jest podest balkonu (Rys. 1a), stanowiący jeden z elementów modułowej wierzy balkonowej (Rys. 1b) montowanej do zaistniałej zabudowy bez ingerencji w fasadę. Wieża balkonowa składa się z w zależności od ilości pięter z ram nośnych podestów balkonowych, balustrad balkonowych zamocowanych za pomocą połączeń rozłącznych do podestu, filarów nośnych podtrzymujących podesty balkonowe oraz na ostatnim piętrze z zadaszenia. Podest balkonowy został wytworzony i sprawdzony pod kątem wymiarowym oraz jakości połączeń spawanych i jest przygotowany do dalszej obróbki (cynkowanie ogniowe).

a) b)



Rys. 1. Przykłady podestu balkonowego: a) konstrukcja stalowa:1-podest; 2-balustrada; b) montaż wież balkonowych Berlin Spandau.

a) b)



Rys. 2. Konstrukcja podestu balkonowego: a) widok elementów; b) przekrój poprzeczny ceownika zimno giętego-poz.1 .

Analizowany podest balkonowy to typowa konstrukcja płaska z ustrojem kratowym składająca się z prętów łączonych w węzłach. Ramę nośną podestu balkonowego o wymiarach zewnętrznych 2660 x 1630 mm (Rys. 2a, poz. 1) wykonano z ceownika zimnogiętego o przekroju poprzecznym przedstawionym na rysunku 2b, zgodnie z PN-EN 10279 [15]. Konstrukcję wzmocniono poprzecznie biegnącymi dwuteownikami IPE 80 oddalonymi od siebie o 400 mm. Wszystkie materiały jak również elementy składowe wieży balkonowej (filary, balustrady, zadaszenie) wykonano ze stali konstrukcyjnej niestopowej z gatunku S235 JR wg normy PN-EN 10025-2 [17]. Tolerancje wykonania konstrukcji spawanej określono wg PN-EN ISO 13920 [18]. Tolerancja liniowa klasy A, płaskość klasy E natomiast wykonanie detali wg ISO 2768 [19] klasa m. Wszystkie spoiny pachwinowe wykonano o wymiarze a = 3 mm (połączenie IPE 80 z profilem zimno giętym), a czołowe z pełnym przetopem. Klasy spoin wg PN-EN ISO 5817 [20] nie określono, przyjęto więc poziom jakości C w oparciu o PN-EN 1993-1-8 [21].

Całkowita masa stalowej konstrukcji podestu balkonowego wynosi około 350 kg. Całą konstrukcję ocynkowano ogniowo.

3. Sposoby kwalifikowania technologii spawania

Kwalifikowanie technologii spawania jest to sprawdzenie poprawności technologii spawania zapisanej we wstępnej instrukcji technologicznej spawania (pWPS) (ang. *Preminary Welding Procedure Specyfikation*) poprzez przeprowadzenie określonych badań złącza spawanego wykonanego zgodnie z pWPS.

pWPS jest to instrukcja technologiczna spawania, której poprawność zakłada wytwórca, ale dla której jeszcze nie została przeprowadzona procedura kwalifikowania technologii spawania. Procedura ta przeprowadzana jest w celu sprawdzenia, czy wytwórca posiada odpowiednie kwalifikacje do prowadzenia prac spawalniczych w oparciu o stosowane instrukcje technologiczne oraz w celu

potwierdzenia, że wykonane zgodnie z tymi założeniami/instrukcjami złącza spawane spełniają określone wymagania.

Kwalifikowanie technologii spawania powinno odpowiadać warunkom produkcyjnym wytwórcy w zakresie wyposażenia w urządzenia spawalnicze, możliwości przeprowadzenia prac spawalniczych w halach produkcyjnych, przygotowaniu brzegów do spawania, czyszczenia materiału przed spawaniem, wstępnego jego podgrzania oraz obróbki cieplnej po spawaniu. Wytwórca podczas procedury kwalifikowania technologii spawania powinien udowodnić i udokumentować że sprawdzane technologie spawalnicze są odpowiednie do stosowania w warunkach produkcyjnych danego wytwórcy. Zakwalifikowanie technologii spawania do stosowania zachowuje ważność tylko przy zachowaniu przez wytwórcę takich samych warunków technicznych i organizacyjnych, jakie były podczas procedury kwalifikowania tej technologii spawania.

