

BADANIA TEMPERATURY W ZGRZEWANIU TARCIOWYM PRZEZ ANALIZĘ PROMIENIOWANIA PODCZERWONEGO

Lukasz Lewandowski*, Tadeusz Mikołajczyk**

**Studium Doktoranckie, **Zakład Inżynierii Produkcji
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy*

Streszczenie

Do rejestracji zmian temperaturowych podczas zgrzewania tarciowego użyto kamery z filtrem podczerwieni. Po jej kalibracji uzyskano w ten sposób termogramy pozwalające określać temperaturę. Stwierdzono przydatność zastosowanej techniki do obserwacji zmian stanu cieplnego spoiny.

1. WPROWADZENIE

Zgrzewaniu towarzyszą procesy cieplne nagrzewania i chłodzenia złącza. Podczas zgrzewania materiał rodzimy w stanie stałym, graniczący z obszarem przetopionym, ulega zróżnicowanemu nagrzananiu, a następnie chłodzeniu. Podlega zatem procesom obróbki cieplnej. Cykl cieplny, występujący podczas zgrzewania, w odróżnieniu od cykli cieplnych tradycyjnej obróbki cieplnej charakteryzuje się bardzo dużą szybkością nagrzewania, wysoką temperaturą maksymalną, krótkotrwałością przetrzymania w temperaturze maksymalnej i dużą szybkością chłodzenia. Znajomość temperatur maksymalnych cykli cieplnych umożliwia określenie obszaru przemian strukturalnych i ocenę strefy wpływu ciepła. Zmiany strukturalne zachodzące w zależności od temperatury występującej podczas procesu decydują o właściwościach połączeń zgrzewanych. Znajomość i możliwość przewidywania wartości temperatury w strefie złącza jest czynnikiem bardzo znaczącym ze względu na jakość wykonywanych połączeń i od dawna była przedmiotem badań naukowych [6].

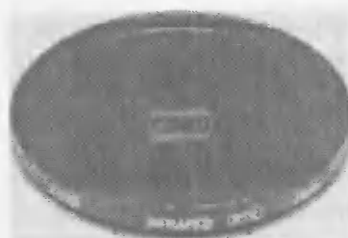
Każde ciało w temperaturze powyżej 0K emituje promieniowanie o energii zależnej od temperatury i długości fali [2, 4]. Dostępne są techniki pirometryczne pomiaru średniej temperatury określonego obszaru powierzchni [2]. Technika termowizyjna jest uznaną techniką badania bezstykowego temperatur [2]. Dodatkowo umożliwia ona wizualizację całego obszaru o podwyższonej temperaturze. Techniki te są jednak bardzo kosztowne. W niektórych zastosowaniach przy wysokich temperaturach alternatywę stanowią rozwiązania wykorzystujące obraz promieniowania podczerwonego [8].

W pracy przedstawiono badania wstępne temperatury w złączu zgrzewanym tarcio-wo przez rejestrację promieniowania podczerwonego z użyciem kamery czulej na promieniowanie podczerwone.

2. STANOWISKO BADAWCZE

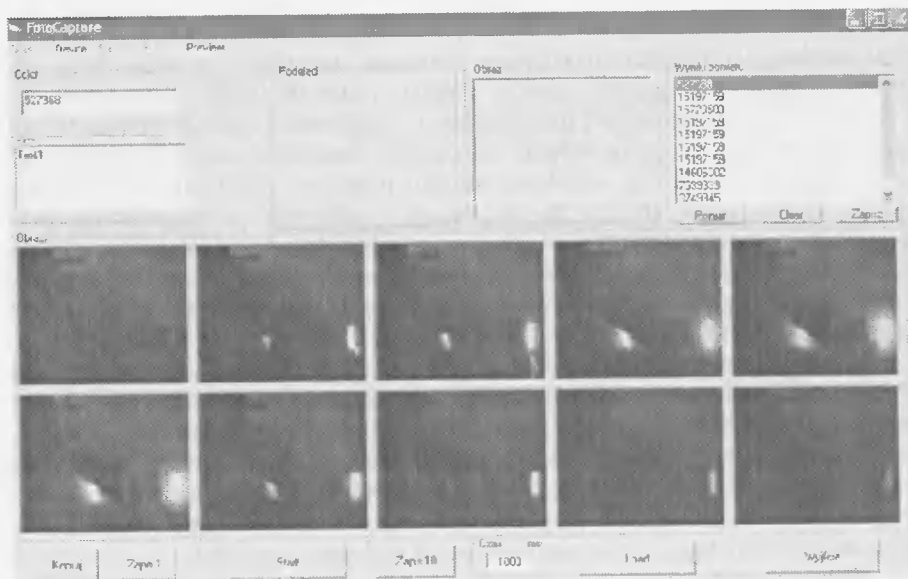
Do rejestracji zmian temperaturowych w płaszczyźnie tarcia podczas zgrzewania tarciowego użyto czulej na podczerwień kamery VGA (640*480 pikseli) z sensorem CMOS. W celu odciążenia zakresu promieniowania widzialnego zastosowano filtr światła

