

Analiza metod podgrzewania kotłowych paneli gazoszczelnych przed spawaniem promiennikami podczerwieni i elementami oporowymi

Analysis of methods of heating up gastight panels of boiler before welding with infrared radiators and resistance elements

Streszczenie

W artykule analizowano proces podgrzewania przed spawaniem paneli gazoszczelnych ścian wodnorurowych promiennikami podczerwieni, a także porównano tę metodę z opracowaną i opatentowaną technologią, opartą na użyciu wewnętrznych grzałek oporowych.

Praca poparta jest eksperymentami w zakresie obu metod, przeprowadzonymi na zespawanym fragmencie panelu ściany membranowej. Eksperymenty udokumentowane są wykresami tworzonymi przez programator temperatury P62. Dodatkowo przeprowadzono obszernie obliczenia opisujące proces podgrzewania i kontrolowanego chłodzenia (obliczenia do wglądu u autorów pracy) oraz obliczenia ekonomiczne porównujące obie badane metody.

Abstract

In this article there was made an analysis of methods of heating up gastight waterpipe walls of boiler before welding with infrared radiators and comparison with copyright technology, protected by patent, based on using inner resistance heating elements.

This research was backed with experiments in the range of both methods, being conducted on welded part of membrane wall's panel. The experiments are well substantiated with digital graphs made by temperature program selector P62. Moreover this master's thesis are expanded with thorough calculations which are to describe the preheating process (calculations available for inspectors at the author) and controlled cooling and with economic calculations which compares both methods.

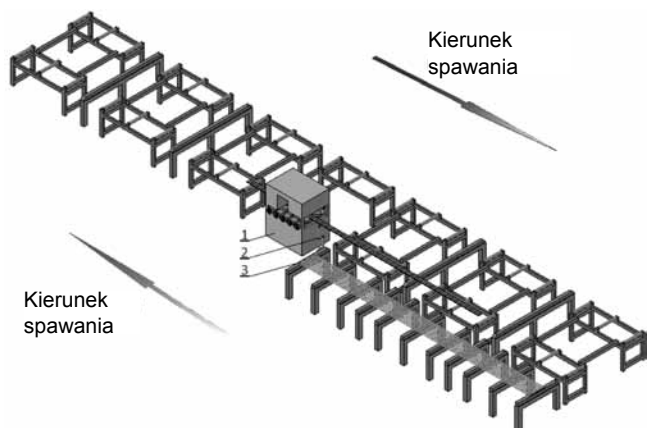
Podgrzewanie wstępne paneli na zautomatyzowanej linii spawalniczej

Wzrost ilości składników stopowych sprawia, że spawając nowoczesne stale, niejednokrotnie trzeba

Mgr inż. Krzysztof Scheithauer, mgr inż. Katarzyna Scheithauer, mgr inż. Michał Scheithauer – Politechnika Opolska.

spełniać rygorystyczne zalecenia wykonawcze, počawszy od podgrzewania rur przed spawaniem i podczas procesu, na obróbce cieplnej kończąc.

Proces podgrzewania jest istotny w obróbce cieplnej złączy spawanych, gdyż zabezpiecza je przed powstawaniem pęknięć. W zastosowaniach przemysłowych szeroko stosowane jest podgrzewanie oporowe, z wykorzystaniem mat grzejnych, indukcyjne lub gazowe. W warunkach wytwórcy produkującego panele przy użyciu zautomatyzowanej linii spawalniczej najprostszym rozwiązaniem jest ustawienie palników gazowych na wejściu do urządzenia spawalniczego.



Rys. 1. Przykładowa linia produkcyjna do spawania ścian szczelnych ze stali o małych wymaganiach technologicznych: 1 – automat spawalniczy, 2 – palniki gazowe, 3 – rury przygotowane do spawania
Fig. 1. Demonstration production line for welding gastight walls made of low technological requirements steel: 1 – welding machine, 2 – gas burners, 3 – pipes waiting for welding

Na rysunku 1 przedstawiono przykładową linię produkcyjną, wyposażoną w automat spawalniczy oraz uzupełnioną palnikami gazowymi.

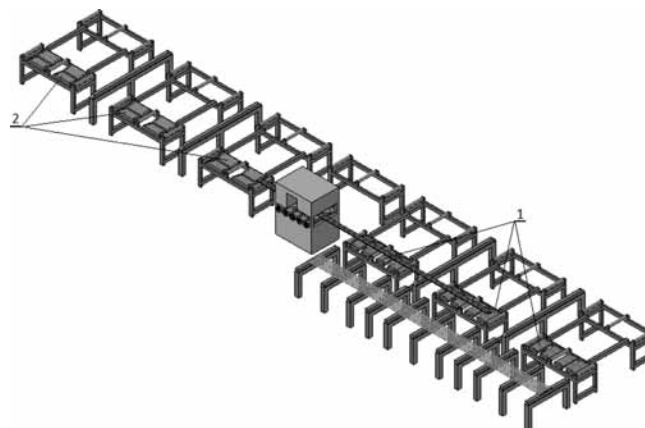
Przy spawaniu nowoczesnych stali kotłowych ważna jest możliwość kontroli temperatury spawanych elementów, zanim znajdą się one pod głowicą spawalniczą. W przypadku palnika gazowego nieznaną jest rozkład temperatury w materiale rur i płaskownika. Każda stal ma zalecane parametry spawania, m.in. prędkość spawania, która limituje czas kontaktu płomienia z fragmentem rury czy płaskownika, co nie pozwala na ich równomierne nagrzanie. Krótki odcinek dzielący palnik od głowicy ogranicza również możliwość wprowadzenia efektywnego sterowania ciśnieniem gazu w zależności od temperatury elementu.