Tab. 1. Kwalifikacja materiałowa wg ISO-TR 15608 [10]

Grupa (podgrupa) materiałowa złącza próbnego	Zakres kwalifikowania
1-1	1^a – 1
2-2	2^a – 2, 1 – 1, 2^a - 1
3-3	3^a – 3, 1 – 1, 2 – 1,2 – 2, 3^a – 1,3^a - 2
4-4	4^b – 4,4^b – 1,4^b - 2
5-5	5^b – 5, 5^b – 1,5^b - 2
6-6	6^b – 6, 6^b – 1,6^b - 2
7-7	7^c – 7
7-3	7^c – 3,7^c – 1,7^c - 2
7-2	7^c – 2^a,7^c - 1
8-8	8^c - 8
8-6	8^c – 6^b,8^c – 1,8^c – 2,8^c - 4
8-5	8^c – 5^b,8^c – 1,8^c – 2,8^c- 4,8^c – 6.1,8^c – 6.2
8-3	8^c – 3^a,8^c – 1,8^c - 2
8-2	8^c – 2^a,8^c - 1
9-9	9^b - 9
10-10	10^b - 10
10-8	10^b – 8^c
10-6	10^b – 6^b,10^b – 1,10^b – 2,10^b - 4
10-5	10^b – 5^b,10^b – 1,10^b – 2,10^b – 4,10^b – 6.1,10^b – 6.2
10-3	10^b – 3^a,10^b – 1,10^b - 2
10-2	10^b – 2^a,10^b - 1
11-11	11^b – 11,11^b - 1

[a] obejmuje stale tej samej grupy o równej lub niższej granicy plastyczności
[b] obejmuje stale o tej samej podgrupy i każdej niższej podgrupy wewnątrz tej samej grupy materiałowej
[c] obejmuje stale tej samej podgrupy materiałowej

W celu zmniejszenia ilości egzaminów, materiały podstawowe zostały pogrupowane zgodnie z ISO-TR 15608 Welding - Guidelines for a metallic materiale grouping system. Jeśli jeden materiał należy do dwóch grup lub podgrup, powinien zostać zakwalifikowany do niższej grupy lub podgrupy. W tabeli 1 przedstawiono zakres kwalifikacji materiałowej.

Kwalifikowanie techniczne spawania może odbyć się według jednego z pięciu sposobów opisanych w normach co przedstawiono w tabeli 2 oraz opisano w kolejnych podpunktach.

Tab. 2. Kwalifikowanie techniczne spawania - sposoby

Norma	Sposób kwalifikowania
PN-EN ISO 15610 [5]	Na podstawie zbadanych materiałów dodatkowych
PN-EN ISO 15611 [6]	Na podstawie wcześniej nabytego doświadczenia
PN-EN ISO 15612 [7]	Przez przyjęcie standardowej technologii spawania
PN-EN ISO 15613 [8]	Na podstawie przedprodukcyjnego badania
PN-EN ISO 15614 [9]	Na podstawie badania technologii spawania

3.1. Kwalifikowanie na podstawie materiałów dodatkowych do spawania

Ta procedura podaje, jak technologia spawania może być kwalifikowana przez zastosowanie badań materiałów dodatkowych. Może być stosowana do materiałów nie wykazujących pogorszenie własności w strefie wpływu ciepła, zatem dla grupy materiałowej 1.1 i 8. grubość materiału podstawowego 3-40 mm [16].

Uznanie materiału dodatkowego zwykle ujęte jest w formie certyfikatu wydanego przez organizację, który materiał dodatkowy dopuściły do zastosowania. W kwalifikowaniu technologii wg tej normy można używać tylko materiału dodatkowego danego producenta.

