

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

### Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych

### Unconventional technologies of joining of elements of aeronautical constructions

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

#### Wyniki badań

Results

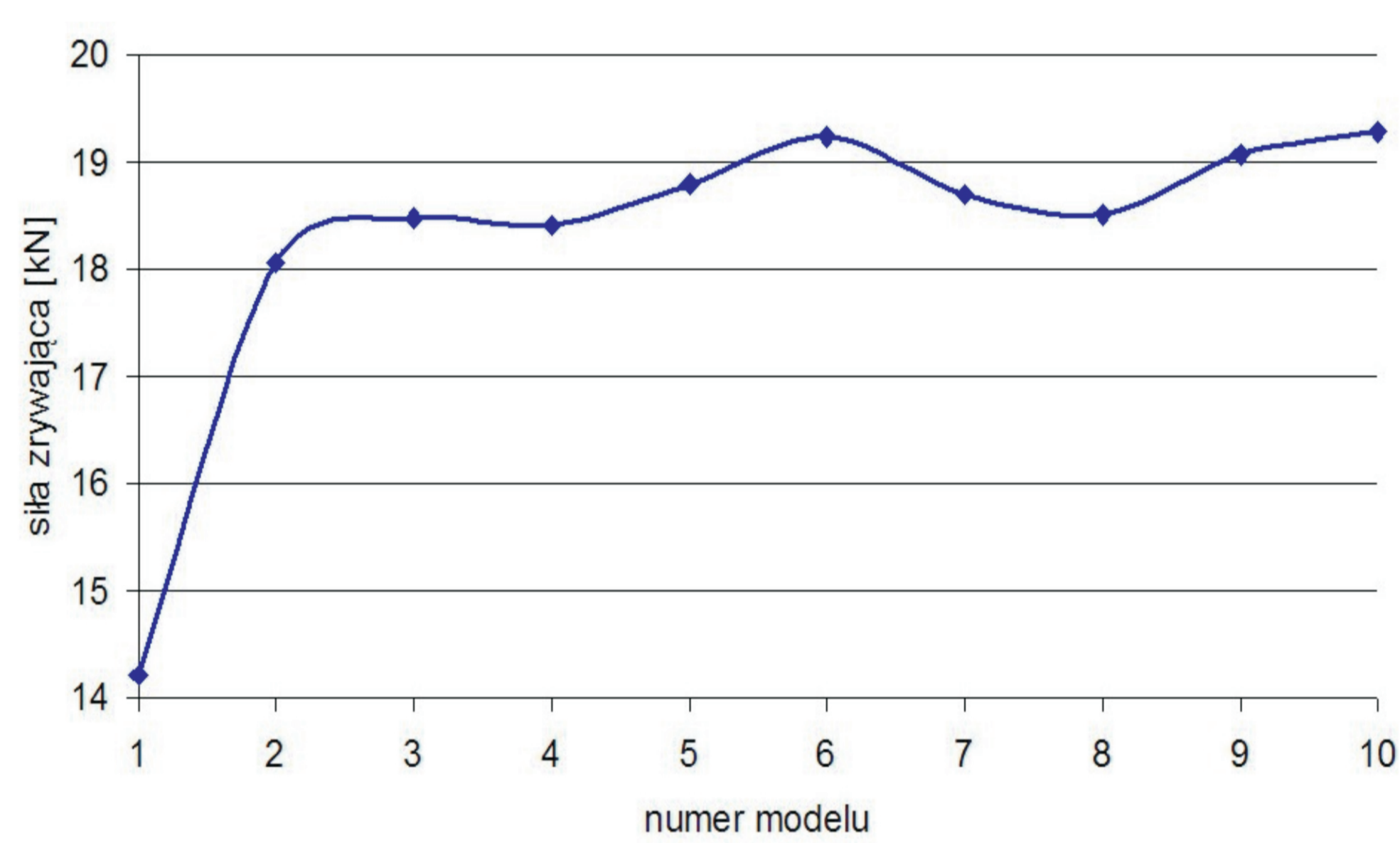
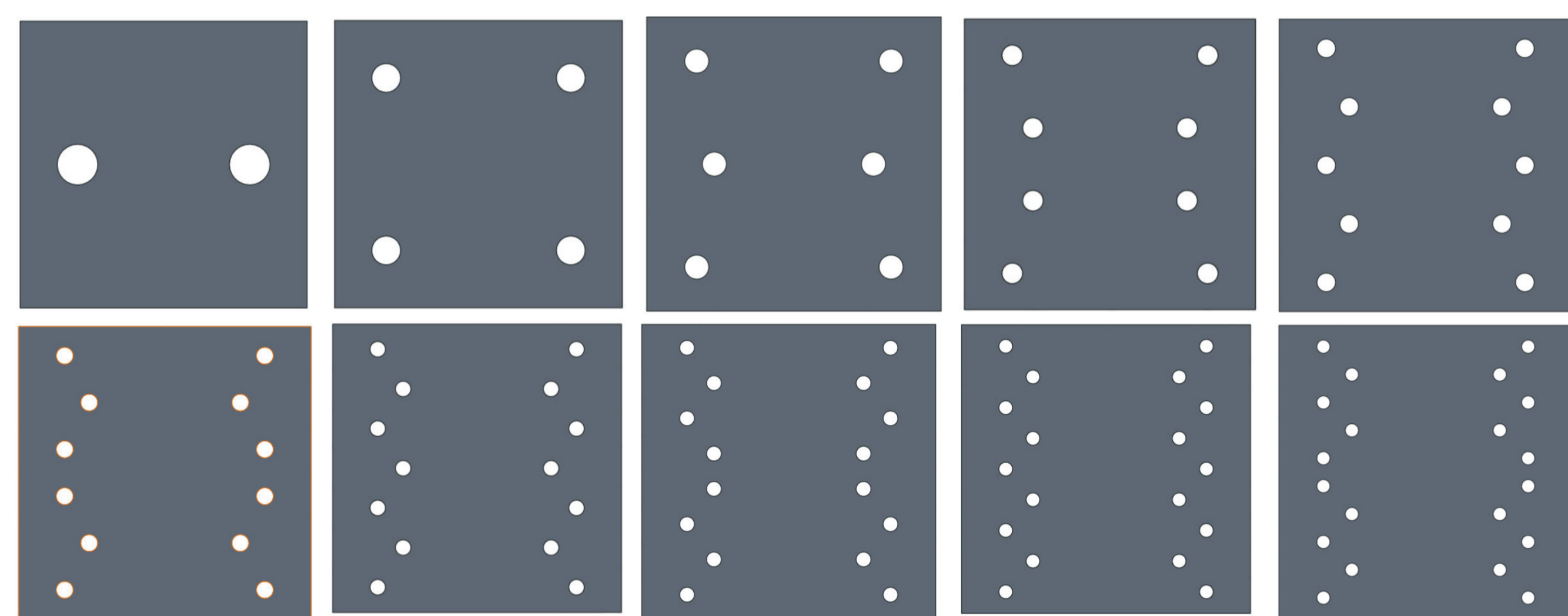
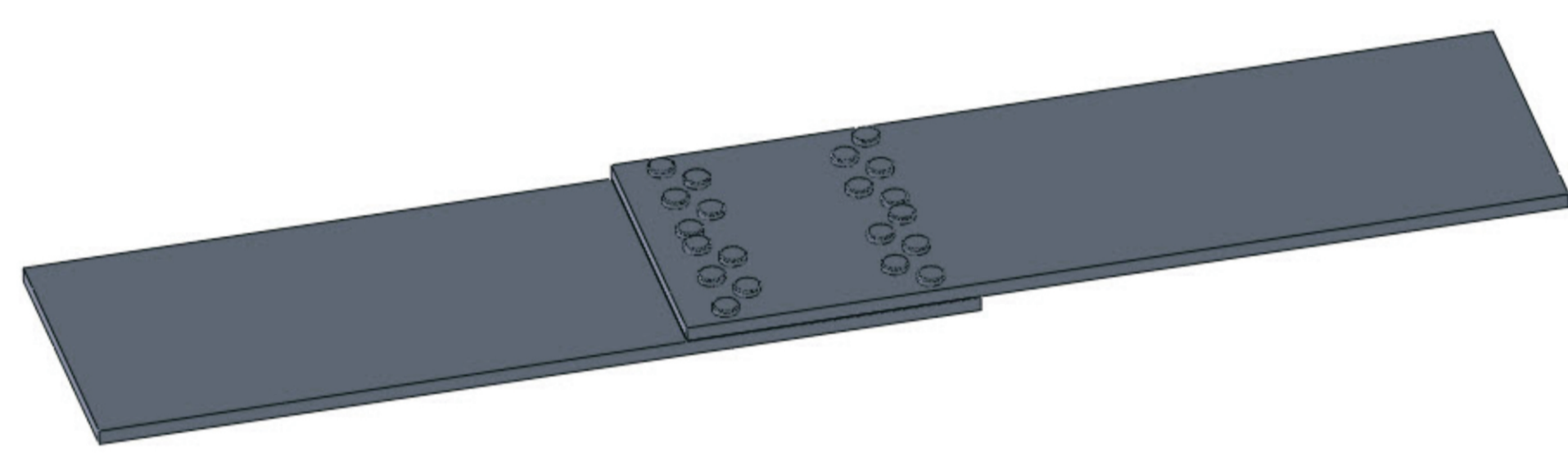
#### Badanie wpływu rozproszenia pola łącznika mechanicznego na wytrzymałość połączeń

