

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych

Unconventional technologies of joining elements of aeronautical constructions

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Częstochowska, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego

Title of the innovative solution

Technologia liniowego (FSW) i punktowego (RFSSW) zgrzewania tarcowego z mieszaniem materiału blach aluminiowych o grubościach poniżej 1,0 mm
The technology of friction stir (FSW) and refill friction stir spot (RFSSW) welding technologies for aluminum sheets having thickness below 1.0 mm

Krótki opis rozwiązania

Brief description of the solution

Rozwiązanie obejmuje projektowanie przyrządów mocujących elementy zgrzewane, projektowanie narzędzi FSW/FSSW oraz dobór parametrów procesu: prędkość zgrzewania, prędkość obrotowa narzędzia, czasu wykonywania zgrzewania, wielkość zagięcia narzędzia w materiał oraz siły docisku narzędzia do powierzchni zgrzewanych blach (rys. 1-3). Dodatkowo opracowano metodyki badania złączy FSW/FSSW (rys. 4-5).

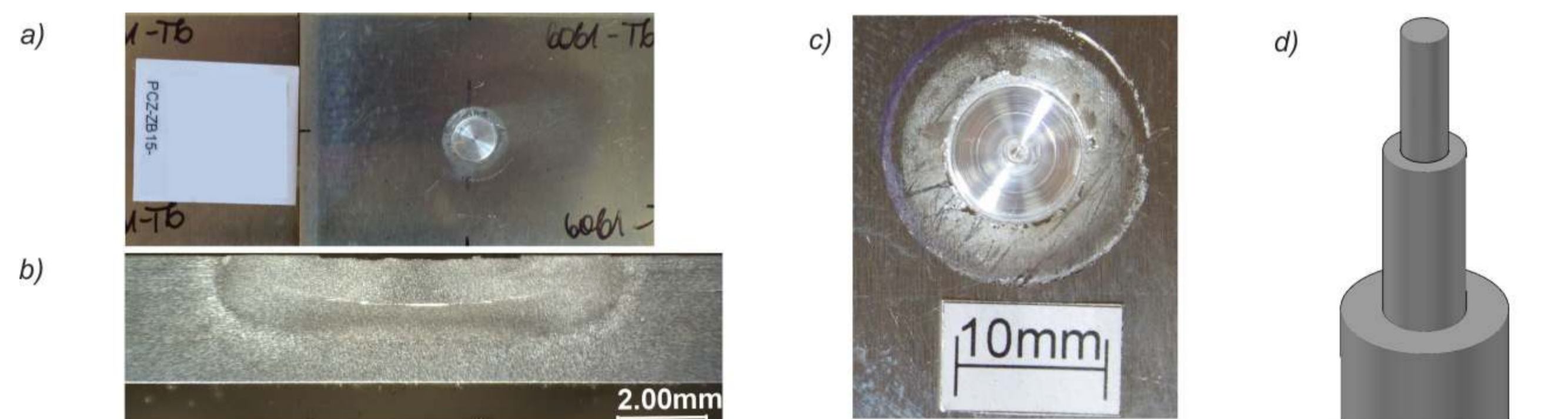
The solution covers design of clamping devices for welded components, design of FSW/FSSW tools and selection of process parameters: welding speed, tool rotational speed, welding time, tool submersion depth and plunging force (Fig. 1-3). Additionally the methodology for researching FSW/FSSW joints was developed (Fig. 4-5)

Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego

Visualization of the innovative solution



Rys. 1. Połączenie FSW: a) złącze, b) narzędzie, c) zgrzewina
Fig. 1. FSW joint: a) overall view, b) tool, c) weld