widzialnego Hoya Infrared R720 (rys. 1). Filtr ten przepuszcza tylko promieniowanie o długości fali powyżej 720 nm. Jest często wykorzystywany w fotografii śledczej, medycznej, biologicznej i innych zastosowaniach naukowych.



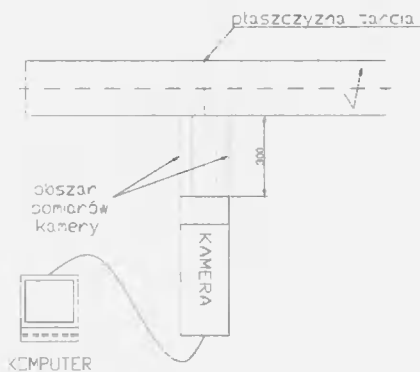
Rys. 1. Filtr światła widzialnego Hoya Infrared R720

Kamera obsługiwana jest przez oprogramowanie AMCAP, z możliwością rejestracji plików wideo w pamięci komputera. Do celów badań dynamiki zmian temperatury z użyciem kamery utworzono w środowisku VB6 program o nazwie Foto (rys. 2). Program wyposażony w procedurę do przechwytywania obrazów z kamery umożliwił zapisywanie serii zdjęć z określonym odstępem czasowym pomiędzy nimi. Opracowano też procedurę zapewniającą pomiar jasności pikseli obrazu w dowolnym miejscu (rys. 2). Zdjęcia były zapisywane w formacie jpg, w rozdzielczości 320×240 pikseli.



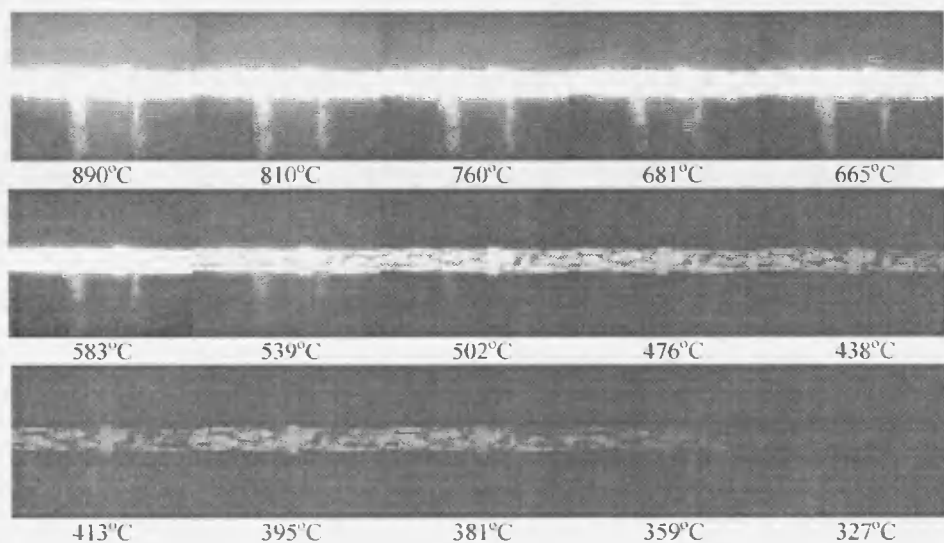
Rys. 2. Program Foto – widok serii obrazów i określanie jasności pikseli zgrzeiny na termogramach

Kamera została ustawiona na nieruchomym statywie w odległości 300 mm od zgrzewanych prętów. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 3. Kontrolnych pomiarów temperatury dokonywano z użyciem pirometru AB-8855 (rys. 4).

