

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

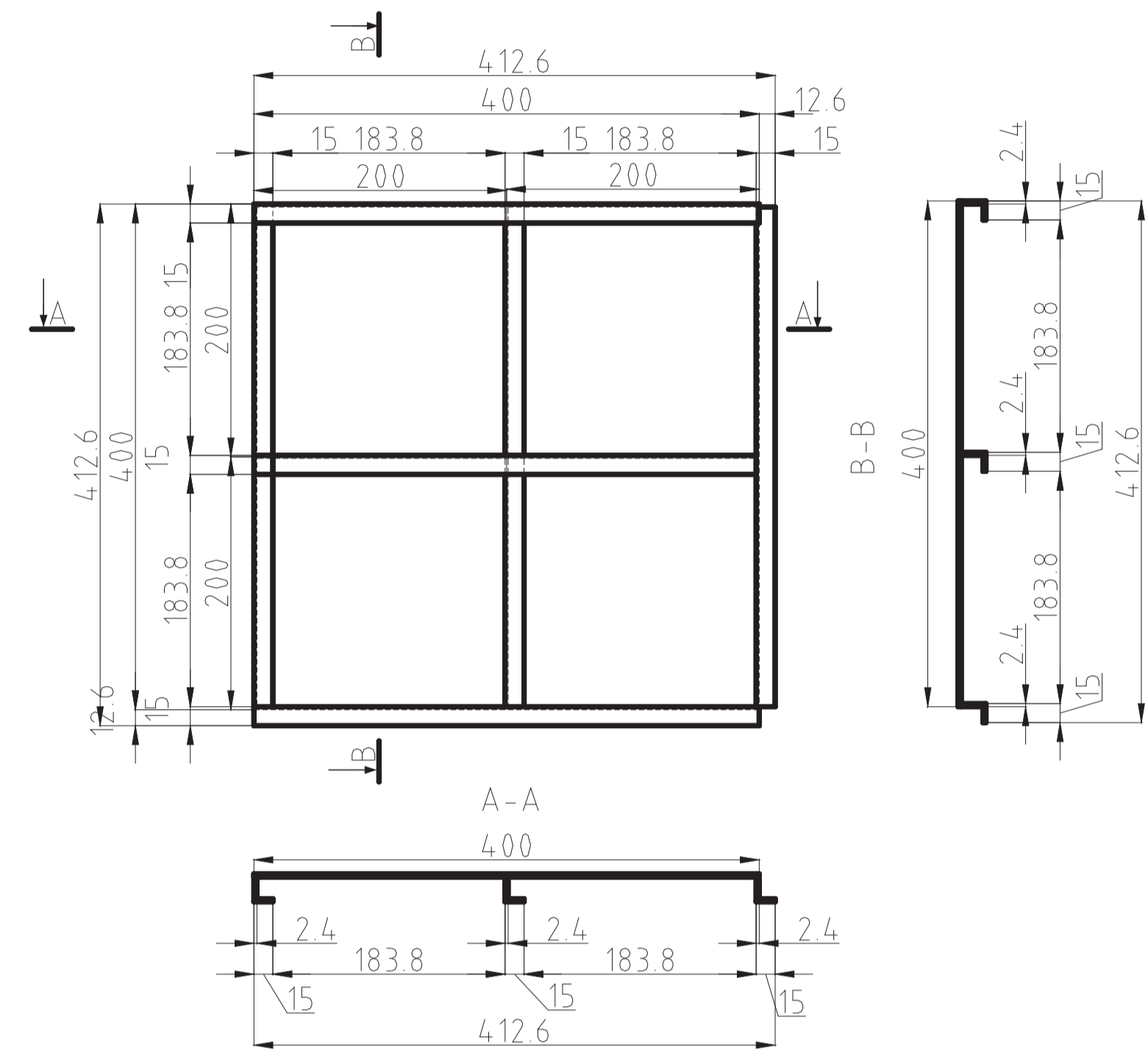
Wyniki badań Results

Opracowanie modelu numerycznego elementu konstrukcji aluminiowej wykonanej za pomocą zgrzewania tarcowego z mieszaniem

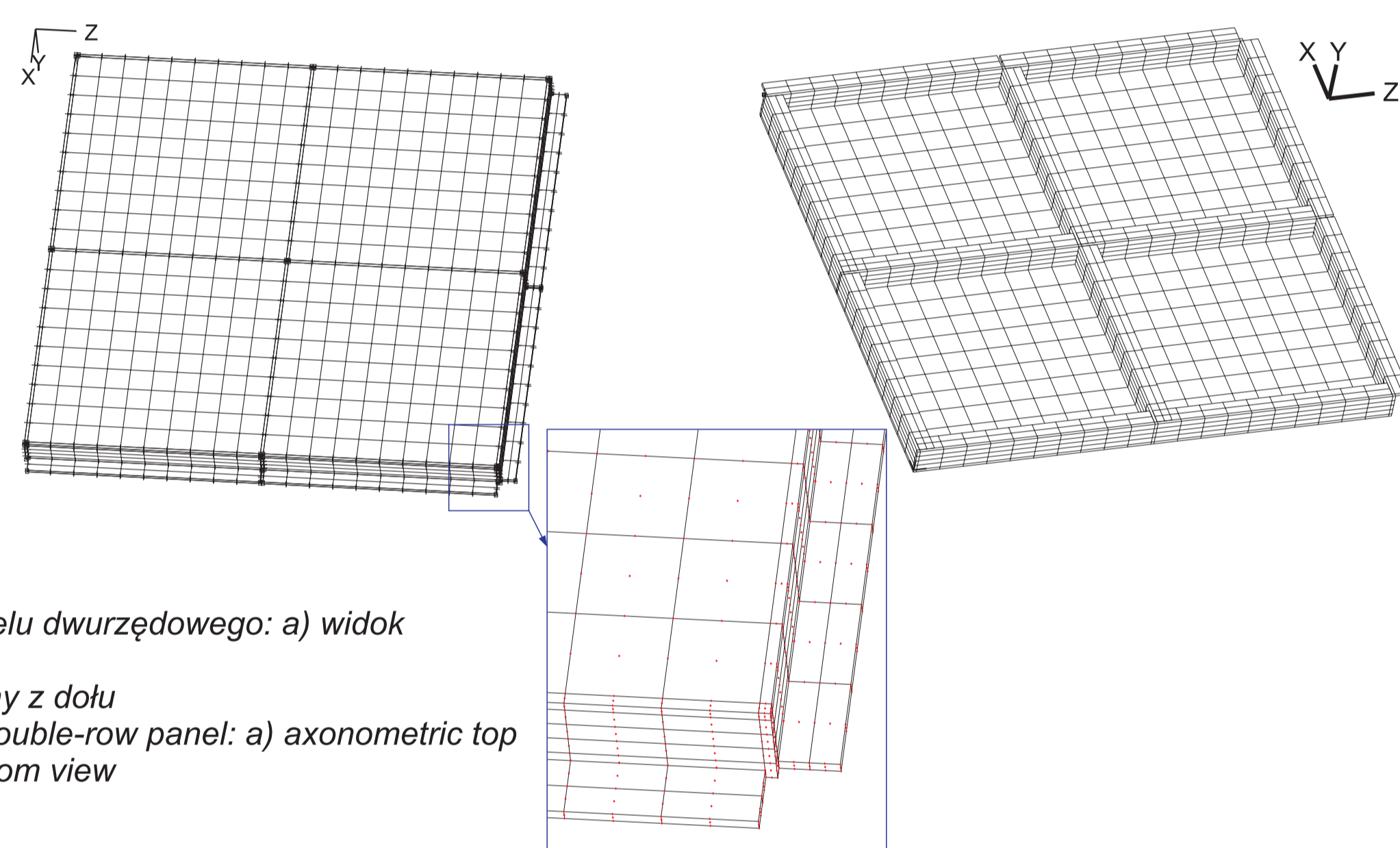
Elaboration of numerical model of part of aluminium friction stir welded structure