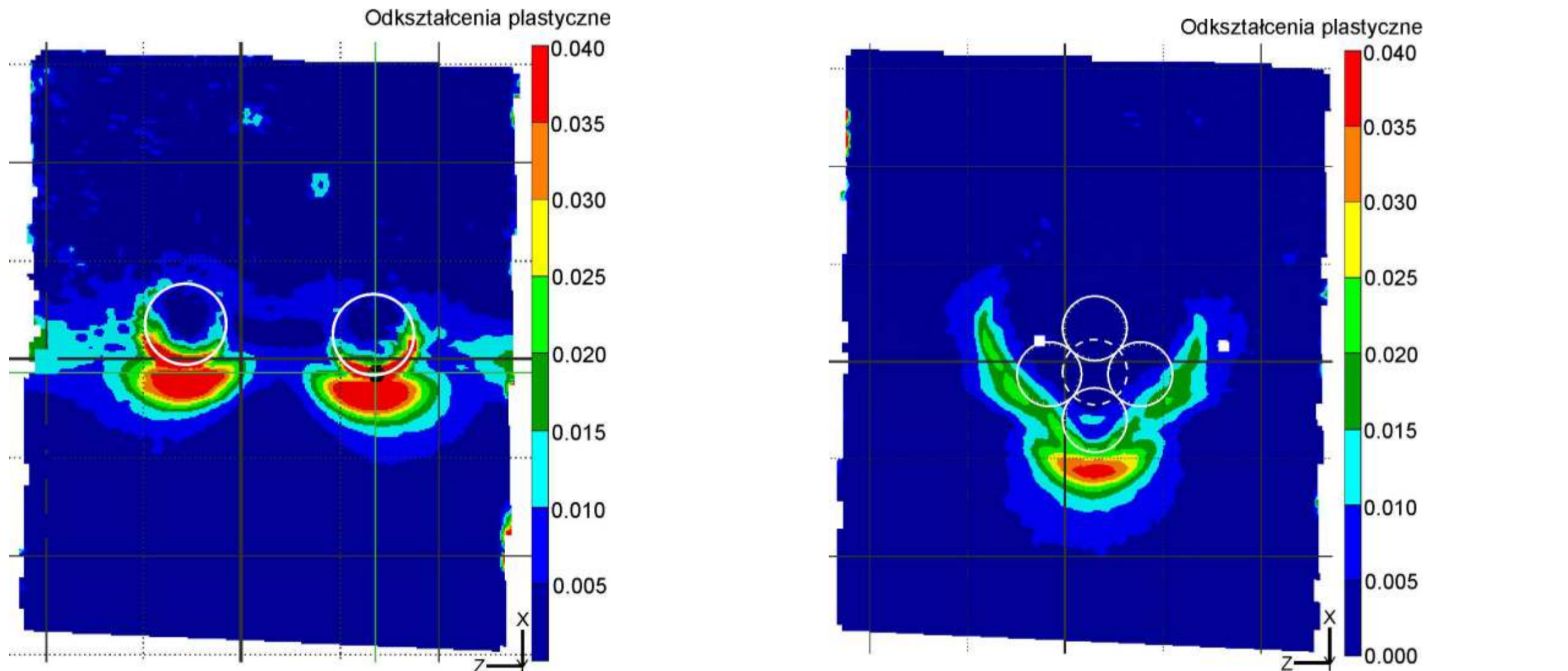
Rys. 2. Połączenie FSSW: a) złącze, b) makrostruktura, c) zgrzewina, d) narzędzie
Fig. 2. FSSW joint: a) overall view, b) macrostructure, c) weld, d) a tool



Rys. 3. Maszyna do zgrzewania RFSSW firmy Harms & Wende
Fig. 3. Harms & Wende RFSSW welding machine



Rys. 4. Próba rozciągająca złączy FSSW za pomocą maszyny wytrzymałościowej z systemem analizy optycznej, Aramis
Fig. 4. Tensile test of FSSW joints using testing machine with 3D optical analysis system, Aramis



Rys. 5. Rozkład odkształceń plastycznych na powierzchni: a) złącze PCZ-ZB15-206, b) złącze PCZ-ZB15-207
Fig. 5. Plastic strain distribution on the surface of: a) PCZ-ZB15-206 joint, b) PCZ-ZB15-207 joint

Zalety i ograniczenia rozwiązania Innowacyjnego

Advantages and restrictions of innovative solution

- Możliwość łączenia trudnospawalnych i niespawalnych stopów aluminium.
- Niski wkład ciepła i mniejsze deformacje zgrzewanych elementów w porównaniu do metod spawania z przetopieniem.
- Mniejsza masa złącza w stosunku do połączenia nitowanego.
- Dobre właściwości mechaniczne złączy, większa niezawodność złączy FSSW w porównaniu do nitowania.
- Zmniejszenie zużycia energii w stosunku do zgrzewania oporowego.
- Krótszy czas wykonywania procesu.
- Łączenie słabo zgrzewalnych i niezgrzewalnych stopów aluminium.
- Niski wkład ciepła i mniejsze deformacje zgrzewanych elementów w porównaniu do metod spawania z przetopieniem.
- Mniejsza masa złącza w stosunku do połączenia nitowanego.
- Dobre właściwości mechaniczne złączy, większa niezawodność złączy FSSW w porównaniu do nitowania.
- Zmniejszenie zużycia energii w stosunku do zgrzewania oporowego.
- Krótszy czas wykonywania procesu.
- Łączenie słabo zgrzewalnych i niezgrzewalnych stopów aluminium.
- Niski wkład ciepła i mniejsze deformacje zgrzewanych elementów w porównaniu do metod spawania z przetopieniem.
- Mniejsza masa złącza w stosunku do połączenia nitowanego.
- Dobre właściwości mechaniczne złączy, większa niezawodność złączy FSSW w porównaniu do nitowania.
- Zmniejszenie zużycia energii w stosunku do zgrzewania oporowego.
- Krótszy czas wykonywania procesu.

