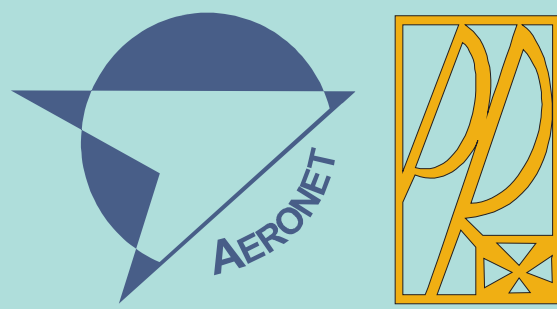


Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



KONFERENCJA
RADY PARTNERÓW CZT AERONET
KONFERENCJA ROCZNA PKAERO
9 - 10 Grudnia 2013

ZB 15

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

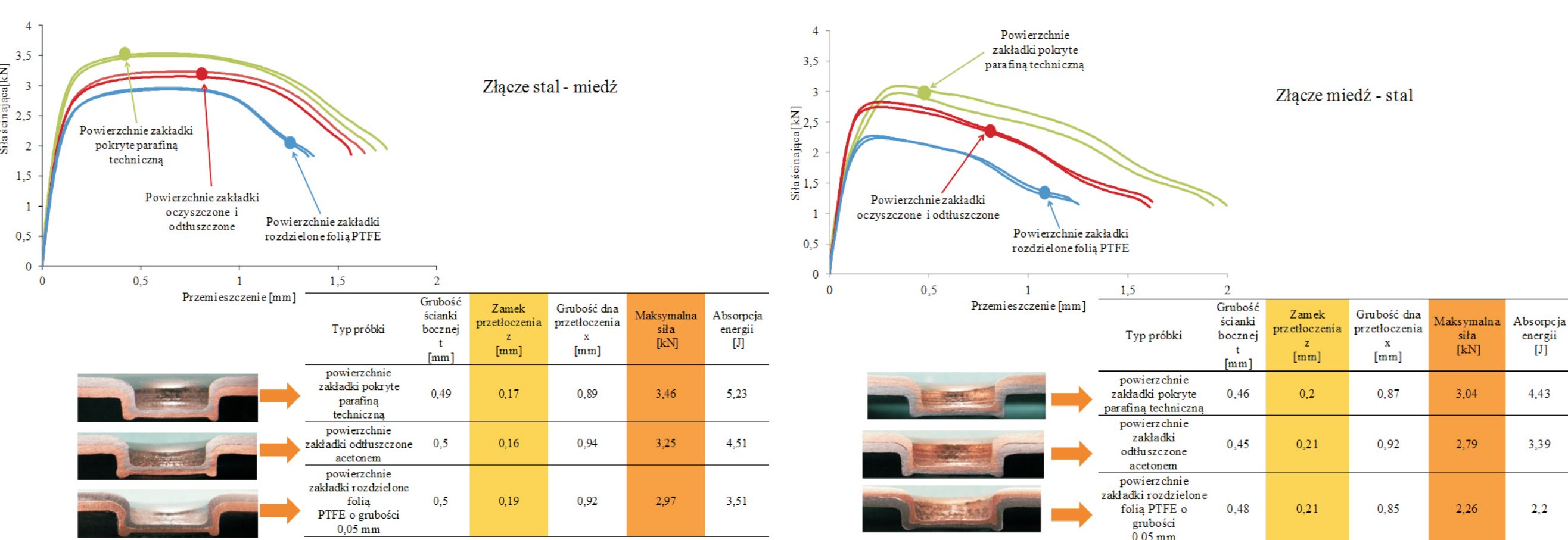
Wpływ warunków tarcia na powierzchni styku łączonych blach na wytrzymałość złącza klinczowego
Influence of friction conditions in the clinch joint interface on the joint strength

Proces klinczowania polega na wykonaniu w łączonych blachach lokalnego przetłoczenia i sprasowaniu jego denka. Powoduje to znaczną deformację blach w obszarze złącza. Łączone blachy odkształcają się w różny sposób, szczególnie na etapie prasowania dna przetłoczenia. Zmniejszanie grubości blach na dnie, powoduje promieniowe i obwodowe płynięcie materiału i wypełnianie rowka matrycy. Na tym etapie następuje również uformowanie zamka złącza; na ścianie bocznej przetłoczenia blacha od strony matrycy ulega wybrzuszeniu, a blacha od strony stempla pocienieniu. Powierzchnia styku blach znacznie się zakrzywia co jest korzystne dla wytrzymałości złącza. Podczas tego procesu na powierzchniach styku blach z narzędziami i na powierzchniach wzajemnego styku blach ze sobą, pojawiają się siły tarcia. Ich działanie na etapie formowania złącza jest niekorzystne, utrudniając one wypełnianie gniazda roboczego matrycy i wzajemne przemieszczanie się blach po sobie, które zachodzi w czasie formowania 'zamka'. Jednakże po uformowaniu złącza, jego wytrzymałość zależy od wzajemnej adhezji blach, a tym samym od wielkości sił stycznych przenoszonych przez powierzchnię styku blach ze sobą. Tarcie pomiędzy blachami na etapie formowania powinno sprzyjać wytworzeniu adhezji mechanicznej pomiędzy blachami. Uzasadnia to podejmowanie badań wpływu warunków kontaktu na powierzchni styku blach na wytrzymałość złącza.