3.2. Kwalifikowanie na podstawie wcześniej nabytego doświadczenia w spawaniu

Wielu wytwórców ma znaczne doświadczenie w produkcji konstrukcji spawanych. Konstrukcje lub ich elementy mają wiele różnych zastosowań i są z powodzeniem eksploatowane przez określony czas.

Kwalifikowanie przeprowadzane jest przez egzaminatora lub jednostkę egzaminującą i wykonuje się na podstawie:

- pWPS według normy PN-EN ISO 15609 [11],
- udokumentowanego wcześniej nabytego doświadczenia w spawaniu łukowym.

Wcześniej nabyte doświadczenie powinno być przedstawione za pomocą udokumentowanych wyników badań i prób, albo przez zestawienie produkcji spawalniczej lub przez zadawalające własności użytkowe wyrobów. Obejmują one:

- dokumenty obejmujące wyniki badań własności spoin, wynikające z badań wyrobu (np.: badania nieniszczące, niszczące, próby szczelności lub ciśnieniowe) we wszystkich przypadkach,
- zestawienie produkcji spawalniczej za okres przynajmniej 1 roku w ciągu określonego czasu,
- przydatność złączy spawanych w eksploatacji w ciągu określonego czasu, przy czym za określony czas uważa się 5 lat.

3.3. Kwalifikowanie wg standardowej technologii spawania

Standardowa technologia powinna występować jako specyfikacja w formie WPS lub WPQR. Wystawienie i zmiany standardowe technologii powinny być dokonane przez egzaminatora lub jednostkę egzaminującą ponoszącą odpowiedzialność za pierwotne kwalifikowanie. Kwalifikowanie ograniczone jest do grupy materiałowej 1.1 i 8. [10]

Warunki stosowania standardowej technologii spawania:

- użytkownik standardowej technologii spawania jest odpowiedzialny za jej właściwy wybór i stosowanie;
- użytkownik dysponuje odpowiednim personelem nadzoru spawalniczego wg normy PN-EN ISO 14731 [12] oraz spełnia wymagania dotyczące jakości wg odpowiedniej części normy PN-EN ISO 3834-1 [19];
- standardową technologię stosują spawacze z uprawnieniami wg EN 287-1 [14];
- użytkownik posiada urządzenia spawalnicze zapewniające uzyskanie parametrów spawania zgodnych z urządzeniami stosowanymi przy kwalifikowaniu standardowej technologii – urządzenia powinny pozwalać na kontrolę wszystkich zasadniczych parametrów spawania;
- warunki otoczenia stosowane przy wykorzystaniu standardowej technologii, mieszczą się w zakresie ograniczeń jakie ta technologia podaje.

3.4. Kwalifikowanie na podstawie przedprodukcyjnego badania spawania

Kwalifikowanie na podstawie badania przedprodukcyjnego dla spawania łukowego stosowane jest wówczas, gdy kształt i wymiary standardowych złączy próbnych, np. określonych w PN-EN ISO 15614 [9], nie odpowiadają w pełni złączom, które należy wykonać w produkcji. W takich wypadkach wykonuje się jedno lub więcej złączy próbnych symulujących złącza produkcyjne we wszystkich jego istotnych cechach np. wymiarach, utwardzaniu, wpływowi nagrzania, ograniczonemu

dostępowi do niego. Badania należy przeprowadzić przed rozpoczęciem produkcji w odpowiednich warunkach. Próby i badania złączy należy przeprowadzić w sposób najbardziej zbliżony do zakresu wymaganego normą PN-EN ISO 15614 [1]. Badania jednak mogą wymagać specjalnych, uzupełniających prób, zgodnie z naturą badanego złącza, co należy uzasadnić z egzaminatorem lub jednostką egzaminującą.

