

Technologia wykonania konstrukcji osłony odzawałowej obudowy kopalnianej - przygotowanie do spawania

A technology of making a construction
of anti-breaking down mining support
- preparation to a welding process

Streszczenie

Omówiono zagadnienia dotyczące produkcji obudowy górniczej, w tym oznaczanie i identyfikację materiałów, przygotowanie detali do spawania, składanie i szepianie oraz kontrolę szepiania. Przedstawiono wymagania dotyczące jakości powierzchni po cięciu termicznym oraz zasady wykonywania spoin szepnych czołowych i pachwinowych. Omówiono szepianie za pomocą płytek dobiegowych i wybiegowych oraz za pomocą klamer szepnych (od strony lica i od strony grani spoiny). Podano wymagania dotyczące szerokości szczelin w złączach po szepianiu. Przedstawiono także zasady prowadzenia kontroli detali po szepianiu.

Słowa kluczowe: spawanie, osłona odzawałowa

Abstract

Issues referring to the production of a mining support such as: determining and identifying materials, preparing details to welding, assembling, positioning and controlling were described. All the requirements which refer to the quality of a surface after a thermal cutting and the rules to make positional welds both butt joints and fillet welds were shown. Positioning by run-on and run-off plates and bracing clamps (from the face and the back of weld) was given. Requirements relating to the width of gaps in the joints after positioning were provided. Moreover, the rules of controlling the details after positioning were given.

Key words: welding, anti-braking down mining support

Wstęp

Przedstawiono wytyczne prowadzenia procesu wytwórczego konstrukcji spawanej obudowy górniczej ze szczególnym uwzględnieniem procesów spawalniczych takich jak:

- cięcie termiczne detali,
- ukosowanie za pomocą cięcia termicznego,
- prowadzenia procesów szepiania, montażu i spawania konstrukcji,
- prowadzenia badań nieniszczących spoin.

Zakres zagadnienia obejmuje opis procesu wytwórczego – od magazynowania materiałów spawalniczych,

oznaczania i identyfikacji materiałów podstawowych, przez prawidłowe przygotowanie detali do spawania, składanie i szepianie poszczególnych elementów wg kart technologicznych montażu, podgrzewanie przed spawaniem, spawanie wg Instrukcji Technologicznych Spawania (WPS) i planów spawania, prowadzenie badań nieniszczących oraz w przypadku wykrytych niezgodności wykonywanie napraw.

W publikacji omówiono wymagania dotyczące produkcji konstrukcji spawanych, w tym oznaczanie i identyfikację materiałów, przygotowanie detali do spawania, składanie i szepianie oraz kontrolę szepiania [1÷19].

Dr hab. inż. Jacek Słania, prof. PCz – Politechnika Częstochowska, **mgr inż. Henryk Marcinkiewicz, mgr inż. Mariusz Kielbik** – FMG Pioma S.A. Grupa Famur.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: jacek.slania@is.gliwice.pl

Wymagania dotyczące produkcji konstrukcji spawanych

Oznaczenie i identyfikacja materiałów

Podczas wykonywania konstrukcji spawanych należy ustalić odpowiednią identyfikowalność i system potwierdzania tożsamości wszystkich materiałów konstrukcyjnych używanych w trakcie produkcji. System ten ma zapewnić, że tylko skontrolowane materiały właściwego gatunku mogą być przeznaczone do produkcji oraz umożliwić w czasie produkcji śledzenie i identyfikowalność materiałów użytych do produkcji, zgodnie z rysunkami i listami materiałowymi (np. wszystkie detale oznakowane markerem na powierzchni), oraz archiwizację dokumentacji.

Przygotowanie detali do spawania

Pierwszą fazą produkcji jest przygotowanie poszczególnych detali. Z uwagi na to, iż konstrukcja osłony to konstrukcja spawana z blach, podstawowym procesem wykonania detali jest cięcie termiczne z blach kształtów zewnętrznych i otworów poszczególnych detali na automatach do cięcia.

Na rysunkach 1 i 2 pokazano tężniki główne i żebra konstrukcji osłony po operacji cięcia termicznego. Widoczne są wyraźnie wypłytki stopionego metalu, zendra oraz żuźle po cięciu gazowym.

