

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Nowoczesne pokrycia barierowe na krytyczne części silnika

Modern barrier covers on critical engine parts

Uniwersytet Rzeszowski, Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska

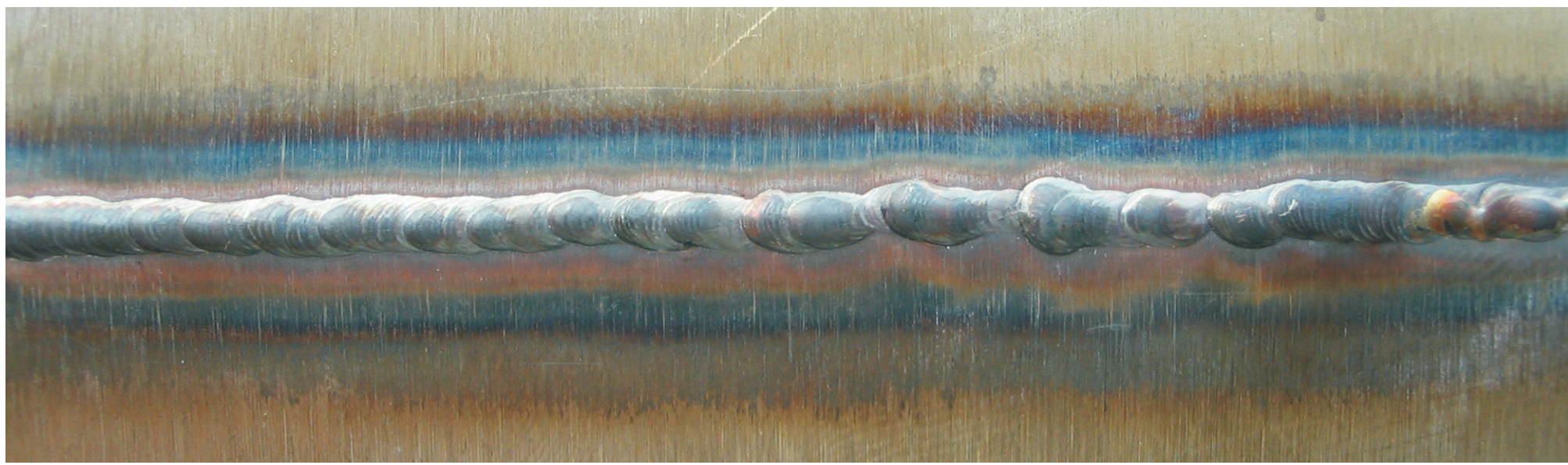
Wyniki badań Results

Cel i zakres badań

Celem wykonanych badań było przeprowadzenie rejestracji w czasie rzeczywistym rozkładu natężenia promieniowania pochodzącego od wysokotemperaturowej części spawu wykonanego metodą TIG z wykorzystaniem oraz bez wykorzystania materiału dodatkowego dla stopów zawierających nikiel.

Drugim etapem badań było przeskanowanie próbki z powłoką ochronną Al_2O_3 w celu wykrycia podpowierzchniowych wad materiałowych za pomocą dyszy gorącego powietrza.

W badaniach wykorzystane zostały próbki wykonane ze stopu Inconel 718 o wymiarach 1mm x 60mm x 80mm.



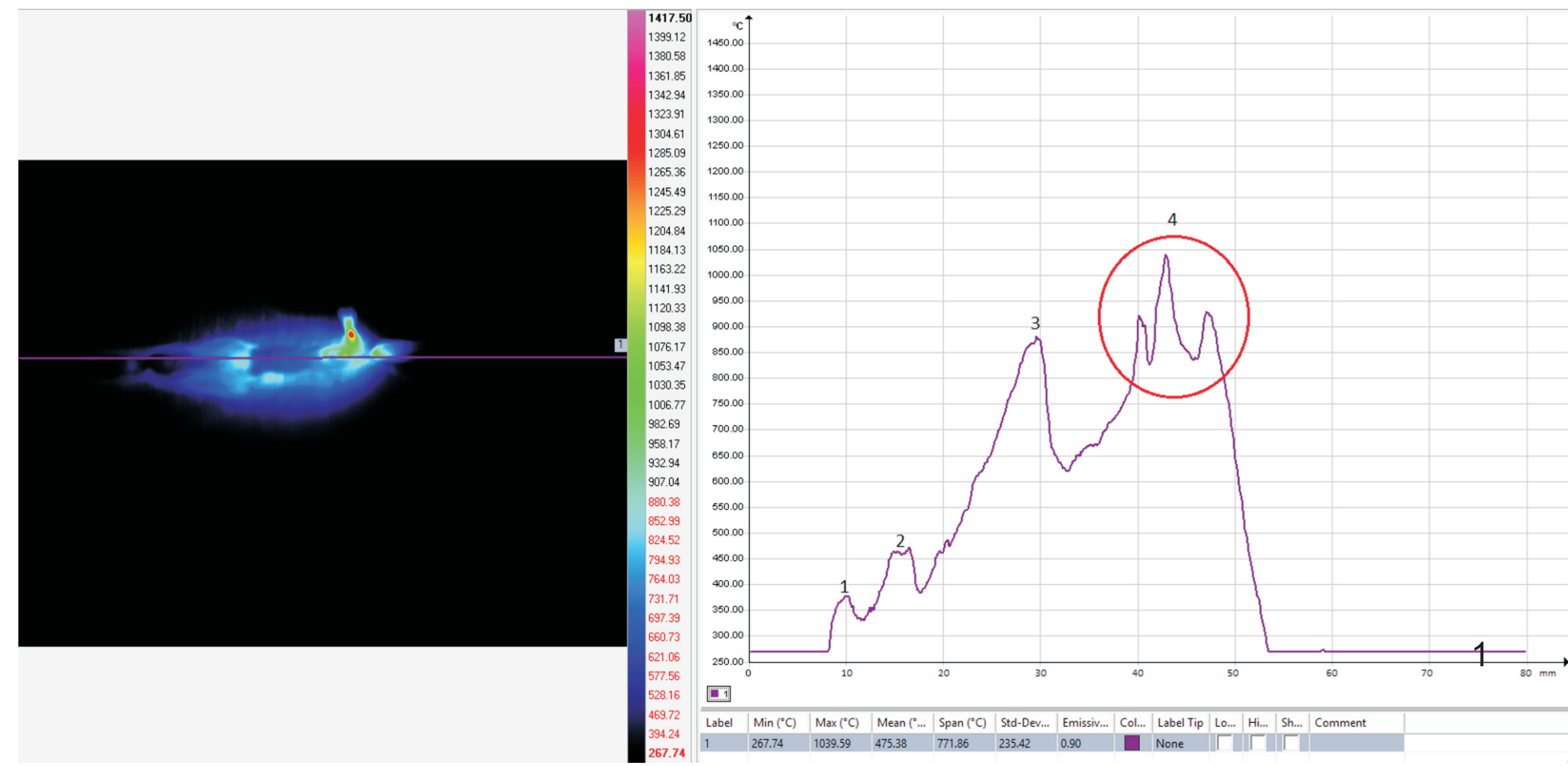
Rys. 1. Spoina wykonana metodą TIG z dodatkowym spoiwem.
Fig. 1. Fusion weld made by TIG method with added metal.