The effect of field dispersion of the mechanical connector on connection strength

Tematem zrealizowanych prac było badanie wpływu rozproszenia pola łącznika mechanicznego na wytrzymałość połączeń. Główne założenia dotyczące budowy modeli numerycznych:

- we wszystkich modelach pola powierzchni łączników mechanicznych są takie same i wynoszą 25,12mm<sup>2</sup>,
- łączniki mechaniczne rozmieszczone są w pasie, którego granicę wyznacza średnica łącznika z pierwszego modelu.

The subject of the carried out work, was the study of the effect of field dispersion of the mechanical connector on connection strength. The main assumptions concerning the construction of numerical models: - in all models, surface area of mechanical fasteners was the same (25.12mm<sup>2</sup>) - mechanical fasteners were arranged in a strip delimited by the diameter of the first model



#### Wnioski

Conclusions

- w złączach hybrydowych korzystnym jest stosowanie mikrowkrętów, jednak ich zastosowanie musi być poprzedzone szeregiem symulacji numerycznych. Wzrost nośności połączenia jaki można przez to osiągnąć wynosi ponad 35% przy zastosowaniu łączników o średnicy 2,3mm.

- nieciągłości warstewki kleju wywołane otworami pod łączniki mechaniczne w złączach czysto klejowych powodują obniżenie nośności połączenia nawet o 10%.

- najkorzystniej jest stosować mikrowkręty w złączach czysto mechanicznych od modelu 6 do 10 zanotowano wyraźny wzrost nośności połączeń, zaś maksymalnie można uzyskać wzrost siły potrzebnej do zniszczenia na poziomie 30%.