Ze względu na znaczny koszt uzyskania technologii spawania, na który składają się badania laboratoryjne i certyfikat WPQR i ze względu na produkcję jednostkową korzystniejsze jest uznanie wg normy PN-EN ISO 15614-1 [9]. Uznanie wg tej normy daje całe spectrum zastosowań zgodnie z tabelą 7.3 normy PN-EN 1090-2.

W tabeli 3 przedstawiono metody klasyfikacji technologii spawania przy uwzględnieniu klasy wykonywania konstrukcji.

Tab. 3. Metody kwalifikacji technologii spawania w procesach 111, 114, 12, 13 i 14 wg PN-EN 1090-2 [15]

Metoda kwalifikacji		**EXC 2**	**EXC 3**	**EXC 4**
Badania technologii spawania	PN-EN ISO 15614-1	x	x	x
Przedprodukcyjne badanie spawania	PN-EN ISO 15613	x	x	x
Standardowa technologia spawania	PN-EN ISO 15612	Xa	-	-
Wcześniej nabyte doświadczenie	PN-EN ISO 15611	Xb	-	-
Zbadanie materiałów dodatkowych	PN-EN ISO 15610			
X Dopuszczenie - Niedopuszczalne				
a Tylko do materiałów ≤ S 355 i do spawania ręcznego lub półautomatycznego b Tylko do materiałów ≤ S 275 i do spawania ręcznego lub półautomatycznego				

Norma PN-EN 1090 „Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych" wprowadza pojęcie klasy wykonania konstrukcji EXC. Opierając się na wytycznych zawartych w niemieckiej Wzorcowej Liście Zarządzeń technicznych otrzymujemy wytyczne do przyporządkowania budowli do poszczególnych klas wykonania.

Klasa wykonania EXC1 - do tej klasy wykonania zalicza się elementy konstrukcyjne, konstrukcje lub konstrukcje nośne poddane obciążeniom przeważająco stałym wykonane ze stali o klasie wytrzymałości do 275MPa, których dotyczy minimum jeden z warunków [24]:

- konstrukcje nośne: z max dwoma kondygnacjami, z profili walcowanych bez sztywnych na zaginanie styków płyt głowicowych; ze słupami o długości wyboczenia max 3 m; z belkami zginanymi o rozpiętości max 5 m i wysięgami do 2m;
- schody i poręcze w budynkach mieszkalnych;
- budynki rolnicze bez regularnego ruchu osób (np. stodoły, szklarnie);
- ogrody zimowe w budynkach mieszkalnych;

- domki jednorodzinne z max czterema kondygnacjami;
- budynki, do których osoby wchodzą rzadko, jeśli ich odległość od innych budynków lub powierzchni o częstym użytkowaniu przez osoby wynosi minimum 1,5 razy wysokość budynku.

Klasa wykonania EXC1 obowiązuje również dla innych porównywalnych budowli, konstrukcji nośnych lub elementów konstrukcyjnych.

Klasa wykonania EXC2 - do tej klasy wykonania zalicza się elementy konstrukcyjne lub konstrukcje nośne poddane obciążeniom przeważająco stałym i dynamicznym, wykonane ze stali do klasy wytrzymałości S700, które nie powinny być przyporządkowane klasom wykonania EXC1, EXC3, EXC4.

Klasa wykonania EXC3 - do tej klasy wykonania zalicza się elementy konstrukcyjne lub konstrukcje nośne poddane obciążeniom przeważająco stałym i dynamicznym wykonane ze stali do klasy wytrzymałości S700, których dotyczy minimum jeden z następujących punktów:

- wielkopłaszczyznowe konstrukcje dachowe dla miejsc zgromadzeń/stadionów;
- budynki z więcej niż 15 kondygnacjami;
- jazy obciążone przeważająco stale dla ekstremalnych objętości wypływów;
- następujące konstrukcje nośne lub ich elementy konstrukcyjne obciążone w sposób dynamiczny: kładki dla pieszych i rowerzystów, mosty drogowe i kolejowe, konstrukcje przestawne, wieże i maszty (np. konstrukcje antenowe), jezdnie podsuwnicowe, cylindryczne wieże (np. kominy stalowe).

