

Wpływ parametrów w metodzie TIG na odkształcenia kątowe stali X5CrNi18-10

Influence of parameters made by TIG method on the angular deformation of the X5CrNi18-10 steel

Streszczenie

W pracy przedstawiono zagadnienie wpływu nastaw natężenia prądu spawania oraz odległości elektrody od materiału rodzimego na wielkość kątowych odkształceń próbek przetwarzanych metodą TIG. Do tego celu wykorzystywano metody planowania eksperymentu. Prace doświadczalne przeprowadzono dla materiału gatunku X5CrNi18-10. Dokonano analizy zmian odkształcenia próbki w zależności od nastaw natężenia prądu spawania w zakresie od 100 do 200 A oraz zmiany odległości elektrody od przedmiotu spawanego w zakresie od 2 do 4 mm. Do prób technologicznych wykorzystano automatyczny przesuw uchwytu poprzez zastosowanie głowicy do mechanizacji spawania. Przygotowane próbki zostały poddane precyzyjnym pomiarom współrzędnościowym, celem określenia odkształceń kątowych.

Słowa kluczowe: TIG; odkształcenia; parametry; elektroda

Abstract

The paper presents the problem of the influence of the current setting and the distance between the electrode and the object welded by TIG method on the corresponding changes the angular deformation of the element. Design of the experiment method was used. Experimental test were performed for material grade X5CrNi18-10. The analysis of the changes in specimen deformation based on the current setting in the range from 100 to 200 A and the change of the distance between the electrode and the welded object in the range from 2 to 4 mm was made. Automatic travelling of the gun by using the head for welding mechanization was used to perform technological tests. Prepared specimen were subjected to precise coordinate measurement to determine the angular deformation.

Keywords: TIG; deformation; parameters; electrode

Wstęp

Analizując warunki technologiczne mogące mieć wpływ na własności geometryczne, można wyróżnić kilka czynników, które będą determinowały odkształcenia elementów po procesie spawania. Przy wytwarzaniu konstrukcji stalowych próbowano znaleźć i zidentyfikować wszystkie aspekty, które mają wpływ na proces wytworzenia spoiny lub napoiny, a w konsekwencji efekt wytworzenia elementu.

Literatura [1,2] dotycząca przygotowania złączy zawiera szereg uporządkowanych sposobów przygotowania elementów do spawania niejednokrotnie określając zakresy parametrów. Wiąże się to ze zmiennymi wielkościami przekrojów uzyskanych ściegów, jak również wpływa na odkształcenia elementów spawanych [3÷7]. Artykuł zawiera analizę wpływu zmian wielkości nastaw prądu i odległości elektrody nietopliwej od przedmiotu spawanego na odpowiadające im zmiany odkształceń badanych elementów wykonanych ze stali gatunku X5CrNi18-10 wykonanych przy zastosowaniu metody TIG przy stałej prędkości spawania.

Uzyskane informacje dają obraz wpływu zmian na mogące się pojawić odkształcenia kątowe w elemencie po procesie spawania elektrodą nietopliwą.

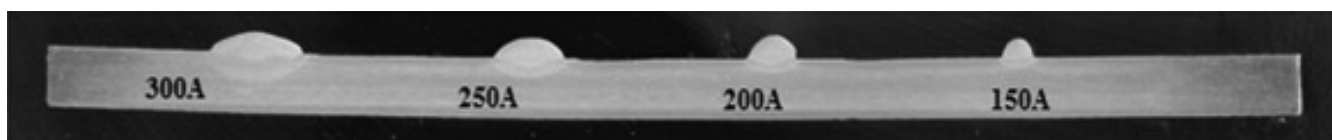
Nastawa prądu ma wpływ na efektywność topienia się materiału, jak i przetopioną geometrię. Niskie gęstości prądu spawania wydatnie zmniejszają wydajność przetwarzania bez względu na zastosowaną metodę. Zmiana odległości elektrody wpływa na rozkład ciepła w łuku. Próbując połączyć wpływ tych dwóch parametrów technologicznych na odkształcenia kątowe dokonano niniejszej analizy [3÷8].