Rys. 2. Spoina wykonana metodą TIG bez dodatku spoiwa.
Fig. 2. Fusion weld made by TIG method without added metal.

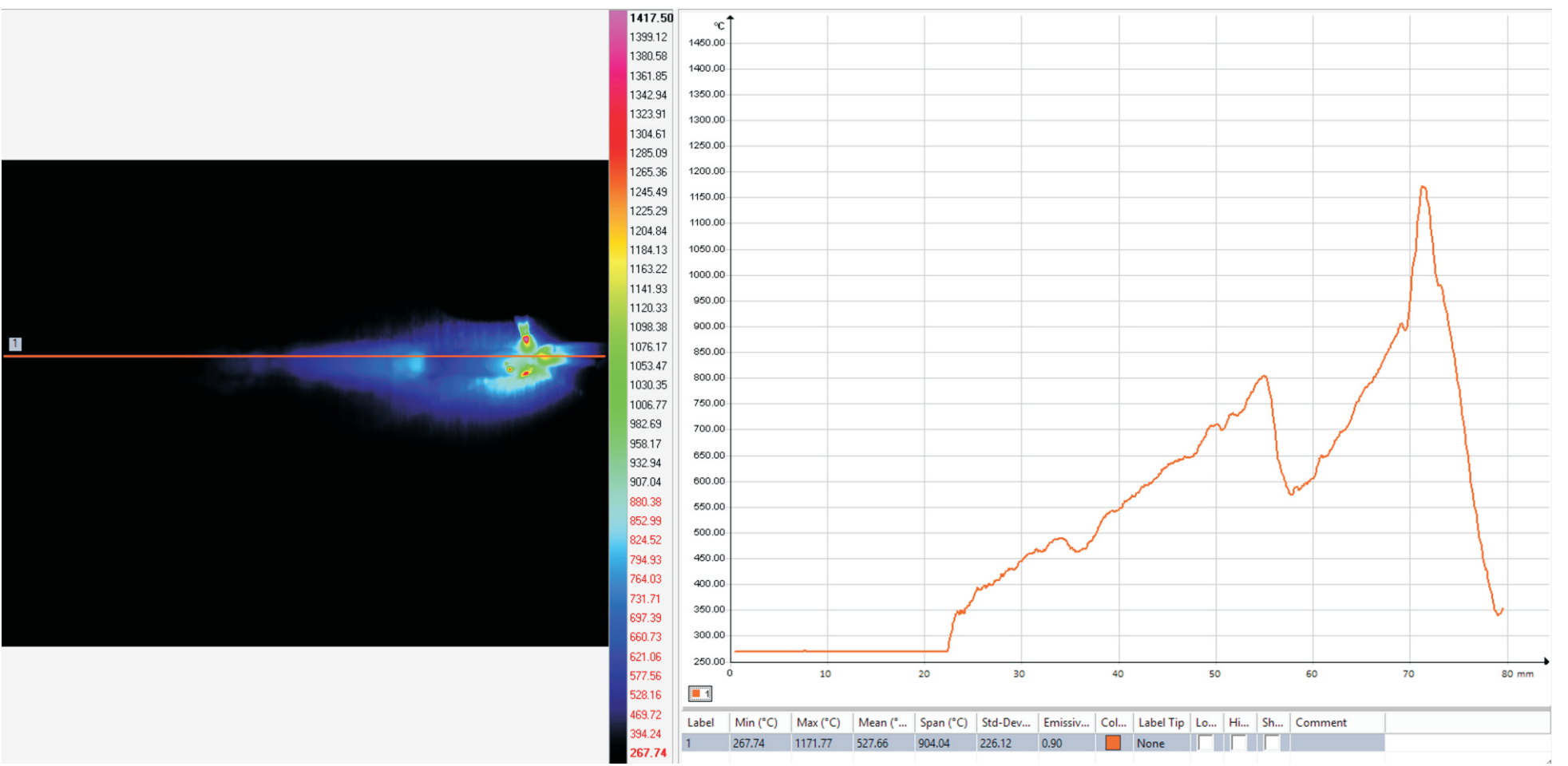
Spawanie metodą TIG odbywało się za pomocą dwóch metod: z materiałem dodatkowym oraz bez dodatku spoiwa. Materiałem dodatkowym użytym w eksperymencie był pręt spawalniczy Oerlikon Nirod 625 o średnicy 1,2 mm. Natężenie prądu spawania wynosiło 30A, natomiast przepływ gazu (argonu) 12l/min.