Cel: opracowanie modelu numerycznego konstrukcji aluminiowej wykonanej za pomocą zgrzewania tarcowego z mieszaniem (FSW). Ocenie poddano panele jedno- i dwurzędowe oraz belki. Opracowanie modeli konstrukcji poprzedzono opracowaniem modelu złącza zakładkowego wykonanego za pomocą FSW.

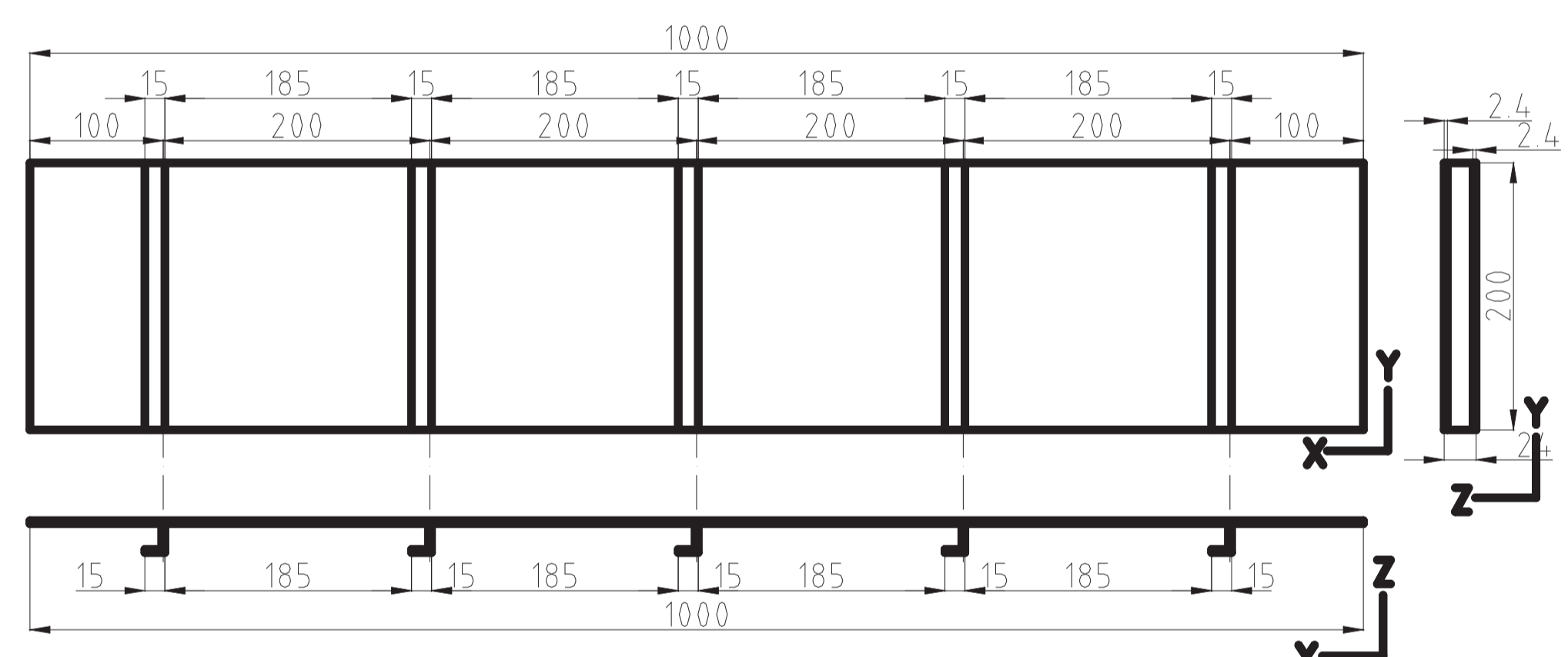
Goal: development of numerical model of aluminium friction stir welded (FSW) structure. The single- and double-row panels as well as beams were evaluated. The development of models of the structures were preceded by preparing the model for the FSW lap joints.



