

Zastosowanie planów spawania w budownictwie stalowym – przykład praktyczny spawania stalowej kładki dla pieszych

Prof. nzw. dr hab. inż. Jacek Słania, Instytut Spawalnictwa, Gliwice, Politechnika Częstochowska

1. Wprowadzenie

Spawanie jest procesem specjalnym, to jest takim procesem, którego wyniku nie można przewidzieć w trakcie jego trwania, a ewentualne niezgodności mogą ujawnić się dopiero po jego zakończeniu. W związku z tym realizacja takiego procesu narzuca szczególne wymagania na każdym jego etapie, poczynając od przeglądu wymagań, a na zebraniu wymaganych zapisów kończąc. Jednym z wymagań niezbędnych do uzyskania określonego poziomu jakości jest opracowanie planu spawania. Wymaganie to pojawia się w wielu normach dotyczących między innymi systemów zapewnienia jakości w spawalnictwie, budownictwa stalowego, czy pojazdów szynowych. W związku z tym należy spodziewać się, że przed personelem nadzoru spawalniczego coraz częściej będzie pojawiała się konieczność opracowania planów spawania [1, 2].

2. Plan spawania

Konstrukcje i wyroby spawane wykonuje się metodami dostosowanymi do opanowanych sposobów spawania i posiadanego wyposażenia warsztatowego. Dla zapewnienia wymaganej jakości

połączeń spawanych, wysokiej wydajności spawania oraz zapewnienia konstrukcjom wymaganych kształtów (zachowania wymiarów), ustala się szczegółowe metody wytwarzania ujęte w formę technologicznych planów spawania. Bardzo często konieczność opracowania takich planów wynika z wymagań norm, przepisów lub warunków technicznych wykonania i odbioru. Celem planu spawania jest prawidłowe ustalenie przebiegu operacji spawania w całym cyklu wytwarzania konstrukcji [1].

Plan spawania opracowuje się na podstawie dokumentacji technicznej konstrukcji spawanej zwerifikowanej pod względem spawalniczym przez odpowiednie jednostki nadzoru spawalniczego zakładu (np. Dział Głównego Spawalnika czy Dział Technologiczny). W przypadku, kiedy dokumentacja konstrukcyjna wymaga pod względem wykonawczym zmian lub uzupełnień, należy je uzgodnić z projektantem. W dokumentacji konstrukcyjnej projektant powinien ująć niezbędne informacje pozwalające na opracowanie technologicznego planu spawania, a mianowicie:

- klasę konstrukcji spawanej według wymagań stosownej normy,
- gatunki materiałów podstawowych zastosowanych na zaprojektowaną konstrukcję,

- oznaczenia i wymiary spoin,
- gatunki spoiw lub wymagania stawiane właściwościom mechanicznym połączeń spawanych (np. oznaczenie elektrod otulonych czy odmiana plastyczności spoin),
- poziomy jakości złączy spawanych występujących w zaprojektowanej konstrukcji,
- tolerancje wymiarowe,
- zakres kontroli technicznej.

Plan spawania powinien zawierać opis warunków i czynności opisanych poniżej [1, 2].

3. Normy i dokumenty związane

Plan spawania opracowuje się wykorzystując odpowiednie normy, przepisy lub warunki techniczne. Dotyczą one zazwyczaj wymagań stawianych materiałom podstawowym i dodatkowym, kwalifikacjom personelu nadzoru spawalniczego, spawaczom i operatorom spawania, sposobom przygotowania elementów do spawania itp. Należy zatem przywołać te normy i przepisy, na które powołuje się technologiczny plan spawania [1].

4. Materiały podstawowe i dodatkowe

Punkt ten obejmuje wymagania ogólne i szczegółowe dla materiałów podstawowych i dodatkowych

przeznaczonych do wykonania konstrukcji. Wymagania te opracowuje się w oparciu o odpowiednie normy, warunki techniczne oraz specyfikację projektową. Podaje się ponadto wymagania dotyczące magazynowania i suszenia materiałów dodatkowych, takich jak: elektrody, topniki oraz sposobów ich przechowywania na stanowiskach pracy [1].

5. Stanowiska spawalnicze i sprzęt spawalniczy

W punkcie tym przedstawia się wymagania dotyczące organizacji i wyposażenia stanowisk spawalniczych. Należy wyszczególnić niezbędny sprzęt spawalniczy podstawowy, jak: źródła prądu, półautomaty lub automaty spawalnicze itp. oraz sprzęt pomocniczy, jak: pozycjonery, obrotniki, narzędzia, szlifierki, suszarki, termosy, sprzęt do obróbki cieplnej itp. [1].