Wykorzystanie promienników podczerwieni w linii produkcyjnej

Celem modyfikacji procesu jest wprowadzenie wstępnego podgrzewania za pomocą promienników podczerwieni (rys. 2). Promienniki przekazują energię do otoczenia nie tylko przez radiację, lecz także częściowo przez przewodzenie i konwekcję, przy czym udział promieniowania w tej wymianie powinien być nie mniejszy niż 50% [1].

Głównym elementem prostego w budowie elektrycznego promiennika podczerwieni jest żarnik wykonany z drutu oporowego, przez który przepływa prąd, nagrzewając drut do określonej temperatury.

Proponowana modyfikacja linii produkcyjnej polega na rozmieszczeniu przed automatem spawalniczym odpowiedniej liczby promienników (rys. 2). Upřednio nagrzane do wymaganej temperatury rury oraz płaskownik mogą być bezpośrednio kierowane do spawania, bez konieczności stosowania kłopotliwego palnika. Technologia ta zapewnia kontrolowane nagrzanie



Rys. 2. Zmodyfikowana linia produkcyjna do spawania ścian szczelnych ze stali o wysokich wymaganiach technologicznych: 1 – promienniki podczerwieni do podgrzewania rur i płaskowników przed spawaniem, 2 – promienniki podczerwieni zapewniające powolne chłodzenie pospawanych elementów
Fig. 2. Modified production line for welding gastight walls made of high technological requirements steel: 1 – infrared radiators to heating up pipes and fins before welding, 2 – infrared radiators to slow cooling welded elements

Fig. 2. Modified production line for welding gastight walls made of high technological requirements steel: 1 – infrared radiators to heating up pipes and fins before welding, 2 – infrared radiators to slow cooling welded elements

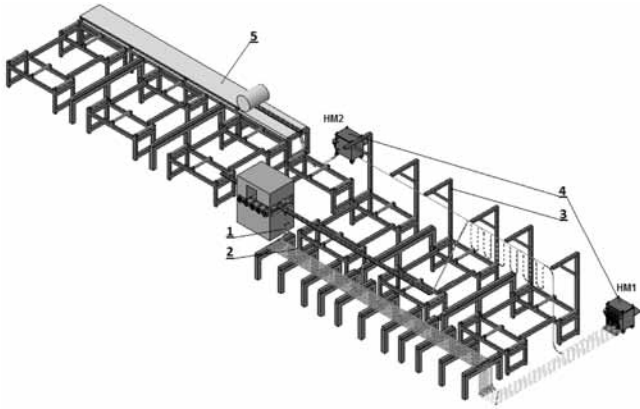
spawanych elementów i utrzymanie temperatury w czasie powolnego najazdu na głowicę spawalniczą. Kontrola temperatury może być wykonywana np. za pomocą przyrządu do pomiaru dotykowego.

Dodatkowo promienniki można umieścić także za automatem, co umożliwi kontrolowane wychłodzenie elementów do temperatury wymaganej przez ewentualny kolejny proces technologiczny. Ograniczeniem jest to, że użycie promienników pozwala na spowolnienie procesu chłodzenia dopiero na wysokości stołów rolkowych za automatem spawalniczym. Ułożenie ich bezpośrednio za automatem uniemożliwiłoby obsłudze swobodne poruszanie się wokół urządzenia.

Technologia spawania ścian szczelnych wiąże się z wykonaniem spoin po obu stronach elementu, konieczne jest więc zawracanie dwójek, czwórek, ósemek (pasów złożonych z dwóch, czterech, ośmiu rur) itd. ponownie do miejsca podgrzewania wstępnego. Z ekonomicznego punktu widzenia zatem korzystne jest ich wychłodzenie tylko do poziomu temperatury podgrzewania wstępnego.

Wykorzystanie wewnętrznych grzałek oporowych w linii produkcyjnej

Inną propozycją realizacji podgrzewania przed spawaniem są grzałki oporowe wsuwane do wnętrza rur, zasilane wyżarzarką oporową (rys. 3 – HM1). Rury upřednio nagrzane grzałkami do wymaganej temperatury mogą być bezpośrednio kierowane do spawania, bez konieczności dogrzewania ich palnikiem, który jest używany jedynie do podgrzania niepołączonego z rurą płaskownika. Ze względu na małą masę i prostą geometrię płaskownika,



Rys. 3. Zmodyfikowana linia produkcyjna do spawania ścian szczelnych ze stali o zastrzonych wymaganiach technologicznych: 1 – palniki gazowe do podgrzewania płaskowników przed spawaniem, 2 – rury przygotowane do spawania, 3 – prowadnica dla kabli zasilających, 4 – wyżarzarki, 5 – stanowisko do odwodorowania
Fig. 3. Modified production line for welding gastight walls made of raised technological requirements steel: 1 – gas burners to heating fins up before welding, 2 – pipes waiting for welding, 3 – track for power lead, 4 – heating machines, 5 – dehydrogenation station

palnik jest łatwy do wyregulowania i nie wymaga dużej mocy. Po wykonaniu pierwszej spoiny płaskownik uzyskuje metaliczne połączenie z rurami i wówczas grzałki zapewniają jego odpowiednie dogrzanie, co przy drugim przejściu przez urządzenie spawalnicze pozwala wyłączyć palnik.

Kontrola temperatury nagrzewanych rur może być dokonywana za pomocą termoelementów lub przyrządu do pomiaru dotykowego. Wychłodzenie rur przed drugim przejściem tylko do poziomu temperatury podgrzewania wstępnego pozwala zaoszczędzić energię potrzebną do ponownego nagrzania rur.