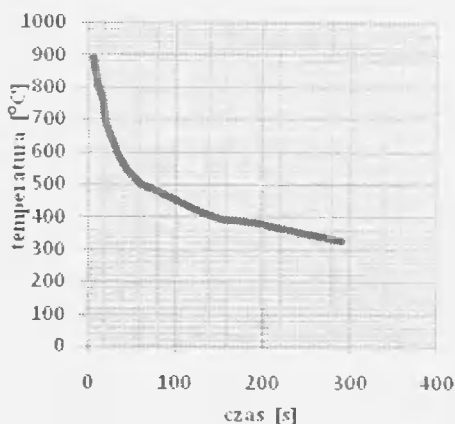


Rys. 3. Schemat pomiaru kamerą z filtrem Hoya Infrared R720 Rys. 4. Pirometr AB-8855 [2]

Do badań użyto stali C45 – niestopowej o średniej zawartości Mn < 1%. Po to, aby na podstawie termogramów można było ocenić wartość temperatury, konieczne jest przeprowadzenie dodatkowych badań i analiz porównawczych, dlatego też dokonano kalibracji kamery. Kalibracja kamery polegała na rozgrzaniu próbki zgrzanej tarciovo (kształt i materiał próbki identyczny jak w badaniach temperaturowych) w piecu PSK-3 do temperatury 1000°C i wykonaniu zdjęć za pomocą programu. Wykonano serię 15 zdjęć obrazujących zmianę temperatury w całym zakresie stygnięcia (rys. 5). Jednocześnie zmierzono temperaturę pirometrem AB-8855 (rys. 6). Dla termogramów dokonano pomiarów jasności pikseli.



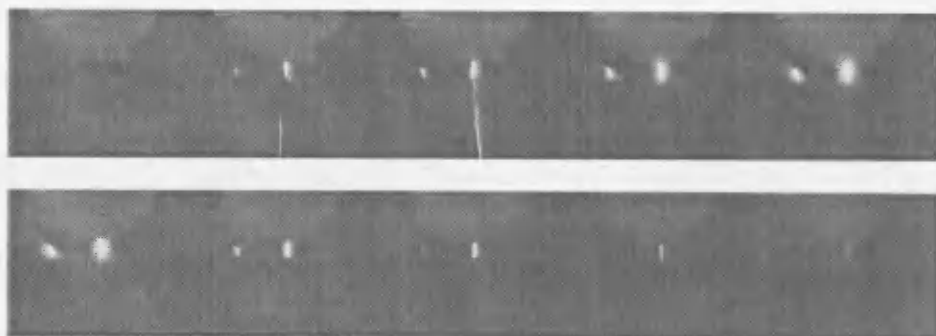
Rys. 5. Termogramy z przypisanymi wartościami temperatury



Rys. 6. Krzywa stygnięcia próbki

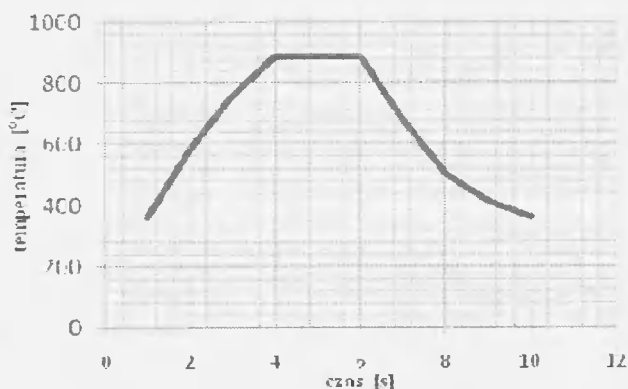
3. BADANIA TEMPERATURY W ZŁĄCZU ZGRZEWANYM TARCIOWO

W badaniach dokonano rejestracji obrazów złącza w czasie procesu zgrzewania tarciovego (rys. 7).



Rys. 7. Obrazy w podczerwieni złącza zgrzewanego tarciovo (odstęp między zdjęciami – 1 s)

Na wykresie (rys. 8) przedstawiono rozkład temperatury występującej w złączu podczas procesu zgrzewania tarciovego w czasie. Można zauważyć (rys. 6), że najwyższą odnotowaną jest temperatura 890°C , a najniższą – 327°C . Wynika to ze sposobu przeprowadzania badań kalibracyjnych, gdzie najwyższą temperaturą, którą udało się zmierzyć po wyjęciu próbki z pieca, było 890°C . Próbka została nagrzana do 1000°C , ale w czasie od wyjęcia z pieca do ułożenia na podeście stanowiska jej temperatura zmalała. Poniżej temperatury 327°C filtr nie przepuszczał promieniowania i nie odnotowano żadnej zmiany na termogramach.