#### Wyniki badań

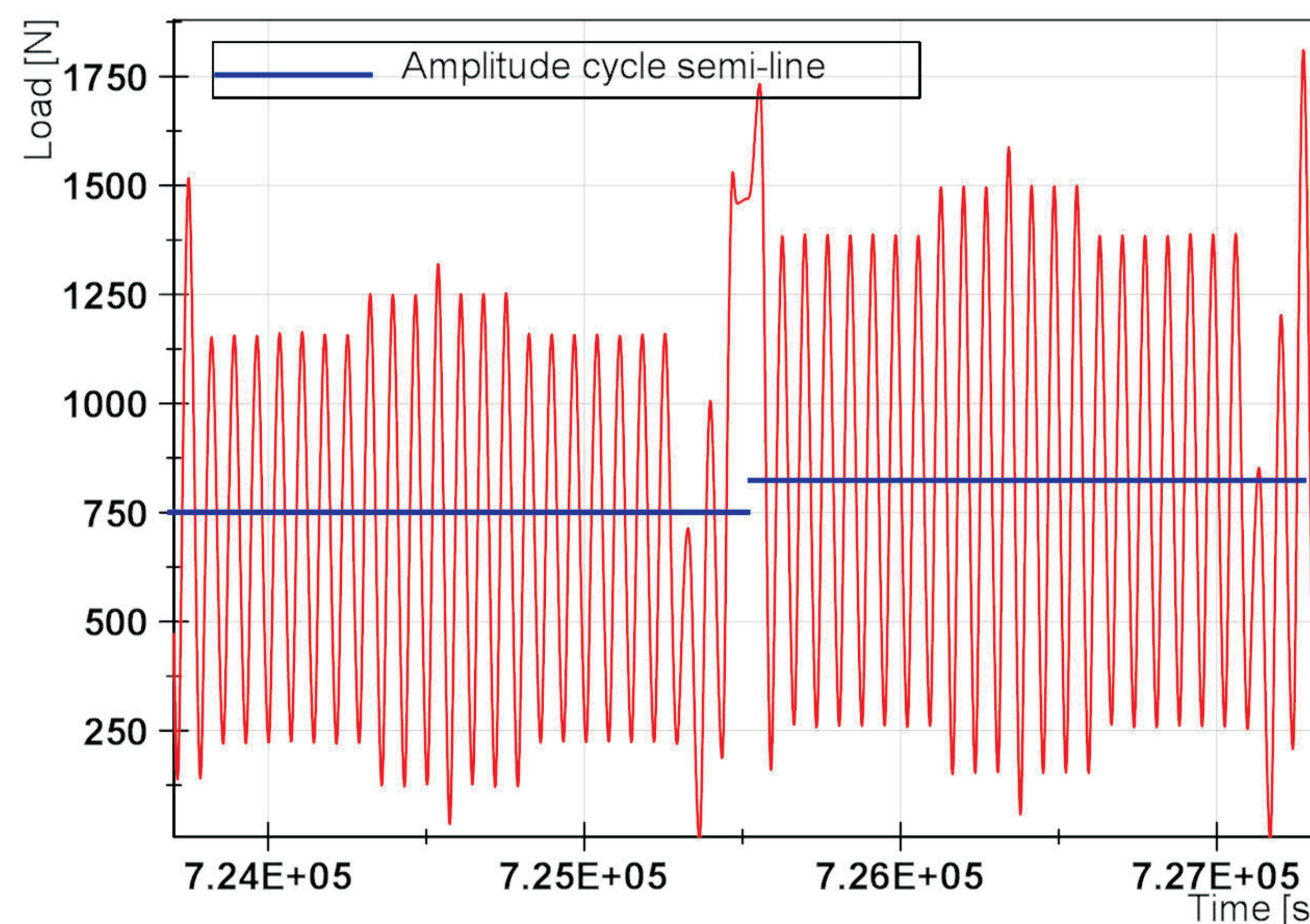
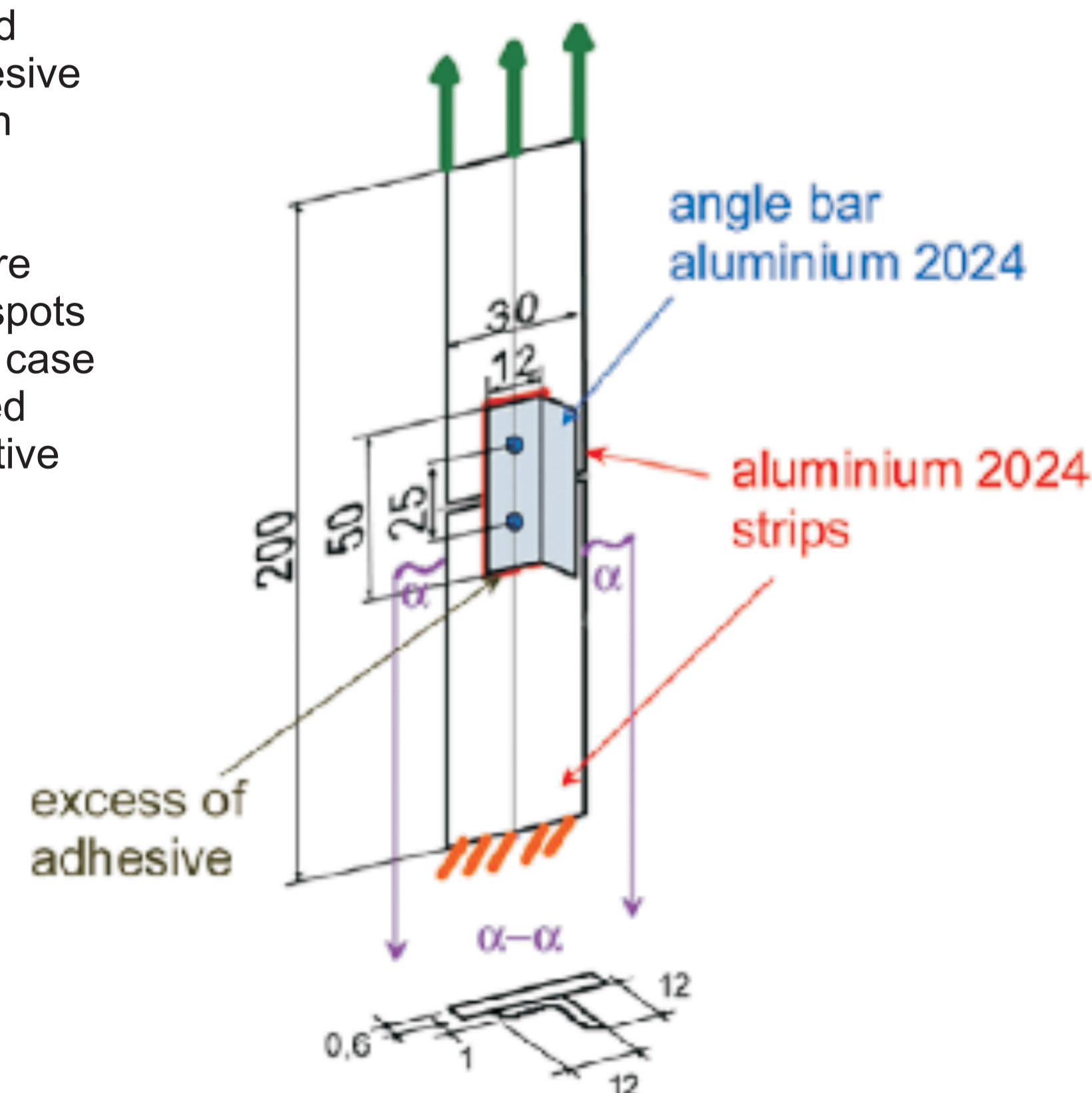
Results