Podczas procesu spawania zarejestrowano za pomocą kamery termograficznej rozkład temperatury powstającej na powierzchni spawów oraz w jeziorku spoiny.



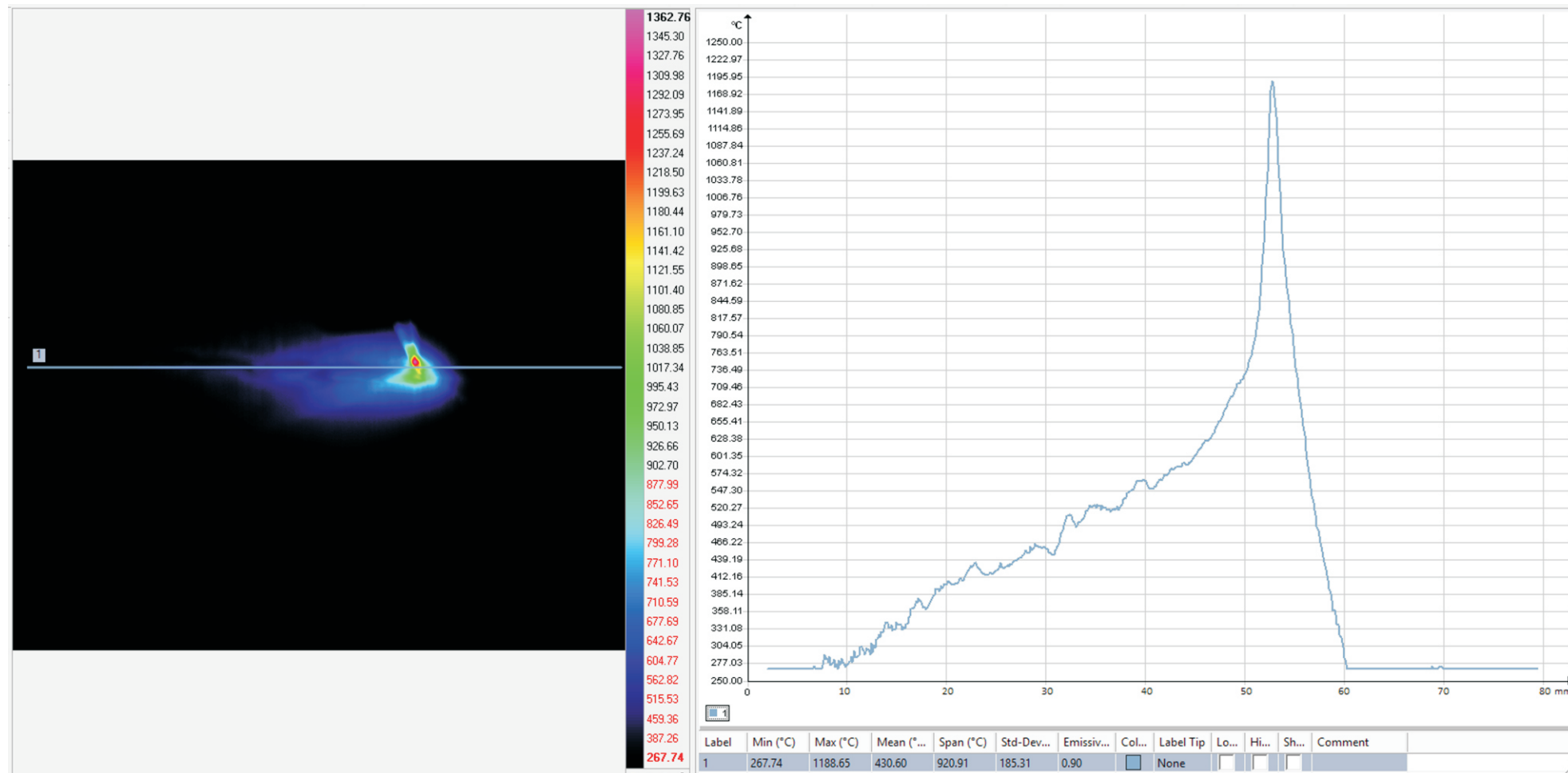
Rys. 3. Termogram otrzymany za pomocą kamery termograficznej podczas spawania próbki z użyciem dodatkowego materiału.
Fig. 3. Thermogram obtained by the IR-camera of the surface of the probe with added metal.

Na wykresie profilowym (Rys. 3.) wyraźnie widać defekty spoiny powstałe w trakcie procesu spawania metodą TIG wynikające z nierównomierniej prędkości podawania materiału dodatkowego oraz jego nadmiarem (piki 1 i 2). Obniżenie wartości temperatury pomiędzy lokalnym maksimum (pik 3) a maksimum pochodzącym od jeziora oraz topionego materiału dodatkowego (pik 4) wynika z przepływu gazu (argonu) wykorzystywanego w procesie spawania.