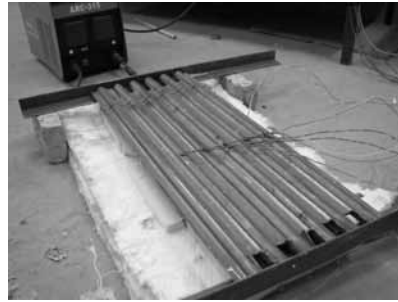
W przypadku niektórych stali, pospawane elementy niezwłocznie powinny zostać poddane procesowi wyżarzania odwodorowującego, który jest konieczny dla usunięcia wodoru ze spoiny i SWC. W zaproponowanej modyfikacji linii produkcyjnej proces ten jest zasilany i sterowany z drugiej wyżarzarki oporowej (rys. 3 – HM2), która jednocześnie może zasilać grzałki wewnątrz rur chłodzonych po spawaniu. Chłodzenie prowadzone jest za pomocą tych samych grzałek, których użyto do podgrzewania do spawania.

Badania nad wdrożeniem promienników podczerwieni do produkcji ścian membranowych

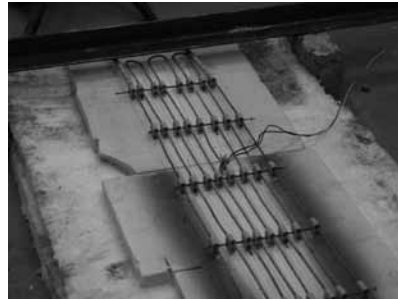
Stanowisko badawcze i pomiary

Badaniom został poddany fragment sześciorurowego panelu ściany szczelnej (rys. 4).

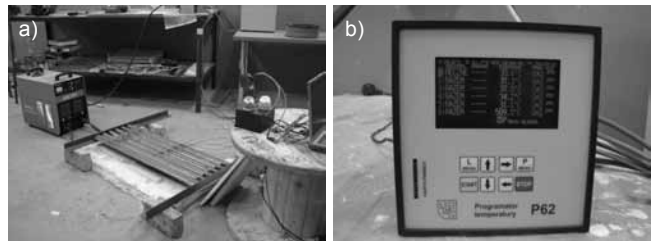
Wykonany na potrzeby badań promiennik podczerwieni jest przykładem promiennika z metalowym



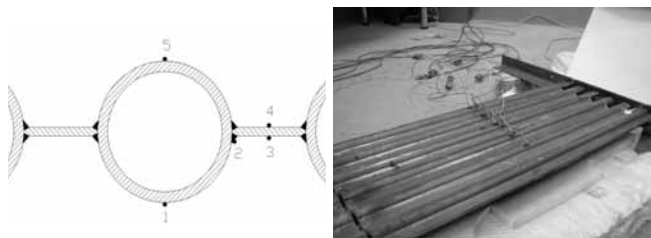
Rys. 4. Badany fragment panelu ściany szczelnej
Fig. 4. Studied part of gastight wall panel



Rys. 5. Promiennik podczerwieni
Fig. 5. Infrared radiator



Rys. 6. Urządzenia zasilające i przyrządy pomiarowe: a) inwertorowe źródło mocy i kamera termowizyjna, b) programator temperatury P62
Fig. 6. Power device and measurement instruments: a) inverter power source and thermographic camera, b) temperature program selector P62



Rys. 7. Warianty rozmieszczenia punktów pomiarowych na powierzchni badanego ekranu
Fig. 7. Variants of arrangement of measurement point on the surface of studied panel

żarnikiem otwartym (rys. 5). Zbudowany jest z odpowiednio ukształtowanego drutu oporowego, osadzonego w kształtkach ceramicznych zamocowanych na płycie izolacyjnej.

Promiennik jest zasilany ze źródła inwertorowego (rys. 6a). Pomiar temperatury realizowany jest przez termoelementy typu K rozmieszczone na powierzchni badanego panelu (rys. 7). Punkt pomiarowy 6 znajduje się na drucie oporowym.

Pomiary rejestruje programator temperatury P62 (rys. 6b), dający zapis cyfrowy na karcie pamięci. Regulacja temperatury jest zbędna, gdyż urządzenie zasilające działa z mocą 100%.

W dalszym etapie badań zasymulowano ruch linii produkcyjnej, przyjmując, że elementy nagrzewane przesuwały się z prędkością 1 m/min. Ze względu na budowę rzeczywistej linii produkcyjnej promienniki nie są rozmieszczone na całej długości grzanych elementów wzdłuż ich drogi najazdu na urządzenie spawalnicze. Do badań przyjęto, że w miarę przesuwania się elementów na długości 2 m są one poddawane nagrzewaniu przez 2 promienniki, na długości kolejnego 1 m ciepło nie jest dostarczane, następnie 2 m znów obsadzone są promiennikami itd. Będą to zatem promienniki o długości 1 m i szerokości zbliżonej do szerokości podgrzewanych elementów.