#### Opracowanie nowej metody pomiaru odkształceń połączenia zgrzewano-klejonego

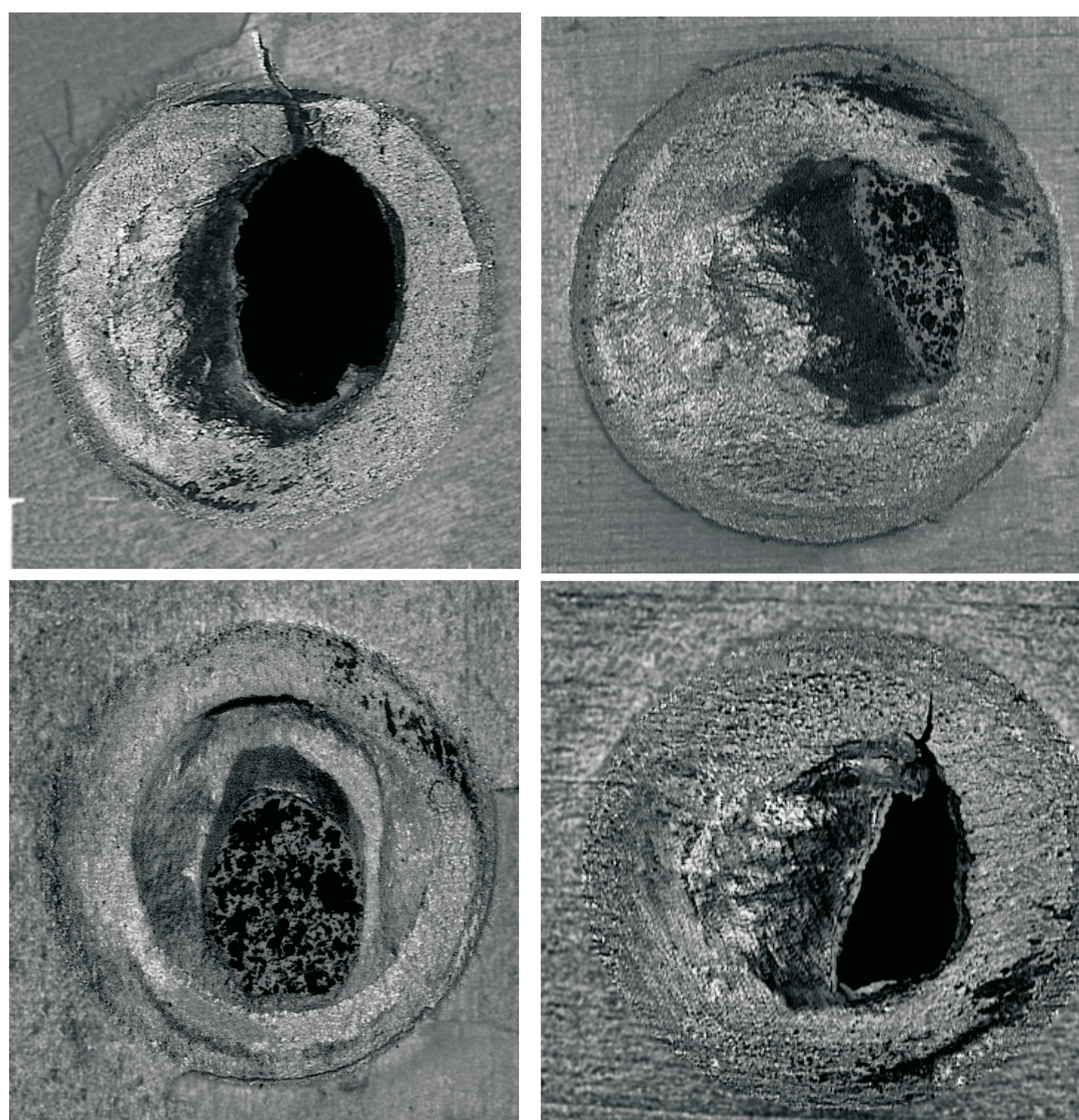
Preparation of new method for rapid determination of spot welding-adhesive joint

Tematem zrealizowanych prac było opracowanie nowej metody pomiaru odkształceń połączenia zgrzewano-klejonego podczas próby zmęczeniowej w celu przyspieszonego wyznaczenia żywotności zmęczeniowej złącza. Analiza została przeprowadzona na ok. 20 próbkach, wykorzystano dwa zsynchronizowane czujniki systemu ARAMIS. Pomiaru odkształceń dokonano na powierzchniach zgrzeiny z obu stron złącza. W celu przyspieszenia procesu zmęczenia wykorzystano kumulacyjną metodę obciążania. Podczas prac ujawniono cztery modele uszkodzeń złącza.