Następnym etapem procesu technologicznego jest przygotowanie krawędzi do wykonania spoin czołowych – ukosowanie (fazowanie) brzegów detali zgodnie z rysunkami konstrukcyjnymi. Operacje ukosowania wykonuje się przez cięcie termiczne (najczęściej cięcie gazem ziemnym), bądź obróbkę mechaniczną w zależności



Rys. 1. Tężniki główne po operacji cięcia termicznego
Fig. 1. The main braces after a thermal cutting



Rys. 2. Żebra po operacji cięcia termicznego
Fig. 2. Ribs after a thermal cutting process

od złożoności kształtu detalu lub jego wielkości. Na rysunkach 3 i 4 pokazano wykonane cięciem termicznym fazowania pod spoiny czołowe na tężnikach głównych i nakładkach. W obrębie sfazowania widoczne są wypłytki stopionego metalu, zendra oraz żuźle po cięciu termicznym.



Rys. 3. Tężniki główne po operacji ukosowania termicznego
Fig. 3. The main braces after a thermal beveling process



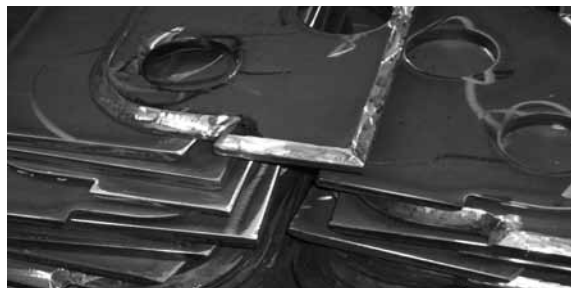
Rys. 4. Nakładki tężników po operacji ukosowania termicznego
Fig. 4. Butt straps of braces after a thermal beveling process

Brzegi elementów do wykonania spoin należy ukosować za pomocą cięcia termicznego lub obróbki mechanicznej zgodnie z kształtem podanym w dokumentacji konstrukcyjnej. Powierzchnie blach i kształtowników przeznaczone do cięcia gazowego powinny być suche, czyste i bez zendr. Przed rozpoczęciem cięcia termicznego blachy powinny mieć co najmniej temperaturę otoczenia panującą na hali, w której będzie prowadzony proces.

Powierzchnie po cięciu należy oszlifować do „białego metalu” w celu usunięcia tlenków powstałych przy cięciu i żuźla. Wszystkie wióry i opiłki powstałe po obróbce mechanicznej muszą być usunięte z konstrukcji. Powierzchnia po cięciu i ukosowaniu brzegów pod spoinę powinna być wolna od rdzy, wżerów, nadpaleń oraz wierzchołków (ząbków). Ząbki, których wysokość przekracza 0,5 mm, należy szlifować. Wżery o głębokości $\leq 1,5$ mm należy usunąć przez szlifowanie, natomiast wżery, których głębokość przekracza 1,5 mm, napawać. W przypadku operacji napawania należy po oszlifowaniu przeprowadzić badanie napawanego miejsca metodą magnetyczno-proszkową na obecność przykleień i pęknięć.

Po operacji cięcia (kształtu i faz) detale poddawane są szlifowaniu wykańczającemu w celu usunięcia zendra, wypływek stopionego metalu i żuźli po cięciu zarówno na powierzchniach płaskich, jak i ukosowanych.

Na rysunkach 5 i 6 pokazano oszlifowane wykańczająco tężniki główne osłony. Fazy pod spoiny szlifowane są zwykle do „białego metalu” w celu uniknięcia ewentualnych niezgodności spawalniczych w późniejszych fazach produkcji.



Rys. 5. Tężniki po operacji szlifowania
Fig. 5. Braces after a grinding process



Rys. 6. Tężniki po operacji szlifowania
Fig. 6. Braces after a grinding process

Cięcie termiczne gabarytów detali oraz ukosowanie do wykonania spoin powinno odbywać się zgodnie z technologicznymi kartami rozkroju.