Klasa wykonania EXC3 obowiązuje również dla innych porównywalnych budowli, konstrukcji nośnych lub elementów konstrukcyjnych.

Klasa wykonania EXC4 - do tej klasy wykonania zalicza się wszystkie elementy konstrukcyjne lub konstrukcje nośne klasy o ekstremalnych w skutkach awarii dla ludzi i środowiska, jak np.:

- mosty drogowe i mosty kolejowe ponad obszarami gęsto zasiedlonymi lub ponad instalacjami przemysłowymi o wysokim potencjale zagrożenia;
- zbiornik bezpieczeństwa w siłowni elektrowni atomowych;
- jazy obciążone dynamicznie dla ekstremalnych objętości wypływów.

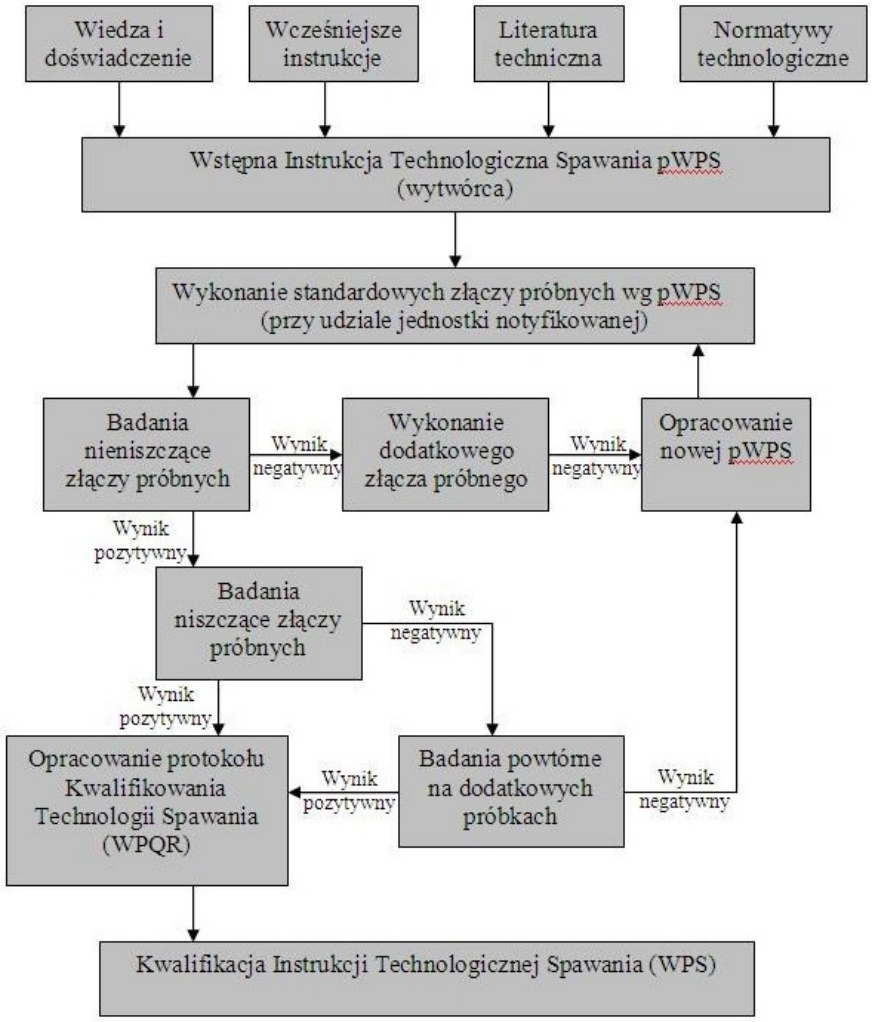
3.5. Kwalifikowanie na podstawie badania technologii spawania