Rys. 4. Termogram otrzymany za pomocą kamery termograficznej podczas spawania próbki z użyciem dodatkowego materiału.
Fig. 4. Thermogram obtained by the IR-camera of the surface of the probe with added metal.

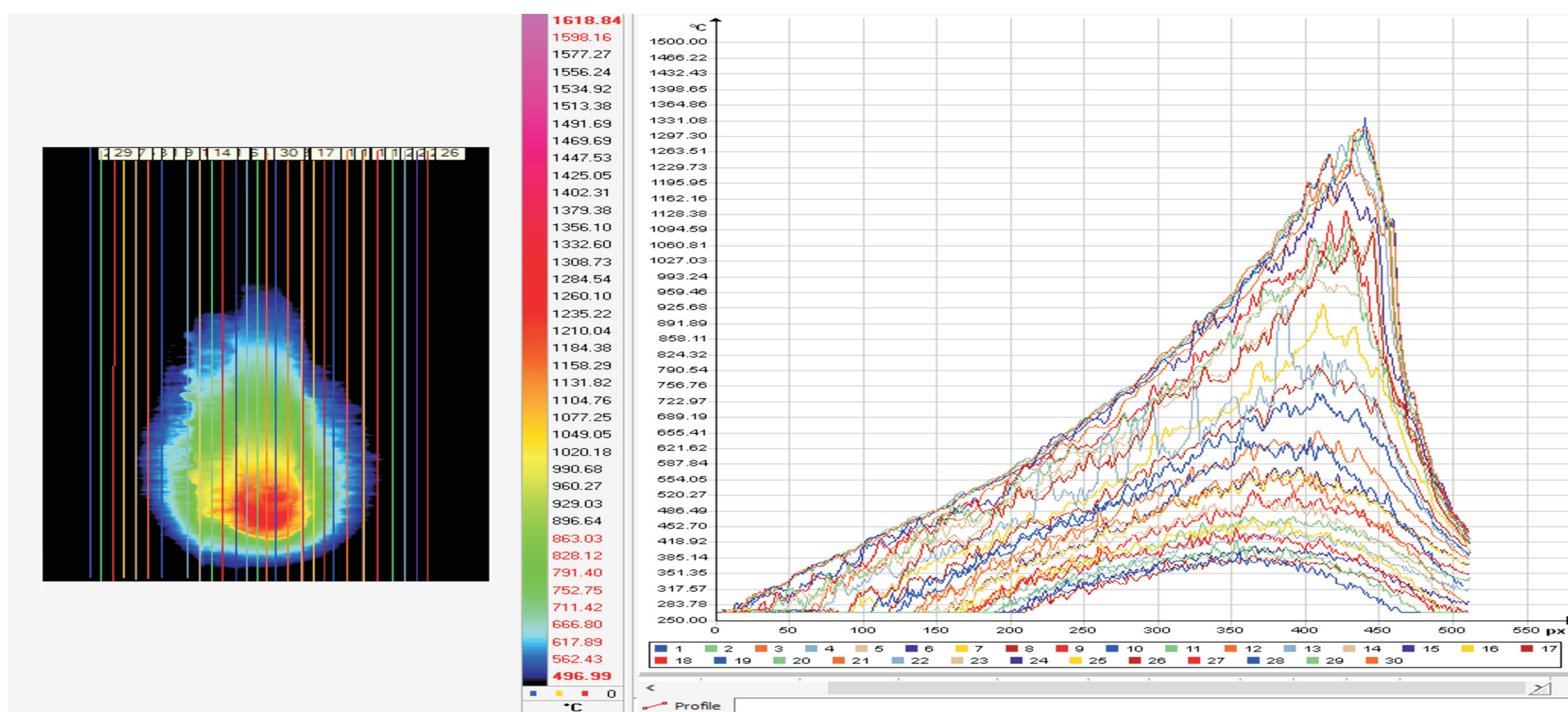
Rysunek 4 przedstawia prawidłową charakterystykę profilu temperaturowego wykonanej spoiny. Na powyższym rysunku wyraźnie widać brak lokalnych maksimów związanych z nieodpowiednią prędkością podawania materiału dodatkowego w trakcie przebiegu procesu spawania. Zauważyć można natomiast jedno lokalne maksimum temperatury (pik 1) związanej z odpowiednim ułożeniem względem elektrody wolframowej i prędkością podawania materiału dodatkowego oraz minimum związanej z przepływem wykorzystywanego w procesie gazu.