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego

Title of the innovative solution

Element konstrukcyjny wykonany z użyciem technologii FSSW
Structural component produced using FSSW technology

Krótki opis rozwiązania

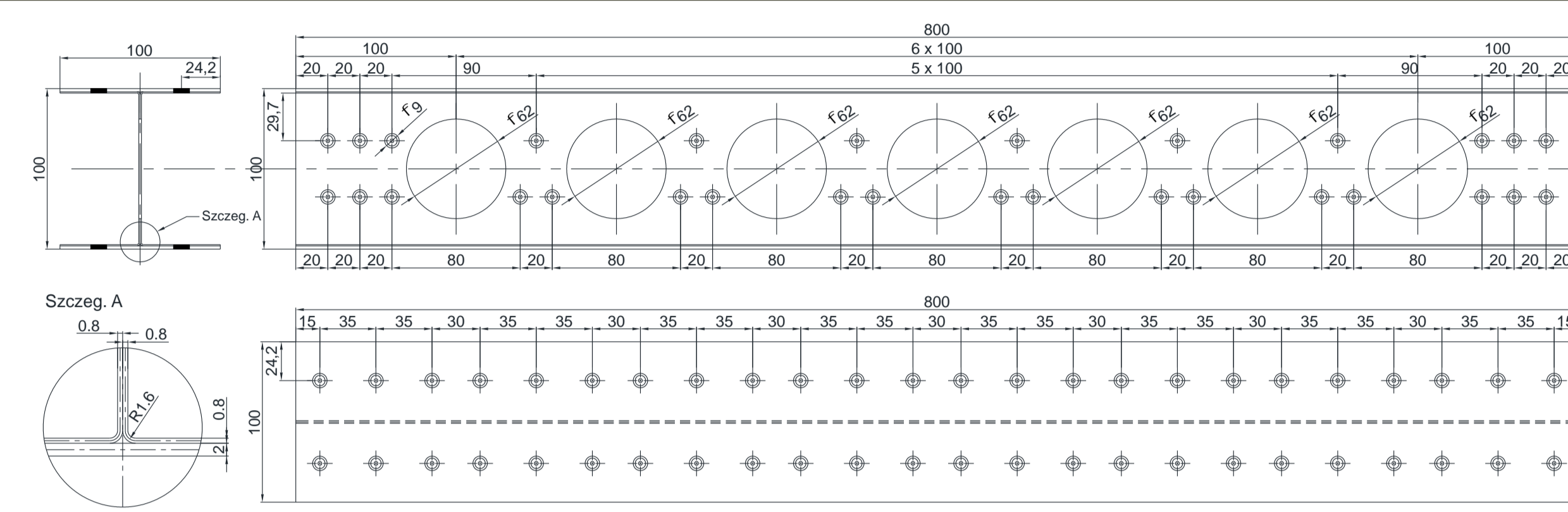
Brief description of the solution

Istotą wzoru użytkowego W.122595 polega na łączeniu prostych cienkościennych elementów blaszanych w złożone profile. Łączenie stanowi jednakowe zgrzewanie punktowe, rozmieszczone parami wzdłuż linii prostopadłych do osi rdzenia, przebiegających wzdłuż osi odległej od osi wzdłuż osi siedmiu otworami. Zgrzewanie punktowe umieszczone są w rdzeniu oraz w pasach (rys. 6-9).

