

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

Określenie parametrów zgrzewania tarcowego z mieszaniem

Determination friction stir welding parameters

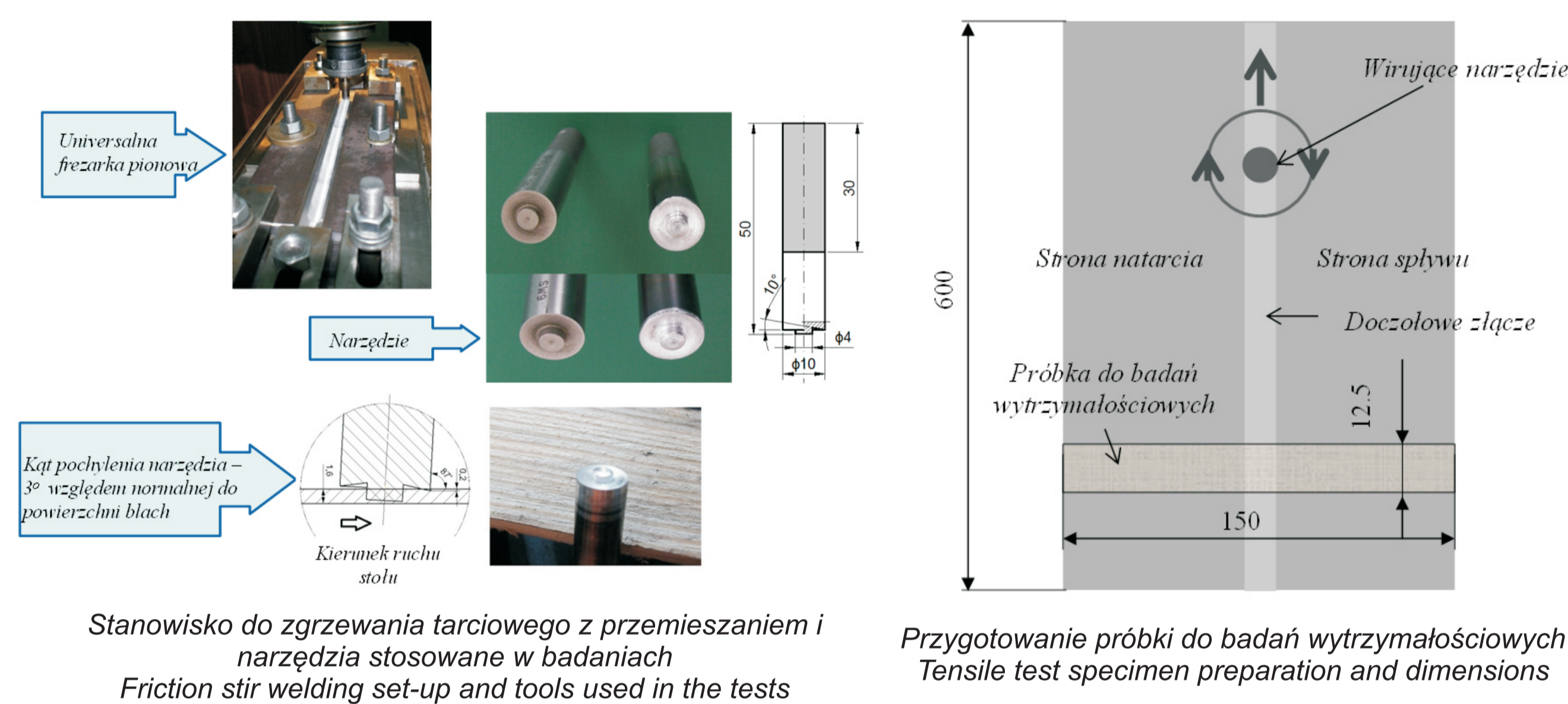