Kąty ukosowania dla spoin czołowych powinny wynosić:
– przy spoinach $\frac{1}{2}V$ kąt ukosowania $45\pm 50^\circ$; maks. 55° ;
– przy spoinach V kąt ukosowania $50\pm 60^\circ$.

W przypadku spoin czołowych bez pełnego przetopu fazy należy wykonać o min. 2 mm większe od zakładanych w dokumentacji, aby zapewnić, że grubości spoin podane na rysunku zostaną dotrzymane.

Tak przygotowane detale poddaje się operacji prostowania. Prostowanie wykonuje się na prasach hydraulicznych o nacisku 100 lub 400 ton w zależności od grubości blach z jakich wykonano poszczególne detale.

Po prostowaniu wszystkie detale przed przekazaniem do montażu i ewentualnej obróbki wiórowej poddawane są śrutowaniu w komorze śrutowniczej. Śrutowanie wykonuje się w celu dokładnego oczyszczenia detali z rdzy, pozostałej zendry, odtłuszczenia i usunięcia pozostałych zanieczyszczeń mogących mieć niekorzystny wpływ na niezgodności spawalnicze.

Detale bardziej złożone technologicznie (typu tuleje, uchwyty gwintowane czy zawieszki) wymagające obróbki wiórowej przekazywane są na wydział mechaniczny w celu koniecznej obróbki mechanicznej, zaś detale z blach przekazywane są na wydział montażowy.

Składanie i szczipanie

Do składania i szczipania można stosować tylko detale zakwalifikowane przez kontrolę techniczną jako dobre – zgodne z rysunkiem konstrukcyjnym, tzn. takie, których wymiary mieszczą się w granicy tolerancji, a powierzchnie i krawędzie są wolne od zanieczyszczeń i uszkodzeń. Podczas szczipania materiałów o różnej wytrzymałości spoiwo należy dobierać do detalu wykonanego ze stali o mniejszej wytrzymałości.

Spoiny szczipne powinny być wykonane w ilości niezbędnej do prawidłowego ustalenia łączonych części

podczas spawania oraz bezpiecznego transportu między stanowiskowego i obracania elementów. Spoina szczipna powinna charakteryzować się dobrą jakością oraz głębokim wtopieniem w materiał.

Podczas układania spoin szczipnych należy przyjąć następujące zasady:

$$t = (20\pm 30)g \leq 450 \text{ mm}$$

gdzie: t – podziałka spoin szczipnych, g – grubość cieńszego elementu.

Wielkość i długość spoin szczipnych w zależności od grubości materiału przedstawiono w tabelicy I.

Tablica I. Wielkość i długość spoin szczipnych w zależności od grubości materiału

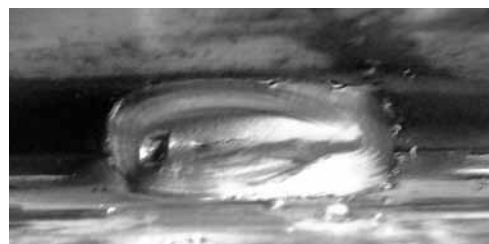
Table I. The size and length of positional welds depending on the thickness of a material

Grubość blachy g , mm	Grubość spoiny szczipnej a_s , mm	Długość spoiny szczipnej l , mm
< 15	3	20±30
15±30	4	30±40
> 30	5	40±60

Wszystkie spoiny szczipne muszą być tak wykonane, aby mogły być integralną częścią przyszłej spoiny, nie powinny mieć pęknięć, kraterów, przyklejeń i porów. Zalecane jest, aby spoiny szczipne wykonywać w pozycji podłonej (PA) oraz nabocznej (PB).

Przy wykonywaniu krótkich spoin szczipnych, napoin oraz podczas zajarzania łuku, ze względu na bardzo wysoką lokalną temperaturę i małą energię liniową oraz zwiększoną szybkość chłodzenia w strefie wpływu ciepła (SWC) mogą powstać pęknięcia. Pęknięcia te mogą być inicjatorami rozprzestrzeniania się kruchej pęknięcia. Przy grubości powyżej 20 mm niezależnie od sposobu przygotowania brzegów spoiny uzyskuje się maksymalną szybkość chłodzenia. Bardzo duże szybkości chłodzenia powodują krótkie spoiny szczipne i napoiny o długości poniżej 30 mm, przy czym im krótsza spoina tym intensywniejsze chłodzenie SWC [19].