Etapy kwalifikowania technologii spawania wg normy PN-EN ISO 15614-1:

- szczegółowa analiza produkcji spawalniczej (określenie zmiennych zasadniczych spawania): proces spawania, gatunek materiału podstawowego, wymiary elementów, rodzaj złącz - grubość, średnica, pozycja spawania);
- wytypowanie złącza próbnego;
- opracowanie wstępnej instrukcji technologicznej spawania - pWPS;
- wykonanie złącza próbnego;

- badania nieniszczące i niszczące technologii spawania;
- wydanie protokołu kwalifikowania technologii spawania WPQR (*Welding Procedure Qualification Record*) przez jednostkę notyfikowaną;
- opracowanie instrukcji technologicznej spawania WPS (*Welding Procedure Specyfication*).

Opracowanie algorytmiczne etapów kwalifikowania technologii spawania przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Algorytm kwalifikowania technologii spawania [23]

W pracy zdecydowano się na wybór sposobu uznania technologii spawania na podstawie badania wg PN-EN ISO 15614-1 ze względu na:

- największe spektrum zastosowania,
- możliwość wykonywania konstrukcji najwyższej klasy EXC4, wg PN-EN 1090-2,
- najdłuższy czas ważności WPQR,
- zastosowanie do każdego projektu, w którym występuje dany typ połączenia.

Bazując na wiedzy i doświadczeniu opracowano pWPS. Podczas wykonywania złącza badanego przez spawacza spisano dokładnie natężenie i napięcie spawania, które następnie zostało wpisane w pWPS. Spawanie złącza próbnego odbywało się w obecności inspektora jednostki notyfikowanej (w tym przypadku jednostką notyfikowaną był TUV SUD POLSKA). Próbkę wysłano do laboratorium uznaniowego wg EN ISO 17025. Po pozytywnych badaniach, protokoły z przeprowadzonych badań pWPS, atesty materiałów podstawowych i dodatkowych przesłano do jednostki notyfikowanej, która na ich podstawie wystawiła certyfikat/protokół kwalifikowania technologii spawania WPQR.

4. Podsumowanie i wnioski

Spawanie konstrukcji stalowych powinno odbywać się wg Instrukcji Technologicznych Spawania (WPS), a protokół z badania technologii spawania WPQR umożliwia wystawienie WPS. Według normy EN 1090-2 każdy nowy WPS powinien być poprzedzony pięcioma złączami próbnymi o długości 900 mm. Po pozytywnych badaniach NDT wykonanych własnym personelem WPS jest gotowy do produkcji. Norma EN 1090-2 ustala również zasady ważności kwalifikacji technologii spawania. W przypadku gdy wytwórca konstrukcji stalowych nie stosował w swoim procesie technologii spawania kwalifikowanej wg EN ISO 15614-1 przez okres co najmniej roku, to zobowiązany jest do przeprowadzenia dodatkowych badań:

- gdy przerwa wynosi od jednego roku do trzech lat należy wykonać badania VT, RT lub UT, MT lub PT, badanie makroskopowe i twardości;
- gdy przerwa wynosi więcej niż trzy lata, dla gatunków nie wyższych niż S355 sprawdzić należy (do akceptacji) próbę makroskopową z badań produkcyjnych;
- gdy przerwa wynosi więcej niż trzy lata, dla gatunków wyższych niż S355 należy przeprowadzić ponowne badania technologii spawania.

Należy wspomnieć że kwalifikowanie pWPS na podstawie badania technologii spawania zgodnie z normą EN ISO 15614-1 uzyskane przez wytwórcę jest ważne dla spawania w warunkach produkcyjnych lub montażowych z zachowaniem tego samego technicznego i jakościowego nadzoru tego wytwórcy

Przedstawiona w pracy procedura uznania technologii spawania na przykładzie stalowej konstrukcji podestu balkonowego została wykonana poprawnie co udokumentowano wdrożeniem uznania technologii w zakładzie ślusarskim

AK ANATOL na wykonywanie połączeń spawanych złączy doczołowych z gatunku S235JR w zakresie od 3 do 5,2 mm. (Certyfikat zgodności zakładowej kontroli produkcji zgodnie z normą EN 1090-1:2009+A1:2011 oraz certyfikat spełniający pełne wymagania dotyczące jakości spawania wg normy PN-EN ISO 3834-2:2007).