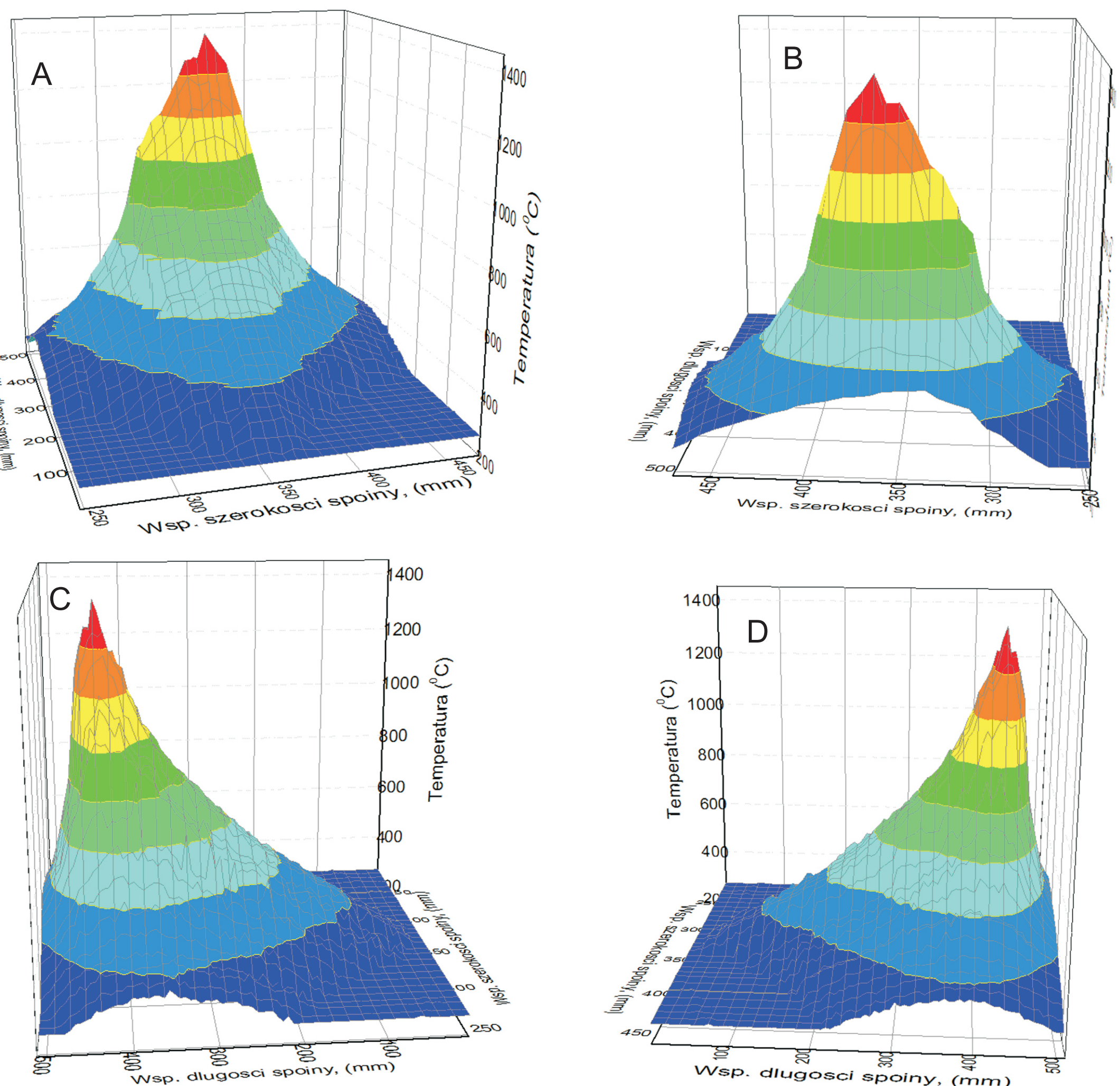
Rys. 5. Termogram otrzymany za pomocą kamery termograficznej podczas spawania próbki bez użycia dodatkowego materiału.
Fig. 5. Thermogram obtained by the IR-camera of the surface of the probe without added metal.

W przypadku pomiarów bez użycia materiału dodatkowego (Rys. 5) można zauważyć równomierny rozkład temperatury w trakcie spawania oraz zaobserwować brak lokalnym maksimów pochodzących od nadmiaru spoiwa.

Za pomocą kamery termograficznej zarejestrowano rozkład temperatury na przekroju wzdłużnym ściegu spoiny.



Rys. 6. Rozkład temperatury w spoinie podczas spawania materiału.
Fig. 6. Temperature distribution of material during welding.



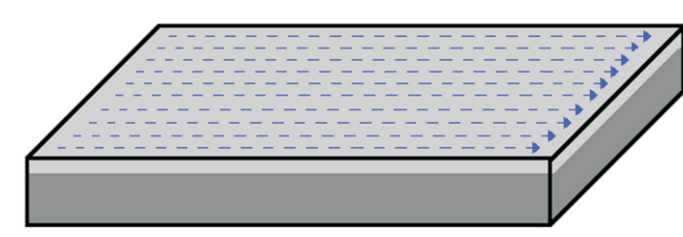
Rys. 7. 3D figure of temperature distribution at the welding process.

Za pomocą programu komputerowego Altair wyznaczono 30 liniowych profili temperaturowych spoiny (Rys. 6) oraz wyznaczono dystrybucję ciepła rozchodzącego się od spoiny w kierunku łączonych materiałów.