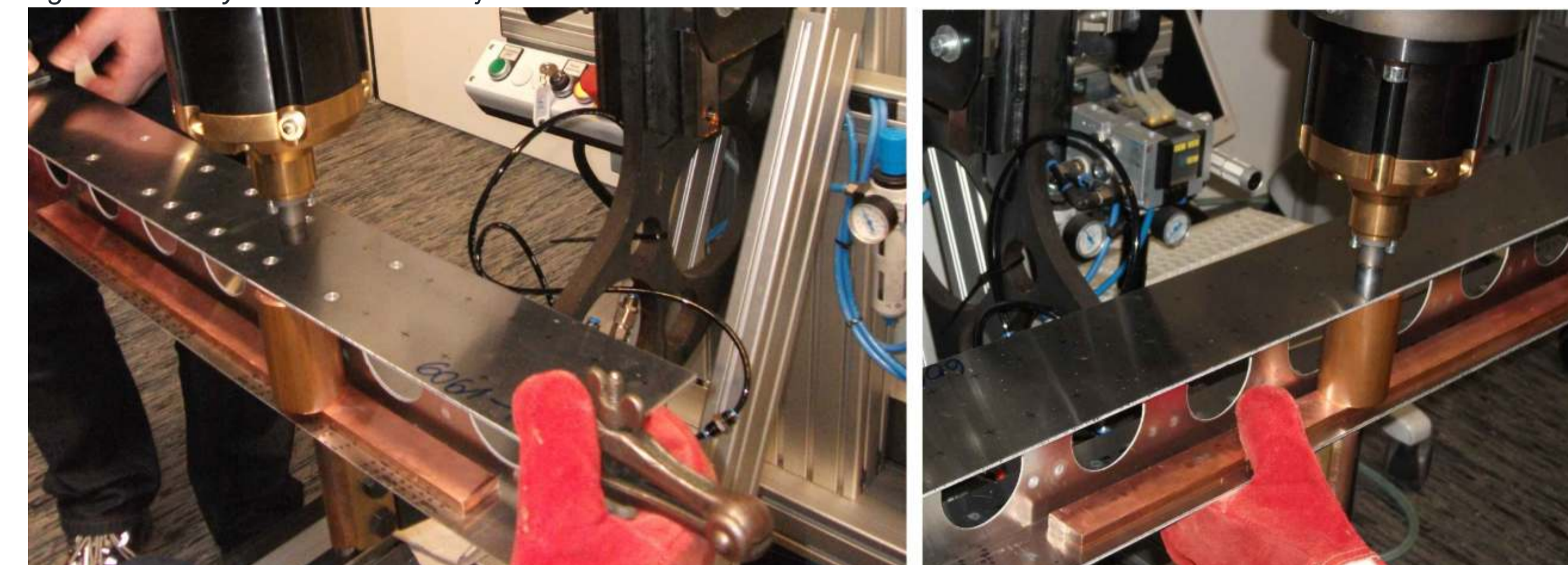
The salient point of utility model W.122595 is joining of thin-walled sheet component into complex profiles. The joints are spot welds distributed pair-wise along lines perpendicular to girder web axis and at the mid-distance between consecutive openings. The spot welds are placed in web and flanges (Fig. 6-9).

Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego

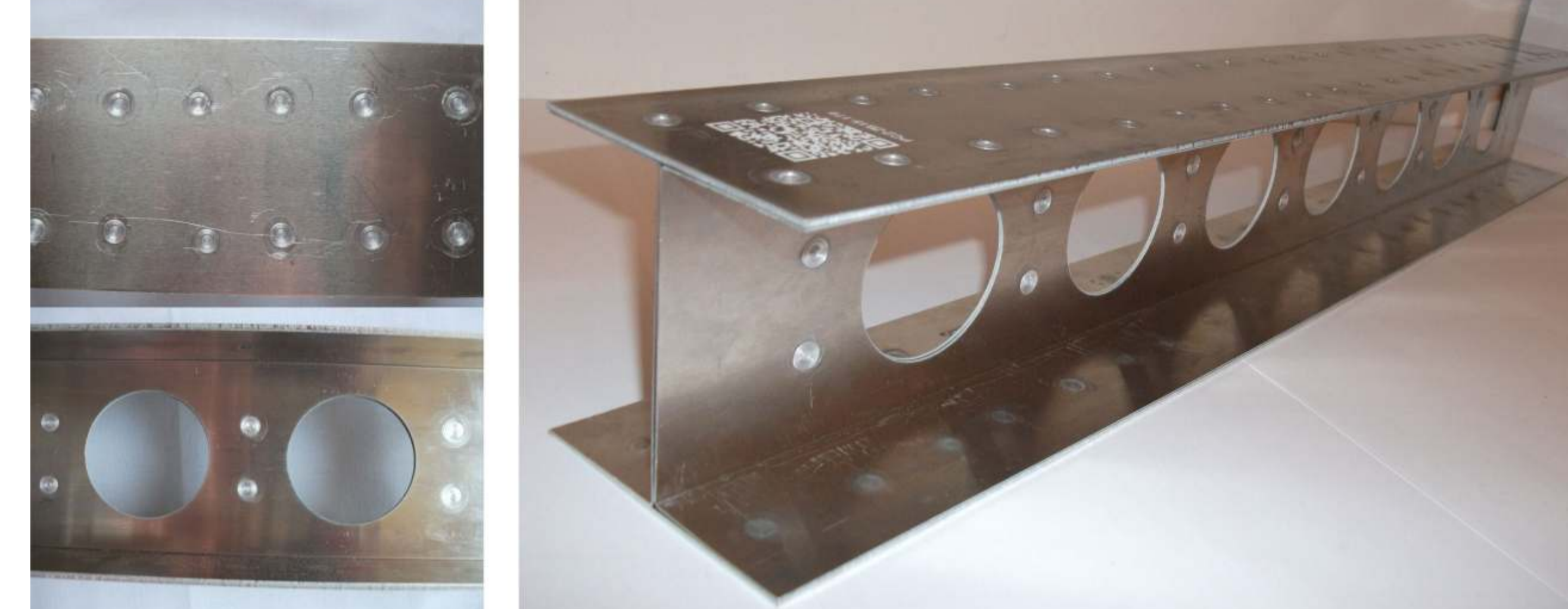
Visualization of the innovative solution