Badania złączy klinczowych blach stalowych i miedzianych
Investigations of steel and copper clinch joints

Wszystkie prezentowane złącza wykonywane były tym zestawem narzędzi, tj. stemplem o średnicy ϕ 8,3 mm i matrycą o średnicy gniazda roboczego ϕ 10,2 mm (rys. 4.6). Grubość wszystkich blach stosowanych w badaniach wynosiła 1 mm.

Eksperyment
The test



Wnioski

Conclusions

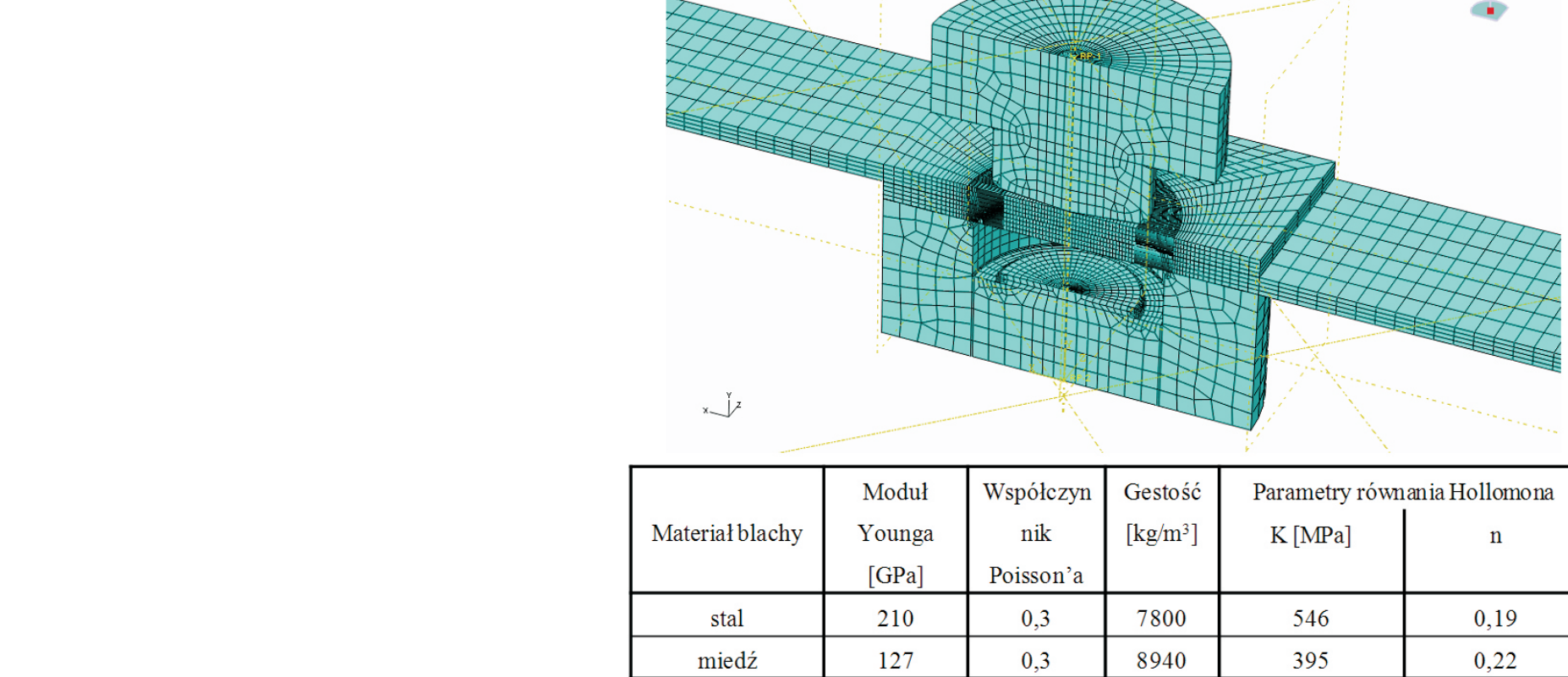
Zmniejszenie tarcia na powierzchni styku łączonych blach ułatwia formowanie złącza klinczowego i daje w efekcie lepsze parametry geometryczne, ale powoduje zmniejszenie adhezji blach w gnieździe przetłoczenia, co obniża wytrzymałość złącza i absorpcję energii podczas jego zniszczenia.

Summary:
Decreasing friction forces in the interface surface is advantages for the joint forming process and results in good geometrical parameters, but it causes lower adhesion between sheets what results in decreasing joint strength and energy absorption during joint destruction.