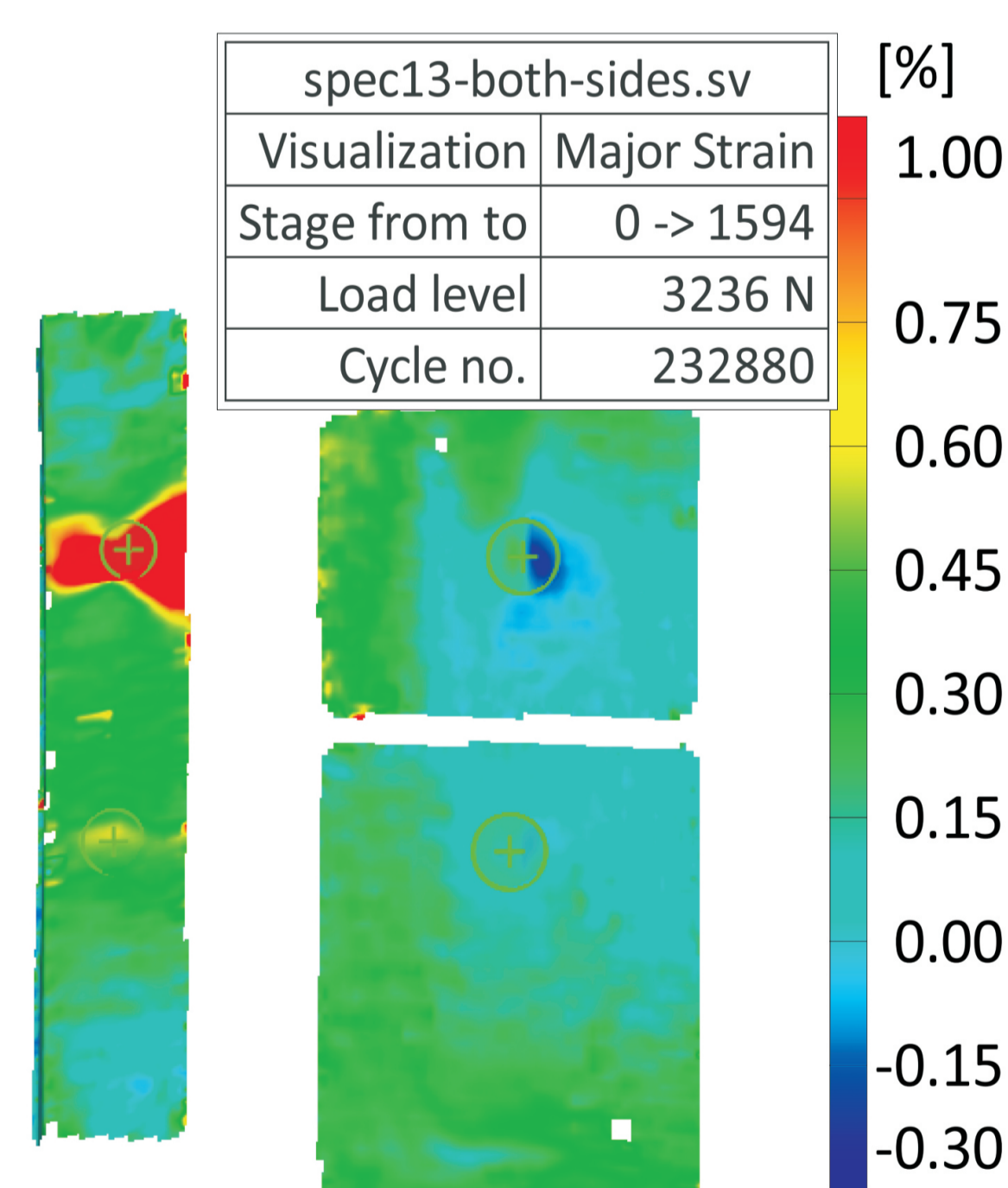
The subject of the carried out work, was preparation of new method for rapid determination of spot welding-adhesive joint fatigue life using full field strain evolution. Analysis was performed using about 20 specimens, two synchronized ARAMIS sensors were used. Measurement was done on spots areas on both sides of the joint. In case of reducing machine time consumed during fatigue testing rapid cumulative method was chosen. Four damage models reveals.