6. Kwalifikacje personelu spawalniczego

W punkcie tym ujmuje się wymagania stawiane personelowi spawalniczemu wykonującemu daną konstrukcję. Dotyczy to zarówno kwalifikacji nadzoru spawalniczego według normy PN – EN ISO 14731, jak i kwalifikacji spawaczy według norm PN – EN 287-1, serii norm PN – EN ISO 9606-2 (3, 4...) oraz operatorów spawania według normy PN – EN 1418/EN ISO 14732.

7. Przygotowanie elementów do spawania

W oparciu o odpowiednie normy i przepisy oraz własną wiedzę podaje się wymagania dotyczące:

- podziału konstrukcji spawanej na podzespoły,
- sposobów cięcia materiałów przeznaczonych do wykonywania konstrukcji oraz wymagane klasy dokładności i jakości cięcia,
- sposobów przygotowania brze-

gów do spawania według odpowiednich norm, w zależności od przyjętych metod spawania konstrukcji, – sposobu szepienia elementów do spawania obejmującego wielkości i rozmieszczenie spoin szepnych oraz kolejność ich układania [1].

8. Przebieg spawania

W punkcie tym podaje się kolejność składania i spawania poszczególnych podzespołów, metody spawania i parametry spawania, sposoby układania spoin wielowarstwowych, kierunki spawania itp. [1].

9. „Dziennik Spawania”

W przypadku prowadzenia prac spawalniczych na montażu względnie wytwarzania odpowiedzialnych konstrukcji spawanych, np. suwnic, mostów itp. prowadzi się „Dziennik Spawania”. Stanowi on dokument opisujący przebieg prac spawalniczych. „Dziennik Spawania” powinien zawierać następujące informacje:

- ewidencję spawaczy wykonujących daną konstrukcję, ich znaki kontrolne i posiadane uprawnienia,
- wyszczególnienie spawanych elementów wraz z nazwiskami spawaczy je wykonujących (łącznie z datą spawania),
- w przypadku prowadzenia robót spawalniczych na montażu, warunki atmosferyczne w miejscu spawania – temperaturę, wiatr, opady, itp.,
- potwierdzenie podpisem pracownika Kontroli Jakości prawidłowości składania i spawania elementów jak i wymaganej jakości wykonanych złączy spawanych [1, 4].

10. Spawanie w utrudnionych warunkach otoczenia

W przypadku prowadzenia prac spawalniczych na montażu, przebiegają one nieraz w nieodpowiednich warunkach, tzn. przy opadach atmosferycznych, niskiej temperaturze otoczenia czy silnych wia-

trach. Należy zatem podać w jakich warunkach możliwe jest spawanie w takich przypadkach (minimalna temperatura spawania, stosowanie podgrzewania, osłona stanowisk spawalniczych odpowiednimi namiotami, parawanami, dopuszczalna prędkość wiatru itp.) [1].

11. Naprawa wadliwych odcinków spoin

Przy wykonywaniu konstrukcji nie można wykluczyć wystąpienia spoin zawierających niedopuszczalne wady. Należy zatem podać sposób usuwania takich odcinków spoin i sposób ich naprawy [1].

12. Badania złączy spawanych

Szczegółowe wytyczne odnośnie zakresu badań i kontroli konstrukcji przed spawaniem, w trakcie i po spawaniu mogą być zamieszczone w planie spawania lub w oddzielnie opracowanej Instrukcji Kontroli Prac Spawalniczych.

13. Forma opracowywania planów spawania

Technologiczny plan spawania najczęściej składa się z:

- Wytycznych Technologicznych Spawania lub Technicznych Warunków Wykonania zawierających niezbędne, ogólne informacje i warunki wykonywania spawanej konstrukcji.
 - Kart Technologicznych Spawania obejmujących kolejność składania i spawania poszczególnych elementów konstrukcji.
 - Instrukcji Technologicznych Spawania (WPS) obejmujących sposoby wykonywania poszczególnych rodzajów spoin występujących w spawanej konstrukcji [1].
- Podział obiektu na podzespoły technologiczne można przedstawić w formie uproszczonych szkiców lub schematów z wyszczególnieniem rysunków wykonawczych i odpowiednich kart technologicznych. Do składania części w zespoły należy ustalić punkty

stałe i bazy wyjściowe, względem których powinny być utrzymane wymiary konstrukcji. Z tych założeń wynika sposób przygotowania materiału, dokładność obróbki stykających się krawędzi i sposób ukosowania rowków spoin, niezbędne naddatki uwzględniające odkształcenia zespołu w czasie spawania.