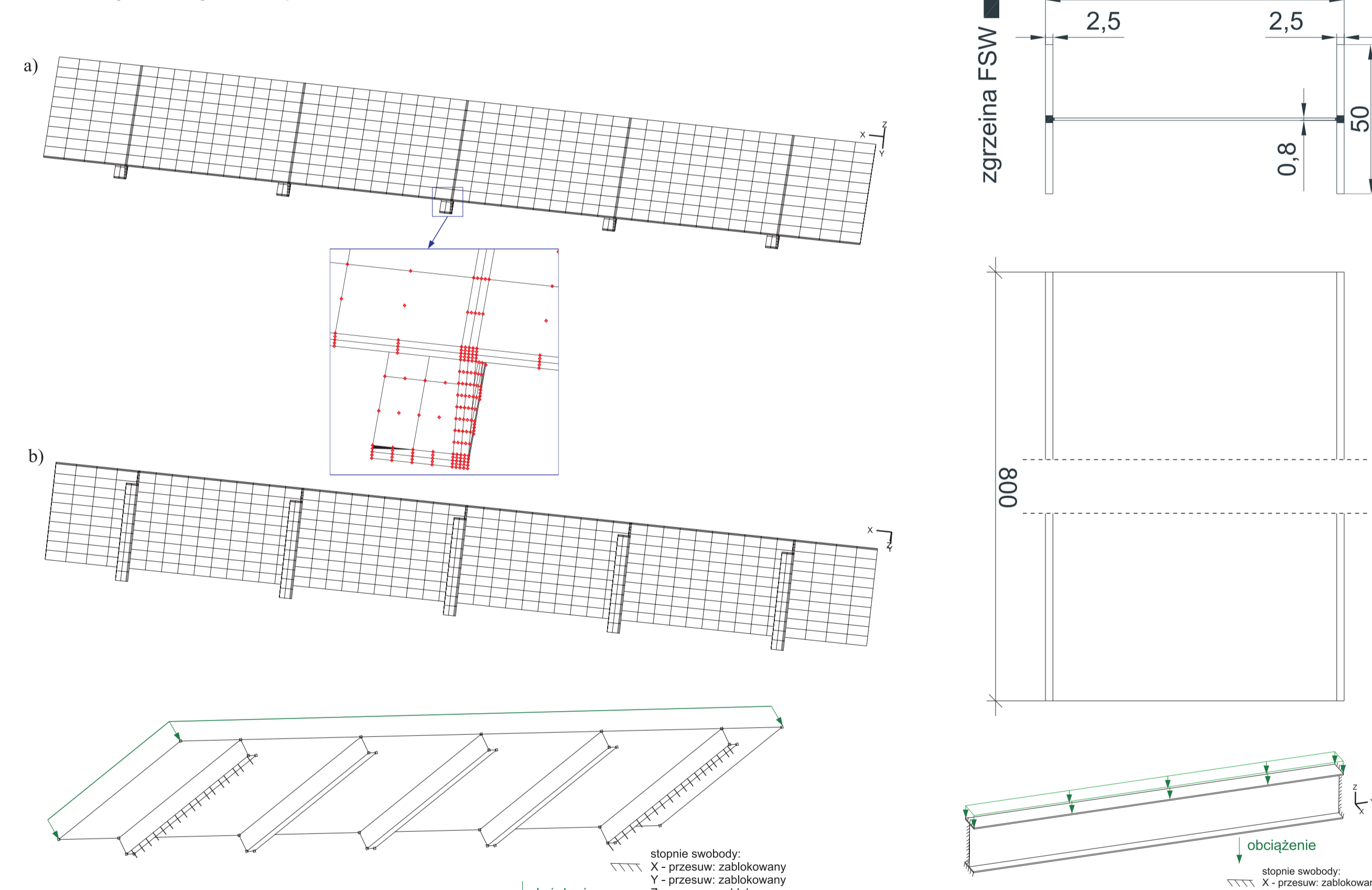
Geometria panelu dwurzędowego
Geometry of double-row panel



Schemat siatki MES panelu dwurzędowego: a) widok aksjonometryczny z góry, b) widok aksjonometryczny z dołu
Schema of FE mesh of double-row panel: a) axonometric top view, b) axonometric bottom view



Geometria panelu jednorzędowego
Geometry of single-row panel



Schemat siatki MES panelu jednorzędowego: a) widok aksjonometryczny z góry, b) widok aksjonometryczny z dołu
Schema of FE mesh of single-row panel: a) axonometric top view, b) axonometric bottom view

Wnioski Conclusions

- istnieje możliwość opracowania modelu mechanicznego w celu numerycznej analizy struktur wykonanych za pomocą technologii zgrzewania tarcowego z mieszaniem materiału,
- najdłuższym czasem obliczeniowym charakteryzują się struktury panelowe ze względu na złożoną geometrię oraz 27-węzłowe elementy skończone typu 3D-solid,
- obliczenia zginanej konstrukcji belki wykonanej za pomocą technologii zgrzewania z mieszaniem materiału zgrzeiny zostają przeprowadzone w około 3 razy krótszym czasie niż obliczenia rozciąganej złącza FSW, pomimo użycia takich samych 8-węzłowych elementów skończonych typu 3D-solid.

- It is possible to develop the mechanical model for the numerical analysis of the structures made using friction stir welding (FSW).
- The panel structures are characterized the longest computational time due to the complex geometry and 27-nodes 3D-solid finite elements.
- The calculations of the bending beam structure made using friction stir welding were carried out about 3 times less time than the calculations of tension of the FSW sample, in spite of modeling by 8-nodes 3D-solid finite elements

Wyniki badań Results

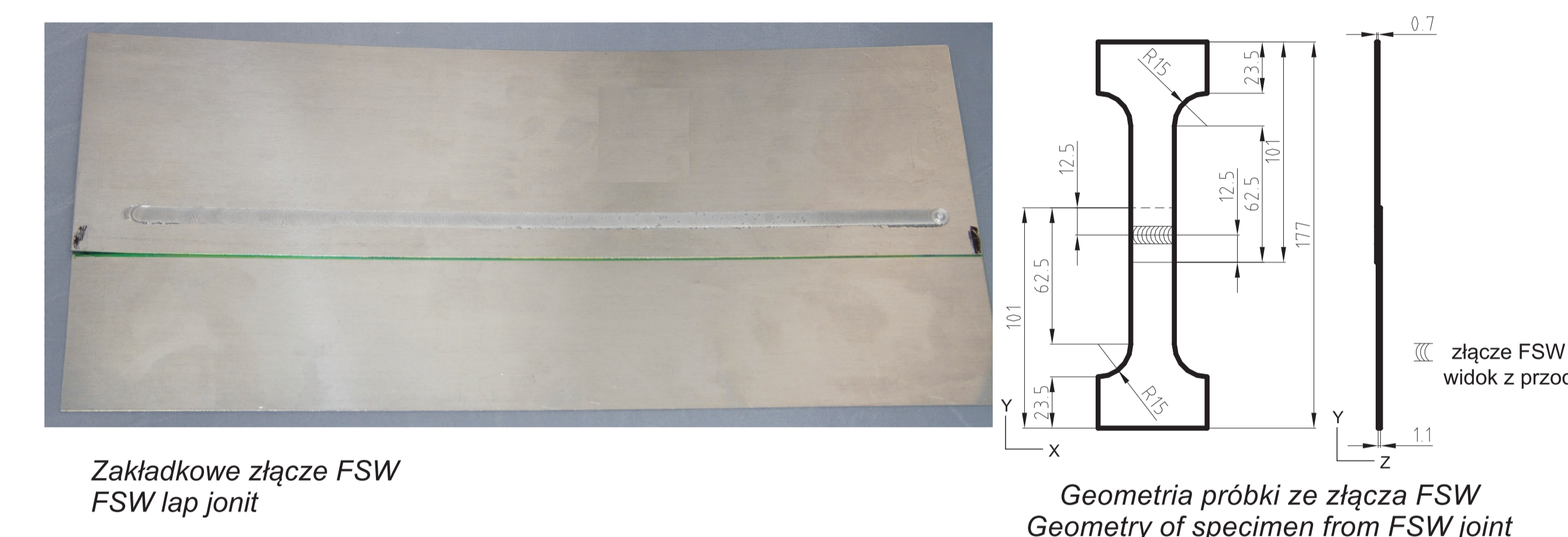
Analiza numeryczna elementu konstrukcji aluminiowej wykonanej metodą zgrzewania tarcowego z mieszaniem (FSW)

Numerical analysis of part of aluminium friction stir welded (FSW) structure

Cel: uzyskanie informacji o rozkładzie odkształceń plastycznych w aluminiowych panelach jedno- i dwurzędowych oraz belce, wykonanych za pomocą zgrzewania tarcowego z mieszaniem.