Materiały stosowane w badaniach:
Blachy o grubości 1,6 mm w gatunku: stop aluminium 2024, stop magnezu AZ31
Materials used in the tests:
Sheets thickness 1,6 mm, grade: aluminum alloy 2024, magnesium alloy AZ31

Metody badawcze:

- 1) Próba rozciągania
- 2) Pomiar mikrotrwałości
- 3) Badania optyczne (mikroskop optyczny)
- 4) Skaner optyczny Alicona InfiniteFocus Real 3D (pomiar chropowatości)
- 5) Pomiar temperatury procesu za pomocą kamery termowizyjnej FLIR T400

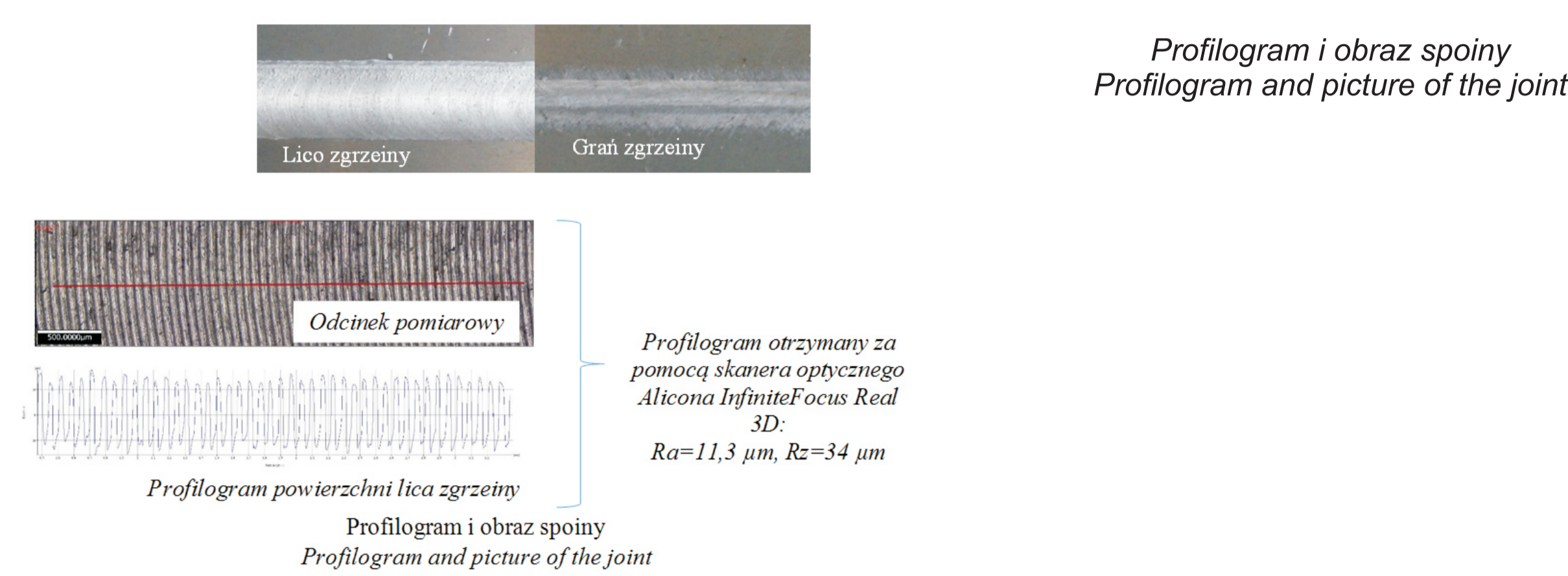
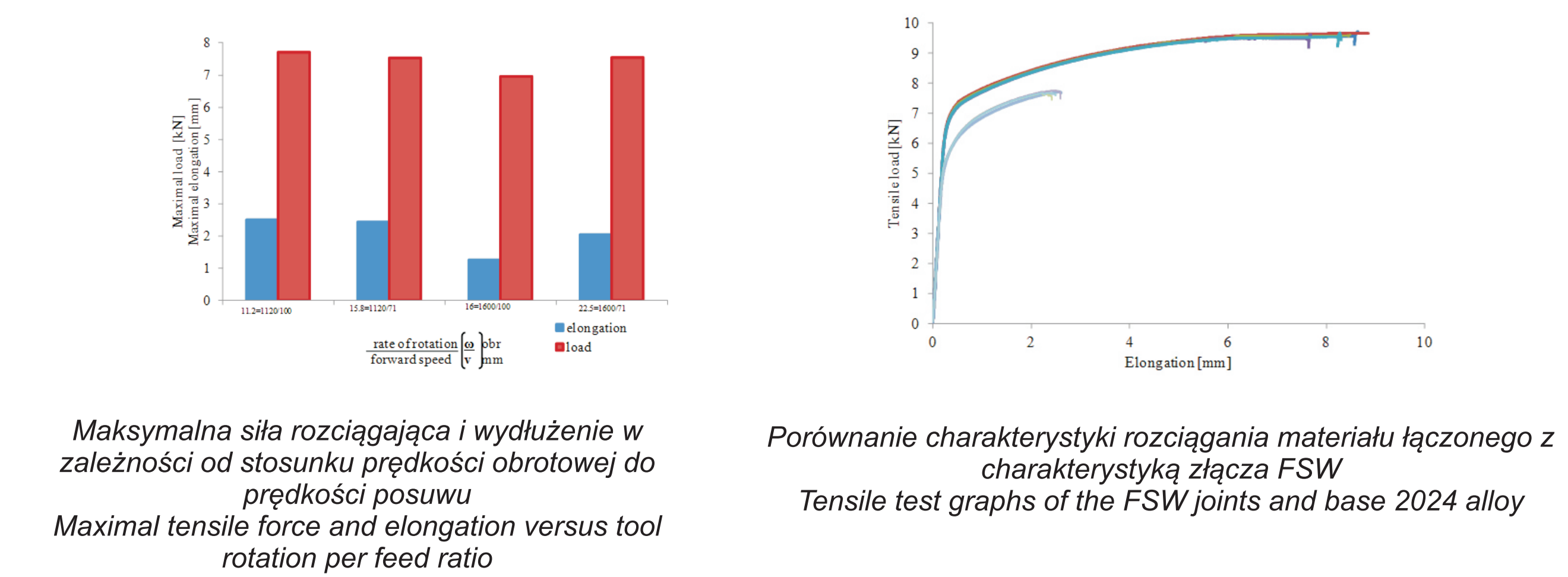
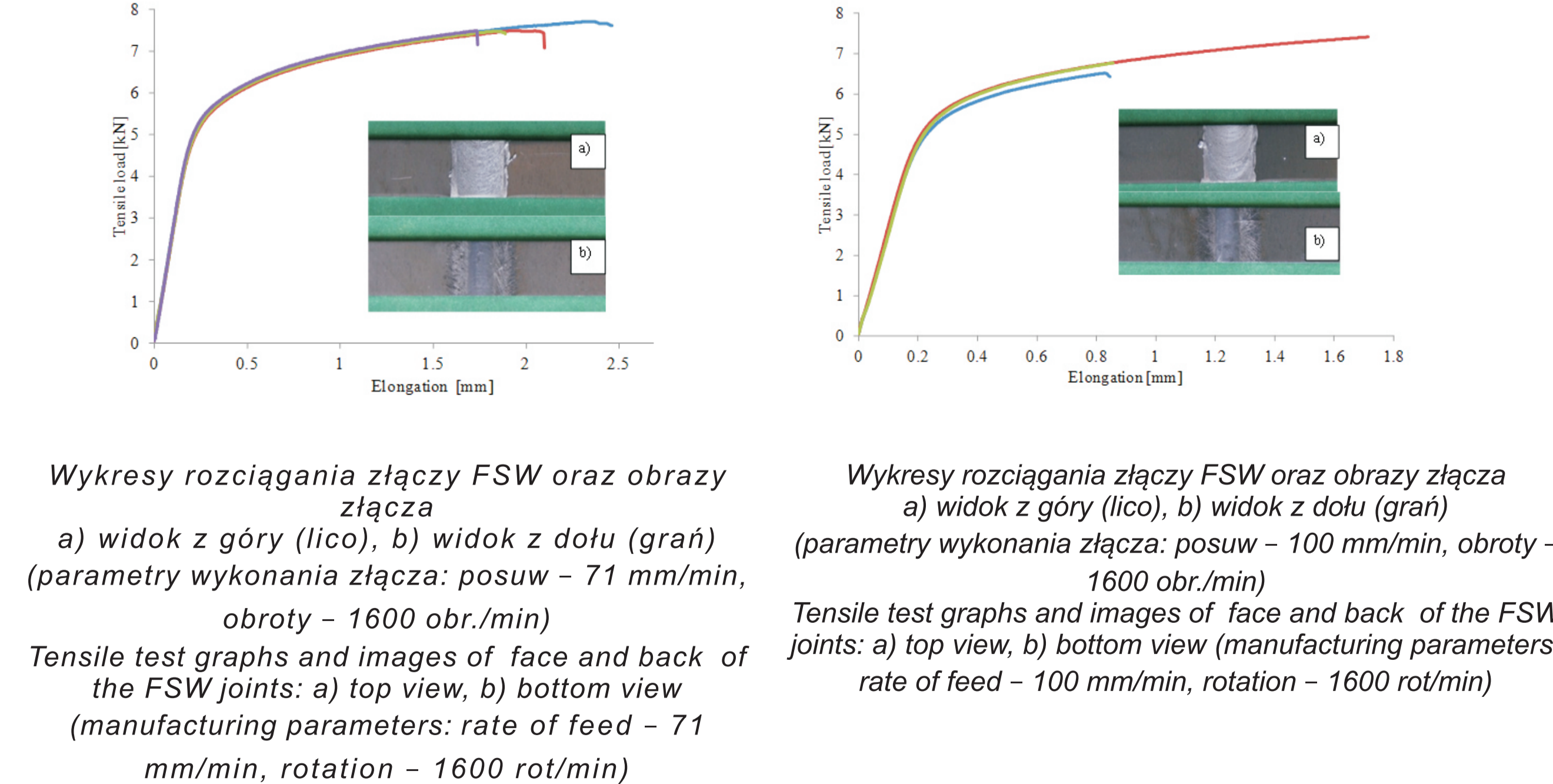