Szczegółowego omówienia w planie spawania wymagają metody wykonywania spoin w przypadku stali trudniej spawalnych, przy dużym skupieniu spoin, przy spawaniu bardzo grubych materiałów lub w innych przypadkach wymagających dodatkowych zabiegów w czasie spawania. Kolejność wykonywania spoin podaje się opisowo lub za pomocą numerowania spoin. Podział spoin na odcinki i kierunek spawania oznacza się strzałkami wprost na szkicu zespołu spawanego. Na karcie technologicznej należy podać wymiary wszystkich spoin, konieczne do obliczenia stopiwa i ilości elektrod [3].

14. Plany spawania w normach z zakresu budownictwa stalowego

Norma PN – B – 06200

W normie PN – B – 06200 „Konstrukcje stalowe budowlane. Warunki wykonania i odbioru. Wymagania podstawowe” plan spawania przywołany jest w rozdziale 5 „Spawanie”, podrozdziale 5.2 „Plan spawania”.

Plan spawania opracowuje się w celu uzyskania, w określonych warunkach realizacji, wyrobu zgodnego z wymaganiami niniejszej normy.

W planie spawania, stosownie do rodzaju wyrobu powinno się określać co najmniej:

- technologię spawania (Instrukcje Technologiczne Spawania – WPS),
- podział na podzespoły, kolejność spawania, ewentualne ograniczenia początku i zakończenia spoin i wymagania co do typu kontroli międzyoperacyjnej,

- zmiany położenia części w trakcie procesu spawania,
- szczegóły oprzyrządowania (oporów), które powinny być zastosowane,
- przedsięwzięcia w celu uniknięcia pęknięć lamelarnych,
- zakres kontroli, badań i odbioru stosownie do pkt. 9.4 omawianej normy,
- wymagania dotyczące identyfikacji spoin [9].

Zgodnie z podrozdziałem 9.4 „Złącza spawane” omawianej normy i podrozdziałami 9.4.1. „Ocena przed spawaniem i podczas spawania” oraz 9.4.2. „Ocena po wykonaniu spawania” kontrola przed rozpoczęciem i podczas prac spawalniczych powinna być wykonywana według programu badań przez wykwalifikowany personel mający przynajmniej pierwszy stopień kwalifikacji i odpowiedni certyfikat według PN-EN 473. Dopuszczalne odchyłki przygotowania brzegów do spawania powinny być przyjmowane według PN-EN 29692, PN-EN ISO 9692-2 i PN-EN 5817 lub odpowiednio do postanowienia w projekcie lub w programie badań. Według omawianej normy, każde połączenie spawane powinno podlegać kontroli – co najmniej badaniom wizualnym. Rodzaj i zakres wymaganych badań nieniszczących w stosunku do określonych elementów i połączeń oraz kryteria ich odbioru powinny być określone w dokumentacji projektowej. Kontrola jakości połączeń spawanych powinna być wykonywana przez wykwalifikowany personel mający przynajmniej pierwszy stopień kwalifikacji i odpowiedni certyfikat, a kierowanie pracami kontrolnymi powinna wykonywać osoba mająca przynajmniej drugi stopień kwalifikacji i odpowiedni certyfikat – oba według PN-EN 473.

Norma PN – EN 1090 – 2

W normie PN – EN – 1090 – 2 „Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dla konstrukcji stalo-

wych” plan spawania przywołany jest w podrozdziale 7.2 „Plan spawania”. Zgodnie z punktem 7.2.1 „Wymagania dotyczące planu spawania”, plan spawania sporządza się jako składnik planu produkcyjnego wymaganego przez odpowiednią część EN ISO 3834. W punkcie 7.2.2 tego rozdziału określono zawartość planu spawania.