Literatura

[1] Pilarczyk J.: *Poradnik inżyniera*. T. 1, WNT, 2012.

[2] Pilarczyk J.: *Poradnik inżyniera*. T. 2, WNT, 2012.

[3] PN-EN 1090-1+A1:2012 – *Wykonywanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 1: Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych*.

[4] PN-EN ISO 9001:2009 – *Systemy zarządzania jakością. Wymagania*.

[5] PN-EN 15610:2006P – *Specyfikacja i kwalifikacja technologii spawania metali. Kwalifikowanie na podstawie zbadanych materiałów dodatkowych do spawania*.

[6] PN-EN ISO 15611:2006P – *Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali. Kwalifikowanie na podstawie wcześniej nabytego doświadczenia w spawaniu*.

[7] PN-EN 15612:2006P – *Specyfikacje i kwalifikowanie technologii spawania metali. Kwalifikowanie przez przyjęcie standardowej technologii spawania*.

[8] PN-EN 15613:2013 - *Specyfikacje i kwalifikowanie technologii spawania metali. Kwalifikowanie na podstawie przedprodukcyjnego badania spawania/zgrzewania*.

[9] PN-EN ISO 15614-1:2008/A2:2012E – *Specyfikacje i kwalifikowanie technologii spawania metali – Badanie technologii spawania. Część 1: Spawania łukowe i gazowe stali oraz spawanie łukowe niklu i stopów niklu*.

[10] ISO/TR 15608:2002 – *Spawanie. Wytyczne systemu podziału materiałów metalowych na grupy*.

[11] PN-EN ISO 15609:2007 – *Specyfikacje i kwalifikowanie technologii spawania metali. Instrukcja Technologiczna spawania. Część 1: Spawanie łukowe*.

[12] PN-EN ISO 14731:2008 – *Nadzorowanie spawania. Zadania i odpowiedzialność*.

[13] PN-EN ISO 3834-1:2007 – *Wymagania jakościowe dotyczące spawania materiałów metalowych . Część 1. Kryteria wyboru odpowiedniego poziomu wymagań jakości*.

[14] PN-EN 287-1:2011 – *Egzamin kwalifikacyjny spawaczy. Spawanie. Część 1: Stale*.

[15] PN-EN 1090-2 – *Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych -- Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych*.

[16] PN-EN 10279:2003P – *Ceowniki stalowe walcowane na gorąco. Tolerancja kształtu, wymiarów i masy*.

[17] PN-EN 10034:1996P – *Dwuteowniki I i H ze stali konstrukcyjnej. Dopuszczalne odchyłki wymiarowe i odchyłki kształtu*.

[18] PN-EN ISO 13920:2000P – *Spawalnictwo. Tolerancje ogólne dotyczące konstrukcji spawanych. Wymiary liniowe i kąty*.

[19] PN-EN 10025-2:2007P – *Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych. Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych*.

[20] ISO 2768 – *Allgemeintoleranzen. Toleranzen fur Langen und Winkelasse ohne einzelne Toleranzeintragung*.

[21] PN-EN ISO 5817:2009P – *Spawanie. Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu I ich stopów(z wyjątkiem spawanych wiązką). Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych*.

[22] PN-EN 1993-1-8:2006P – Eurocod 3: *Projektowanie konstrukcji stalowych*. *Część 1: Projektowanie węzłów*.

[23] http://www.e-spawalnik.pl (dostęp 10.2017)

[24] http://ikmj.com/klasy-wykonania-konstrukcji-exc-wedlug-wymagan-normy-pn-en-1090-2/ (dostęp 10.2017)