Rosnące znaczenie metody TIG w gospodarce kraju pozwala na rozwój tej metody zarówno w układzie aplikacji spawania ręcznego, jak i zautomatyzowanego dla szerokiej gamy materiałów [9÷13].

Literatura opisuje wpływ oddziaływania natężenia prądu na kształt przekroju spoiny dla różnych metod. Ogólne zmiany nastaw prądu spawania można pokazać poprzez obraz zmian przekrojów uzyskanych napoin jak na rysunku 1 [3÷7].

Dr inż. Robert Bęczkowski – Politechnika Częstochowska.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: rbeczkowski@spaw.pcz.pl



Rys. 1. Oddziaływanie natężenia prądu na kształt przekroju napoiny [6]
Fig. 1. Impact of the current on the cross-section shape of the clad [6]

Zwiększenie nastawy natężenia prądu powoduje uzyskanie większej głębokości wtopienia.

Dobór ustawień natężenia prądu spawania jest zależny od wielu czynników takich jak: grubość złącza, rodzaj spoiny, spawany materiał, średnica elektrody, pozycja spawania, skład gazu osłonowego. Napięcie łuku elektrycznego jest zależne od odległości elektrody od przedmiotu spawanego, wówczas wraz ze wzrostem odległości szerokość spoiny wzrasta [2].

Procesowi spawania towarzyszy odkształcenie elementów, które możemy podzielić na poprzeczne, podłużne, kątowe. W niniejszej pracy analizie zostaną poddane odkształcenia kątowe określone poprzez analizę pomiarów wykonanych na profilografometrze położenia górnych krawędzi próbki po procesie przetapiania metodą TIG przy różnych wartościach natężenia prądu oraz różnych odległościach elektrody od materiału spawanego [14].

Badania

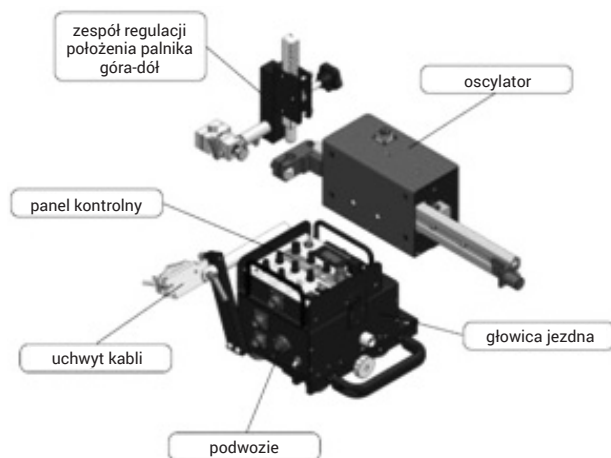
Do prób wykorzystano blachę o wymiarach 150 x 60 x 6 mm gatunku X5CrNi18-10, na której wykonano ściegi spawalnicze metodą TIG bez użycia drutu, gdzie każdy ścieg wykonano przy innych konfiguracjach parametrów prądowych i odległości elektrody od przedmiotu spawanego. Do tego celu wykorzystano metody planowania eksperymentu [3,7,15÷17]. Zestawienie zmiennych parametrów podano w tabelicy I.

Tablica I. Parametry prób
Table I. Parameters of tests

Numer próbki	Natężenie prądu [A]	Odległość elektrody od materiału [mm]
1	100	2
2	150	2
3	200	2
4	100	3
5	150	3
6	200	3
7	100	4
8	150	4
9	200	4

Jako gazu osłonowego użyto argonu o natężeniu przepływu 10 l/min. Próby przeprowadzono z wykorzystaniem płyt dobiegowych i wybiegowych oraz zastosowaniem źródła spawalniczego Faltig 315 wraz z głowicą do mechanizacji spawania PRO DC-20 (rys.2).

Wykonano każdorazowo jeden ścieg prosty bez materiału dodatkowego w pozycji PA, stosując prąd stały z biegunowością ujemną oraz prędkość przesuwu uchwytu wynoszącą 25 cm/min.