Plan spawania powinien zawierać następujące odpowiednie dane:

- instrukcje technologiczne spawania zawierające również wymagane materiały dodatkowe do spawania, temperaturę podgrzewania i międzyściegową oraz obróbkę cieplną po spawaniu,
- zabiegi potrzebne do uniknięcia odkształceń podczas spawania i po spawaniu,
- kolejność spawania z ewentualnymi ograniczeniami i akceptowalnym położeniem pozycji początkowych i końcowych, łącznie z pozycjami pośrednimi w miejscach, gdzie geometria połączenia uniemożliwia wykonywanie spawania ciągłego

(**UWAGA:** Wytyczne dotyczące połączeń kształtowników rurowych – patrz Załącznik E omawianej normy.),

- wymagania dotyczące kontroli międzyoperacyjnych,
- kolejność łączenia elementów w procesie wykonywania połączeń o określonej kolejności spawania,
- szczegóły usztywnień, które powinny być stosowane,
- zabiegi potrzebne do uniknięcia pęknięć lamelarnych,
- wymagania specjalne dla materiałów dodatkowych (niski wodór, obróbka wstępna itp.),
- kształt i wykończenie spoin w przypadku stali nierdzewnej,
- wymagania i kryteria odbioru spoin według punktu 7.6 omawianej normy,
- odniesienie do punktu 12.4 omawianej normy, dotyczące planu kontroli i badań;
- wymagania dotyczące identyfikacji spoin,
- wymagania dotyczące ochrony

powierzchni zgodne z rozdziałem 10 omawianej normy [10].

Norma DIN 18800 – 7

Norma DIN 18800 „Budowle stalowe. Cz. 7 Wykonawstwo i kwalifikacje wykonawcy” plan spawania przywołuje w punkcie 7.2 „Plan spawania”. Według wymagań omawianej normy w przypadku konstrukcji podlegających nie przeważnie statycznym obciążeniom należy przygotować plan spawania. Norma nie podaje szczegółowych wymagań dla planu spawania [11].

15. Zakres stosowania planu spawania

Przedstawiony plan spawania dotyczy wykonania konstrukcji stalowej kładki dla pieszych. Główną konstrukcją stalową nośną stanowią dwuteowe belki blachownicowe połączone ze sobą poprzecznymi z profili walcowanych [1–7].

16. Normy związane

- PN-89/S-10050 – Obiekty mostowe – Konstrukcje stalowe – Wymagania i badania.
- PN-82/S-10052 – Obiekty mostowe – Konstrukcje stalowe – Projektowanie.
- PN-EN 10025 – Wyroby walcowane na gorąco z niestopowych stali konstrukcyjnych. Warunki techniczne dostawy.
- PN-EN 10204 – Wyroby metalowe. Rodzaje dokumentów kontroli.
- PN-EN 287-1 – Egzamin kwalifikacyjny spawaczy. Spawanie. Część 1: Stale.
- PN-EN 1418- Personel spawalniczy. Egzaminowanie operatorów urządzeń spawalniczych oraz nastawiaczy zgrzewania oporowego dla w pełni zmechanizowanego i automatycznego spajania metali.
- PN-EN ISO 14175 – Materiały dodatkowe do spawania. Gazy i mieszaniny gazów do spawania i procesów pokrewnych.
- PN-EN ISO 14341 – Materiały dodatkowe do spawania. Druty

elektrodowe i stopiwo do spawania łukowego elektrodą metalową w osłonie gazów stali niestopowych i drobnoziarnistych. Klasyfikacja.

- PN-EN 756 – Spawalnictwo. Materiały dodatkowe do spawania. Druty elektrodowe i kombinacje drut-topnik do spawania łukiem krytym stali niestopowych i drobnoziarnistych. Oznaczenia.
- PN-EN 760 – Materiały dodatkowe do spawania. Topniki do spawania łukiem krytym. Oznaczenia.
- PN-EN ISO 15609-1 – Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali. Instrukcja technologiczna spawania. Część 1: Spawanie łukowe.
- PN-EN 970 :1999+Apl – Spawalnictwo. Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania wizualne.
- PN-EN 1714 +A1 – Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania ultradźwiękowe złączy spawanych.
- PN-EN 1712 +A1 + A2 – Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania ultradźwiękowe złączy spawanych. Poziomy akceptacji.
- PN-EN ISO 17638 – Badania nieniszczące spoin. Badania magnetyczno-proszkowe.
- PN-EN ISO 23278 – Badania nieniszczące spoin. Badania magnetyczno-proszkowe spoin. Poziomy akceptacji.
- PN-EN ISO 5817 – Spawanie. Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązką). Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.
- PN-EN ISO 9013 – Cięcie termiczne. Klasyfikacja cięcia termicznego. Specyfikacja geometrii wyrobu i tolerancje jakości.
- PN-EN ISO 9692-1 – Spawanie i procesy pokrewne. Zalecenia dotyczące przygotowania złączy. Część 1: Ręczne spawanie łukowe, spawanie łukowe elektrodą metalową w osłonie gazów, spawanie gazowe, spawanie metodą TIG i spawanie wiązką stali.

