

Techniki Spawalnicze w Odlewnictwie. Napawanie

W. Wojciechowski *, J. S. Kowalski

Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

*Corresponding author. E-mail address: wwojcie@mech.pk.edu.pl

Received 28.02.2013; accepted in revised form 7.5.2013

Streszczenie

W artykule omówiono problemy związane z naprawami wad odlewniczych. Przeanalizowano możliwości naprawy odlewów metodami spawalniczymi. Opisano technologię naprawy przez napawanie wlewnic wykonanych z żeliwa szarego. Napawanie prowadzono ręcznie elektrodami otulonymi oraz w osłonie gazów metoda MAG. Oceniono mikrostrukturę stref napawanych naprawianych odlewów oraz wyniki pomiarów twardości i rozkład mikrotwardości.

Słowa kluczowe: Naprawa odlewów, Metody spawalnicze, Wady odlewów, Twardość, Mikrostruktura powierzchni

1. Wprowadzenie

Odlewnictwo – jako jedna z nielicznych dziedzin gospodarki może być uznana w pełni za proekologiczną z racji szerokiej możliwości recyklingu. Przemysł odlewniczy jest jedynym, w którym problem wszelkiego rodzaju odpadów, braków, zużytych i zniszczonych części nie istnieje, bowiem proces utylizacji odpadów metalowych – nie tylko zresztą odlewniczych pokrywa się z samym procesem wytwarzania odlewów.

Pomimo jednak, tak korzystnego bilansu: „produkt wytworzony – produkt zużyty”, z ekonomicznego, a ściślej z energetycznego punktu widzenia, koszty wymierne mierzone ilością zużytej energii i koszty społeczne związane z emisją gazów i pyłów towarzyszących powtórnemu przetapianiu są jednak znaczne. Tym samym problem uszkodzonych i zużytych odlewów w jakimś stopniu pozostaje. Rozwiązaniem jest najszerzej rozumiana regeneracja zużytych (i naprawa) uszkodzonych lub wybrakowanych odlewów.

Mimo tak znaczącego rozwoju odlewnictwo nie wypracowało w pełni skutecznej „odlewniczej metody” naprawy odlewanych części i ich elementów bez konieczności ich powtórne-

go przetopienia. Jedynym wyjątkiem – o dość jednak ograniczonym zakresie – jest naprawa odlewów na drodze zalewania miejsc wadliwych ciekłym metalem.

Spośród różnorodnych metod napraw odlewów największą rolę odgrywają techniki spawalnicze, zwłaszcza spawanie i napawanie.

Techniki spawalnicze stosowane są coraz częściej nie tylko w naprawach odlewów, ale także w procesach wytwarzania nowych elementów. Odlewane części – zarówno stalowe jak i żeliwne łączone są metodami spawalniczymi na drodze spawania a także zgrzewania. Najczęściej jednak techniki i technologie spawalnicze wykorzystywane są w procesach naprawczych, spośród których największe znaczenia ma napawanie.

2. Kryteria kwalifikacji i weryfikacja wyrobów odlewanych

Ze względu na stopień obniżenia własności użytkowych odlewu można podzielić wady w nich występujące na cztery następujące grupy:

- ♦ wady dopuszczalne;
- ♦ wady możliwe do usunięcia (usuwalne);
- ♦ wady naprawialne;
- ♦ wady powodujące odrzucenie odlewów;

Podstawą do zakwalifikowania wad występujących w odlewach do jednej z wymienionych grup są przyjęte warunki techniczne. Uwzględniają one, w zależności od charakteru pracy odlewu (w danym urządzeniu) stopień szkodliwego wpływu danej wady na niezawodność całego urządzenia. Niekiedy te same wady, ale występujące w różnych odlewach wpływają w różnym stopniu na obniżenie ich wartości użytkowej.

Wady, które całkowicie uniemożliwiają użytkowanie odlewu zaliczane są do grupy wad powodujących odrzucenie odlewów. Ich obecność całkowicie dyskwalifikuje wyrób i powoduje jego wybrakowanie.

Wady naprawialne są to wady, które mogą być naprawione na drodze określonych zabiegów. Zwykle naprawy odlewów - zależnie od metody, nie przywracają im całkowicie własności użytkowych jakie posiadały przedtem

Niektóre wady można usunąć bez wywoływania ujemnych skutków w samym odlewie. Stosuje się wówczas dodatkowe zabiegi, wykraczające poza normalne procedury. Może to być szlifowanie lub frezowanie prowadzone w celu wygładzenia powierzchni odlewu. Tego rodzaju wady nie zmniejszają własności użytkowych odlewu lecz wpływają jednak na wzrost kosztów wytwarzania.