Zaleca się wykonywanie spoin szczipnych o grubości maks. 5 mm i długości min. 50 mm (rys. 7-9). Spoiny szczipne należy układać od środka elementu szczipnego w kierunku jego brzegów jak pokazano na rysunku 10.



Rys. 7. Spoina szczipna nieprawidłowa – zbyt krótka, poniżej 30 mm o nadmiernej grubości z kraterem i pęknięciem

Fig. 7. An improper positional weld – too short, less than 30 mm with an excessive thickness with a crater and a fracture



Rys. 8. Spoina szczepna prawidłowa o długości min. 50 mm
Fig. 8. A proper positional weld, minimum 50 mm long



Rys. 9. Spoiny szczepne – lewa strona nieprawidłowa, prawa strona prawidłowa (dł. min. 50 mm)
Fig. 9. Positional welds – left side improper, right side – proper (minimum 50 mm long)

W przypadku układania spoin szczepnych z dwóch stron elementu należy układać spoiny na przemian z dwóch stron od środka w kierunku jego końców (rys. 11). Spoiny szczepne wykonywać należy w miejscach łatwo dostępnych do wyszlifowania w przypadku ich pęknięcia. Powinny one mieć wymiary:

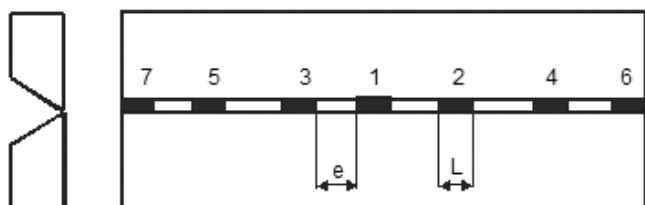
– spoiny szczepne czołowe

Wymiary spoin szczepnych podano w tabelcy II.

Kolejność wykonywania spoin szczepnych czołowych przedstawiono na rysunku 10.

Tabela II. Wymiary spoin szczepnych czołowych
Table II. Measurements of positional butt joint welds

Grubość blach g, mm	Grubość spoiny szczepnej a _s , mm	Długość spoiny szczepnej l, mm
4÷12	3÷4	30÷40
powyżej 12	0,33 g (maks. 6)	40÷60



Rys. 10. Kolejność wykonania spoin szczepnych – czołowych: L – długość spoin szczepnych, mm; e – odstęp między spoinami szczepnymi (20÷30)g; g – grubość łączonych elementów, mm – max. 450 mm (tabl. I)

Fig. 10. Sequence of positional butt joints welding: L – positional weld length, mm; e – distance between positional welds (20÷30)g, g – the thickness of welded plates, mm; max. 450 mm (tab. I)

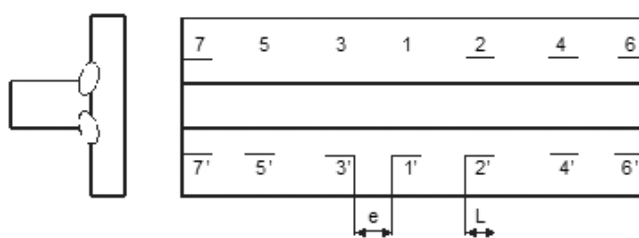
– spoiny szczepne pachwinowe

Wymiary spoin szczepnych pachwinowych przedstawiono w tabelcy III.

Kolejność wykonywania spoin czepnych pachwinowych przedstawiono na rysunku 11. Przy spoinach przerywanych należy wykonać spoiny szczepne w miejscach występowania spoin.