17. Metody spawania

Zastosowane będą następujące metody spawania:

- metoda 121 – spawanie łukiem krytym pod topnikiem (dotyczy spawania zmechanizowanego spoin wzdłużnych belek nośnych na urządzeniu ESAB);
- metoda 135 (MAG) – spawanie elektrodą topliwą w osłonie mieszanki gazowej aktywnej (dotyczy wykonania pozostałych spoin, a także szczepiania).

18. Materiały podstawowe

Konstrukcję stalową kładki należy wykonać ze stali niestopowej w gatunku S355J2 – według PN-EN 10025-2. Wymagane dokumenty kontroli: świadectwo odbioru 3.1 – według normy PN-EN 10204.

19. Materiały dodatkowe do spawania

Do spawania konstrukcji kładki należy stosować następujące materiały spawalnicze:

- 1) metoda 121
 - drut spawalniczy Ø3 mm – OK. Autrod 12.20 (ESAB) – klasyfikacja według PN-EN 756: S2;
 - topnik OK. Flux 10.71 (ESAB) – klasyfikacja według PN-EN 760: SA AB 1 67 AC H5.
 - 2) metoda 135
 - drut spawalniczy Ø1,2 mm ULTRAMAG (LINCOLN) – klasyfikacja według PN-EN ISO 14341: G3Si;
 - mieszanka osłona 82% Ar + 18% CO₂ – klasyfikacja według PN-EN 14175: M21.
- Dla materiałów spawalniczych wymagane są dokumenty kontroli 3.1 lub 2.2 według PN-EN 10204. Materiały te muszą ponadto spełniać wymagania normy PN-EN 13473 w zakresie oznakowania CE.

20. Kwalifikacje spawaczy

Spawanie konstrukcji stalowej kładki należy powierzyć jedynie

wykwalifikowanym spawaczom posiadającym aktualne uprawnienia według PN-EN 287-1 (operatorzy według PN-EN 1418). Uprawnienia powinny być zgodne z zakresem wykonywanych prac spawalniczych.

21. Urządzenia do spawania

Spawanie zmechanizowane łukiem krytym (metodą 121) należy prowadzić na urządzeniu ESAB. Do spawania półautomatycznego metodą MAG (135) należy stosować półautomaty typu MAGSTER 501 i POWERTEC 500S. Urządzenia spawalnicze muszą być w dobrym stanie technicznym.

22. Przygotowanie materiału do spawania

Elementy konstrukcyjne po ich trasowaniu zgodnie z rysunkami warsztatowymi należy ciąć mechanicznie lub gazowo za pomocą palników acetylenowo-tlenowych. Jakość brzegów ciętych i ukosowanych musi spełniać wymagania normy PN-EN ISO 9013 – klasa I. Przygotowanie krawędzi do spawania należy wykonać zgodnie z dokumentacją techniczną, normą PN-EN 29692 i instrukcjami technologicznymi spawania WPS. Powierzchnie na szerokości minimum 20–30 mm po obu stronach osi wzdłużnej spoiny powinny być przed spawaniem dokładnie oczyszczone z rdzy, zgorzeliny, tłuszczu, farby i innych zanieczyszczeń. Wilgotne powierzchnie trzeba osuszyć za pomocą palnika gazowego.

Spoiny szczipne należy wykonywać metodą 135 przez spawaczy z aktualnymi uprawnieniami. Minimalna długość spoin szczipnych powinna wynosić $L = 20-30$ mm. Wszystkie spoiny szczipne podlegają w 100% badaniom wizualnym. Spoiny szczipne nie wtopione lub pęknięte muszą być bezwzględnie usunięte w całości przez szlifowanie i ułożone ponownie.

23. Ogólne wytyczne dotyczące spawania

1) Proces spawania należy prowadzić zgodnie z przedstawionym planem spawania i załączonymi do niego instrukcjami technologicznymi WPS.

2) Spawanie powinno się odbywać przy temperaturze otoczenia nie mniejszej niż $+5^{\circ}\text{C}$, na stanowiskach zabezpieczonych przed przeciągami.

3) W złączach doczołowych należy stosować płytki wybiegowe, które powinny być tak samo przygotowane (ukosowane) jak materiał spawany.

4) Poszczególne warstwy spoin należy dokładnie oczyścić z żużla i odprysków przed ułożeniem warstw następnych.

5) Spoiny po wykonaniu muszą być odciekane stemplem spawacza: przy spoinach krótkich na obu końcach w odległości 10–15 mm od brzegu, przy spoinach długich – co 1 m.