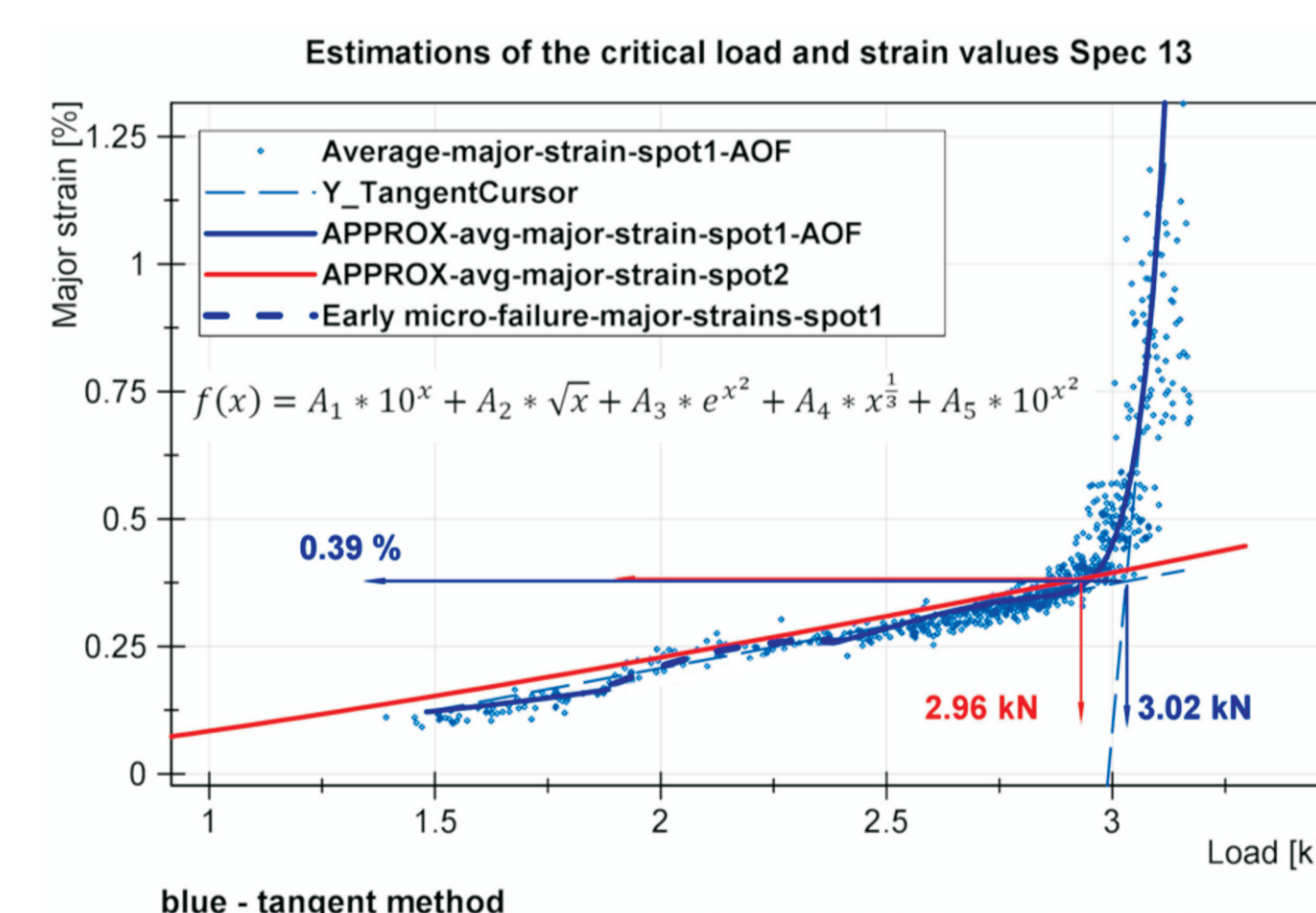
Widmo obciążeń i moment zwiększania obciążenia  
Transition moment in damage cumulation load spectrum



Przykłady modeli uszkodzeń (II i IV)  
Exmples of damage models (II and IV)



Analiza odkształceń po obu stronach próbki (CKO)  
Strain analysis on both specimen sides (DIC)



Metoda stycznych i przecięć  
Tangent and intersection methods

#### Wnioski

Conclusions

Wykorzystanie systemu DIC do analizy średnich odkształceń głównych z pól powierzchni zgrzeiny pozwala na określenie bezpiecznej wartości obciążenia oraz bezpiecznych dla tego przypadku odkształceń. Zaobserwowano zjawisko początkowego raptownego zwiększania się wartości średniej, a następnie relaksacji (niebieski przerywany kolor na wykresie). W każdym z badanych przypadków w takiej zgrzeinie następnie dochodzi do bardzo gwałtownego wzrostu odkształceń aż do zerwania złącza. W wyniku analizy wysnuło wniosek że punkt przecięcia się wykresów dla obu zgrzein określa wartości bezpieczne w próbie zmęczeniowej. Wniosek potwierdza analiza wykonana inną metodą — dwóch stycznych. Punkty przecięć z obu przecięć różnią się o 60 N (przy poziomach 3000 N)

Using DIC system for analysis of major and minor strains in both spot areas allow to finding safe load and strain levels. Phenomena of early microdamage (blue dash curve) was revealed. In early stage of fatigue load average strain in one spot increase and relax. For every tested specimen the spot with microdamage finally leads to failure. During analysis conclusion was made: In point of intersection of two spots average strains evolutions — safe load and strains appears.

Conclusion was finally confirmed using another method—two tangent lines. Differences between both methods is 60 N on load level of 3000 N