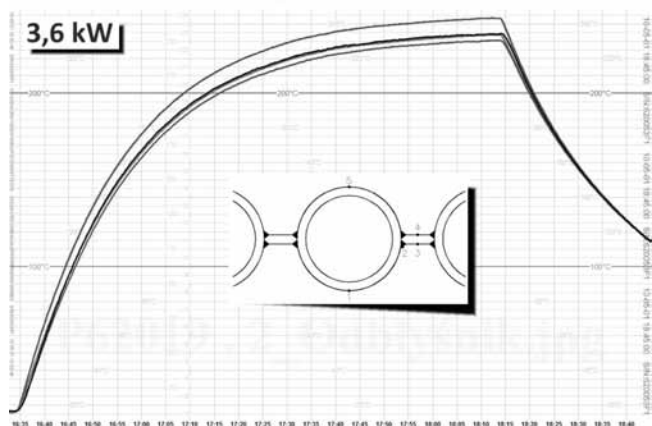
Przyjęto, że odległość między pierwszym promiennikiem a głowicą spawalniczą wynosi 1,5 m. Założono także, że spawany ekran porusza się z zadaną prędkością również po zakończeniu procesu spawania, aż ostatni fragment przejdzie cały cykl chłodzenia. W tym czasie może być spawana np. kolejna „dwójka”.

Wyniki pomiarów

W celu optymalnego doboru promienników do zastosowania w linii produkcyjnej wykonano badania przy dwóch poziomach mocy zasilania. Promienniki sprawdzono, przyjmując osiągnięcie temperatury podgrzewania wstępnego do 200°C oraz spokojne chłodzenie po spawaniu. Według przyjętych założeń użycie promienników do spowolnienia chłodzenia możliwe jest dopiero 1,5 m od wyjścia rur z automatu spawalniczego.

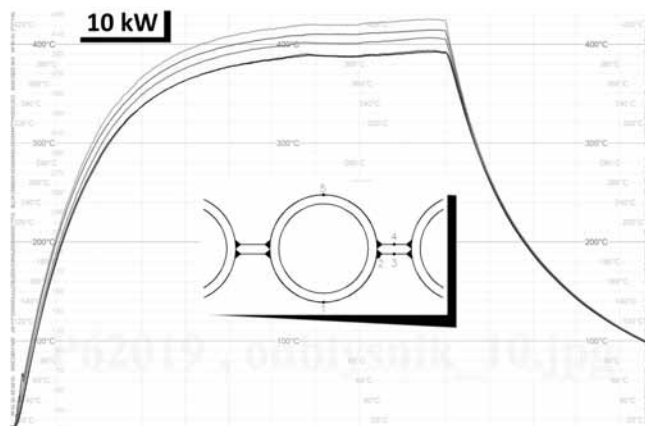
Pierwszym etapem badań było podgrzewanie panelu ściany szczelnej z wykorzystaniem inwertorowego źródła zasilania o mocy 3,6 i 10 kW. Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono wykresy zmiany temperatury w panelu w czasie.

Przyjęto kryterium osiągnięcia przez wszystkie punkty pomiarowe podczas nagrzewania temperatury 200°C; promiennik 3,6 kW pozwolił nagrzać ekran do wymaganej temperatury w 43 min, a promiennik 10 kW



Rys. 8. Wykres nagrzewania dla 5 punktów pomiarowych dla promiennika 3,6 kW

Fig. 8. Heating up chart for 5 measurement points for radiator 3,6 kW



Rys. 9. Wykres nagrzewania dla 5 punktów pomiarowych dla promiennika 10 kW

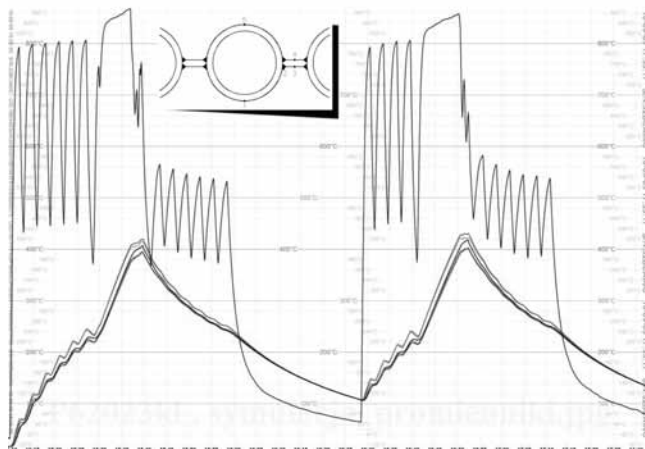
Fig. 9. Heating up chart for 5 measurement points for radiator 10 kW

w 10,8 min. Widać więc, że użycie promiennika zasilanego ze źródła o mocy 10 kW skróciło czas nagrzewania do temperatury 200°C aż o 32 min.

Praktyczne zastosowanie promienników podświetlenia do spokojnego chłodzenia po spawaniu zbadane zostało eksperymentalnie podczas symulacji linii produkcyjnej.

Symulacja ruchu w linii produkcyjnej

Do odwzorowania wstępnego podgrzewania przed automatem spawalniczym użyto promiennika zasilanego ze źródła o mocy 10 kW. Ruch ekranu nad strefami promienników i strefami nieogrzewanymi symulowano przez włączenie i wyłączenie promiennika, aż do osiągnięcia średniej temperatury ok. 200°C. W procesie podgrzewania przed pierwszym spawaniem, zgodnie z obliczeniami teoretycznymi, przeprowadzono 6 cykli odwzorowujących 6 grup skupiających po 2 promienniki.



Rys. 10. Wykres całości przeprowadzonej symulacji

Fig. 10. Simulation process chart

Proces spawania symulowano przez obłożenie powierzchni ekranu izolacją z wełny mineralnej i pozostawienie włączonego promiennika aż do wzrostu średniej temperatury ekranu o ok. 200°C.

Proces kontrolowanego chłodzenia zespalanych elementów odwzorowano przy użyciu promiennika zasilanego ze źródła o mocy 3,6 kW. Analogicznie do nagrzewania sekwencyjnie włączano i wyłączało promiennik w 6 cyklach.