6) Prowadzić Dziennik Spawania. Za prowadzenie Dziennika jest odpowiedzialny bezpośredni mistrz nadzorujący prace spawalnicze.

7) Zabrania się zajarzania łuku elektrycznego poza rowkiem spoiny. Niezamierzone przypadkowe ślady zajarzenia łuku na materiale muszą być usunięte przez szlifowanie i skontrolowane na obecność ewentualnych pęknięć.

Tabela 1. Plan badań nieniszczących spoin wykonanych w warunkach warsztatowych

Lp.	Opis złączy spawanych	Rodzaj badań nieniszczących i ich zakres ¹⁾			Poziom jakości spoin ²⁾
		VT	UT	MT	
1	Spoiny czołowe pasów i środników belek nośnych	100%	100%	–	B
2	Spoiny pachwinowe wzdłużne belek nośnych	100%	–	10%	C
3	Pozostałe spoiny czołowe i pachwinowe	100%	–	5%	C

¹⁾ Obowiązujące normy dotyczące badań nieniszczących VT: PN-EN 970, UT: PN-EN 1714, PN-EN 1712, MT: PN-EN 1290, PN-EN 1291

²⁾ Poziomy jakości spoin według PN-EN ISO 5817

24. Naprawa wadliwych odcinków spoin

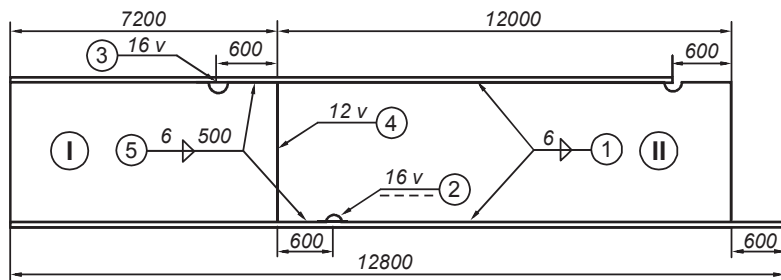
W przypadku wystąpienia niedopuszczalnych niezgodności spawalniczych, należy je usunąć zgodnie z ogólnie obowiązującymi zasadami. Wycięty rowek musi mieć minimum 100 mm długości mierzonej na głębokości niezgodności, nawet jeżeli sama niezgodność jest mniejsza. Spoina naprawcza może być wykonana tylko dwukrotnie w tym samym obszarze. Po spawaniu naprawczym całą spoinę należy poddać badaniom nieniszczącym jak dla wyspecyfikowanej spoiny oryginalnej oraz dodatkowo sprawdzić złącze w 100% za pomocą badań magnetyczno-proszkowych (MT).

25. Prostowanie po spawaniu

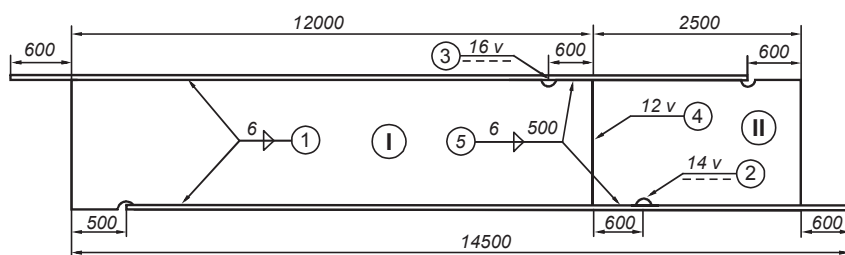
Nadmiernie odkształcone elementy po spawaniu niemieszczące się w granicach tolerancji wymiarowej należy prostować.

Przy prostowaniu na gorąco należy stosować się do następujących zasad:

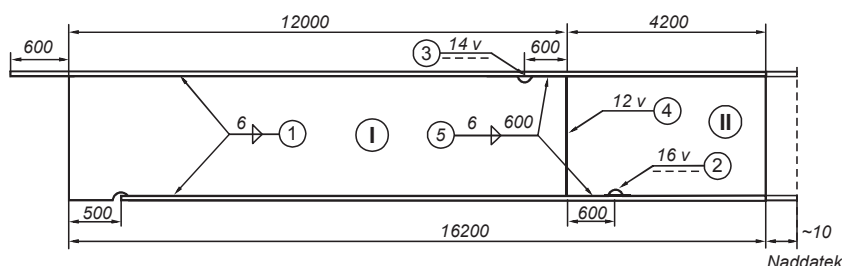
- temperatura nagrzewania nie powinna przekraczać 650°C ,
- do nagrzewania można wykorzystać palniki gazowe acetylenowo-tlenowe z zastosowaniem miękkiego (neutralnego) płomienia nagrzewającego,
- chłodzenie elementów powinno odbywać się powoli, w temperaturze



Rys. 1. Belka B1.1



Rys. 2. Belka B1.2



Rys. 3. Belka B1.3

rze otoczenia nie niższej niż 5°C, bez użycia wody,
– przy prostowaniu nie stosować metod uderowych.