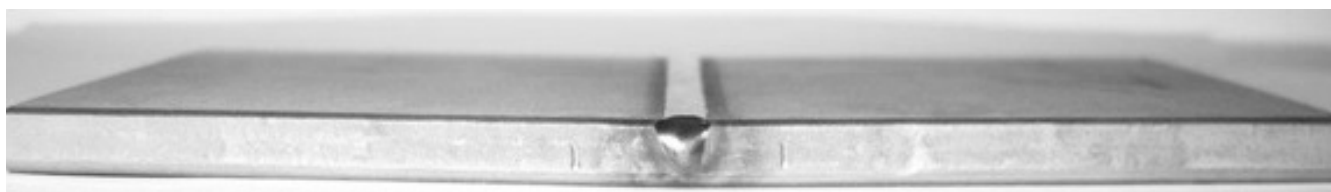


Rys. 2. Głowica do mechanizacji spawania PRO DC-20 [3]
Fig. 2. Head for mechanization of welding PRO DC-20 [3]

Wygląd próbek po procesie przetapiania przedstawiono na rysunku 3. Próbki 1, 2, 3, wykonano przy zadanej odległości elektrody od materiału wynoszącej 2 mm, próbki: 4, 5, 6 – 3 mm, a próbki: 7, 8, 9 – 4 mm zgodnie z wartościami z tabelicy I. Rysunek 4 przedstawia widok próbki w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku spawania po przetapianiu metodą TIG.



Rys. 3. Widok próbek
Fig. 3. View of the specimen

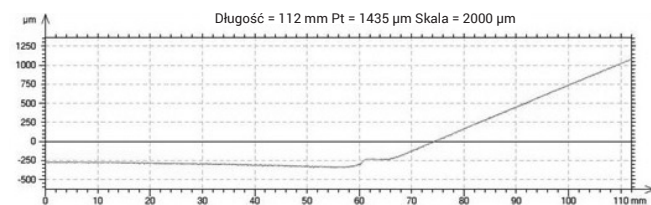


Rys. 4. Widok krawędzi próbki w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku spawania
Fig. 4. The side edge view of the sample in a plane perpendicular to the welding direction

Obraz krawędzi próbek ujawnia odkształcenia powstałe podczas badania wpływu parametrów podczas spawania. Zaobserwowano, że w wyniku zwiększania natężenia prądu i zbliżania elektrody do materiału krawędzie materiału odkształcają się.

Badania geometrii powierzchni próbek zostały wykonane na profilografometrze New Form Talysurf2D/3D 120 firmy Taylor Hobson z wewnętrzną bazą oraz głowicą z przetwornikiem indukcyjnym. Elementem pomiarowym przyrządu jest igła diamentowa o promieniu 2 μm przesuwająca się po mierzonej powierzchni, które określa zmiany wychYLENIA w osi Z (pionowej) w oparciu o dane pozyskane z liniiłu inkrementalnego rejestrującego jednocześnie aktualne położenie igły w osi X. Układ ten tworzy profil powierzchni w jednej płaszczyźnie (X-Z). Przykład pomiarów przedstawia rysunek 5.

Zmiany wychYLENIA przetwarzane są na sygnał elektryczny, wzmacniany i filtrowany, a następnie obrabiany programowo. Istota pomiaru stereometrii powierzchni w układzie 2D metodą stykową polega na wykonaniu linii pomiarów, wykonywany jest on w sposób skokowy przez stolik pomiarowy każdego pojedynczego przejścia pomiarowego w układzie 2D. Układ profilometru podczas pomiaru rejestruje punkty odwzorowujące mierzoną powierzchnię. Widok stanowiska pokazano na rysunku 6 [10].