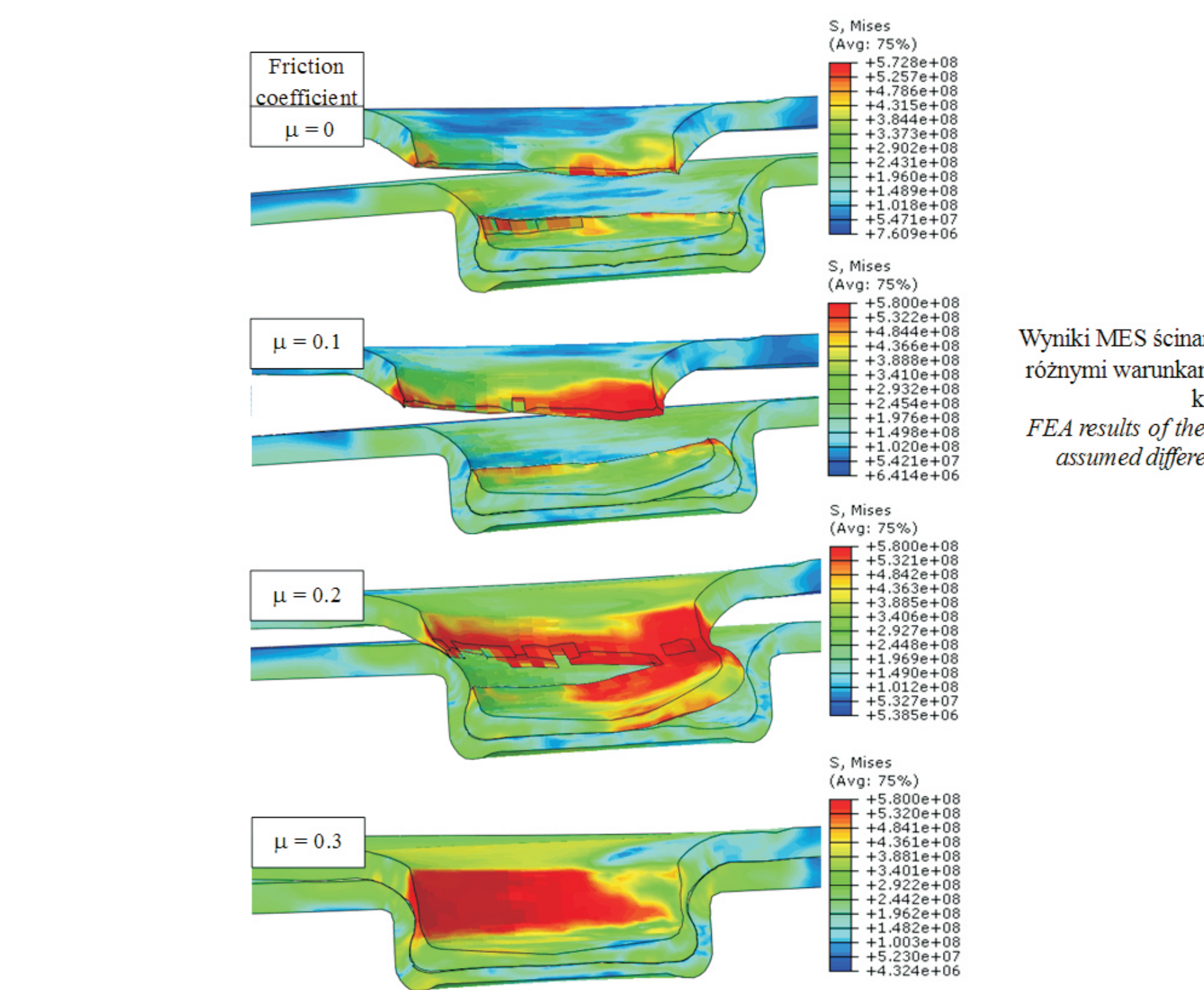
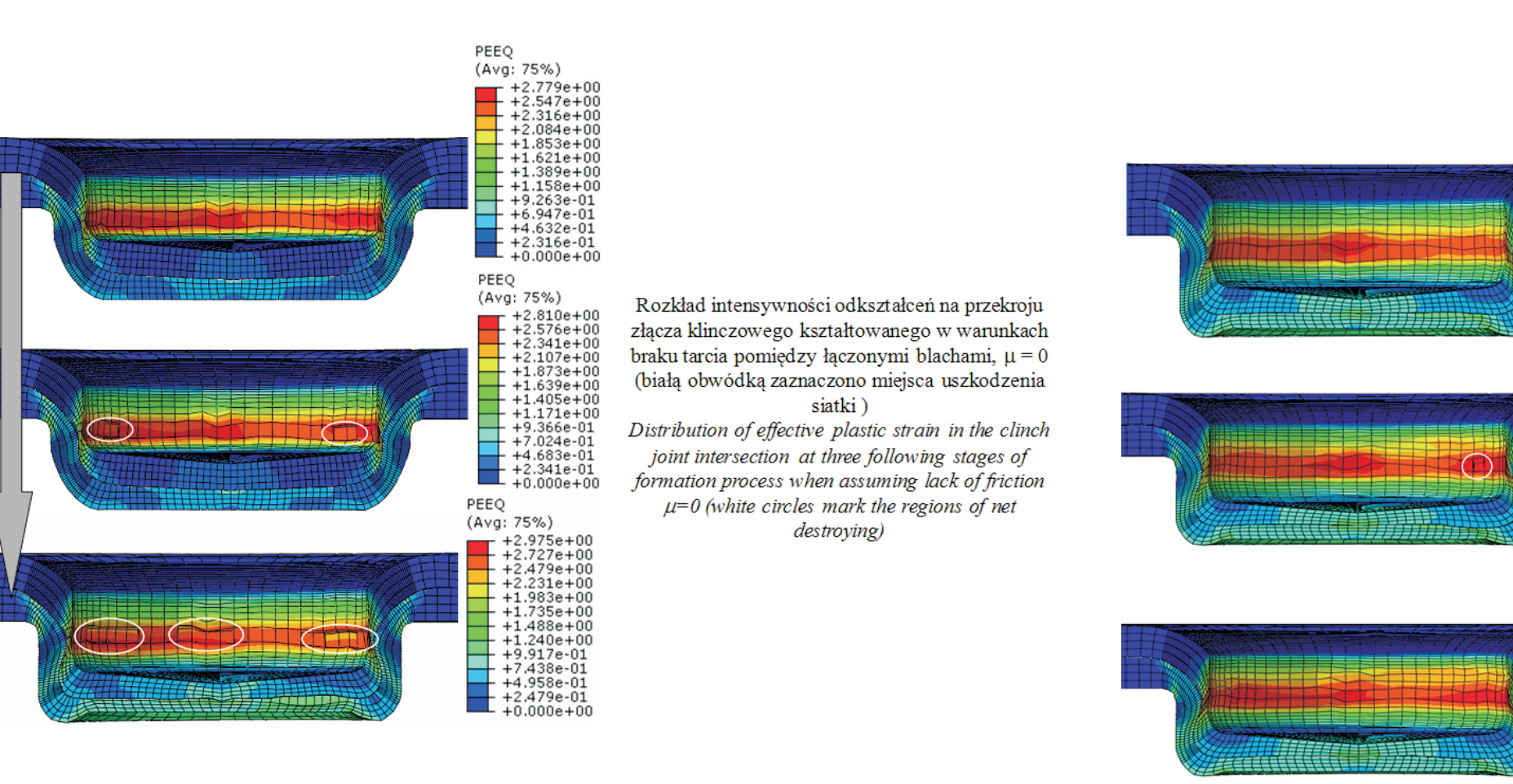
Wyniki badań