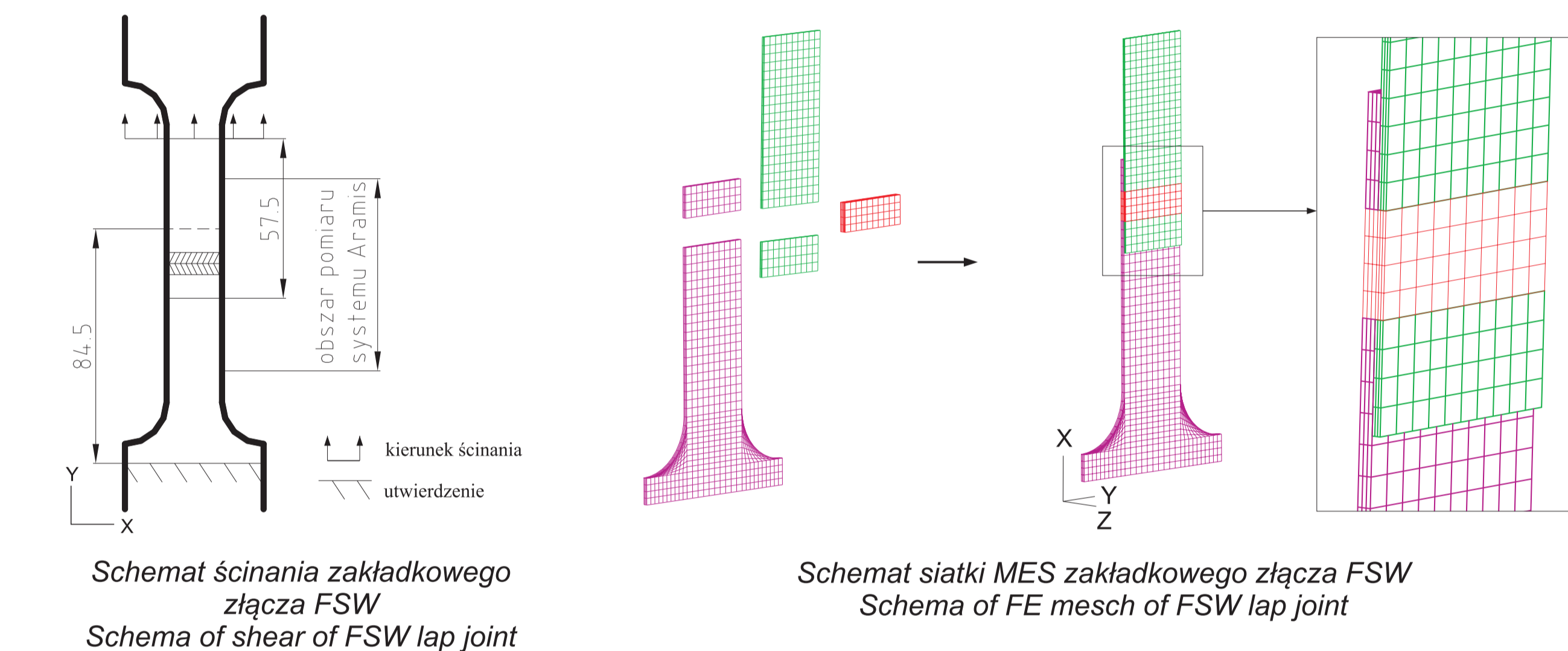
Ocenę konstrukcji poprzedzono analizą próbki połączenia zakładkowego. Na podstawie badań eksperymentalnych, określono wytrzymałość złącza zakładkowego oraz rozkład odkształceń plastycznych na powierzchni złącza. Rezultaty odkształceń plastycznych uzyskanych w doświadczeniach porównano z wynikami obliczeń numerycznych.

Goal: obtaining of information on the plastic strains distribution in (The single- and double-row panels as well as beams, which were made with friction stir welding technology. The evaluation of the structures was preceded by the analysis of the sample from FSW lap joint. On the basis of experimental studies, the shear strength of the FSW joint and the distribution of plastic strains on the joint surface were defined. The results of plastic strains obtained in the experiments were compared with the results of numerical calculations.