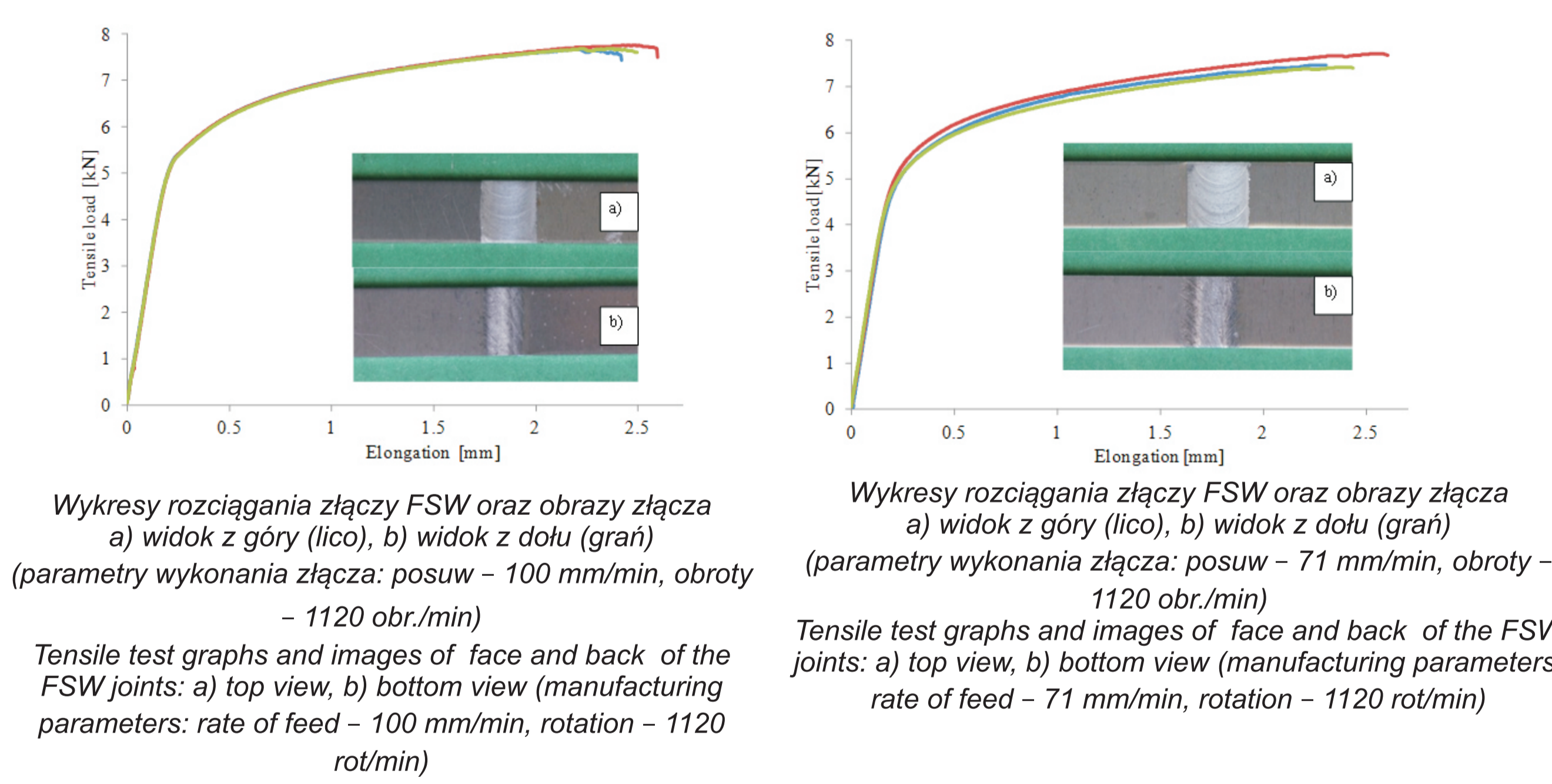
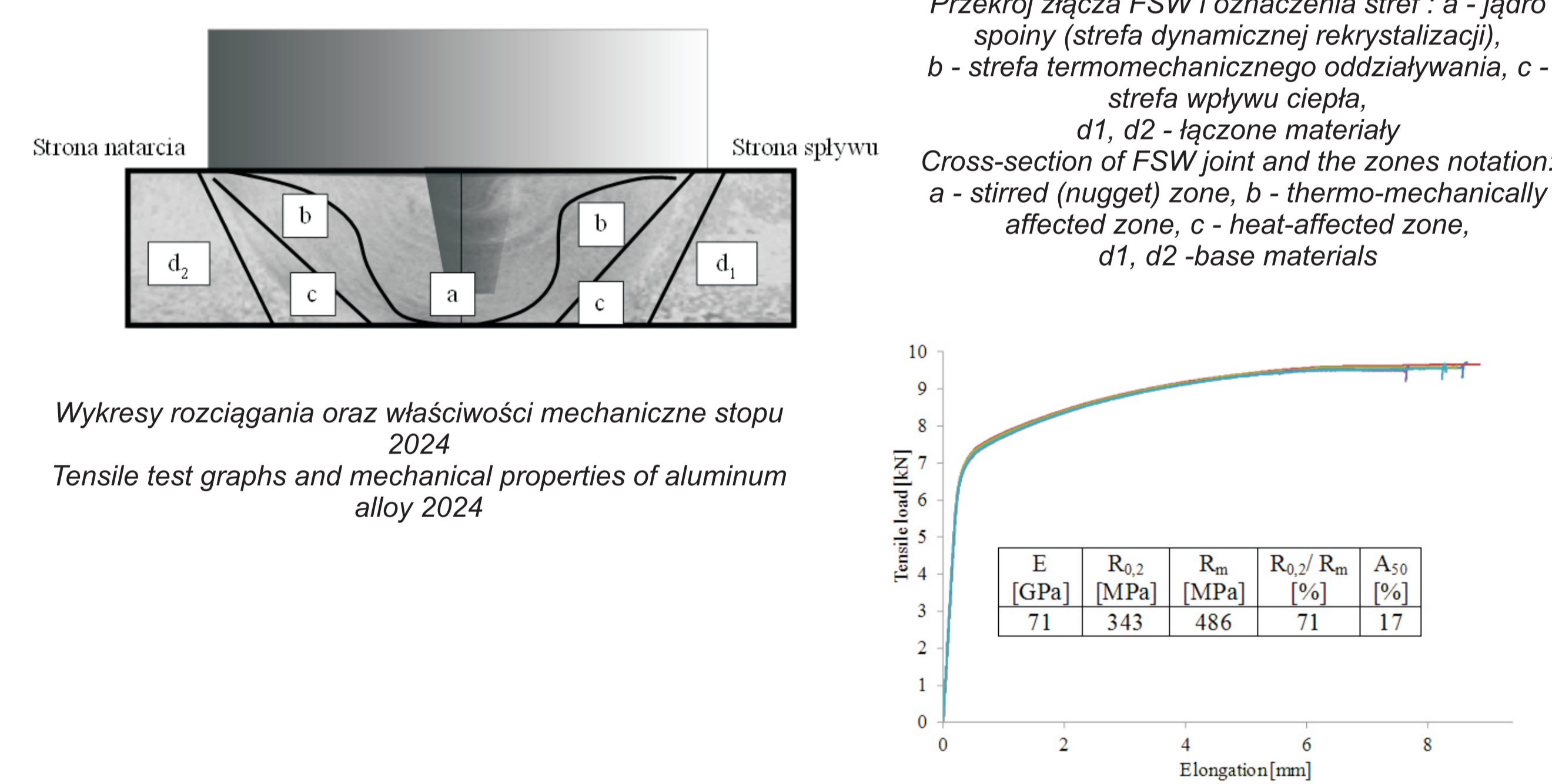
Test methods:

- 1) Tensile test
- 2) Microhardness test
- 3) Surface inspection (optical microscope)