Results

Symulacje MES
FEM simulations



Model MES i właściwości materiałów stosowanych w symulacjach numerycznych
FEM model and materials properties used in simulations



Wyniki MES ścinania złączy klinczowych z różnymi warunkami tarcia na powierzchni kontaktu
FEA results of the clinch joint pull test for assumed different friction conditions

Wnioski

Conclusions

Wyniki symulacji MES kształtowania złącza klinczowego w warunkach beztarciowych wskazują na możliwość bardzo dużych odkształceń powodujących znaczne pocienienie ścianki bocznej blachy od strony stempla (szyjka) i najmniejszą jego wytrzymałość ze względu na pęknięcie blachy. Duże tarcie zmniejsza wielkość odkształceń w 'szyjce', co skutkuje zwiększeniem wytrzymałości.

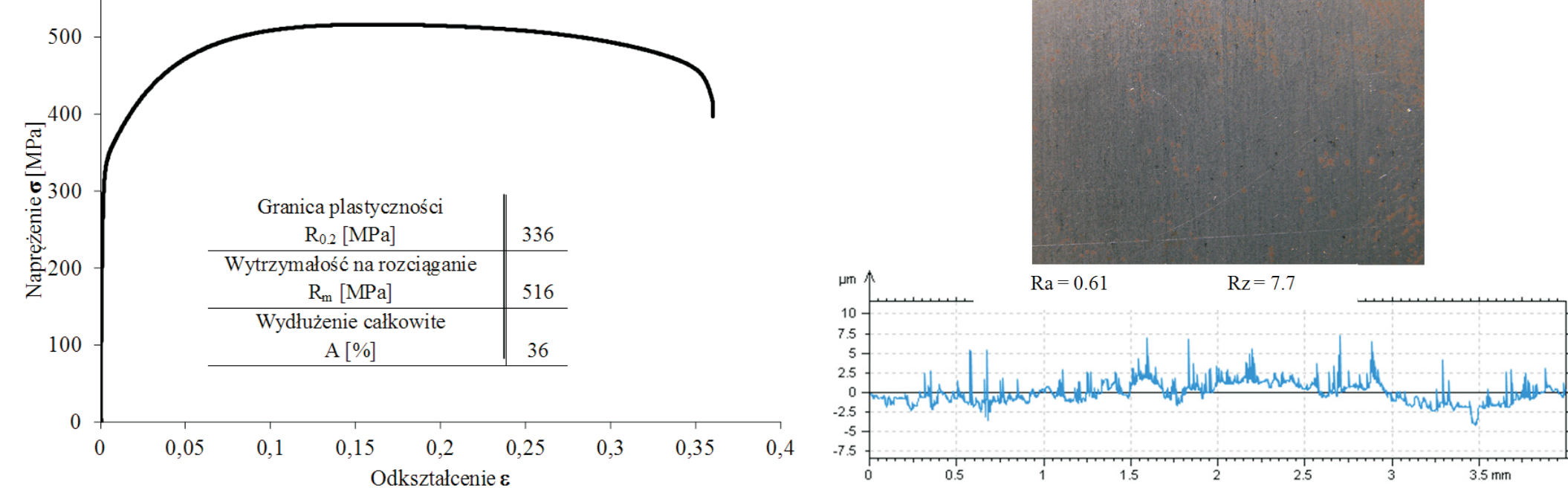
Summary:

FEM results of the clinch forming process shown that, when clinching without friction on the interface surface, great deformation of side sheet wall occurs (neck) and it can results in sheet cracking during strength test. Great friction decreases sheet deformation in the neck what finally results in increasing the joint strength.

Wyniki badań

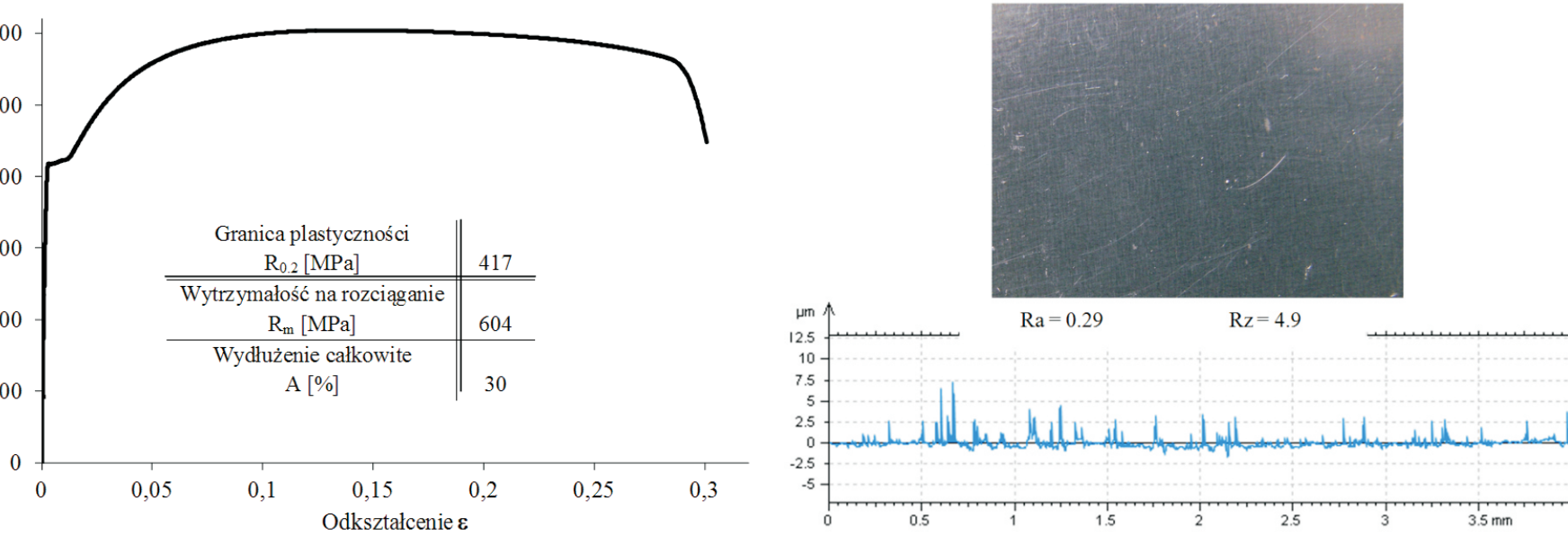
Results

Badania złączy klinczowych blach ze stali konstrukcyjnych
Investigations of structural steels clinch joints