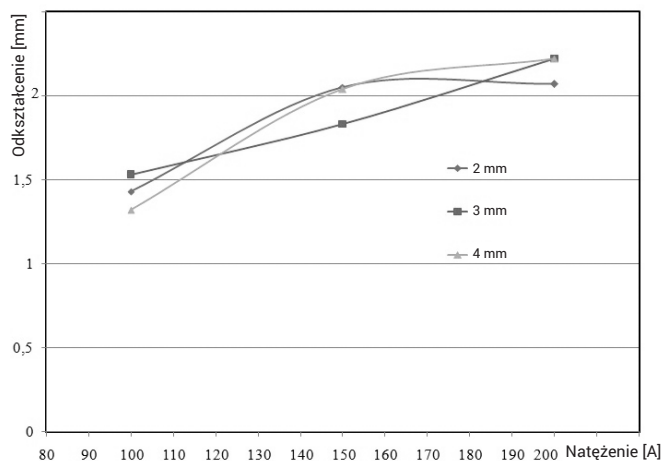


Rys. 5. Przykładowy pomiar współrzędnościowy
Fig. 5. Example coordinate measurement



Rys. 6. Stanowisko do pomiaru geometrii powierzchni – Taylor Hobson TalySurf
Fig. 6. Equipment to measure the surface geometry – Taylor Hobson Talysurf

Zebrane dane pomiarowe odkształceń kątowych przedstawiono w tabelicy II oraz przedstawiono graficznie na rysunku 7.



Rys. 7. Wpływ zmiany natężenia prądu na odkształcenia kątowe próbek przetapianych metodą TIG

Fig. 7. Effect of changes in current on the angular deformation made by TIG method

Tabela II. Wartości odkształceń kątowych próbek przetapianych metodą TIG

Table II. Value of angular deformation made by TIG method

Numer próbki	Natężenie prądu [A]	Odległość elektrody od materiału [mm]	Odkształcenie [mm]
1	100	2	1,43
2	150	2	2,05
3	200	2	2,07
4	100	3	1,53
5	150	3	1,83
6	200	3	2,22
7	100	4	1,32
8	150	4	2,04
9	200	4	2,22

Podsumowanie

Analiza wpływu nastaw natężenia prądu na odkształcenia kątowe próbek przetapianych metodą TIG pozwala stwierdzić, iż przy nastawach natężenia prądu spawania w zakresie od 100 do 200 A następuje wzrost wartości odkształcenia w zakresie 1,32÷1,53 mm dla nastawy natężenia prądu 100 A, do zakresu wartości 2,07÷2,22 mm przy nastawie natężenia prądu na poziomie 200 A.

Obserwuje się różnice w wartościach odkształceń na poziomie od 0,15 do 0,21 mm przy różnych odległościach elektrody od materiału spawanego. W przypadku niskich nastaw natężenia prądu najniższe różnice odkształcenia zarejestrowano dla największej odległości elektrody (4 mm), a najwyższe odkształcenia zarejestrowano dla średniej odległości (3 mm).

Zwiększenie nastawy natężenia prądu do wartości 150 A przy 3 mm odległości elektrody powoduje najmniejsze odkształcenia elementu. Zarówno zwiększając, jak i zmniejszając odległość elektrody w obu przypadkach, odkształcenia rosną o ok. 10%.

Ustawiając wartość natężenia prądu spawania wynoszącą 200 A i odległości elektrody od materiału na poziomie 2 mm rejestruje się najniższe odkształcenia. Dla pozostałych odległości wartości odkształceń wzrasta o 7%.

Charakter zmian odkształceń opisanych przez różnicę odkształceń maksymalnych i minimalnych najkorzystniejszą sytuację obserwuje się w przypadku zastosowania najmniejszej odległości (2 mm) i wynosi 0,64 mm. Niewiele większe wartości uzyskuje się dla odległości 3 mm, przy której różnica odkształceń jest na poziomie 0,69 mm. Największą różnicę odkształceń obserwuje się dla 4 mm odległości elektrody od materiału, która wynosi 0,9 mm, co świadczy o 40% wzroście odkształceń przy największej odległości elektrody od materiału.

Wpływ zmian nastaw natężenia prądu na wartość odkształceń może zostać opisany równaniem liniowym postaci $y = ax + b$ i przybrać postać $y = 0,006x + 0,83$ ze współczynnikiem determinacji na poziomie $R^2 = 0,99$ dla odległości 3 mm.

W pozostałych przypadkach równanie liniowe jest niedokładne, gdyż współczynniki determinacji wynoszą $R^2 = 0,89$ dla równania $y = 0,009x + 0,51$ przy odległości 4 mm i $R^2 = 0,77$ dla równania $y = 0,006x + 0,89$ przy odległości 2 mm między elektrodą a materiałem spawanym.