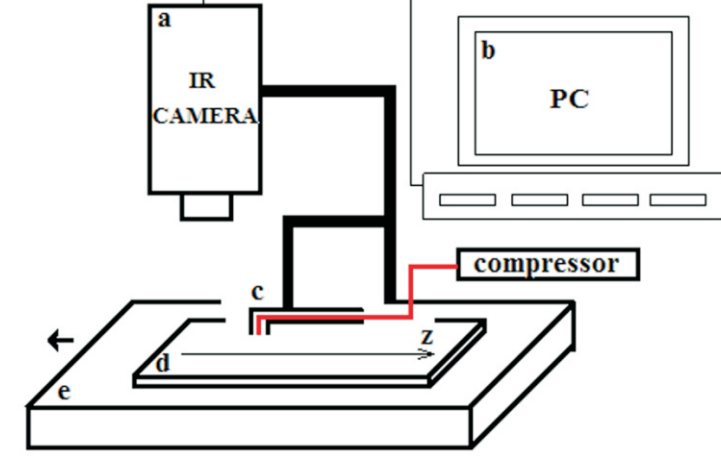
W celu wykrycia podpowierzchniowych wad materiałowych za pomocą skanowania dyszą gorącego powietrza przygotowana została próbka wykonana ze stali C45 pokryta warstwą ochronną Al_2O_3 o wymiarach 80mm x 30mm x 5mm. Próbką zawierała specjalnie utworzone wady w postaci 5 otworów na tylnej stronie o różnej wielkości średnicy: 6mm, 5mm, 4mm, 2mm, 1mm. Głębokość otworów wynosiła 4mm.



Rys. 8. Obraz próbki z wykonanymi otworami.
Fig. 8. Picture of probe with holes.

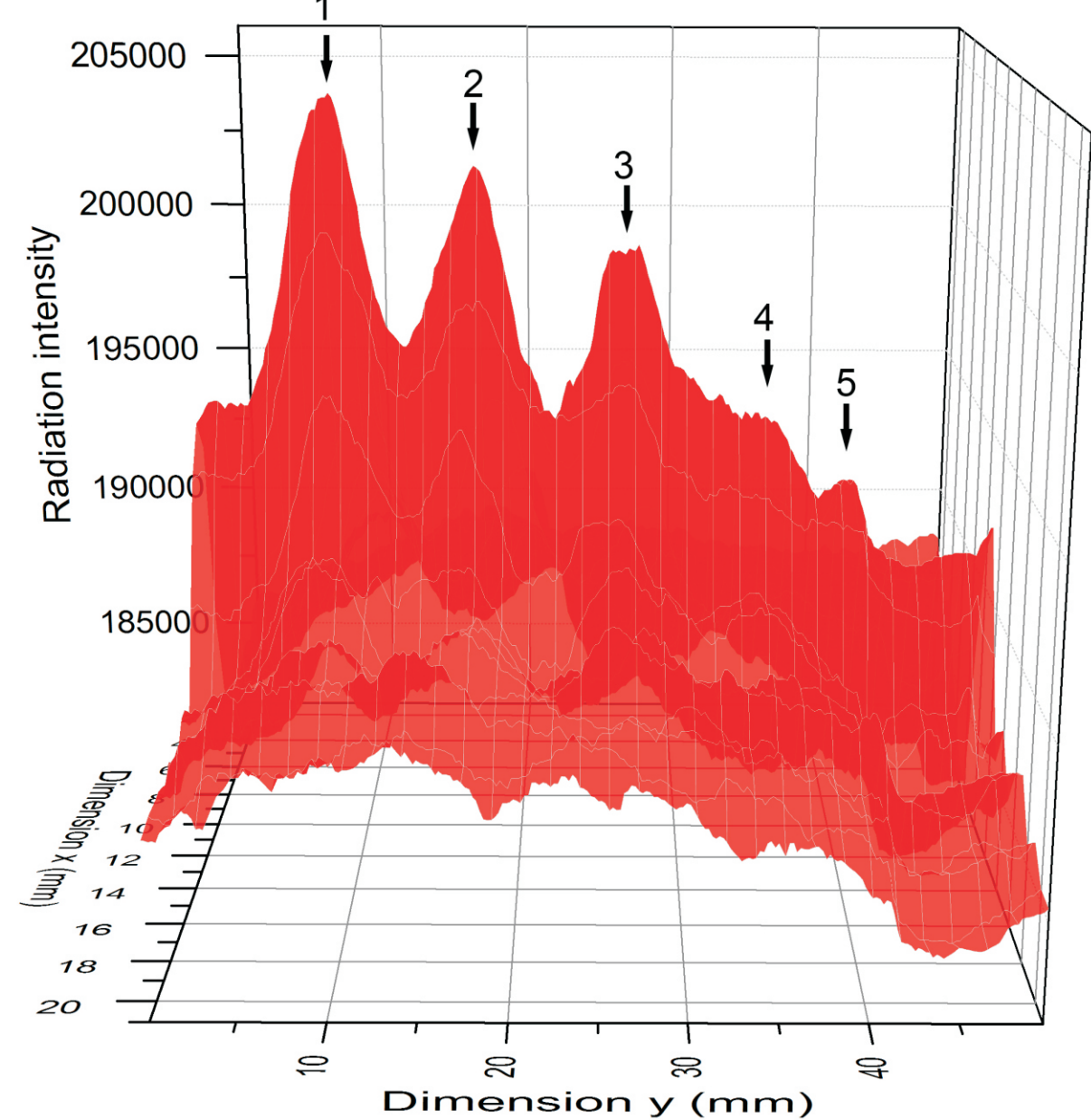


Rys. 9. Kierunek skanowania próbki.
Fig. 9. Direction of the scanning probe.