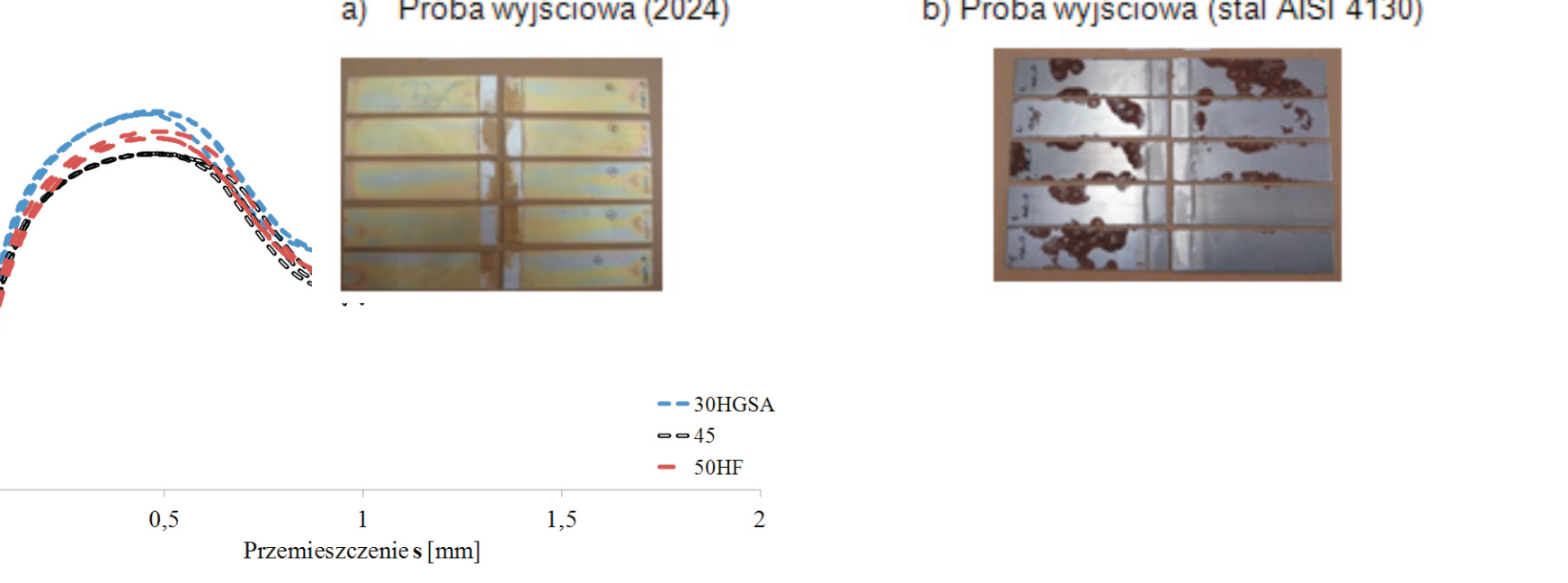
Krzywa rozciągania stali 30HGSA, obraz i parametry chropowatości powierzchni blachy (R_a i R_z w μ m)

Tensile test curve obtained for 30CrMnSi steel strip and picture and profile roughness parameters of sheet surface (R_a and R_z in μ m)



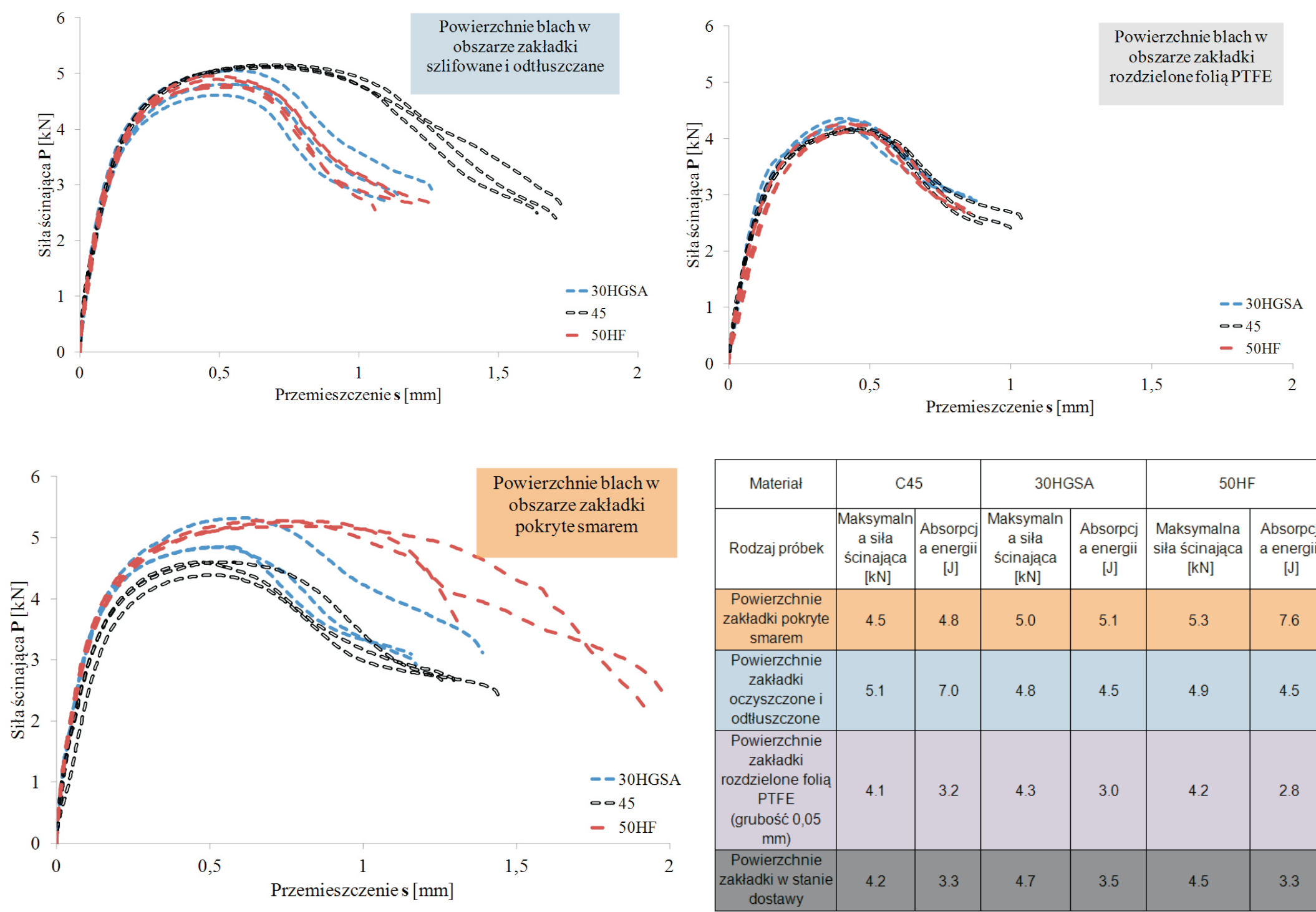
Krzywa rozciągania stali 50HF, obraz i parametry chropowatości powierzchni blachy (R_a i R_z w μ m)