Tabela III. Wymiary spoin szczepnych pachwinowych
Table III. Measurements of positional fillet welds

Grubość nominalna spoiny pachwinowej a, mm	Grubość spoiny szczepnej a _s , mm	Długość spoiny szczepnej l, mm
2÷6	2÷3	20÷30
6÷10	3÷4	30÷40
powyżej 10	0,4 g (maks. 6)	40÷60

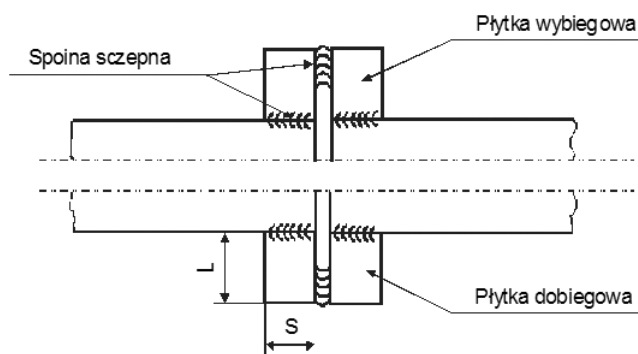


Rys. 11. Kolejność wykonania spoin szczepnych pachwinowych
Fig. 11. An order of making positional fillet welds.

Szczepianie za pomocą płytek wybiegowych i dobiegowych

Przy wykonywaniu spoin jednostronnych z pełnym przetopem należy stosować szczepianie za pomocą specjalnych klamer. W celu zabezpieczenia właściwej jakości spoin, na jej końcach należy stosować do szczepiania płytki wybiegowe i dobiegowe. Po wykonaniu spoiny szczepne mocujące klamry należy zeszlifować. Spoiny te powinny być wykonane w miejscach umożliwiającym ich całkowite wycięcie w przypadku wadliwego wykonania lub pęknięcia pod wpływem naprężeń.

Na rysunku 12 przedstawiono sposób szczepiania płytek dobiegowych i wybiegowych do wykonania spoin jednostronnych z pełnym przetopem.



Rys. 12. Sposób szczepiania płytek dobiegowych i wybiegowych dla spoin jednostronnych z pełnym przetopem

Fig. 12. A method of positioning run-on and run-off plates for single-side welds with a complete penetration weld

W tabelicy IV podano wymiary płytek wybiegowych i dobiegowych w zależności od grubości elementów łączonych.

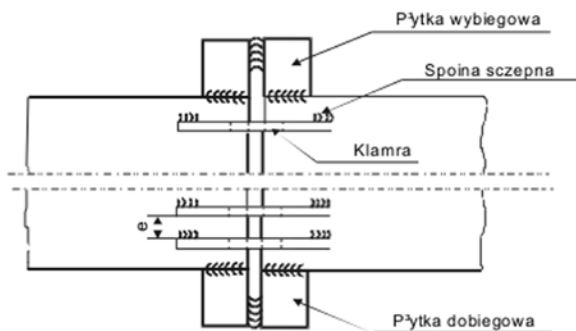
Tablica IV. Wymiary płytek wybiegowych i dobiegowych w zależności od grubości elementów łączonych
Table IV. Measurements of run-on and run-off plates depending on the thickness of joined elements

Grubość elementów łączonych g, mm	Długość płytki L, mm	Szerokość płytki S, mm
2÷4	30	25
4÷12	40	30
powyżej 12	50	40

Sposób ukosowania (przygotowania) płytek wybiegowych jest identyczny jak w złączu spawanym. Grubość płytek wybiegowych jest taka sama jak grubość materiału spawanego.

Szczepianie za pomocą płytek i klamer

Na rysunku 13 przedstawiono sposób szczepiania za pomocą klamer oraz płytek dobiegowych i wybiegowych do wykonania spoin jednostronnych z pełnym przetopem.



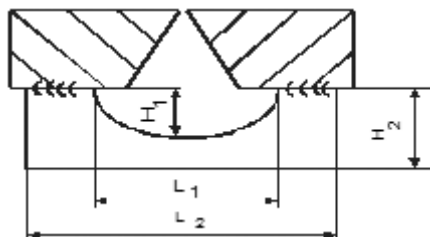
Rys. 13. Sposób szczepiania klamer oraz płytek dobiegowych i wybiegowych dla spoin jednostronnych z pełnym przetopem
Fig. 13. A method of positioning clamps and run-on and run-off plates for single – side welds with a complete penetration weld

Klamry zakładane od strony lica spoiny

Na rysunku 14 przedstawiono kłamerę do szczepiania zakładaną od strony lica spoiny.