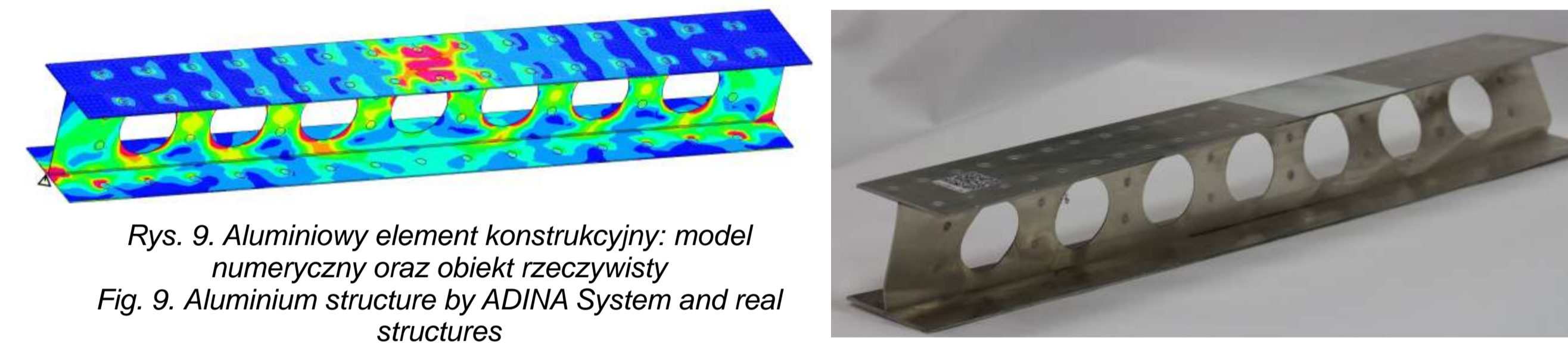
Rys. 6. Geometria połączenia PCZ-ZB15-221
Fig. 6. Geometry of PCZ-ZB15-221 joint



Rys. 7. Zgrzewanie FSSW belek w firmie Harms & Wende
Fig. 7. FSSW welding of beams in Harms & Wende



Rys. 8. Aluminiowy element konstrukcyjny wykonany z użyciem technologii FSSW
Fig. 8. Aluminum structural component produced using FSSW



Rys. 9. Aluminiowy element konstrukcyjny: model numeryczny oraz obiekt rzeczywisty
Fig. 9. Aluminum structure by ADINA System and real structures

Zalety i ograniczenia rozwiązania Innowacyjnego

Advantages and restrictions of innovative solution

- Wzrost wytrzymałości W.122595 pozwala na obniżenie masy całego elementu w porównaniu do takich samych konstrukcji nitowanych.
- Koszt i czas wykonania elementu jest niższy niż przy nitowaniu.
- Obniżenie masy elementów przekłada się na niższą masę pojazdów, co oznacza zmniejszenie zużycia paliwa i poprawę ich osiągów.
- Utility model W.122595 for reduction of component mass compared to equivalent riveted structures.
- Production cost and time of a component is lower than in case of riveting.
- Decrease of component mass results in lower vehicle mass, which in turn decreases fuel consumption and increases range.