Tensile test curve obtained for 50CrV4 steel strip and picture and profile roughness parameters of sheet surface (R_a and R_z in μ m)



Obraz i parametry chropowatości powierzchni blachy C45 po szlifowaniu (R_a i R_z w μ m)
Picture of surface and profile roughness parameters for C45 steel sheet after grinding (R_a and R_z in μ m)

Charakterystyki ścinania złączy klinczowych blach z badanych materiałów
Shear curves of tested materials clinched joints



Charakterystyki ścinania złączy klinczowych blach z badanych materiałów
Shear curves of tested materials clinched joints

Parametry mechaniczne złączy klinczowych stali konstrukcyjnych
Mechanical parameters of structural steel clinch joints

Wnioski

Conclusions

- Wytrzymałość złącza klinczowego zależy nie tylko od parametrów geometrycznych złącza i właściwości mechanicznych łączonych materiałów, ale również od warunków kontaktu (tarcia) na powierzchni styku łączonych blach.
- Złącza klinczowe tych samych materiałów, ale wykonane z różnymi warunkami tarcia na ich powierzchni styku mają zróżnicowaną wytrzymałość.
- Najmniejszą wytrzymałość posiadają złącza, w których powierzchnie kontaktu są rozdzielone folią PTFE.
- Szlifowanie i odtłuszczenie powierzchni łączonych blach jest korzystne; powoduje wzrost wytrzymałości w porównaniu z wytrzymałością złączy blach o powierzchniach niemodyfikowanych (w stanie dostawy).
- Zastosowanie smaru, jako środka rozdzielającego powierzchnie kontaktu blach, jest korzystne w przypadku łączenia materiałów o różnych właściwościach (złącza stal - miedź) i w przypadku klinczowania materiałów o wysokich właściwościach mechanicznych (stal 50HF).

Conclusions:
- The clinched joint strength is strongly related to the interface mechanical adhesion between joined sheets, not only to the joint geometrical parameters and joined material properties.
- Clinch joints manufactured with different sheets interface friction conditions have diversified shear strength properties.
- The load-displacement response is the weakest for joints when lap surfaces are separated by PTFE film, even though compare to joints with raw lap surfaces, without any modification.
- The grinding and degreasing of the joint lap surfaces increases the joint strength when compare to the strength of the joint manufactured with raw lap surfaces.
- Applying paraffin wax in the clinch joint interface can increase the joint strength in case of some materials (e. g. Cu-ETP - DC4 steel joint and 50CrV4 steel joint) and decrease in case of others (e.g. C45 steel joint), when compare to the joint with grinded and degreased lap surfaces.

Wyniki badań

Results

Badanie wytrzymałości połączeń klejowych narażonych na długotrwałe oddziaływanie niszczących środowisk

Zakończono badania, które wymagały dokonywania prób wytrzymałościowych rozłożonych w czasie.

Tabela 1. Terminy prób określone na podstawie normy EN 2243-5:2005
Table 1. The terms of experiment based on EN 2243-5:2005 standard