26. Kontrola i badania spoin

Spoiny warsztatowe konstrukcji stalowej kładki podlegają badaniom nieniszczącym według planu ujętego w tabeli 1.

27. Plan spawania

Wykonanie przekrojów dwuteowych belek nośnych. Przekroje dwuteowe należy wyko-

nać na urządzeniu ESAB metodą zmechanizowanego spawania łukiem krytym (121). Styki warsztatowe łączące pasy i środniki z długości handlowych spawać metodą MAG (135). Przykładowe wykonanie belek nośnych z osi 1 (elementy wysyłkowe B1.1, B1.2 i B1.3) przedstawiono na rysunkach 1, 2, 3:
Belka B1.1:
– składać i spawać podzespoły dwuteowe I i II na urządzeniu „Granges” – spoiny nr 1 wykonać według WPS nr 1/K;
– prostować ewentualne krzywizny;

– składać i spawać ze sobą podzespoły I i II zachowując kolejność spawania:

- w I kolejności pasy-spoiny nr 2 i 3 – według WP2/K,
- w II kolejności – środnik – spoina nr 4 – według WPS nr 2/K,
- w III kolejności – uzupełnić odcinki $L = 500$ mm spoin pachwinowych wzdłużnych nr 5 – według WPS nr 3/K;
- prostować ewentualne krzywizny.

W podobny sposób należy wykonać przekroje dwuteowe pozostałych belek nośnych, to jest:

- B2.1 do B5.3 (belki pod płytę pomostu Nr 2).
- B6.1 do B10.3 (belki pod płytę pomostu Nr 3).
- B11 do B18 (belki pod płytę pomostu Nr 1).

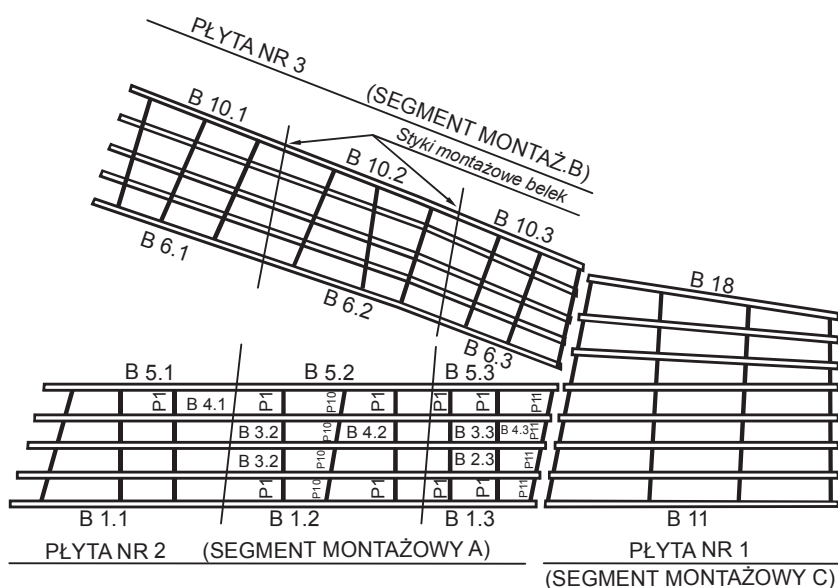
UWAGA: Pozostawić naddatki technologiczne około 100 mm na długości n/w elementów: B1.3, B2.3, ... do B10.3 oraz B11 do B18 (po prawej stronie).

Naddatki te będą usunięte w czasie próbnego montażu konstrukcji kładki.

28. Montaż żeber poprzecznych do przekrojów dwuteowych belek nośnych

- Trasować miejsca pod żebra poprzeczne według rysunków warsztatowych poszczególnych elementów.
- Zakładać i szepać żebra do belek.

UWAGA: Nie zakładać żeber i blach węzłowych łączących się z poprzecznikami podporowymi P10 do P20 oraz z poprzecznikami międzypodporowymi P2 do P9. Pozycje te będą zakładane w czasie próbnego montażu po dokładnym roztrasowaniu ich położenia. Spawać żebra spoinami pachwinowymi dwustronnymi $a = 5$ mm – według WPS. Kolejność spawania: od żeber środkowych każdego elementu w kierunkach na zewnątrz.
– Prostować ewentualne krzywizny.