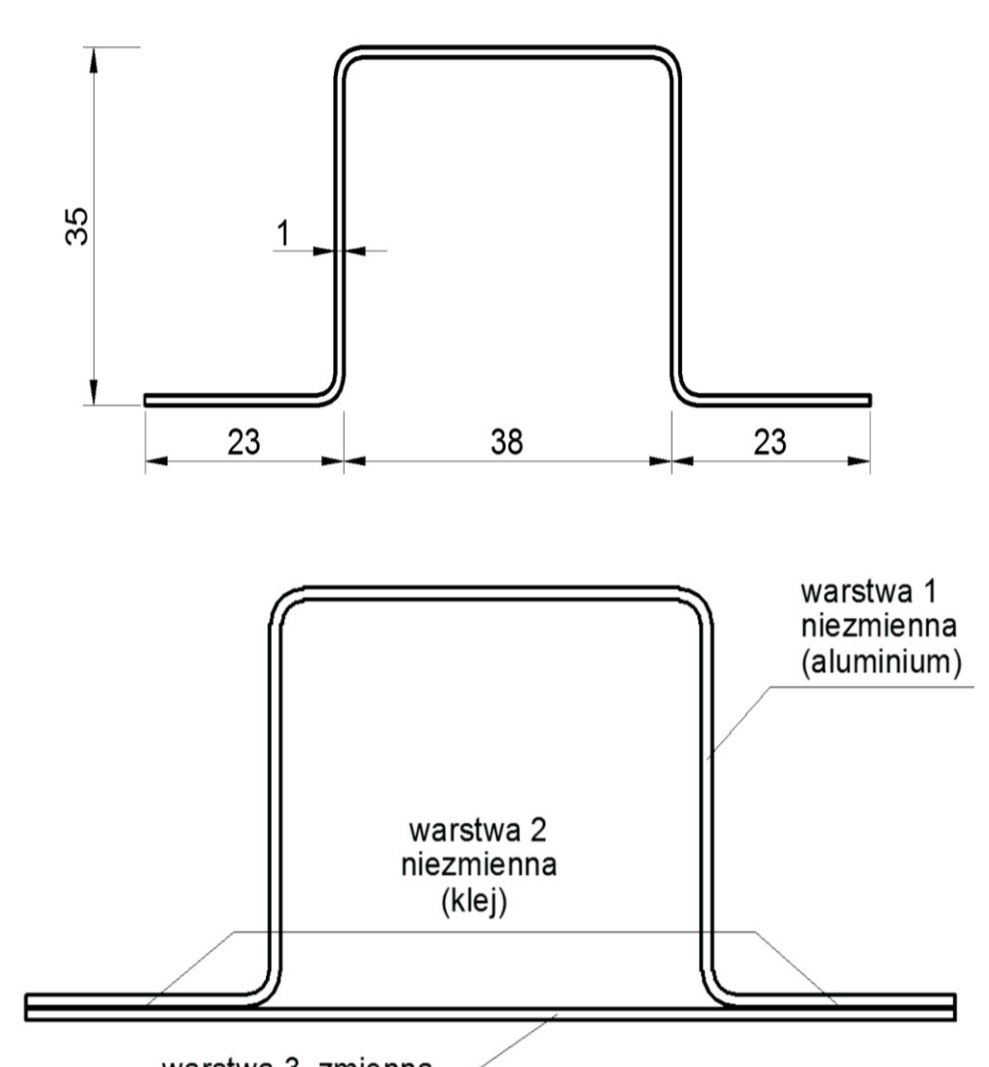
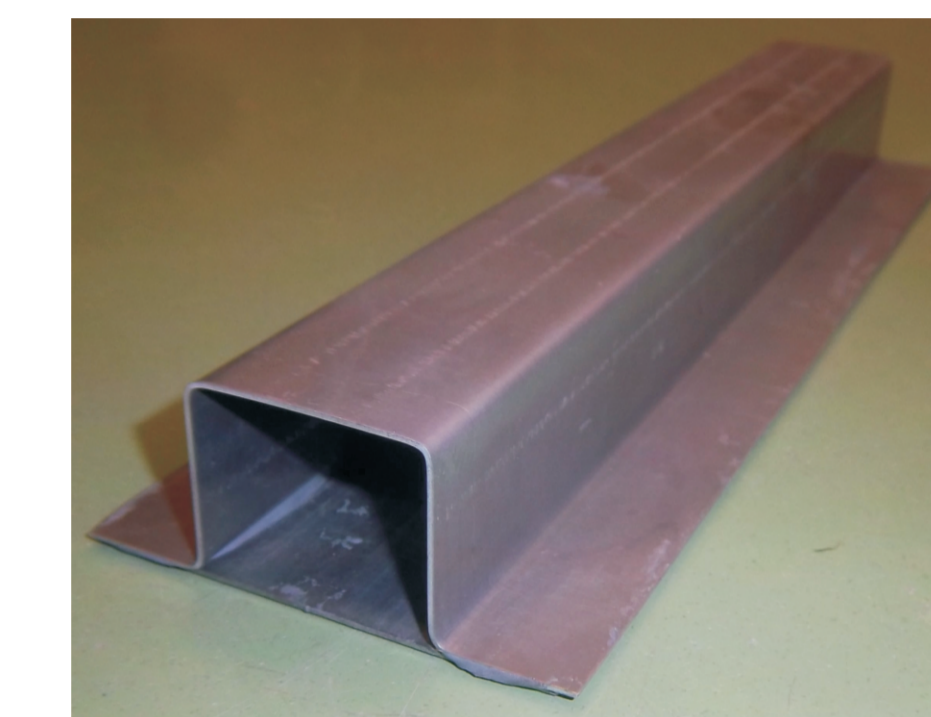
#### Wyniki badań

Results

#### Stany deformacji w elementach łączonych technikami klejenia

Deformation states in joint elements by adhesive techniques

Tematem analizy było wyznaczenie stanów deformacji w elementach podłużnic lub poprzecznic, których elementy składowe łączone są technikami klejenia.



Analizę numeryczną przeprowadzono dla próbek składających się z dwóch kształtowników łączących się ze sobą za pomocą warstwy kohezyjnej, która ulega stopniowej degradacji, aż do zniszczenia.

Analizę numeryczną elementów wykonano przy użyciu programu "Abaqus", przy zastosowaniu modelu degradacji warstwy kleju. Założenia jakie przyjęto w analizie numerycznej są następujące:

- analizie poddano fragment elementu podłużnicy lub poprzecznic,
- wycinek poprzecznic lub podłużnic potraktowano w analizie jako element o osi będącej linią prostą,
- analizie poddano dwa przypadki deformacji elementu: 1- przy wymuszonym skupionym przemieszczeniu (Fig. 1) do maksymalnej wielkości 50 mm, 2- przy równomiernym przemieszczeniu górnej powierzchni (Fig. 2) do 20mm.