Wymiary klamer zakładanych od strony lica spoiny zamieszczono w tabelicy V.

Uwaga: Odległość między kłamerami powinna wynosić $e = (40 \div 50)g$, gdzie g – grubość łączonych elementów.



Rys. 14. Szkic kłamry zakładanej od strony lica spoiny
Fig. 14. A sketch of a clamp installed on the face of weld

Tablica V. Wymiar klamer zakładanych od strony lica spoiny
Table V. A measurement of clamps installed on the face of weld

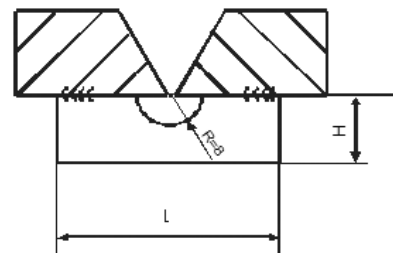
Grubość łączonych elementów, mm	Wymiary kłamry				Grubość kłamry, mm
	L ₁ , mm	L ₂ , mm	H ₁ , mm	H ₂ , mm	
4÷12	25	85	30	60	8
powyżej 12	40	120	40	80	10

Klamry zakładane od strony grani spoiny

Na rysunku 15 przedstawiono kłamerę do szczepiania zakładaną od strony grani spoiny.

Wymiary klamer zakładanych od strony grani spoiny zamieszczono w tabelicy VI.

Po wykonaniu spawania kłamry należy odszlifować, a miejsca szczepów klamer oszlifować.



Rys. 15. Szkic kłamry zakładanej od strony grani spoiny
Fig. 15. A sketch of a clamp installed on the back of weld

Tablica VI. Wymiary klamer zakładanych od strony grani spoiny
Table VI. A measurement of clamps installed on the back of weld

Grubość łączonych elementów, mm	Wymiary kłamry		
	L mm	H mm	Grubość kłamry, mm
4÷12	80	40	8
powyżej 12	100	05	10

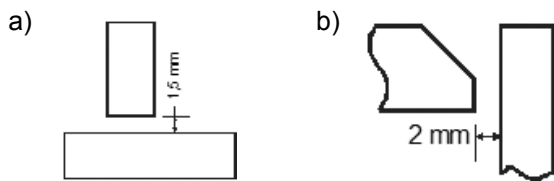
W przypadku powstania wżerów w materiale podstawowym należy je zaspawać i ponownie oszlifować. Miejsca naprawianych ubytków należy sprawdzić metodą magnetyczno-proszkową.

Po wykonaniu spoin szczepnych należy je oczyścić, natomiast te z wadami usunąć przed ułożeniem spoin właściwych za pomocą żłobienia elektropowietrznego lub przez szlifowanie.

Wszystkie spoiny szczepne powinny być wolne od niezgodności typu pęknięcia, pory i krater.

Szerokość szczelin dopasowania

Szczelina między detalami przy spoinach pachwinowych może wynosić maks. 1,5 mm (rys. 16a). Przy spoinach czołowych bez przetopu (rys. 16b) maksymalny odstęp między detalami może wynosić 2 mm. Zbyt duży odstęp rowka ma być poprawiony przez napawanie zgodnie z kartą technologiczną naprawy opracowaną przez nadzór spawalniczy. Przy spoinach pachwinowych należy dążyć do osiągnięcia szczeliny 0 mm. Przy szczelinach 1,5÷2,0 mm należy zwiększyć wymiar spoiny pachwinowej (a) o 1 mm.



Rys. 16. Szczeliny między detalami: a) przy spoinach pachwinowych, b) przy spoinach czołowych bez pełnego przetopu

Fig. 16. Gaps between details: a) by fillet welds, b) by butt welds with a partial joint penetration

Przy szczelinach większych niż 2 mm, a mniejszych niż 5 mm należy dokonać naprawy przez napawanie, tak aby wielkość szczeliny mieściła się w prawidłowym zakresie. Grubość strefy napawania dla spoin czołowych nie może przekraczać 5 mm. Jeżeli szczelina jest większa od 5 mm, to naprawy można dokonać jedynie po uzgodnieniu z działem spawalniczym. Stan przygotowania do spawania, tj. kształty geometryczne miejsca spawania

i stan oczyszczenia powierzchni przed spawaniem powinny być skontrolowane przez spawacza oraz bezpośredni nadzór.