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego

Title of the innovative solution

Modelowanie procesu spawania elektronowego
Modelling of electron beam welding

Krótki opis rozwiązania

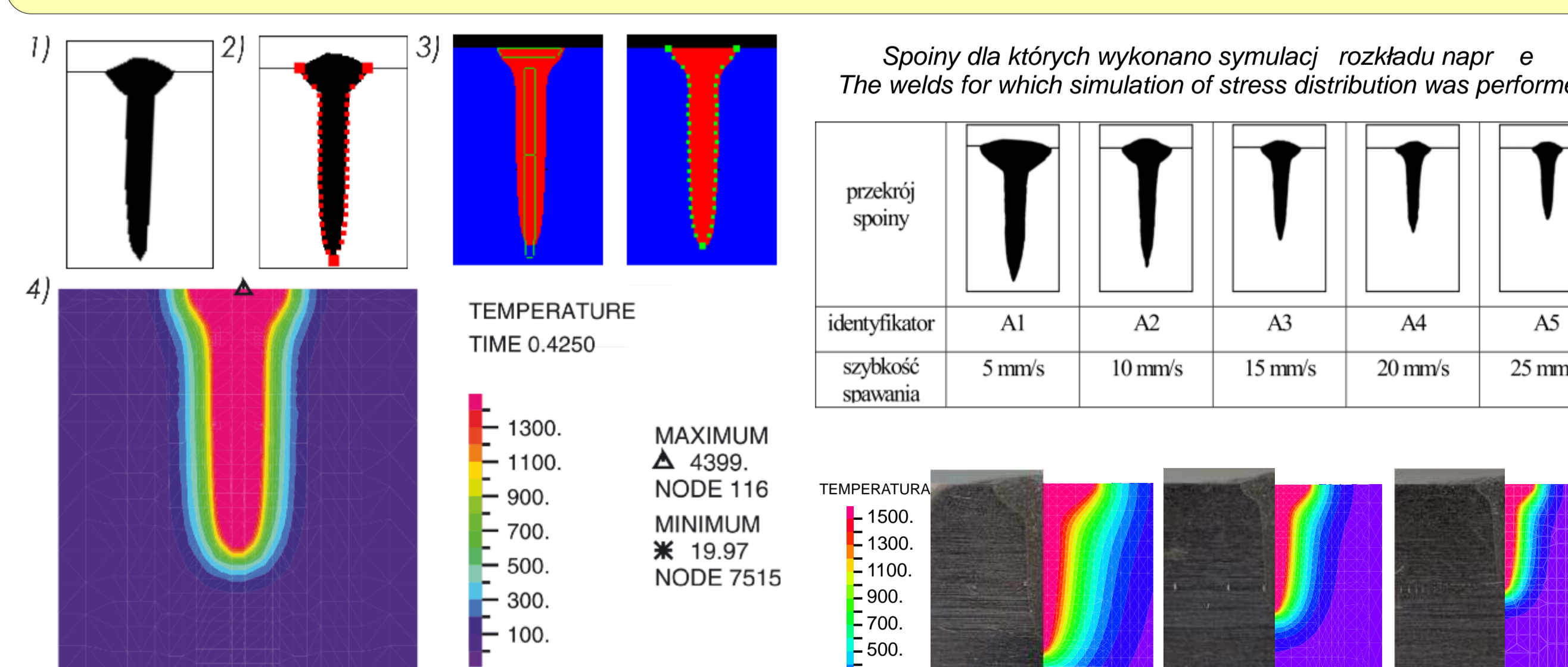
Brief description of the solution

Opracowano modele numeryczne procesu EBW pozwalające na określenie rozkładów: pola temperatury, wielkości deformacji spawanych elementów oraz naprężeń własnych po spawaniu. Wykorzystano model Partial Least Squares do określenia pola temperatury dla procesu spawania wiązki elektronów na podstawie wartości parametrów sterujących procesem (rys. 10-12).