Zakładkowe złącze FSW
FSW lap joint

Geometria próbki ze złącza FSW
Geometry of specimen from FSW joint

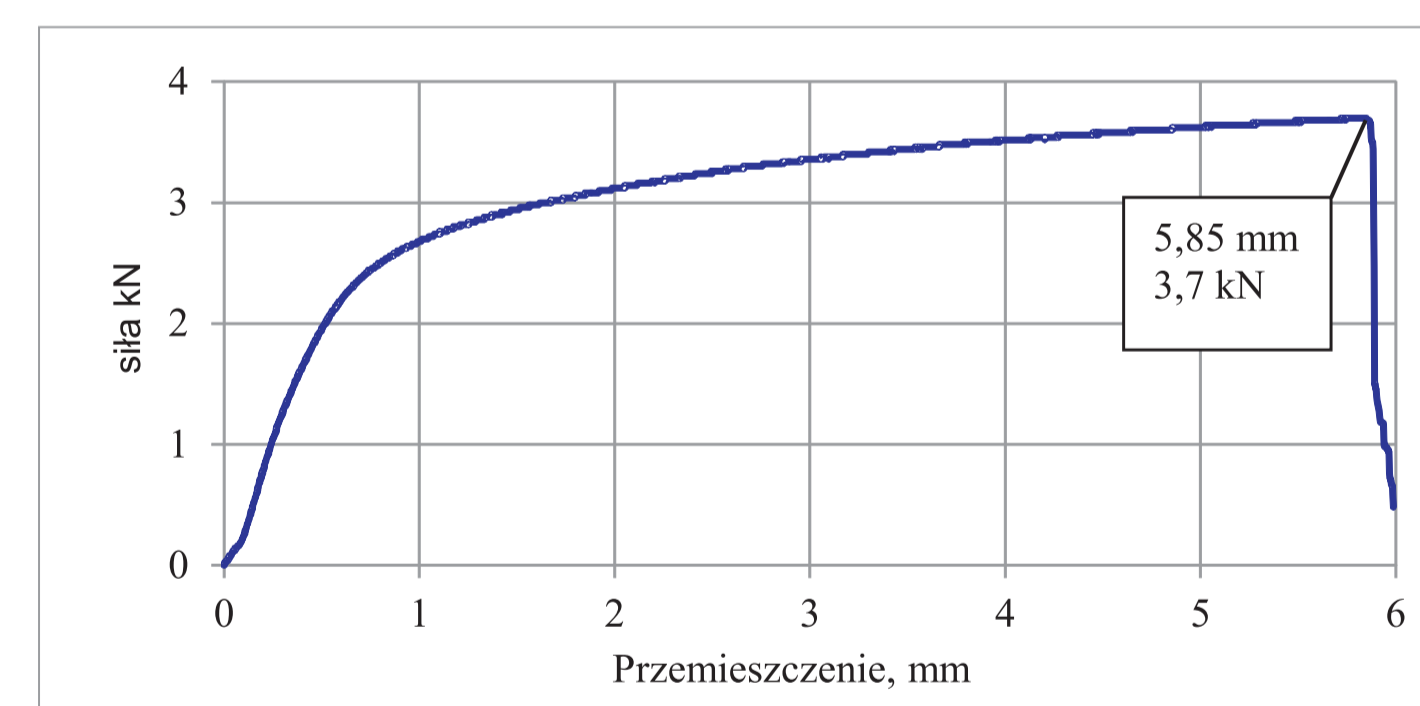


Schemat ścinania zakładkowego złącza FSW
Schema of shear of FSW lap joint

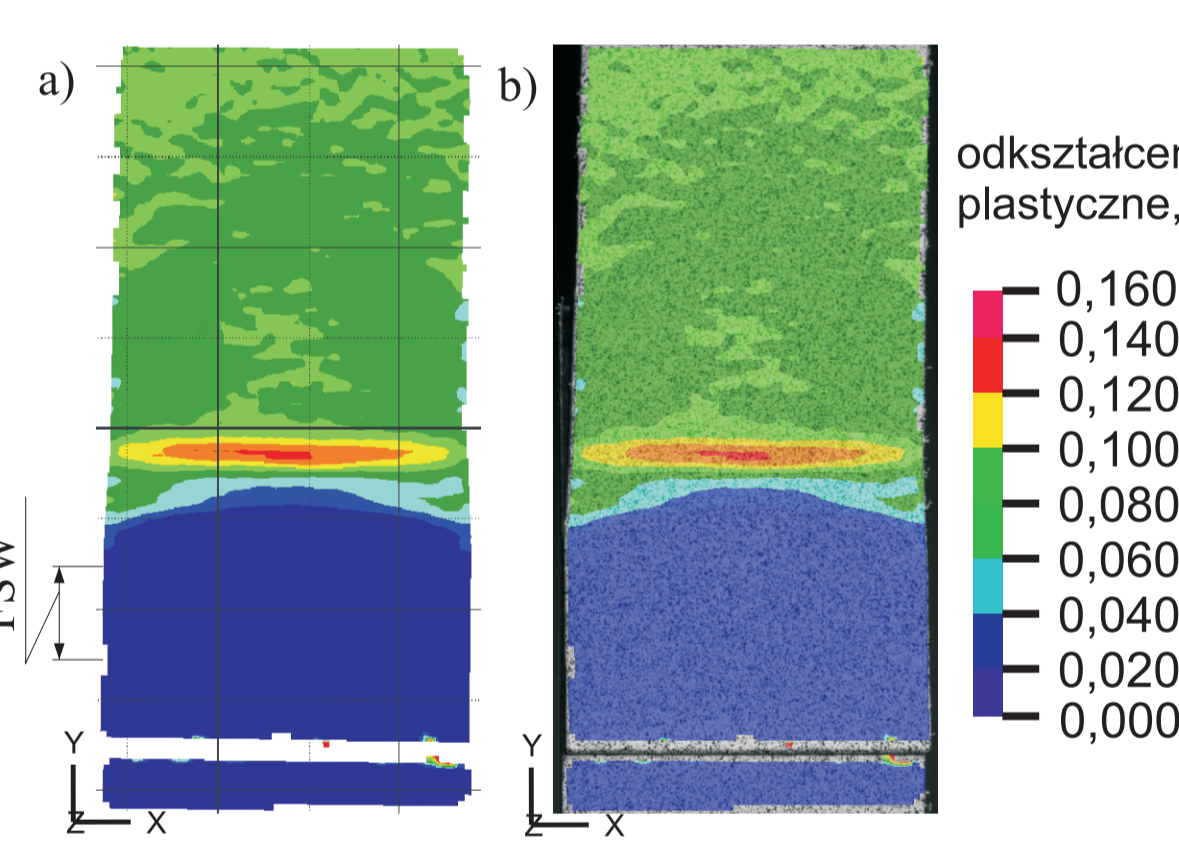
Schemat siatki MES zakładkowego złącza FSW
Schema of FE mesh of FSW lap joint



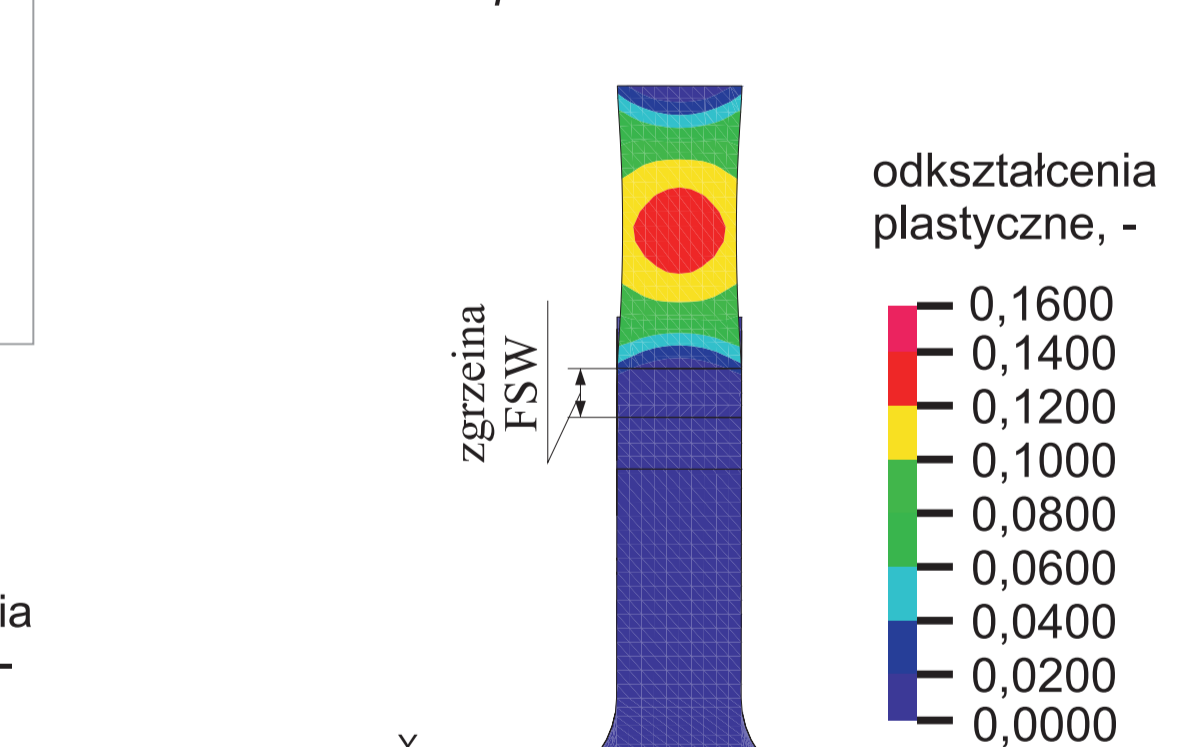
System optycznej analizy odkształceń – Aramis
The system of optical strains analysis - Aramis