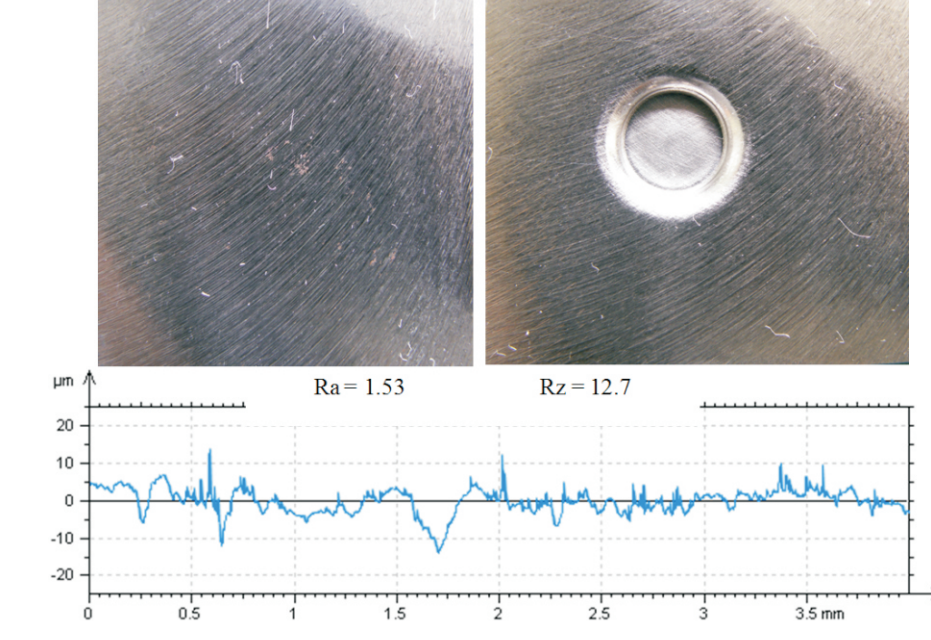
Próba wyjściowa „0”	Próba „1”	Próba „2”	Próba „3”	Próba „4”	Próba „5”	Próba „6”
Po sklejeniu	Po 15 dniach	Po 30 dniach	Po 60 dniach	Po 90 dniach	Po 150 dniach	Po 210 dniach

Próbnom na ścinanie poddano połączenia klejowe jednozakładkowe wykonane z materiałów:
- stal AISI 4130 – stosowaną w lotnictwie na elementy podwozi, konstrukcji łączących kratownice z powłoką samolotu, kadłubów – przygotowanie powierzchni wiązką lasera
- stopy aluminium 2024 i 5083 – na drobne wyroby w konstrukcjach lotniczych, obręcze oraz elementy wyskane, walcowane i kute – powierzchnie oczyszczone wiązką lasera oraz alodynowane (wg procedury w WSK-Mielec)
Sklejone próbki poddano oddziaływaniu powietrza, wody morskiej, paliwa lotniczego oraz płynu hydraulicznego. Każda z zaplanowanych prób wytrzymałościowych została wykonana z 5-krotnym powtórzeniem. Badania wykonano w Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego.



Rys. 1. Stanowisko badawcze
Fig. 1. The research place

Każdorazowo analizie poddawano wytrzymałość statyczną na ścinanie. Dokonywano oględzin i oceny stanu spoiny po zerwaniu. Połączenia poddane oddziaływaniu zróżnicowanych pod względem chemicznym mediów ulegały destrukcji w różnym stopniu. Przykłady:



Rys. 2. Wygląd próbek początkowych
Fig. 2. The view on the start specimens

	W powietrzu	W wodzie morskiej	W płynie hydraulicznym	W paliwie lotniczym
2024				
5083				
AISI 4130				

Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałości statycznej połączeń
Table 2. The results of joints strength experiment

Stop	Przygotowanie powierzchni wiązką lasera	Powierzchnia alodynowana
2024		
5083		
AISI 4130		

Wyniki badań

Results

- Poznano charakter oddziaływania substancji chemicznych na połączenia klejowe.
- Wykonane badania pozwalają wnioskować nie tylko o doraźnej wytrzymałości na ścinanie, ale dają informację o zachowaniu się spoiny w dłuższym okresie czasu.
- Media użyte w badaniu są typowymi dla normalnej eksploatacji samolotu, a więc uzyskane wyniki mają charakter praktyczny.

Conclusions:

- The character of influence of chemical substances on glued joints is known.
- The results of experiment let us know the short strength and gives information about work of glue in the longer time.
- The media used in experiment are typical for normal exploitation of plane, so they have practical character.

Wskaźniki realizacji celów projektu
Indicators of the project

Referaty

1. T. Balawender, T. Sadowski, P. Golewski, R.E. Śliwa: **Influence of friction conditions in the clinch joint interface on the joint strength**, 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED COMPUTATIONAL ENGINEERING AND EXPERIMENTING, ACE-X 2013, 1 - 4 July 2013, Madrid, Spain
2. T. Balawender, R.E. Śliwa: **Wpływ warunków tarcia na powierzchni styku łączonych blach na wytrzymałość złącza klinczowego stali konstrukcyjnych**, X Jubileuszowa Konferencja ODKSZTAŁCALNOŚĆ METALI I STOPÓW, 26-29 listopada 2013 r., Łańcut

Publikacje:

1. T. Sadowski, T. Balawender, R. Śliwa, P. Golewski, M. Kneć: MODERN HYBRID JOINTS IN AEROSPACE: MODELLING AND TESTING. Arch. Metall. Mat. 58, 163-169 (2013)

Prace hab., dr, mgr

Habilitacja:

T. Balawender: ANALIZA WYBRANYCH SPOSOBÓW ZWIĘKSZENIA NOŚNOŚCI POŁĄCZEŃ KLINCZOWYCH, OW PRZ, Rzeszów (2013)

Patent:

1. T. Balawender: NIT DWUSTRONNY, Udzielenie patentu na zgłoszenie patentowe: P.387468, (2009)