Przed spawaniem drugiej strony panelu ponownie użyto źródła zasilania o mocy 10 kW. Tym razem wystarczyły 4 grupy promienników do osiągnięcia temperatury 200°C. Po symulacji spawania przeprowadzono chłodzenie promiennikiem zasilanym źródłem 3,6 kW (rys. 10).

Wnioski z zastosowania metody promiennikowej

Analiza wyników przeprowadzonej symulacji pozwala stwierdzić, że technologia grzania rur promiennikami podczerwieni może spełnić wymagania stawiane nowoczesnym stalom w celu ograniczenia skłonności do pęknięć zimnych w obrębie spoiny i SWC spawanych rur przeznaczonych na kotłowe ściany membranowe. Niestety, konstrukcja linii produkcyjnej ogranicza możliwość ciągłego rozmieszczenia promienników. Gdyby możliwe było takie ustawienie, eliminowałoby to straty ciepła występujące w metrowych odstępach między grupami promienników. Wówczas wystarczyłoby ich mniej do podgrzania elementów do temperatury 200°C.

Istotnym problemem w technologii grzania opartej na promiennikach są odstępki między automatem spawalniczym i stołami rolkowymi. Odstępek nie może

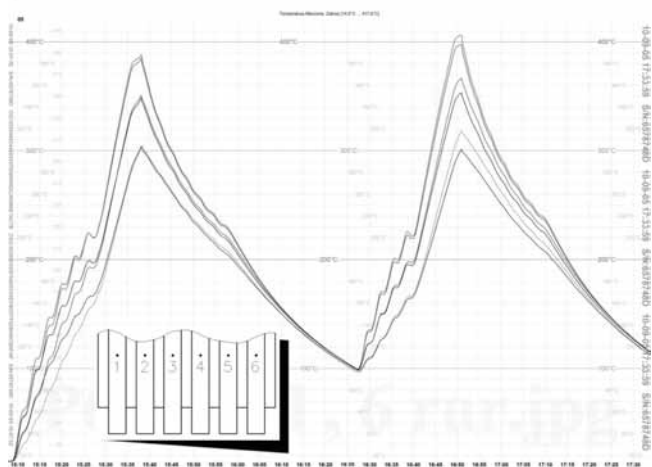
zostać wypełniony promiennikami, gdyż utrudniałby pracę obsłudze automatu.

Do wad tej technologii należy też wrażliwość na niekorzystne warunki pracy, jaką narzuca linia produkcyjna. Problem stanowi m.in. zanieczyszczenie powierzchni promienników żużłem z procesu spawania. Oczyszczanie rozgrzanego promiennika, gdzie temperatura kanthalu sięga 1000°C, jest niebezpieczne dla obsługi. Należy także pamiętać, że kanthal jest materiałem kruchym, więc łatwo o uszkodzenia mechaniczne. Można wprawdzie przykryć promiennik przegrodą szklaną, jednak prawdopodobne jest zniszczenie jej podczas eksploatacji. Promiennik może być niebezpieczny także wówczas, gdy luźny płaskownik opadnie, dotykając powierzchni elementu grzejnego promiennika, co prowadzi do zwarcia. Pod względem bezpieczeństwa zwarcie nie stwarza zagrożenia dla człowieka, gdyż stosowane napięcie nie przekracza wartości bezpiecznych dla życia.

W porównaniu do podgrzewania palnikiem gazowym jest to technologia bezpieczniejsza, gdyż nie stwarza zagrożeń związanych z nieszczelnością instalacji gazowej czy wybuchem gazu. Pozwala uzyskać bardziej równomierny rozkład strumienia ciepła na szerokości spawanego elementu. Ponadto daje możliwość kontroli temperatury za pomocą np. dotykowego urządzenia pomiarowego.

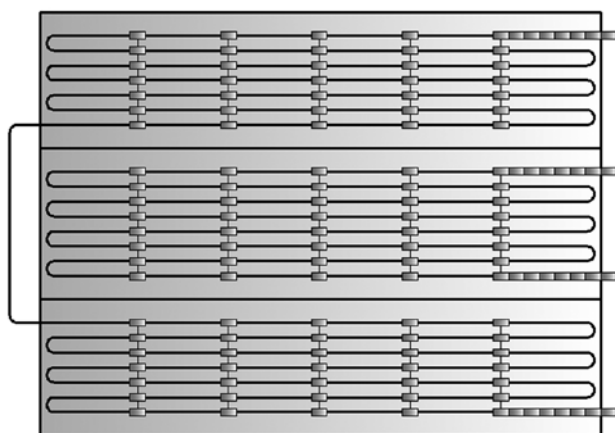
Jest to metoda elastyczna, którą łatwo można dostosować do zmiennych warunków spawania, wynikłych z różnorodności materiałów oraz wymiarów spawanych paneli ścian szczelnych. Jeżeli trzeba zmienić temperaturę podgrzewania, można zmienić moc zasilania promienników lub moc całego układu przez włączenie bądź wyłączenie promienników.

Pod względem szerokości spawanego elementu korzystne jest ułożenie jednego rzędu promienników na środku stołu rolkowego, a po obu stronach podzielonych na pół promienników (rys. 12).



