

Wprowadzenie

Procesy napawania są powszechnie stosowane w praktyce przemysłowej. Głównym celem jest nałożenie warstwy ochronnej, zapewniającej odpowiednią odporność tej krawędzi roboczej części maszyny, która podlega działaniu medium powodującego zużycie. Przyczyną zużycia może być oddziaływanie żrących lub gorących gazów, (np. gazy o wysokiej zawartości siarki, wydzielające się przy wydobywaniu gazu ziemnego i ropy naftowej lub gazy powstające przy spalaniu paliw kopalnych), cieczy z rozpuszczonymi związkami korozyjnymi (np. woda chłodząca z pierwotnego obiegu reaktora jądrowego) lub zawierającej cząsteczki ścierniwa (skały), jak w przypadku wydobywania ropy naftowej, a także oddziaływanie ciał stałych, jak grudy węgla, rudy lub skały, będące odpadem procesu wydobywczego.



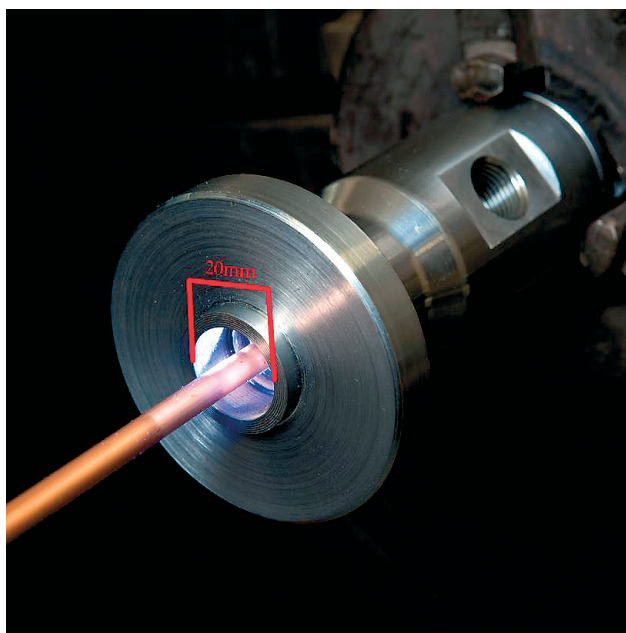
Elementy napawane mogą się różnić kształtem, gabarytami i składem chemicznym materiału podstawowego. Przykłady mniejszych elementów o regularnym kształcie to elementy armatury, większe elementy symetryczne to np. końcówki wytwornicy pary, a przykładem elementów o bardzo dużych gabarytach mogą być zbiorniki i obudowy bezpieczeństwa reaktora jądrowego

Napawanie może być prowadzone różnymi metodami. Bardzo często stosowane są procesy ręczne, ze względu na dużą uniwersalność i proste oprzyrządowanie. Kiedy nie jest wymagana wysoka jakość i duża dokładność stosowane jest napawanie elektrodami otulonymi. Napoiny charakteryzujące się wysoką jakością można uzyskać stosując ręczne napawanie metodą TIG. Wynik procesu napawania ręcznego zawsze zależy jednak od umiejętności personelu, a wydajność napawania tą metodą jest zwykle niska. W przypadku, gdy dostępny jest odpowiedni sprzęt i istnieje możliwość obracania przedmiotem napawanym tak, aby można było prowadzić napawanie w pozycji uprzywilejowanej i nie ma wymagań odnośnie ograniczenia ilości wprowa-

dzanego ciepła, stosowane może być napawanie łukiem krytym. Przez wiele lat zmechanizowane, wysokowydajne napawanie elektrodą topliwą w osłonie gazów było jedną z najczęściej stosowanych metod, jednakże w związku z rosnącymi wymaganiami odnośnie jakości napawania i dokładności, w wielu aplikacjach metoda ta nie może już być stosowana. Coraz częściej w takich przypadkach stosowane jest zmechanizowane napawanie metodą TIG, szczególnie wykorzystywane są odmiany metody zapewniające dużą wydajność.