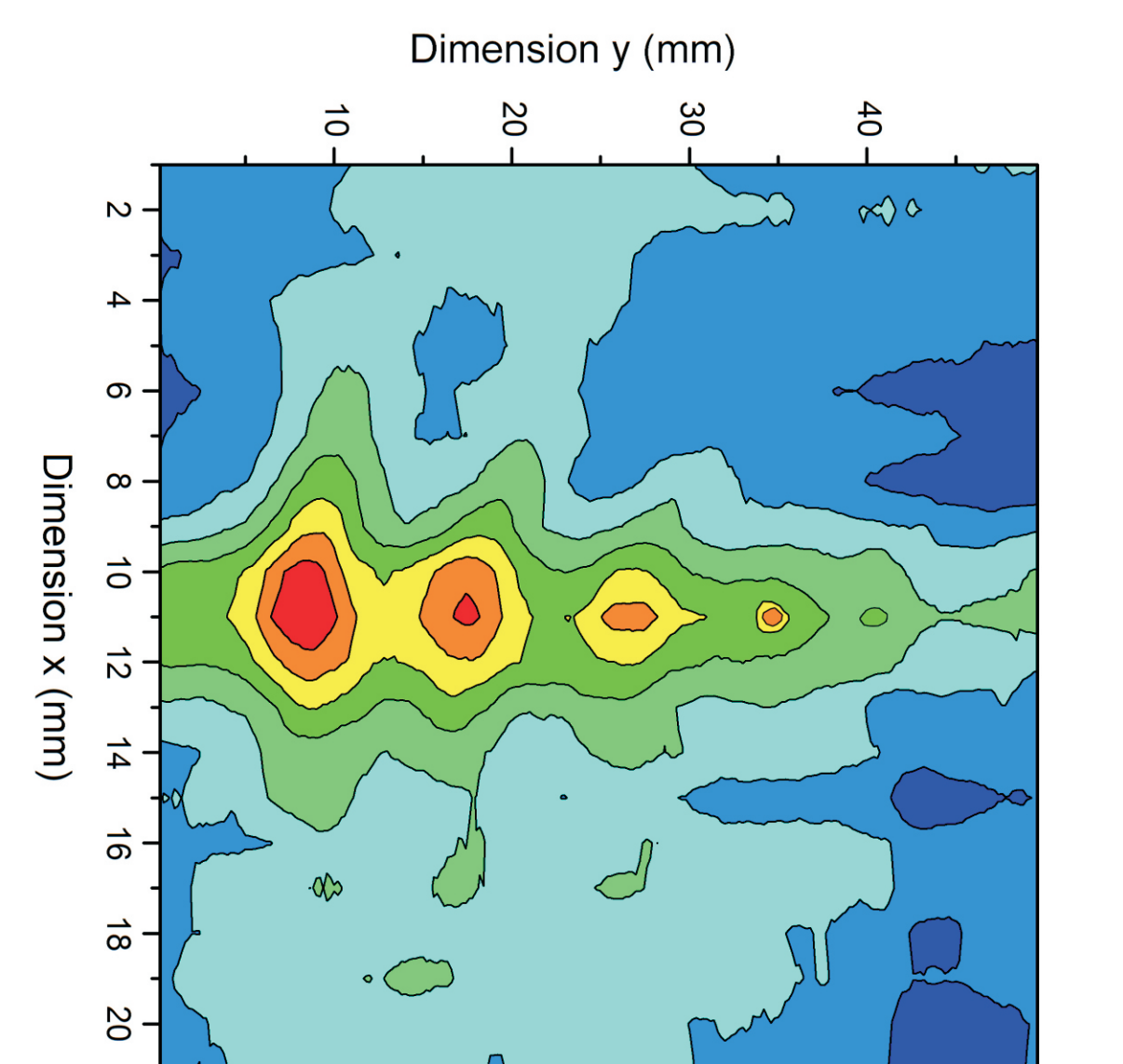


Rys. 10. Schemat eksperymentu.
Fig. 10. Scheme of experiment.

Dysza skanująca zamontowana została na nieruchomej platformie razem z kamerą termowizyjną FLIR SC7000. Próbkę umieszczono na ruchomym stole poruszającym się w kierunku osi Z z prędkością 4,8mm/s (Rys. 10). Temperatura gorącego powietrza wynosiła 110°C. Pomiar polegał na 20-krotnym przeskanowaniu próbki za pomocą dyszy gorącego powietrza wzdłuż niebieskich linii (rys. 9) w miejscach obszarów znajdujących się poza strefą dziur jak również w miejscach ukrytych defektów.



Rys. 11. Intensywność promieniowania w miejscach występowania defektów.
Fig. 11. Intensity of radiation in defects location.



Rys. 12. Temperatura radiacyjna powierzchni badanej próbki w miejscu występowania defektów.
Fig. 12. Temperature radiation on the surface of the probe in defects location.

Na Rys. 11 przedstawiono krzywe intensywności promieniowania uzyskane w opisanych powyżej warunkach eksperymentalnych. Zostały one wyznaczone na podstawie 20-tu liniowych profili temperaturowych pochodzących od śladów cieplnych zarejestrowanych kamerą termograficzną. Można zauważyć, że wskazują na maksima odpowiadające podwyższonej temperaturze w centralnych miejscach występowania defektów. W miarę oddalania linii skanowania od obszaru ukrytych dziur, intensywność maksimum ulega znacznemu zmniejszeniu do całkowitego ich wygaśnięcia.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

Przedstawiony cykl badań termograficznych wykonany został na próbkach, wykonanych na WSK "PZL Rzeszów". Przedstawiona metoda kontroli defektów jest wynikiem współpracy Uniwersytetu Rzeszowskiego i WSK "PZL Rzeszów".

Thermography measurement was performed on the samples were made in WSK "PZL-Rzeszów". The presented method of control defects is the result of co-operation the University of Rzeszow and WSK "PZL-Rzeszow".