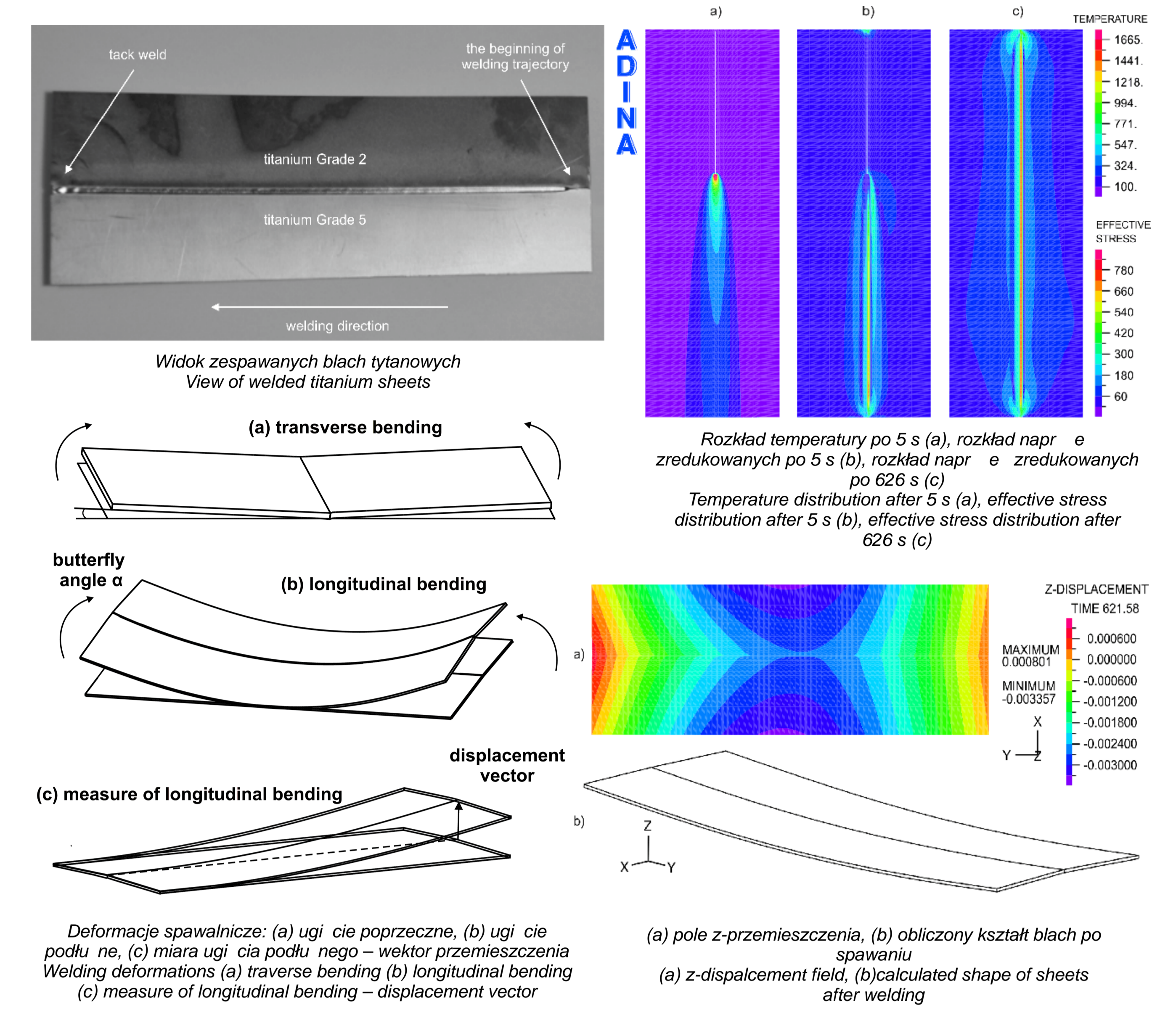
Numerical models have been developed EBW process for determining distributions: temperature field, the size of the deformation of welded components and residual stresses after welding. Partial Least Squares model was used to determine temperature field for electron beam welding process on the basis of process control parameters (fig. 10-12).

Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego

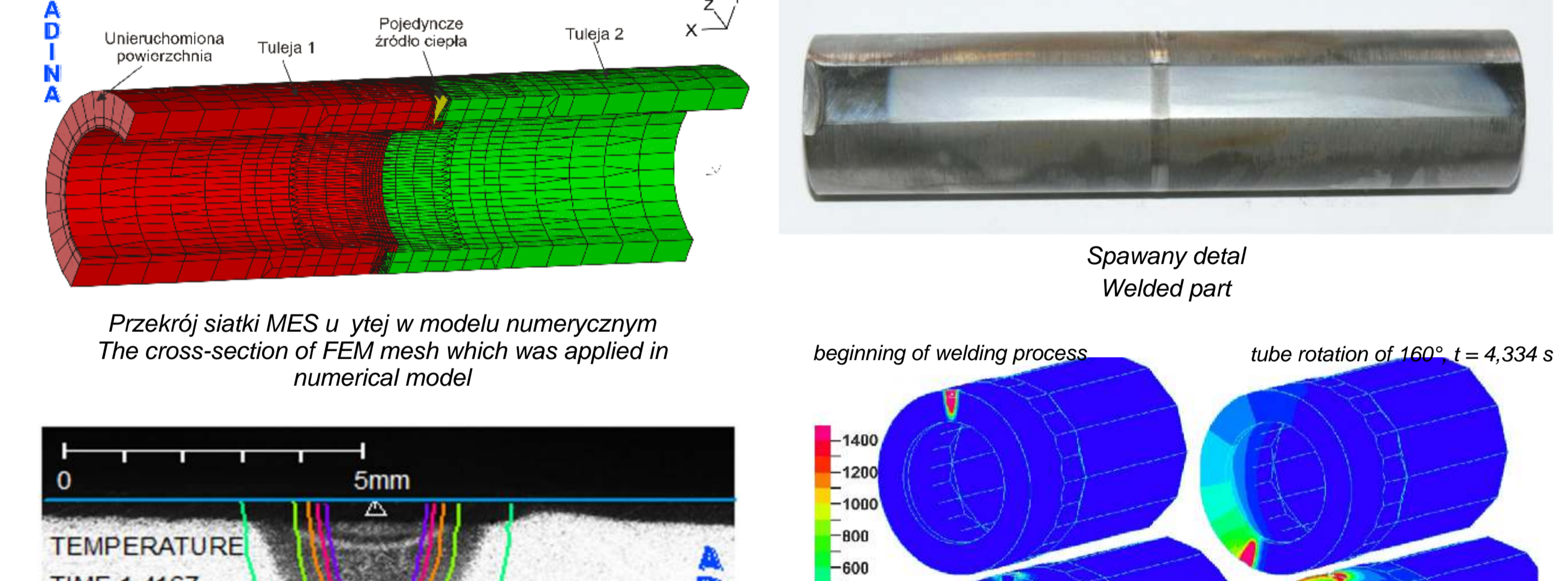
Visualization of the innovative solution



Rys. 10. Modelowanie źródła ciepła w oparciu o modele PLS
Fig. 10. Modelling of heat sources based on PLS method



Rys. 11. Symulacja procesu spawania wiązką elektronów cienkich blach tytanowych
Fig. 11. Simulation of EBW process of thin titanium sheets



Rys. 12. Analiza numeryczna procesu spawania wiązką elektronów tulei ze stali 30HGSA
Fig. 12. Numerical analysis of welding 30HGSA steel tubes using EBW technology

Zalety i ograniczenia rozwiązania Innowacyjnego

Advantages and restrictions of innovative solution

- Opracowane modele procesu spawania EBW pozwalają na przewidywanie pola temperatury, naprężeń i przemieszczeń w funkcji parametrów sterujących procesem spawania.
- Zaproponowane rozwiązanie wymaga określenia geometrii strefy przetopienia, kalibracji źródła ciepła i wykonania analizy termomechanicznej.
- The developed models of EBW process allow for prediction of temperature, stress and strain fields as a function of process control parameters.
- The suggested solution requires defining fusion zone geometry, heat source calibration and thermo-mechanical analysis.

Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki

Examples of application in aviation and other branches

Proponowane rozwiązania mogą znaleźć zastosowanie w przemyśle wymagającym łączenia elementów z trudnospawalnych stopów aluminium, m.in.: w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, kolejowym, morskim i budowlanym.

The suggested solutions can be applied in industries that require joining components made of poorly weldable aluminum alloys, among others in aerospace, automotive, railway transportation, maritime and civil engineering industries.

Oferta dla przemysłu

The offer for industry

Zespół badawczy Politechniki Częstochowskiej proponuje współpracę w zakresie opracowania technologii zgrzewania tarcowego z mieszaniem cienkich blach ze stopów trudnospawalnych oraz metodyki badania złączy zgrzewanych FSW/FSSW. Ponadto oferujemy analizę numeryczno-doświadczalną w zakresie spawania wiązką elektronów.

Częstochowa University of Technology research team offers cooperation in the development of friction stir welding of thin profile components made of poorly weldable alloys and research methodology of FSW/FSSW joints. Additionally we offer numerical and experimental analysis of electron beam welding.

W zakresie realizowanych badań zespół P.Cz. współpracuje z podmiotami przemysłowymi: In the scope of the carried out research Częstochowa University of Technology team cooperates with industrial partners:

- Polskie Zakłady Lotnicze Sp. z o.o. - PZL Mielec
- Pratt & Whitney Kalisz
- WSK "PZL-RZESZÓW" S.A.

Dane kontaktowe:
Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa;
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCZ; e-mail: piotr.lacki.com.pl, tel. +48 601-764-957