W wielu przedsiębiorstwach napawanie stosowane jest do wyrobów w nich wytwarzanych, jako etap procesu produkcyjnego. Sprzęt przeznaczony jest do konkretnego zastosowania, a wiedza zdobyta na przestrzeni lat jest wystarczająca do uzyskania dobrych wyników napawania.

Odmiernym przykładem są przedsiębiorstwa świadczące usługi w zakresie napawania. Muszą one szybko reagować na potrzeby rynku, stanowiska do napawania muszą być tak zaprojektowane, aby można je było szybko dostosować do napawania różnych wyrobów, a personel powinien mieć odpowiednią wiedzę z zakresu inżynierii materiałowej i metalurgii. Niezbędne jest również dysponowanie spawaczami o odpowiednich umiejętnościach.



Rys. 2. Napawanie metodą TIG powierzchni wewnętrznej otworu o niewielkiej średnicy z zastosowaniem specjalnej lancy

W dalszej części artykułu na przykładzie brytyjskiej firmy Arc Energy Resources (AER), świadczącej usługi w zakresie napawania, przedstawiono proces napawania korpusu zaworu o średnicy ok. 760 mm (30") z zastosowaniem materiału dodatkowego o składzie stopu Inconel 625.

Dodatkowo oprócz napawania powinna zostać przeprowadzona odpowiednia obróbka skrawaniem, próby ciśnieniowe i badania nieniszczące. Odlew korpusu zaworu, ważący 27 ton, zgodnie z wymaganiami zamawiającego powinien być napawany metodą TIG, a czas realizacji zamówienia był bardzo krótki. Proces napawania korpusu zaworu przeprowadzono we współpracy z francuską firmą Polysoude.

Najnowsze rozwiązania w zakresie napawania metodą TIG

Nowa technologia firmy Polysoude, zwana TIGer, to odmiana spawania metodą TIG z podawaniem gorącego drutu. Podstawowa cecha charakterystyczna tej metody to dwa umieszczone obok siebie łuki elektryczne, wytworzone i sterowane w taki sposób, że łączą się w jeden łuk, uzyskując wartość cieplną obydwu łuków, lecz charakterystykę, której nie można osiągnąć w innych warunkach. W zależności od wzajemnego usytuowania obydwu elektrod możliwe jest znaczne ograniczenie wtopienia w materiał podstawowy i uzyskanie nieznacznego wymieszania, co powoduje że technologia TIGer może być stosowana do napawania. Wprowadzenie w obszar łuku gorącego drutu, podgrzewanego ciepłem Joula dzięki zastosowaniu trzeciego źródła ciepła, umożliwia uzyskanie odpowiedniego kształtu jeziora i znaczną poprawę wydajności procesu napawania w porównaniu do klasycznej metody TIG. Kontrolowanie wydajności napawania, podobnie jak w przypadku wszystkich odmian spawania metodą TIG, pozostaje niezależne od nastawienia parametrów łuku, a jakość uzyskanej napoi jest podobna do tej, jaką można uzyskać przy zastosowaniu klasycznej metody TIG. Warto zwrócić uwagę, że urządzenie umożliwiające napawanie tą metodą jest zwarte i posiada podobną budowę do urządzeń do spawania elementów grubościennych.