Pewne wady występujące w odlewach mogą być pozostawiane bez naprawy, gdyż nie zmniejszają wartości użytkowej odlewu, lecz pogarszają jego wygląd – są to wady dopuszczalne.

2. Problemy spawania odlewniczych stopów żelaza

Podczas spawania, a także napawania regeneracyjnego części dąży się do tego, aby uzyskiwać w każdej strefie tworzonego złącza jednakowe właściwości. W przypadku większości gatunków stali cel ten na ogół jest osiągalny bez konieczności stosowania specjalnych technik i technologii spawalniczych.

Zasadniczy problem pojawia się w przypadku spawania i napawania odlewów. Spoina w elementach odlewanych, a ściślej stopiwo z materiałów dodatkowych uzyskane w wyniku spawania czy też napawania ma, w odróżnieniu od spoin uzyskiwanych podczas spawania stali, inny skład chemiczny niż części łączone m.in. na skutek obecności licznych pierwiastków znajdujących się w drucie elektrodowym, a także w topniku i otulinie elektrod. Szybkość krzepnięcia i stygnięcia jest znacznie większa niż podczas odlewania - co przy znacznej koncentracji ciepła jaka występuje podczas spawania wywołuje określone zmiany struktury.

Najczęściej występującymi wadami w procesach odlewania są pęknięcia, niedolewy i ubytki. Największe problemy stwarzają pęknięcia – zarówno te na wskroś jak i powierzchniowe. Te ostatnie wydają się stosunkowo łatwe do usunięcia poprzez np. napawanie. Istnieje jednak obawa, że pęknięcia będą się rozprzestrzeniły w głąb odlewu, stwarzając w konsekwencji potencjalne zagrożenie. Istotną staje się więc weryfikacja ujawnionych wad. Jednakże dokładna ocena charakteru występują-

cych wad nie zawsze jest a – głównie z uwagi na umiejscowienie wady i problemy z przeprowadzeniem samych badań. W tej sytuacji niezwykle istotne znaczenie ma technologia wykonania naprawy, której poprawność gwarantowała by właściwą i niezawodną eksploatację naprawionego odlewu.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań próbnych napoin wykonanych na elementach z żeliwna szarego.

Napoiny wykonano ręcznie elektrodami otulonymi, stosując elektrody przeznaczone do spawania oraz napawania. Dla porównania wykonano również napoiny półautomatem do spawania w osłonie gazów drutem elektrodowym do spawania stali stopowych. Z uzyskanych napoin wykonano szlify metalograficzne, oceniono struktury oraz zbadano rozkłady twardości w strefach napawanych.

Często elementy maszyn podlegają zmiennym, dynamicznym obciążeniom przy równoczesnym zużyciu ściernym, stąd też uzyskanie wyjątkowo twardej powierzchni elementu nie jest idealnym rozwiązaniem ze względu na możliwość wystąpienia kruchych pęknięć, zużycie zmęczeniowe oraz występowanie mikropełnięć. W przypadku większości elementów osiągnięcie napoiny o wysokiej twardości jest stosunkowo łatwe do zrealizowania, dużo trudniej jest uzyskać stosunkowo wysoką twardość powierzchni przy utrzymaniu dobrych właściwości plastycznych napoiny. Niską spawalność żelii wynikająca z wysokiej zawartości węgla oraz wysokiej udarności nastręcza wielu problemów.

Problemy polegające na zabieleniu struktury a tym samym występowaniu pęknięć spawalniczych oraz wysoką udarność napoiny, ma zniwelować zastosowanie warstw pośrednich. Warstwy te w założeniu mają wpływać na strukturę żeliwa poprzez albo lokalne zmniejszenie ilości węgla lub utworzenie struktury charakterystycznej dla żeliwa modyfikowanego lub stopowego. Osiągnięte w ten sposób napoiny mają charakteryzować się wysokimi właściwościami wytrzymałościowymi, udarnościowymi oraz powinny wykazywać odporność na zużycie ścierne.

3. Próby napawania

Do badań wykorzystano próbki z żeliwa szarego EN-GJL-200¹⁾. W tablicy 1 podano skład chemiczny żeliwa.