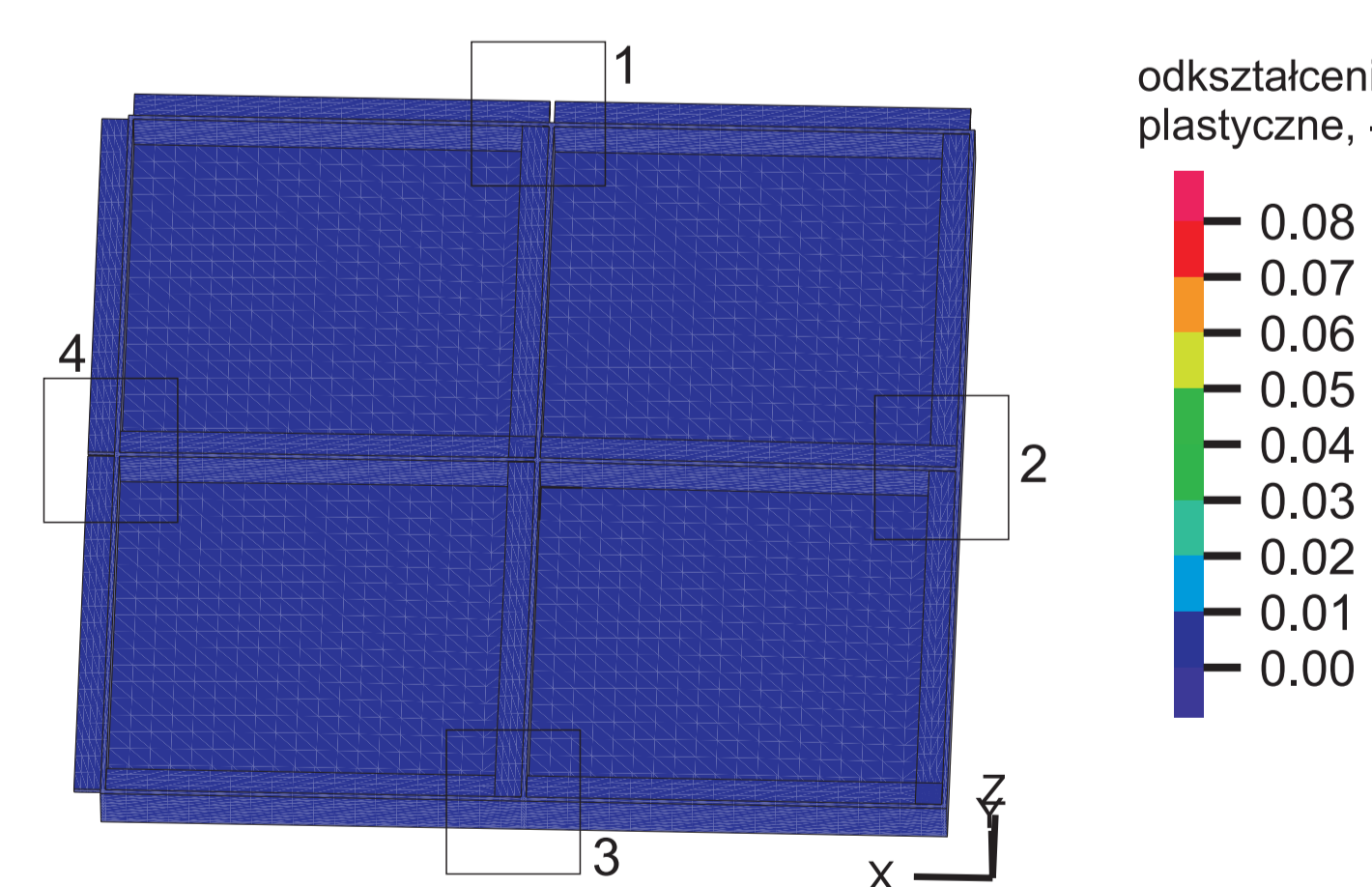
Wykres przemieszczenie-siła
Curve of displacement-force