Rys. 11. Rozkład temperatury na górnej powierzchni na szerokości ekranu w procesie symulacji linii produkcyjnej

Fig. 11. Temperature distribution on upper surface on width of panel in simulation process of production line



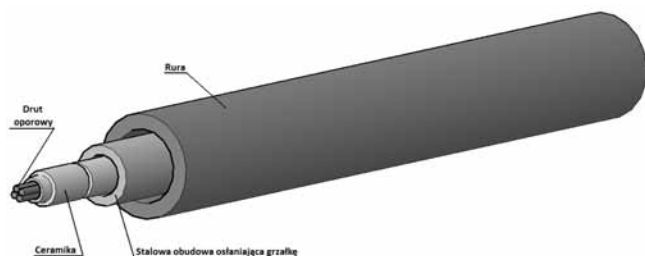
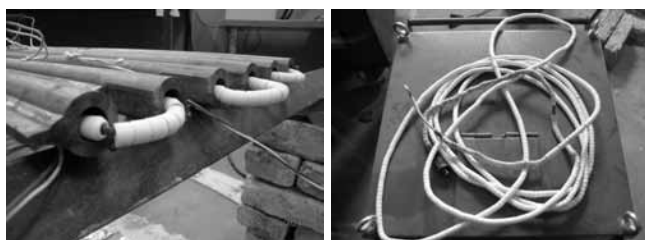
Rys. 12. Przykładowe ustawienie promienników w przypadku spawania elementów o zwiększonej szerokości

Fig. 12. Demonstration order of infrared radiator for welding elements of increased width

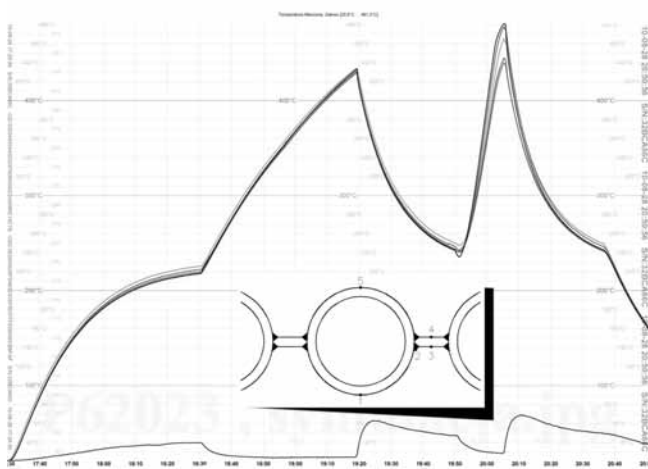
Badania nad wdrożeniem wewnętrznych grzałek oporowych do produkcji ścian membranowych

Stanowisko badawcze i pomiary

Badaniom został poddany fragment 6-rurowego panelu ściany szczelnej. Technologia zaproponowana przez autorów jest technologią chronioną zastrzeżeniem patentowym. Grzałki rezystancyjne złożone są z drutu oporowego umieszczonego w osłonie ceramicznej znajdującej się w stalowej obudowie, z której z jednej strony wypuszczone są wtyczki (rys. 13). Drut oporowy stanowi element grzejny przewodzący prąd, ceramiczna osłona izolację elektryczną drutu, a metalowa osłona zapewnia ochronę mechaniczną i rodzaj „szkieletu” dla elementu grzejnego. Grzałka skonstruowana w taki sposób wkładana jest do wnętrza rury. Dla potrzeb eksperymentu nie ma ona osłony metalowej



Rys. 13. Grzałka rezystancyjna umieszczona wewnątrz rur ekranu
Fig. 13. Resistance heater located inside the panel pipe



Rys. 14. Wykres procesu symulacji, uwzględniający pomiar temperatury otoczenia pod ekranem (kanał 6)

Fig. 14. The whole simulation process chart with ambient temperature measurement under panel (canal 6)

i zamiast stosować osobne grzałki dla każdej rury, jedną grzałkę przeprowadzono przez wszystkie rury.

Grzałka została zasilona z jednego z kanałów 24-kanałowej wyżarzarki oporowej Wo6524U. Początkowo napięcie było podawane w sposób ciągły przez cały czas trwania próby, by sprawdzić, do jakiej temperatury można nagrzać badany fragment ekranu. Później, stosując tryb ręcznej regulacji temperatury, ustawiano procentowy udział maksymalnej mocy grzałki, zwany *wysterowaniem*.

Pomiar i rejestracja temperatury realizowane są w taki sam sposób, jak w przypadku doświadczeń z promiennikiem podczerwieni. Regulator P62 stosowano także w dalszej części badań do ręcznego ustawiania wysterowania na żądanym poziomie oraz do zautomatyzowanego sterowania temperaturą.

Eksperymentalnie wyznaczona moc grzałek potrzebna do podgrzania 6-rurowego panelu do temperatury 200°C w czasie 40 min wynosiła $P_{uz} = 2,6$ kW.

W dalszym etapie badań postanowiono dokonać symulacji linii produkcyjnej. W pierwszej kolejności przeprowadzono podgrzewanie do spawania do temperatury ok. 200°C. Następnie przez nałożenie mat grzewczych i grzewczych i zaizolowanie ekranu odtworzono proces spawania, rozgrzewając ekran do temperatury ponad 400°C. Jest to temperatura rury mierzona bezpośrednio na wyjściu z automatu spawalniczego w rzeczywistej linii produkcyjnej. Potem grzałka miała tak sterować procesem chłodzenia ekranu po spawaniu, by osiągnąć powolne chłodzenie do temperatury 200°C. Na rysunku 14 przedstawiono wyniki przeprowadzonej symulacji.

Porównanie technologii wewnętrznych grzałek rezystancyjnych i promienników podczerwieni w spawaniu ścian gazoszczelnych

Aspekty ekonomiczne

W porównaniu rozważano koszty podgrzewania wstępnego i kontrolowanego chłodzenia po spawaniu w produkcji jednego 16-rurowego panelu ściany gazoszczelnej długości 20 m.