Wnioski Conclusions

Zaprezentowano wyniki zrealizowanych badań dotyczących niedestrukcyjnej kontroli jakości materiału i polegających na rejestracji w czasie rzeczywistym rozkładu natężenia promieniowania pochodzącego od wysokotemperaturowej części spawu podczas spawania próbek wykonanych ze stopu Inconel 718. Porównane zostały profile temperaturowe spoin wykonanych metodą TIG z wykorzystaniem oraz bez wykorzystania materiału dodatkowego. Pokazano, że pewne odstępstwa od prawidłowego wykonania procesu spawania takie jak: nadmiar materiału dodatkowego czy nierównomierna prędkość podawania spoiwa mogą być powodem powstania defektów materiałowych powodujących obniżenie jakości eksploatacyjnej wykonanego połączenia, oraz nierównomierniej dystrybucji ciepła w obszarze spoiny w głąb łączonych materiałów. Nierównomierny rozkład dystrybucji ciepła powoduje nierównomierny rozkład naprężeń a więc zmianę właściwości spoiny i jej okolic, co może powodować pęknięcia na granicy spoiny i łączonego materiału.

W celu wykrycia podpowierzchniowych wad materiałowych dokonano skanowania dyszą gorącego powietrza próbki wykonanej ze stali C45 z powłoką ochronną Al_2O_3 ze specjalnie utworzonymi otworami (defektami). Metoda bezdotykowej kontroli ukrytych wad poprzez skanowanie dyszą umożliwiła wykrycie defektów o średnicy 1mm i więcej.

The results of researches concerning nondestructive control and consisting in recording in the intensity distribution of radiation coming from the high-temperature of the weld in real time during the welding process of the samples made by Inconel 718 are presented. The temperature profiles were compared for the welds using TIG method with and without filler metal. It shows that some deviations from the proper execution of the welding process like additional material excess or non-uniform feed speed supply added metal can causes defects in material of decreased quality of operational connection and uneven distribution of heat from the weld area into the joint materials. Uneven heat distribution results non-uniform stress distribution and thus change the properties of the weld and its surrounding areas, which may cause cracks on the border weld and join materials.

The results on nondestructive control of the protection covering layers (detection subsurface defects) in the material by scanning air nozzle are presented. The sample made of C45 steel with a protective coating of Al_2O_3 with a specially formed holes (hidden defects) was prepared. Method of non-contact control of hidden defects by scanning by the nozzle allowed to detect defects (holes) of 1mm diameter on the back side of a sample.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

Zaproponowane metody termograficznej kontroli jakości spawów mogą być zastosowane w przemyśle lotniczym jako metody NDT przy wykrywaniu defektów oraz nieciągłości spawów. Metody te mogą być zastosowane również do analizy jakości połączeń zgrzewanych w poszyciach lotniczych.

Thermographic methods inspection quality of welds can be used in the aerospace industry as NDT methods for detecting defects and discontinuities. This methods can also be used for analysis quality of welded joints in aircraft construction.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. K. Maś, M. Woźny, M. Marchewka, D. Ploch and E.M. Sheregii, Thermal Stresses for Turbine Blades calculated on base of measured Temperature Distributions, *8th International Conference "Supply on the Wings"*, Frankfurt/Main, Germany, November 5-7, 2013
2. Maś K., Woźny M., Marchewka M., Ploch D., Bochnowski W. Sheregii E. M. Thermal stresses in the blades with and without TBC based on the temperature distributions measured using thermal imaging camera. *IX th - International Conference Machines, Technologies, Materials'14, Varna 25-29 September 2014*
3. Maś K., Moźny M., Marchewka M., Ploch D., Sheregii E.M., The thermographic analysis of the welding by TIG. *IX th - International Conference Machines, Technologies, Materials'14, Varna 25-29 September 2014*
4. Prokhorenko S., Maś K., Woźny M., Sheregii E.M., The scanning nozzle hot air system for thermographic detection of the surface incorporated hidden defects. *IX th - International Conference Machines, Technologies, Materials'14, Varna 25-29 September 2014*
5. Prokhorenko S., Maś K., Woźny M., Marchewka M., Ploch D., Sheregii E. M., of defects detecting anf thermal steresses calculated of the blades with and without TBC based on the experimentally obtained temperature distributions using the thermal imaging camera, *9th AIRTEC 2014 International Congress*, 28-30 October 2014, Frankfurt/Main, Germany

Publikacje

1. Maś K., Woźny M., Marchewka M., Ploch D., Bochnowski W. Sheregii E. M. Thermal stresses in the blades with and without TBC based on the temperature distributions measured using thermal imaging camera. *MTM - Machines, Technologies, Materials; International virtual journal*, issue 11/2014, 2014
2. Maś K., Moźny M., Marchewka M., Ploch D., Sheregii E.M., The thermographic analysis of the welding by TIG, *MTM - Machines, Technologies, Materials; Internnatioal virtual journal*, issue 11/2014, 2014

3. Prokhorenko S., Maś K., Woźny M., Sheregii E.M., The scanning nozzle hot air system for thermographic detection of the surface incorporated hidden defects, *MTM - Machines, Technologies, Materials; Internnatioal virtual journal*, issue 11/2014, 2014

Patent 2015

K. Maś, M. Woźny, S. Prokhorenko, Kataryna Kashpor, Eugeniusz Szeregii, Sposób bezdotykowej kontroli jednorodności ochronnych powłok powierzchniowych. nr P.