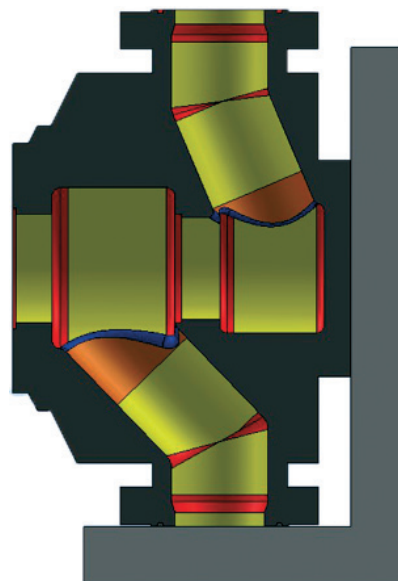
Po przeanalizowaniu konstrukcji zaworu i kształtu powierzchni roboczych, które miały podlegać operacji napawania, specjaliści z firmy Polysoude postanowili zbudować i oprogramować stanowisko do zmechanizowanego napawania z wykorzystaniem metody TIGer. Stanowisko składało się z:

- specjalnego słupowysięgnika, zapewniającego pozycjonowanie urządzeń z dodatkowymi przewodnikami, umożliwiającymi precyzyjne poruszanie uchwytem spawalniczym,
- zestaw uchwytów spawalniczych do spawania konwencjonalną metodą TIG i odmianą TIGer, zamocowanych na specjalnej lancy,
- dwóch przegubowych lancy o różnej długości do napawania konwencjonalną metodą TIG,
- dwóch przegubowych lancy o różnej długości do napawania odmianą TIGer,
- głowicy SPX, umożliwiającej wielokrotny obrót i szybkie podłączenie lancy z uchwytem spawalniczym,
- źródeł prądu spawania, układów chłodzenia, szafki sterowania i innych urządzeń peryferyjnych.

Uzgodniono również, że stanowisko zostanie wyposażone w sterowanie CNC, gdyż firma AER postanowiła wykorzystywać to stanowisko w przyszłości również do innych aplikacji związanych z napawaniem. Firma Polysoude, która



Rys. 3. Zawór (odlew) o masie 27 ton



Rys. 4. Rozmieszczenie i dostęp do powierzchni podlegających napawaniu wewnątrz zaworu



Rys. 5. Słupowysięgnik do napawania z dodatkowymi przewodnikami, zapewniającymi odpowiedni zakres ruchu



Rys. 6. Przegubowa lanca do napawania metodą TIG



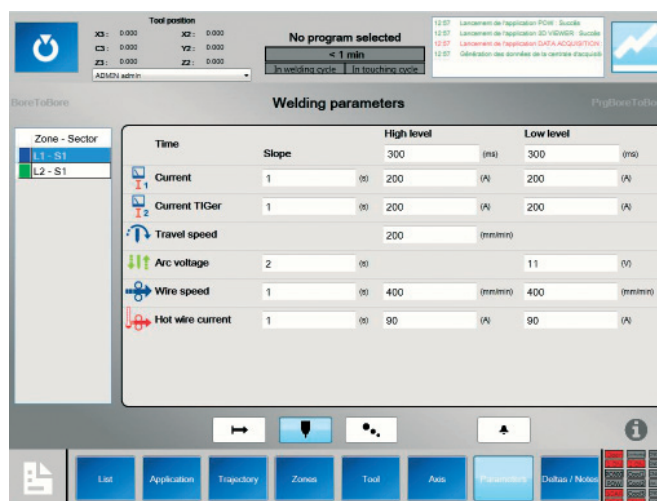
Rys. 7. Przegubowa lanca do napawania metodą TIGer

Case N°1	Case N°2
Case N°3	Case N°4
Case N°5	Case N°6
Case N°7	Case N°8
Case N°9	Case N°10
Case N°11	Case N°12
Case N°13	Case N°14

Rys. 8. Aplikacje możliwe do wyboru z biblioteki

posiada wieloletnie doświadczenie związane z opracowywaniem i instalacją systemów zautomatyzowanego spawania i napawania, wraz z firmą AER opracowała nowoczesny układ sterowania stanowiska, wyposażony w przyjazny interfejs, przystosowany do prowadzenia operacji napawania dla różnych elementów. Układ sterowania wyposażono również w bazy danych parametrów spawania i napawania, a także w odpowiednie sekwencje przebiegu tych parametrów. W zależności od zastosowania (walec, otwór wewnętrzny, powierzchnia kulista itp.), dostępne są różne ekrany robocze:

- ekran ścieżki narzędzia (wprowadzenie wartości opisujących geometrię elementu i określenie ścieżki narzędzia, wizualizacja),



Rys. 9. Ekran parametrów spawania, w którym można wprowadzać i edytować parametry technologiczne procesu

- ekran parametrów napawania (wprowadzanie i korekta parametrów technologicznych),
- ekran definicji uchwytu spawalniczego (wybór odpowiedniego narzędzia, umożliwiającego realizację zdefiniowanej trajektorii napawania),
- ekran produkcji (różne tryby i cykle pracy, wizualizacja ruchu uchwytu, pozycji, ilości przejść, powrót do punktu wyjściowego),
- ekran zmiennych - możliwość zmiany i edycji trajektorii, prędkości i parametrów technologicznych.

Dodatkowo oprócz ww. opcji możliwe jest zapisanie danych odnośnie elementu napawanego, takich jak nr zamówienia, materiał podstawowy, wymiary, technologia napawania. Umożliwia to wykorzystanie istniejących programów do napawania takich samych lub podobnych elementów.



Rys. 10. Szafka sterownicza słupowysięgnika

Przygotowanie i przeprowadzenie operacji napawania zaworów

Napawanie zaworów przez firmę AER zostało poprzedzone dokładnym i szczegółowym przygotowaniem się do tej operacji. Wspólnie z firmą Polysoude opracowano i kwalifikowano 7 różnych technologii napawania. W czasie oczekiwania na dostarczenie stanowiska wykonano oprzyrządowanie ustalające - mocujące dla zaworów o masie 27 ton, napawanych w 5 różnych pozycjach. W czasie instalacji stanowiska specjaliści z firmy AER zostali przeszkoleni w firmie Polysoude w zakresie obsługi i programowania układu sterowania i możliwości poszczególnych urządzeń. Opanowane zostało zadawanie trajektorii ruchu, parametrów technologicznych, zapisywanie programów i ich ponowne uruchamianie. Jedną z funkcji, która była ćwiczona na szkoleniu była obsługa zdalnego sterownika, umożliwiającego zmianę parametrów w czasie rzeczywistym.

Odpowiednie zaprojektowanie stanowiska, dobór urządzeń, a także przeszkolenie obsługi i precyzyjnie opracowana technologia umożliwiły przeprowadzenie operacji napawania zaworów o masie 27 ton. Dzięki zastosowaniu wysokowydajnej technologii napawania TIGer, opracowanej



Rys. 11. Napawanie powierzchni wewnętrznej tulei, stanowiących elementy końcówek przewodów elastycznych



Rys. 12. Zdalny sterownik „nPad”

przez Polysoude, uzyskano znaczne zwiększenie wydajności, bardzo dobrą jakość napoin i bardzo dobre własności (odpowiednia geometria i głębokość wtopienia, a także budowa strukturalna i twardość). Proces napawania charakteryzował się niską ilością wprowadzonego ciepła, na poziomie 0,54 kJ/mm, co umożliwiło przeprowadzenie procesu napawania bez niepotrzebnych przestojów na studzenie zaworu, gdyż element napawany nagrzewał się tylko w nieznacznym stopniu.

Stanowisko do napawania opracowane i dostarczone do AER przez firmę Polysoude jest w dalszym ciągu wykorzystywane do napawania różnorodnych elementów. Jako przykład można podać napawanie powierzchni wewnętrznej 22 szt. tulei, które stanowiły końcówki łączników przewodów elastycznych. W porównaniu do konwencjonalnej metody TIG uzyskano 4-krotne skrócenie czasu napawania, z 79 godzin do 19, gdyż TIGer zapewnia wydajność napawania na poziomie 3,3 kg/h.

<http://www.polysoude.com/>