W obliczeniach ekonomicznych śledzono proces łączenia rur i płaskowników w kompletny panel 16-rurowy, będący podstawową jednostką montażową. Porównano koszty podgrzewania i chłodzenia następujących połączeń:

- 8 „dwójek” (2 rury i 1 płaskownik),
- 4 „czwórki” (4 rury i 3 płaskowniki),
- 2 „ósemki” (8 rur i 7 płaskowników),
- 1 „szesnastka” (16 rur i 15 płaskowników).

Dla spawania „dwójek” i czwórek” wartość mocy zużywanej przez promienniki jest niezmienna. Spawanie „ósemki” wymaga włączenia drugiego rzędu promienników, tak aby cała szerokość elementu mogła zostać ogrzana, co zwiększa moc zestawu dwukrotnie. Przy spawaniu „szesnastki” konieczne jest włączenie trzeciego rzędu promienników.

Całkowite koszty energii na podgrzewanie wstępne i kontrolowane chłodzenie po spawaniu w produkcji jednego panelu przy użyciu grzałek wynoszą 341,17 zł, a przy użyciu promienników podczerwieni 1333,38 zł.

Widać, że użycie grzałek, umożliwia obniżenie kosztów energii na wstępne podgrzewanie elementów ścian gazoszczelnych o prawie 74,5% w stosunku do użycia promienników podczerwieni. Warto wspomnieć, że poczynione wyliczenia ukazują jedynie koszty eksploatacyjne związane ze zużyciem energii przez elementy grzewcze.

W sposobie podgrzewania z użyciem grzałek wymagane jest jedynie, by fragmenty ekranu, które są już podgrzane do odpowiedniej temperatury, zostały podane do urządzenia spawalniczego i po obustronnym pospawaniu zostały odsunięte na osobne stanowisko, gdzie w sposób kontrolowany zostaną ostudzone. Przy tej technologii również całe nagrzewanie odbywa się na osobnym stanowisku, co pozwala zminimalizować czas wykorzystania linii na wykonanie operacji na danym elemencie.

Technologia wykorzystująca promienniki podczerwieni wymaga natomiast, aby całe nagrzewanie i chłodzenie odbywało się na wejściu i wyjściu z urządzenia spawalniczego. Z zaobserwowanych relacji czasowych wynika, że zastosowanie grzałek skraca czas operacji prawie 2,4-krotnie, w porównaniu do zastosowania promienników podczerwieni.

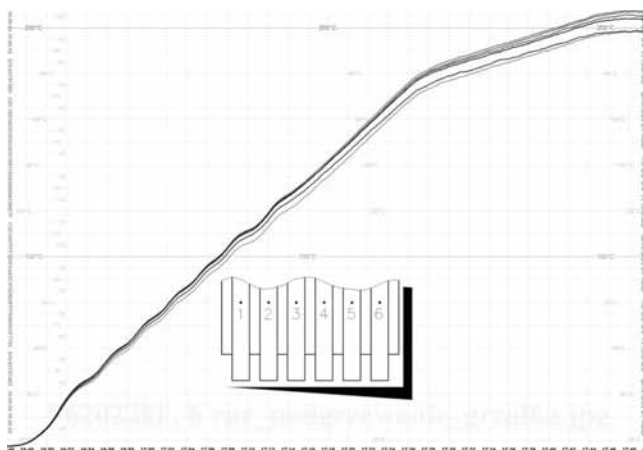
Porównanie procesu nagrzewania badanego ekranu przy użyciu grzałek i promienników

Na rysunkach 15 i 16 zamieszczono zapis z nagrzewania 6 rur badanego fragmentu ekranu z wykorzystaniem grzałek wewnętrznych oraz promienników podczerwieni. Z rysunku 15 wynika, że wykorzystanie grzałek wewnętrznych pozwala na uzyskanie bardzo równego rozkładu temperatury na wszystkich rurach badanego fragmentu ekranu. Sterowanie na potrzeby eksperymentu odbywało się za pomocą tylko jednego punktu pomiarowego na rurze nr 3, natomiast na rzeczywistym obiekcie każda grzałka ma autonomiczne sterowanie, co pozwala na jeszcze większą dokładność.

Porównanie wyników nagrzewania za pomocą grzałek i promienników przedstawione na rysunkach 15 i 16 wskazuje, jak duże rozbieżności powstają przy użyciu metody z promiennikami. Co więcej, w żaden sposób nie można wpłynąć na temperaturę w poszczególnych rurach, bo promiennik grzeje jednocześnie cały

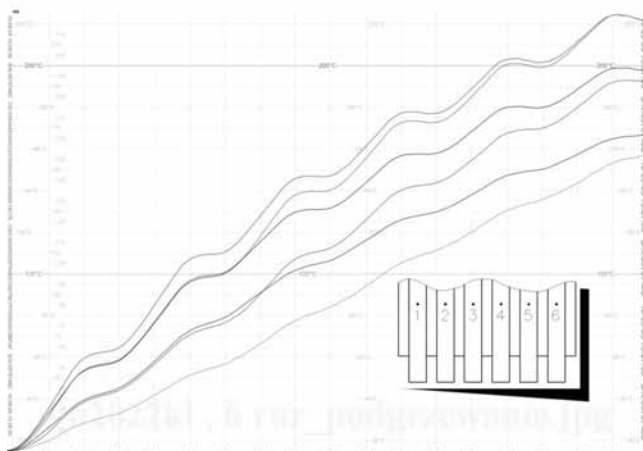
panel. Wpływ tych niedokładności zostaje ograniczony np. przy wykorzystaniu do spawania automatu dwugłowicowego, ponieważ dwie rury najbardziej zbliżone do osi promiennika mają temperatury wymagane do procesu spawania. Rozwiązanie to komplikuje się, gdy stosowane są automaty spawalnicze sześć- i ośmiogłowicowe. Wówczas jedynym technologicznym rozwiązaniem wydaje się użycie grzałek wewnętrznych.