Rys. 4. Montaż próbny kładki

29. Wykonanie poprzeczne

Przekroje dwuteowe poprzeczne wykonać z kształtowników walcowanych IPE400 i IPE500 według rysunków warsztatowych. Nie spawać do tych przekrojów dwuteowych nakładek poz. 2 z blachy grubości 10 mm. Nakładki te będą zakładane i spawane po dopasowaniu styków czołowych poprzecznie z belkami nośnymi podczas próbnego montażu.

30. Montaż próbny konstrukcji stalowej kładki

Montaż próbny kładki należy przeprowadzić dzieląc całą konstrukcję na trzy segmenty montażowe: A, B i C (rys. 4).

31. Montaż próbny segmentu A

- na wypoziomowanych leżniach wykonać szablon do składania belek nośnych i poprzecznie,
- po ustawieniu belek nośnych B1.1 do B5.3 i dopasowaniu styków montażowych (zachować odstępy krawędzi 2–3 mm w czołowych stykach montażowych)

trasować osie poprzeczne podporowych P10 i P11,

- zakładać brakujące żebra i blachy węzłowe stykające się z poprzecznikami P10 i P11,

- zakładać wszystkie poprzecznicę dochodzące do belek nośnych oraz dopasowywać styki montażowe (zachować odstępy krawędzi 2–3 mm w czołowych stykach montażowych),

- wykonać brakujące spoiny warsztatowe według opracowanych WPS-ów,

- przeprowadzić pomiary geometryczne konstrukcji oraz natrasować i odciąć naddatki technologiczne na długości belek nośnych,

- oznakować styki montażowe poprzecznie i belek nośnych – zgodnie z osobną instrukcją technologiczną znakowania,

- natrasować na pasach górnych belek miejsca pod łączniki montażowe Ł1 i Ł2. (przyspawanie tych łączników zlecić specjalistycznej firmie posiadającej stosowne uprawnienia),

- zdemontować konstrukcje segmentu A.

Montaż próbny segmentów B i C przeprowadzić w podobny spo-

sób, jak opisany powyżej dla segmentu A.

32. Zakończenie

W artykule przedstawiono ogólny zakres zawartości planu spawania oraz wymagania norm dotyczących budownictwa stalowego w zakresie planów spawania. Plan spawania powinien obejmować zagadnienia wynikające z wymagań norm i przepisów, zagadnienia dotyczące urządzeń spawalniczych oraz organizacji i przebiegu procesu spawania i kontroli. W tym obszarze porządkuje on proces spawania. W planie spawania należy również uwzględnić zjawiska związane z odkształceniem konstrukcji spawanej i ich wpływ na końcowy wynik spawania. Narzucają one konieczność dokładnego opracowania technologii spawania, kolejności układania ściegów spoiny oraz kolejność montażu elementów konstrukcji spawanej.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kurpisz B., Technologiczne plany spawania. Instytut Spawalnictwa, Gliwice 1991
- [2] Słania J., Istota planów spawania. Przegląd Spawalnictwa 2011, nr 2, str. 3–9
- [3] Śledziwski E., Technologiczne plany spawania. Podstawy projektowania. PWT, Warszawa 1957
- [4] Czuchryj J., Robakowski T., Kontrola w spawalnictwie. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaniki Polskich, Śląski Ośrodek Doskonalenia Kadr, Gliwice 1985
- [5] Słania J., Plan spawania cąrg płaszcza pieca obrotowego. Przegląd Spawalnictwa 2011, nr 2, str. 36–41
- [6] Słania J., Wodecki D., Plan spawania belki poprzecznej dźwigu. Przegląd Spawalnictwa 2011, nr 2, str. 30–35
- [7] Słania J., Plan technologiczny spawania płyty gasienicowej. Przegląd Spawalnictwa 2010, nr 3, str. 16–25
- [8] Norma PN – EN ISO 3834–2 „Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych. Część 2: Pełne wymagania jakości”
- [9] Norma PN – B – 06200 „Konstrukcje stalowe budowlane. Warunki wykonania i odbioru. Wymagania podstawowe”
- [10] Norma PN – EN – 1090 – 2 „Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dla konstrukcji stalowych”
- [11] DIN 18800 „Budowle stalowe. Cz. 7. Wykonawstwo i kwalifikacje wykonawcy”