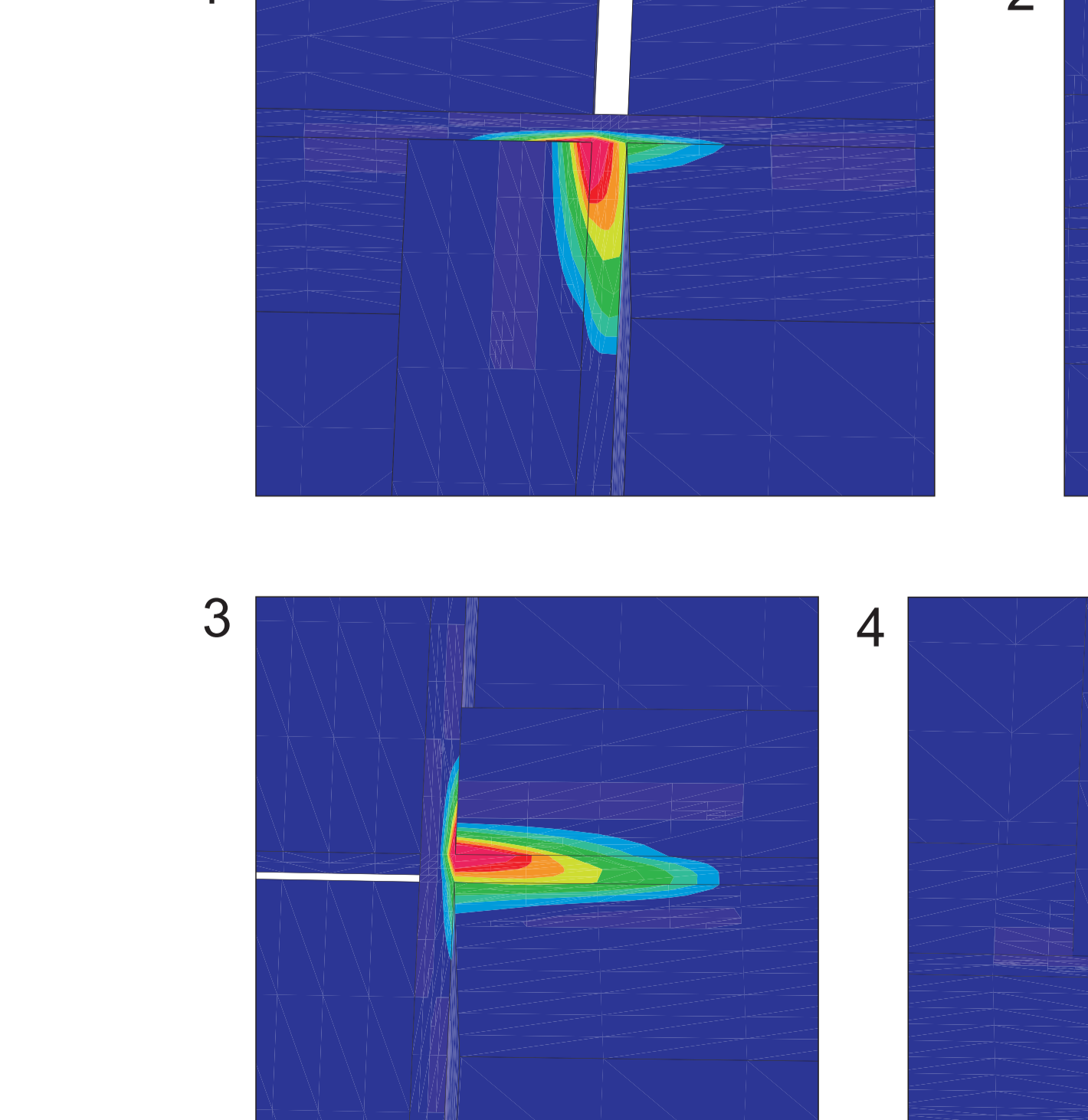
Rozkład odkształceń plastycznych na powierzchni złącza FSW (a), rozkład odkształceń z naniesionymi fasetkami (b) - wyniki badań eksperymentalnych
Plastic strains distribution on surface of FSW joint (a), distribution of strains with marked facets (b) - experimental results



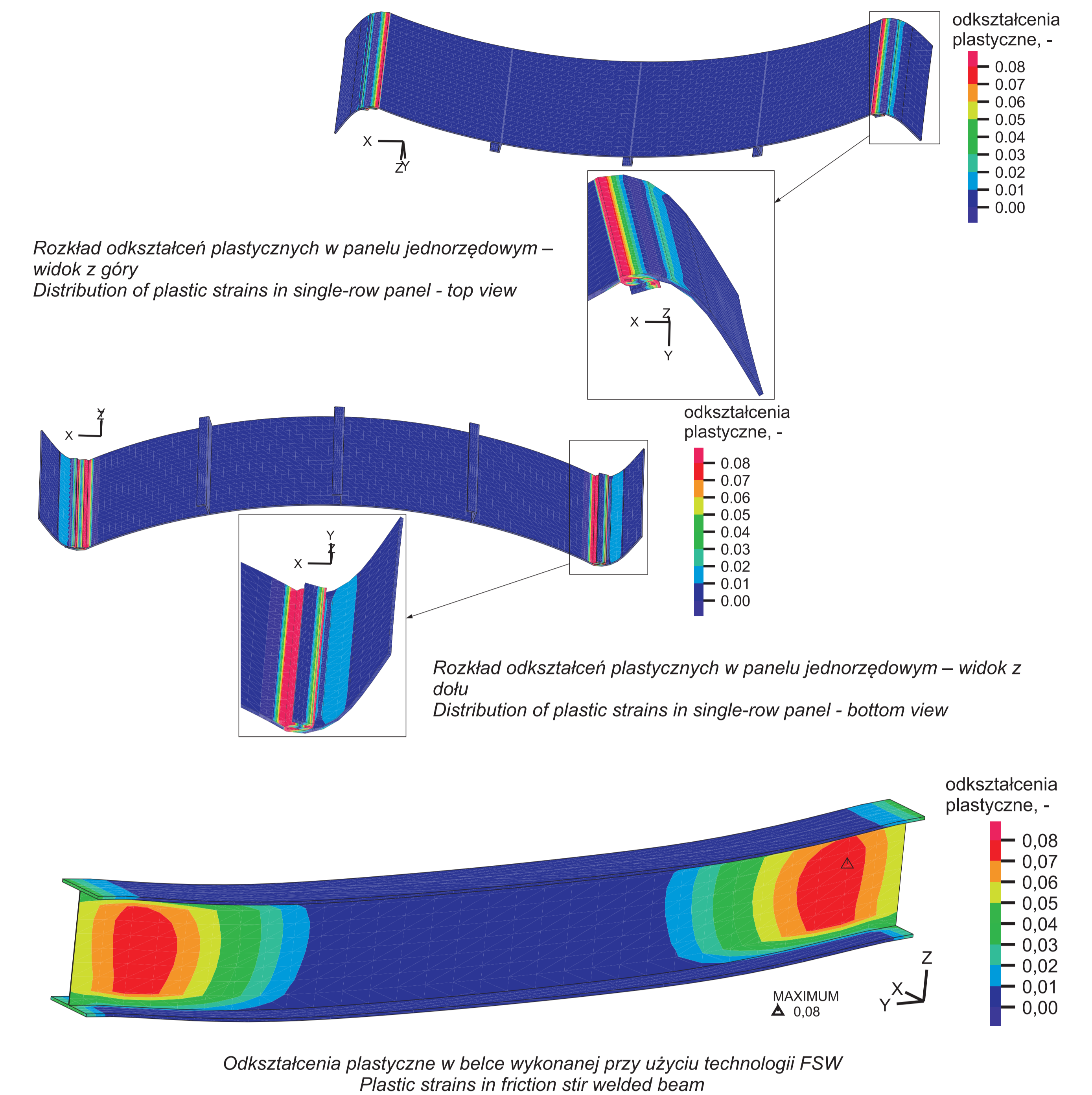
Rozkład odkształceń plastycznych na powierzchni próbki zakładkowego złącza FSW - wyniki obliczeń numerycznych
Distribution of plastic strains on surface of FSW sample - numerical calculation results