W technologii wykorzystującej promienniki podczerwieni niezwykle ważne jest utrzymanie elementów w ciągłym ruchu i to przy niezmiennej prędkości, gdyż wpłynęłoby to na ilość czasu, w jakim elementy przebywają nad promiennikami, a więc i na ilość energii dostarczonej do podgrzewanego elementu. Uniemożliwiłoby to uzyskanie zakładanych temperatur wstępnego podgrzewania i przebiegu chłodzenia. Użycie grzałek wewnętrznych do produkcji ścian szczelnych pozwala zatrzymać proces spawania w dowolnym momencie, jeżeli zajdzie taka potrzeba, i nie wywiera to żadnego wpływu na utrzymanie odpowiedniej temperatury wstępnego podgrzewania



Rys. 15. Podgrzewanie do temperatury 200°C przy użyciu grzałki oporowej

Fig. 15. Heating up to 200°C using resistance heater



Rys. 16. Podgrzewanie do temperatury 200°C przy użyciu promienników

Fig. 16. Heating up to 200°C using infrared radiators

oraz przeprowadzania kontrolowanego chłodzenia. Jest to możliwe, ponieważ grzałka w całym procesie porusza się razem z rurą, co umożliwia wznowienie procesu spawalniczego bez dodatkowych operacji związanych z procesami nagrzewania bądź chłodzenia.

Ważnym warunkiem stosowania promienników podczerwieni do podgrzewania ścian gazoszczelnych jest posiadanie odpowiednio długiej linii stołów rolkowych, pozwalającej na montaż odpowiedniej liczby promienników. W przypadku posiadania krótkiej linii trzeba ograniczyć prędkość przesuwania się elementów ściany gazoszczelnej w celu dostarczenia odpowiedniej ilości energii do materiału. Spowalnia to cały proces produkcyjny, powodując spadek wydajności. Użycie grzałek niweluje ten problem, ponieważ element trafiający na stoły rolkowe już jest nagrzany, więc nie ma potrzeby zapewnienia dodatkowego miejsca przed maszyną. Staje się to niezwykle ważne w kontekście prób

prowadzących do przyspieszenia procesu spawania ścian gazoszczelnych przez zmianę metody ze spawania łukiem krytym na spawanie wiązką laserową. Eksperymenty te mają w efekcie zwiększyć prędkość spawania, a więc i przemieszczania się elementów ekranu po linii produkcyjnej z maksymalnie 1 m/min przy obecnej metodzie do 4 m/min. Spowoduje to ogromne komplikacje w użyciu promienników do podgrzewania elementów ekranów, ponieważ 4-krotne zwiększenie prędkości oznacza 4-krotne skrócenie czasu nagrzewania. Taka zmiana wymuszałaby stosowanie 4-krotnie mocniejszych promienników, bądź 4-krotnie wydłużenie miejsca przed maszyną przeznaczonego na nagrzewanie. Jednak oba wymienione rozwiązania są trudne do zastosowania w praktyce i bardzo drogie. Technologia grzałek rezystancyjnych może być przeniesiona na grunt nowej technologii spawalniczej bez jakichkolwiek modyfikacji.

Wnioski

Reasumując, stosowanie grzałek wewnętrznych do wstępnego podgrzewania ścian wodnorurowych przed procesem spawalniczym wynika z wyższych wymagań produkcyjnych związanych z wdrażaniem nowych stali energetycznych. Rozwiązanie to umożliwi najbardziej ekonomiczną produkcję ścian szczelnych wymagających wstępnego podgrzewania

przed spawaniem. Prowadzi ono do zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych, osobowych i inwestycyjnych, pozwalając jednocześnie osiągnąć bardzo wysoką kulturę techniczną. Przekłada się również na przyspieszenie produkcji, co podwyższa wydajność i zwiększa moc produkcyjną producentów ścian wodnorurowych.

Literatura

- [1] Burakowski T., Giziński J., Sala A.: Promienniki podczerwieni, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1970.

Artykuł wygłoszony na XVIII Konferencji Spawalniczej: Spawanie w energetyce w Jarntówku, 24-26 kwiecień 2012.



Sekcja Spawalnicza

Wycieczki techniczne

Wycieczki techniczne organizowane przez Sekcję Spawalniczą oddziału Warszawskiego SIMP w drugim kwartale 2012 r. dostępne dla członków SIMP i NOT

WYCIECZKI TECHNICZNE		
Data i godzina	Nazwa instytucji, adres	Zakres zwiedzania / działalności
01.06.2012 godz. 9 ⁰⁰ + 15 ⁰⁰	<i>Rywał RHC Technika Spawalnicza – Dzień otwarty ul. Chełmżyńska 180, Warszawa</i>	Pokazy spawania, szlifowania, lutowania oraz cięcia za pomocą urządzeń i materiałów renomowanych firm polskich i zagranicznych. Możliwość zapoznania się z aktualną, bogatą ofertą TPS Technika Spawalnicza.
14.06.2012 godz. 11 ⁰⁰	<i>Stena Innovative Recycling ul. Ogrodowa 58, Warszawa</i>	Optymalna gospodarka odpadami, utylizacja dokumentów poufnych.