Tabela. 1.
Skład chemiczny żeliwa

Gatunek żeliwa	Skład chemiczny w [%]							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
EN-GJL-200	3,33	1,80	0,76	0,09	0,06	0,06	0,02	0,05

Próby napawania obejmowały:

Przygotowanie okrągłych próbek z żeliwa szarego (o średnicy 43 mm),

- Napawanie próbki wykonanej z żeliwa, elektrodą otuloną EŻN FENI 3E5 200 HB (bez dodatkowej warstwy pośredniej),

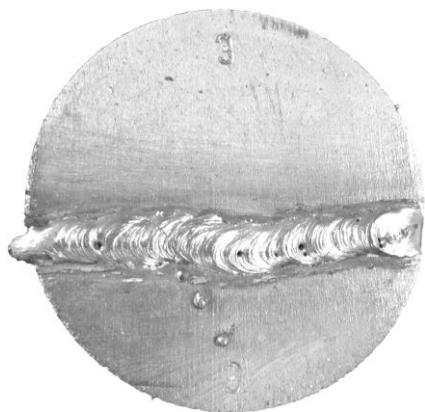
- Napawanie próbki elektrodą otuloną EŻN-FENI 3E5 200 HB, z warstwą pośrednią wykonaną elektrodą OK 63.30.

- Napawanie próbki wykonanej z żeliwa, elektrodą otuloną EŻN FENI 3E5 200 HB, z warstwą pośrednią wykonaną elektrodą rutyłową do stali niskowęglowych ER 146.

- Napawanie próbki wykonanej z żeliwa elektrodą otuloną EŻN FENI 3E5 200 HB, po żłobieniu łukiem plazmowym przy użyciu palnika plazmowego.

4. Wyniki badań, analiza wyników i wnioski

Pierwsza próba obejmowała napawanie z użyciem przeznaczonych do spawania żeliw elektrody EŻFENI. Elektroda przeznaczona jest do spawania żeliw w technologii „na zimno” bez uprzedniego podgrzewania spawanego elementu. Ta najbardziej popularna metoda regeneracji żeliwnych elementów maszyn służyła jako swego rodzaju punkt odniesienia w stosunku do pozostałych prób. Obraz napoiny przedstawiono na rys. 1



Rys. 1. Napoina wykonana elektrodą EŻFENI

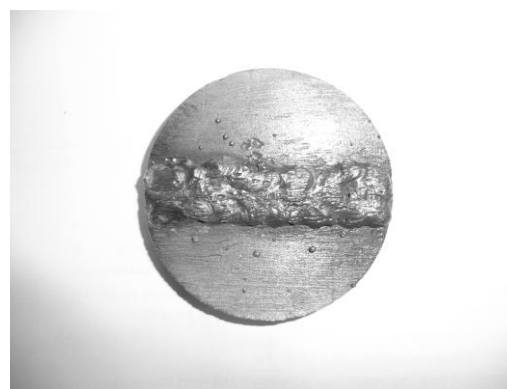
Druga próba polegała na napawaniu dwóch warstw napoin dwiema różnymi elektrodami. Pierwsza warstwa została nałożona z użyciem elektrody rutyłowej ER 146, druga przeznaczona do spawania i napawania żeliwa elektrodą EŻFENI. Elektroda rutyłowa zastosowana do naniesienia pośredniej napoiny nominalnie przeznaczona jest do spawania i napawania stali niskostopowych. W składzie chemicznym elektrody jest niewielka wynosząca 0,08% ilość węgla. Dodatkowymi pierwiastkami występującymi w składzie chemicznym elektrody są mangan w ilości 0,5% oraz krzem 0,3%. Pośrednia warstwa napoiny ma na celu „odwęglenie” struktury, aby tym samym zmniejszyć ryzyko powstania cementytu w strukturze oraz poprawić właściwości „plastyczne” napoiny. Warstwa pośrednia oraz warstwa wierzchnia zostały naniesione bez wcześniejszego nagrzewania materiału.