Rozkład odkształceń plastycznych w panelu dwurzędowym
Distribution of plastic strains in double-row panel



Rozkład odkształceń plastycznych w panelu dwurzędowym
Distribution of plastic strains in double-row panel



Rozkład odkształceń plastycznych w panelu jednorzędowym – widok z góry
Distribution of plastic strains in single-row panel - top view

Rozkład odkształceń plastycznych w panelu jednorzędowym – widok z dołu
Distribution of plastic strains in single-row panel - bottom view

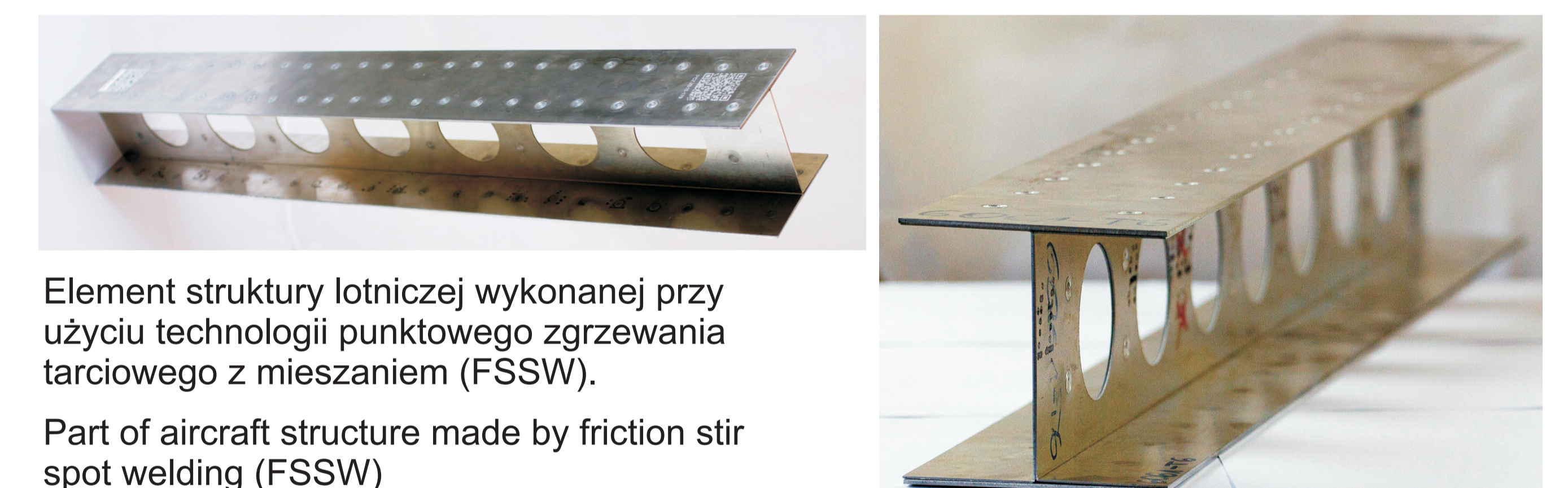
Odształcenia plastyczne w belce wykonanej przy użyciu technologii FSW
Plastic strains in friction stir welded beam

Wnioski Conclusions

- miejsce inicjacji pęknięć struktury wykonanej za pomocą zgrzewania tarcowego z mieszaniem materiału jest zlokalizowane w miejscu występowania maksymalnych odkształceń plastycznych,
- maksymalne odkształcenia plastyczne w analizowanej strukturze dwurzędowej występują w miejscu nachodzących na siebie podpórek, natomiast w strukturze jednorzędowej występują w dolnej części skrajnej podłużnicy, podczas gdy w belce maksymalne odkształcenia plastyczne są zlokalizowane w środku.

- The cracks initiations in the friction stir welded (FSW) structure is situated in the place with the maximum plastic strains.
- The maximum of plastic strains in the analysed double-row panel is concentrated in the overlapping itself supports, while the maximum of plastic strains in the single-row panel is concentrated in the lower part of external stringer. The maximum of plastic strains in the beam is concentrated in the web.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation



Element struktury lotniczej wykonanej przy użyciu technologii punktowego zgrzewania tarcowego z mieszaniem (FSSW).
Part of aircraft structure made by friction stir spot welding (FSSW)

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

W zakresie realizowanych badań zespół P.Cz. współpracuje z podmiotami przemysłowymi:
WSK Świdnik - współpraca dotyczy zagadnienia klejenia okładzin hamulcowych do klocków hamulcowych hamulca bębnowego wirnika nośnego śmigłowca Mi-2
PZL Mielec - współpraca dotyczy zagadnienia zgrzewania tarcowego z przemieszaniem
P&W Kalisz - współpraca dotyczy badania możliwości zastąpienia technologii lutownia spawaniem w aparatach kierujących.
WSK Rzeszów - współpraca dotyczy optymalizacji procesu spawania wiązką elektronów

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. Derlatka A., Lacki P.: **Numerical investigation of Refill Friction Stir Spot Welding joints**, XXII Conference Computer Methods in Materials Technology, KomPlasTech 2015, 11.-14.I.2015, Krynica-Zdrój
2. Adamus K., Lacki P.: **The numerical analysis of a titanium sheets welding process and welding joint tensile behaviour**, XXII Conference Computer Methods in Materials Technology, KomPlasTech 2015, 11.-14.I.2015, Krynica-Zdrój

Publikacje

1. Derlatka A., Lacki P.: **Numerical investigation of Refill Friction Stir Spot Welding joints**, Computer Methods in Materials Science 15 (2015), 144–149
2. Adamus K., Lacki P.: **The numerical analysis of a titanium sheets welding process and welding joint tensile behaviour**, Computer Methods in Materials Science 15 (2015) 137-143

Prace mgr, dr, hab. Prace doktorskie

Tytuł: **Teoretyczno-doświadczalna analiza aluminiowych struktur wykonanych w technologii RFSSW**

Autor: Anna Derlatka
Promotor: dr hab. inż. Piotr Lacki, dr inż. Przemysław Kasza
Data otwarcia przewodu doktorskiego: 22.01.2014
Status: w trakcie realizacji - w recenzji

Prace habilitacyjne

Tytuł: **Energia liniowa spawania i możliwości jej obliczania**
Autor: Wojsyk Kwiryn
Status: w trakcie realizacji