Kontrola dopasowania

Kontroler prac spawalniczych ma obowiązek prowadzić kontrolę przed przystąpieniem do spawania, w czasie procesu i po jego zakończeniu [1÷3, 7÷9, 13÷15, 19]. Obowiązkiem kontrolera jest sprawdzenie wzrokowe i zarejestrowanie dopasowania elementów oraz przygotowanie do spawania, identyfikację wad powierzchniowych, zgodności odstępów rowka i geometrii fazowania z procedurami spawalniczymi (WPS) i tolerancjami ustawienia elementów w linii.

Wszyscy kontrolerzy przeprowadzający kontrolę prac spawalniczych, a zwłaszcza prowadzący badania nieniszczące, muszą posiadać uprawnienia 2 stopnia zgodnie z wymaganiami PN-EN SO 9712, w prowadzonych metodach badań.

Literatura

- [1] Słania J., Marcinkiewicz H., Kiełbik M.: Plan spawania elementu obudowy kopalnianej – osłony odzawałowej. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2012, s. 6–16.
- [2] Słania J., Urbańczyk P.: Technologia oraz plan spawania gazoszczelnych ścian rurowych kotła pyłowego wg normy PN – EN 12952-5. *Przegląd Spawalnictwa*, 12/2009, s. 19–27.
- [3] Słania J.: Technologia spawania płyty wsporczej pojazdu gąsienicowego – dobór parametrów i obliczanie kosztów spawania. *Biuletyn Instytutu Spawalnictwa*, 2/2010, s. 52–56.
- [4] Słania J.: Plan technologiczny spawania płyty gąsienicowej. *Przegląd Spawalnictwa*, 3/2010, s. 16–25.
- [5] Słania J., Kaczor T.: Plan spawania zbiornika ciśnieniowego. *Przegląd Spawalnictwa*, 4/2010, s. 9–18.
- [6] Słania J., Kwiecień L., Jarosiński J.: Plan spawania kotłów płomienicowo-płomieniówkowych. *Przegląd Spawalnictwa*, 6/2010, s. 32–40.
- [7] Słania J., Skóra J.: Plan spawania wymiennika ciepła chłodzonego powietrzem. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2011, s. 16–22.
- [8] Słania J.: Plan spawania cąrg płaszczka pieca obrotowego. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2011, s. 36–41.
- [9] Słania J., Wodecki D.: Plan spawania belki poprzecznej dźwigu. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2011, s. 30–35.
- [10] Słania J.: Istota planów spawania. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2011, s. 3–9.
- [11] Słania J.: Plan spawania napraw bieżących kotłów parowych, wodnych i stałych zbiorników ciśnieniowych. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2011, s. 22–30.
- [12] Słania J., Chomiuk S., Dadak R.: Plan spawania dla konstrukcji uzupełniającej - trawresy. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2012, s. 3–6.
- [13] Słania J., Fryc H.: Spawanie pojazdów szynowych - plany spawania. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2012, s. 16–20.
- [14] Słania J.: Plan spawania stalowej kładki dla pieszych I. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2012, s. 20–24.
- [15] Słania J.: Plan spawania stalowej kładki dla pieszych II. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2012, s. 24–26.
- [16] Słania J., Urbańczyk P.: Technologia wytwarzania oraz plan kontroli jakości przegrzewacza pary kotła parowego wg PN-EN 12952-5. *Przegląd Spawalnictwa* 5/2012, s. 29–41.
- [17] Chromik D., Słania J.: Plan spawania ciśnieniowego zespołu rurowego. *Przegląd Spawalnictwa* 11/2012, s. 29–32.
- [18] Balcerzak M., Słania J.: Spawanie zbiornika bezciśnieniowego do magazynowania oleju opałowego. *Przegląd Spawalnictwa* 11/2012, s. 33–38.
- [19] Słania J.: Usuwanie odkształceń spawalniczych. *Przegląd Spawalnictwa* 2/2012, s. 24–26.