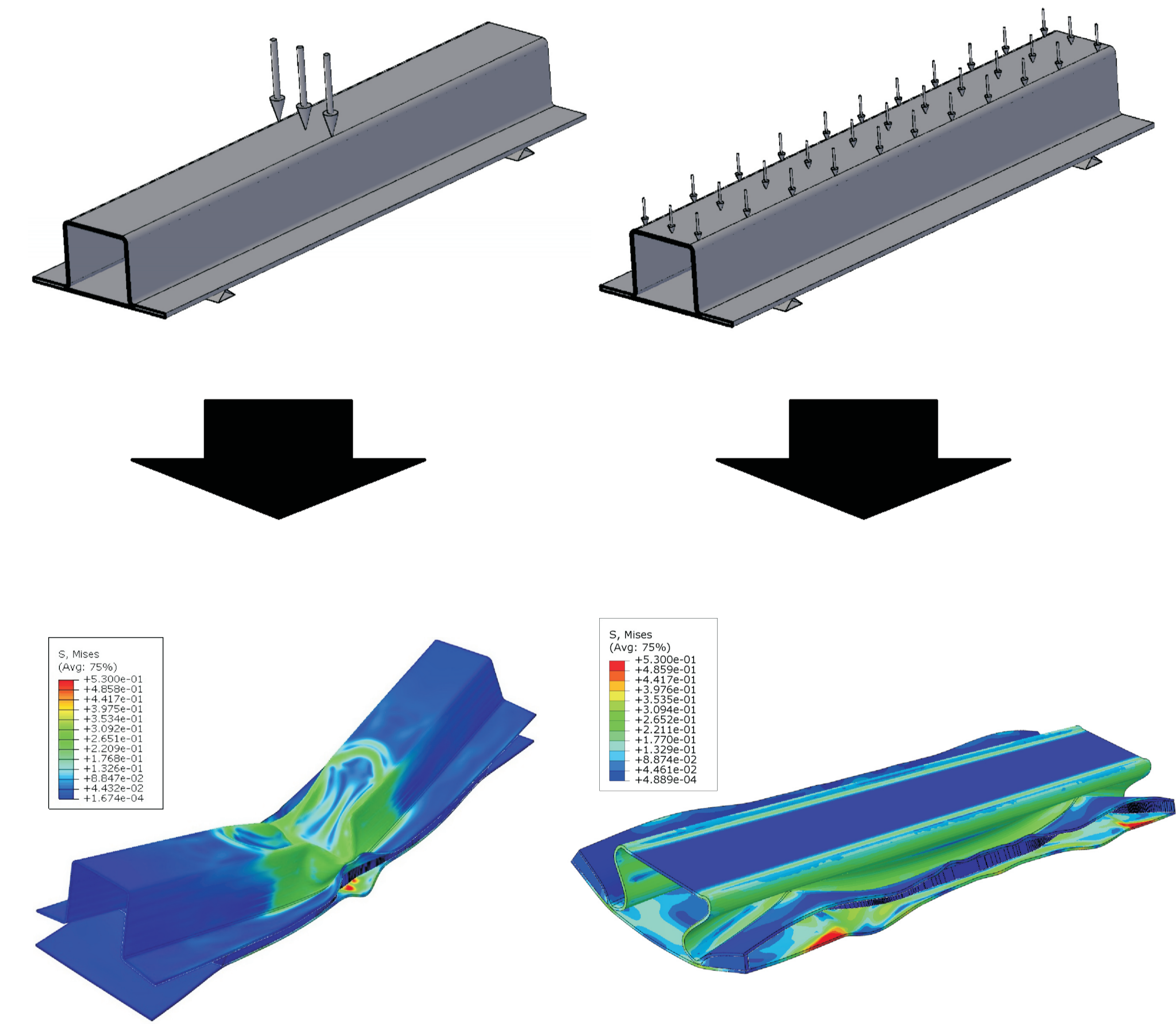


Fig. 1 Huber-Von Mises stress distribution

Fig. 2 Huber-Von Mises stress distribution

#### Wnioski

Conclusions

Pod wpływem działania przemieszczenia skupionego, model ulega skoncentrowanemu wygięciu. W miejscu przyłożenia obciążenia, górny element odkształca się charakterystycznie dla takiego przypadku. Natomiast warstwa kohezyjna ulega całkowitemu zniszczeniu na odcinkach od krawędzi elementu do miejsc jego podparcia oraz w miejscach przyłożenia obciążenia. Rozwarstwienie modelu zaczyna się przy przemieszczeniu przekroju środkowego (w miejscu przyłożenia siły) o około 22mm. Dochodzi wtedy do lokalnego rozerwania warstwy adhezyjnej pod przyłożonym obciążeniem.

Pod wpływem działania przemieszczenia powierzchniowego (ciśnienie), model ulega spłaszczeniu. Warstwa kohezyjna ulega zniszczeniu na całej długości modelu. Koncentracja uszkodzenia szczególnie wyraźnie widoczna jest w okolicach podpór.

#### Wskaźniki realizacji celów projektu

Indicators of the project

#### Referaty:

1. T. Sadowski, M. Kneć, P. Golewski, **Rapid determination of spot welding-adhesive joint fatigue life using full field strain evolution.** (The 3rd International Conference of competitive materials and technology processes, Miskolc, Hungary October 2014)

#### Publikacje:

1. T. Sadowski, M. Kneć, P. Golewski, **Spot welding-adhesive but joints: modelling and testing.** *Journal of Adhesion*, Volume 90, Issue 4, 2014,
2. T. Sadowski, P. Golewski, **Effect of Tolerance in the Fitting of Rivets in the Holes of Double Lap Joints Subjected to Uniaxial Tension.** *Key Engineering Materials Vol. 607* (2014)
3. T. Sadowski, M. Kneć, P. Golewski, **Fatigue response of the hybrid joints obtained by hot spot welding and bonding techniques.** *Key Engineering Materials*, DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.601.25