Trzecia próba: zostały napawane dwie warstwy z tą różnicą że pierwsza (pośrednia) warstwa została napawana z użyciem elektrody przeznaczonych do stali stopowych o symbolu OK 63.30, zaś druga warstwa podobnie jak w poprzedniej próbie została napawana z użyciem elektrody EŻFENI. Użycie elektrody OK. 63.30 ma na celu utworzenie warstwy pośredniej

o strukturze przypominającej strukturę żeliwa modyfikowanego bądź też stopowego. Odpowiednie ilości pierwiastków takich jak krzem (modyfikator) jak i nikiel (pierwiastek grafityzujący) powinny wpłynąć na zmianę struktury. Tak jak w przypadku poprzednich prób tak w tej obie warstwy zostały napawane bez wstępnego podgrzewania. Obraz napoiny przedstawiono na rys. 3.

W czwartej próbie powierzchnia materiału została przygotowana poprzez żłobienie z użyciem palnika plazmowego. Przygotowanie próbki za pomocą palnika plazmowego miało na celu zwiększenie chropowatości powierzchni oraz częściowe zmniejszenie zawartości cementytu w strukturze. Następnie napawano elektrodą EŻFENI. Obraz napoiny przedstawiono na rys. 4.

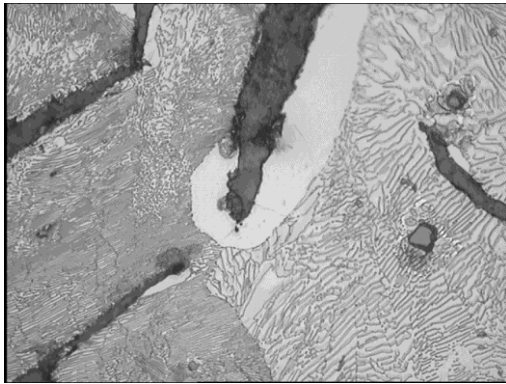
Z próbnych napoin wykonano szlify metalograficzne. Mikrostruktury napoin, strefy pośredniej i materiału rodzimego przedstawiono na rys. 5–7.



Rys. 3. Napoina dwuwarstwowa. Pierwsza warstwa – elektroda OK. 63.30, druga – elektroda EŻFENI



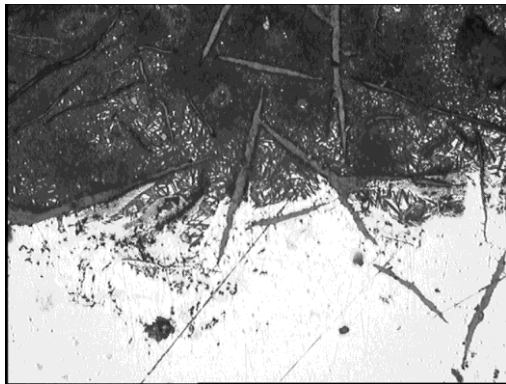
Rys. 4. Powierzchnia próbki wstępnie żłobiona palnikiem laserowym a następnie napawana elektrodą EŻFENI



Rys. 5. Mikrostruktura żeliwa EN-GJL-200, traw., pow. 500x



Rys. 7. Mikrostruktura warstwy napawanej



Rys. 6 Mikrostruktura strefy przejściowej

Oceniając na podstawie badań wizualnych i mikroskopowych można stwierdzić, że sam wygląd napoin i ich mikrostruktura nie budzą zastrzeżeń. Tym samym – stosunkowo proste zabiegi regeneracyjne na drodze napawania elementów odlewanych wydają się być w pełni przydatne.

Literatura

- [1] Pilarczyk, J. (1979). *Spawanie i napawanie elektryczne metali*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk.
- [2] Klimpel, A., Dziubiński, J. (1983). *Technologia napawania*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
- [3] Tabor, A. (2007). *Odlewnictwo*. Kraków: Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki. 2007.
- [4] Podzucki, C. (1991). *Żeliwo. Struktura Właściwości Zastosowanie*. Kraków: Wydawnictwo ZG STOP.
- [5] http://www.ws.sltzn.katowice.pl/or_zaj/Notatki/1e/sp5.pdf.
- [6] <http://adrianolek.com/naukajazdy/pliki/czesci%20maszyn/spawanie/gazowe.pdf>.
- [7] http://www.spawalnicy.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=37.

Welding Technology in Foundry

Abstract

In this paper discusses issues related to the repair of large castings. Analyzed the possibility repair of castings of welding methods. Describes the technology of repair by welding of cast iron ingot molds. Welding with coated electrodes was carried out manually and gas shielded MAG. Rated zones padded structure and performance measurement and distribution of microhardness.