Rys. 8. Rozkład temperatury w złączu zgrzewanym tarciovo określony z użyciem analizy obrazów z kamery

Należy sądzić, że najwyższa temperatura podczas zgrzewania z zastosowaniem stali C45 będzie rzędu 1200°C (w pracy [3] otrzymano takie wartości temperaturowe dla materiału o podobnych własnościach, a w pracy [5] maksymalna temperatura wynosiła 910°C dla stali konstrukcyjnej węglowej gat. 10).

Na wykresie (rys. 8) przedstawiono wybrane obrazy nagrzewania i stygnięcia próbek. Na początkowym etapie procesu można zauważyć dynamiczny wzrost temperatury. Autor [4] tłumaczy takie zjawisko w swoich badaniach wysoką wartością momentu tarcia, gdzie w początkowej fazie procesu zgrzewania współczynnik tarcia jest znacznie wyższy niż w pozostałej części procesu i dlatego właśnie wtedy jest wytwarzana znaczna ilość ciepła. W pracy [7] wykazano podobny, bardzo intensywny wzrost temperatury w początkowym etapie zgrzewania. Sposób stygnięcia próbki jest zgodny z przebiegiem stygnięcia próbki z badań kalibracyjnych kamery. Świadczy to o poprawności przeprowadzanych badań. Prezentowana technika dzięki znacznej szybkości zapisu klatek (do 30 kl./s) umożliwia zapis procesów dynamicznych podczas gdy pirometr AB-8055 jest dogodny do zapisów statycznych.

4. WNIOSKI

Po przeprowadzeniu badań temperatury z wykorzystaniem kamery z filtrem światła widzialnego sformułowano następujące wnioski:

- metody oparte na pomiarze promieniowania podczerwonego są skuteczne do badania dynamicznych zjawisk cieplnych w wysokich temperaturach.
- otrzymane termogramy uwidaczniają lokalizację źródła ciepła, prezentują jak materiał się nagrzewa, stygnie oraz jak ciepło rozchodzi się po elementach zgrzewanych,
- temperatura w płaszczyźnie tarcia podczas zgrzewania przekracza wartość 890°C ,
- w początkowej fazie procesu zgrzewania można zauważyć dynamiczny wzrost temperatury, następnie wytrzymanie w tej temperaturze (uzależnione od parametrów procesu) oraz po zakończonym procesie łagodne stygnięcie,
- prezentowana technika jest dogodna do prób budowy stanowisk adaptacyjnych dla procesów zgrzewania w oparciu o ciągły pomiar temperatury strefy łączenia,
- celowe jest doskonalenie programu w zakresie analizy obrazu, aby z użyciem zależności kalibracyjnej wizualizować rozkład temperatur na obrazie.

LITERATURA

- [1] Dobrzański L., 2007. Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe. WNT Warszawa.
- [2] Madura H., 2004. Pomiary termowizyjne w praktyce – praca zbiorowa. Agenda Wydawnicza PAKu Warszawa.
- [3] Knap I., Krawczyk R., 2000. Pomiar temperatury w styku złącza zgrzewanego tarciovo. Przegląd Spawalnictwa 2-3, 5-9.
- [4] Mikołajczyk T., 2009. Próba zastosowania kamery czulej na podczerwień do diagnozowania wysokich temperatur. [W:] Elementy diagnostyki maszyn roboczych i pojazdów. red. nauk. B. Żółtowski. Wyd. Nauk. Instytutu Technologii Eksploatacji. Radom – Bydgoszcz – Borówno. 310-318.
- [5] Pietras A., Papkała H., 1999. Wpływ warunków tarcia na procesy ciepłne zachodzące podczas nagrzewania tarciowego materiałów niejednorodnych. Przegląd Spawalnictwa 10-11, 2-9.
- [6] Praca zbiorowa, 2003. Poradnik Inżyniera – Spawalnictwo. Tom I i II. WNT Warszawa.
- [7] Smarzyński S., 2000. Badania procesu technologicznego zgrzewania i kształtowania tarciowego rur. Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz.
- [8] Smarzyński S., Major A., 1999. Badanie momentu tarcia podczas zgrzewania tarciowego. Przegląd Spawalnictwa 5, 19-22.

**THE STUDY OF TEMPERATURE DURING
FRICTION WELDING USING INFRARED ANALYSIS**

Summary

To record the temperature during the friction welding uses the camera with IR filter. After the calibration obtained in this way determine the temperature of the thermograms allow. The usefulness of the technique used to observe changes in the thermal state of the weld.