Uzyskanie informacji ilościowej umożliwiającej opisanie charakteru wpływu zmian nastaw prądu spawania oraz odległości elektrody od materiału spawanego na powstające odkształcenia, pozwala dobrać optymalny zakres parametrów pracy, by minimalizować deformacje elementów. Podejście to może być stosowane w przypadku jednoznacznej i stałego ustawienia uchwytu spawalniczego.

Literatura

- [1] PN EN ISO 9692: 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, PKN, Warszawa 2014.
- [2] L. Mistur. Spawanie łukowe w osłonach gazowych według wytycznych krajowych i międzynarodowych, KaBe, Krosno 2010.
- [3] K. Staszewski: Wpływ parametrów spawania na odkształcenia stali nierdzewnych, Praca magisterska, Częstochowa 2016.
- [4] R. Bęczkowski, M. Gucwa: Wpływ nastawy prądu na zmiany wielkości geometrycznych przekrojów napoin, Przegląd Spawalnictwa, Vol.86(9), s. 72-76, 2014.
- [5] R. Bęczkowski, M. Gucwa: Wpływ parametrów napawania na wydajność procesu i parametry geometryczne napoin wykonanych drutem rdzeniowym, Hutnik, Wiadomości Hutnicze, Vol. 81(11), s. 773-777, 2014.
- [6] R. Bęczkowski, M. Gucwa: Wpływ parametrów napawania drutem z rdzeniem metalicznym na wydajność procesu i parametry geometryczne ściegu, Przegląd Spawalnictwa, Vol. 88(5), s. 49-52, 2016.
- [7] R. Bęczkowski: Effect of cladding parameters on the hardness of bimetal plates, Metalurgija, Vol. 56(1-2), pp. 59-62, 2017.
- [8] J. Kozak: Możliwości szacowania odkształcenia kątowego w złączu spawanym teowym, Mechanik, vol. 12, s. 1930-1931, 2016
- [9] T. Chmielewski, M. Węglowski: Analizy rynku spawalniczego w Polsce pod względem sprzedaży urządzeń oraz materiałów spawalniczych, Przegląd Spawalnictwa, Vol. 88(6), s. 28-31, 2010.
- [10] B. Pawłowski, J. Krawczyk, P. Bała, S. Parzych, M. Paćko: Jakość złączy spawanych rurociągu wody chłodzącej wykonanego ze stali austenitycznej X6CrNiTi18-10, Przegląd Spawalnictwa, Vol. 88(3) s. 3-7, 2010.
- [11] A. Ambroziak, P. Białucki, W. Derlukiewicz, A. Lange: Ocena jakości złączy spawanych ze stali x6Cr17 i x5CrNi18-10 stosowanych w wymiennikach ciepła, Przegląd Spawalnictwa, Vol. 88(6), s. 2-6, 2013.
- [12] A. Świerczyńska, G. Rogalski, D. Fydrych: Badania właściwości i struktury spawanych austenitycznych rur wymienników ciepła, Przegląd Spawalnictwa, Vol. 88(6), s. 11-16, 2010.
- [13] M. Kukuryk, M. Gucwa, R. Bęczkowski: Właściwości i mikrostruktura stali X20CrMoV11-1 w niejednorodnym złączu spawanym oraz ich zmiany po długotrwałej eksploatacji w warunkach pełzania, Hutnik- Wiadomości Hutnicze, Vol. 83(5), s. 242-247, 2016.
- [14] H. Czarnecki, M. Tagowski: Struktura geometryczna powierzchni zębów koła zębatego po nagięciu dynamicznym, Mechanik, Vol. 87(11), s. 25-40, 2014.
- [15] M. Bober, K. Tobota: Badania istotności wpływu podstawowych parametrów napawania plazmowego na geometrię napoin, Przegląd Spawalnictwa, Vol. 87(9), s. 24-28, 2015.
- [16] Z. Polański: Planowanie doświadczeń w technice, PWN, Warszawa 1984.
- [17] M. Sobczyk: Statystyka, PWN, Warszawa 2001.