- 4) Optical scanner Alicona InfiniteFocus Real 3D (topography measurement)
- 5) Measurement of welding temperature by infrared camera FLIR T400



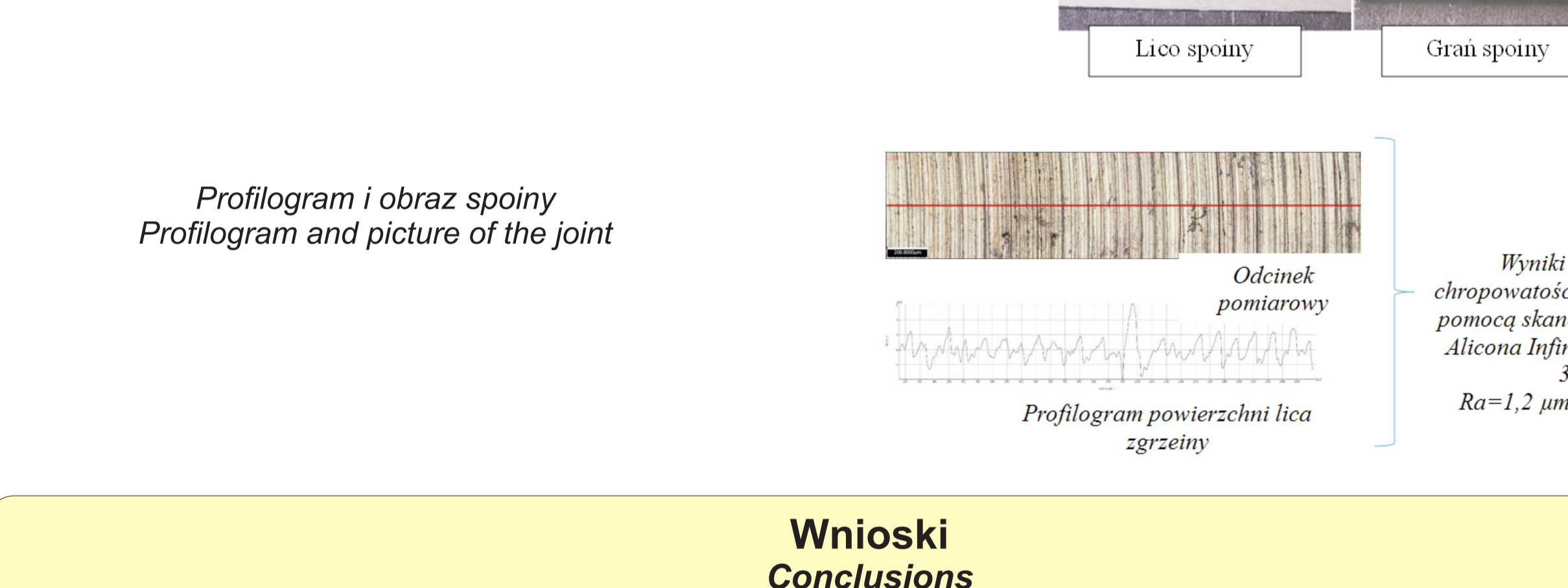
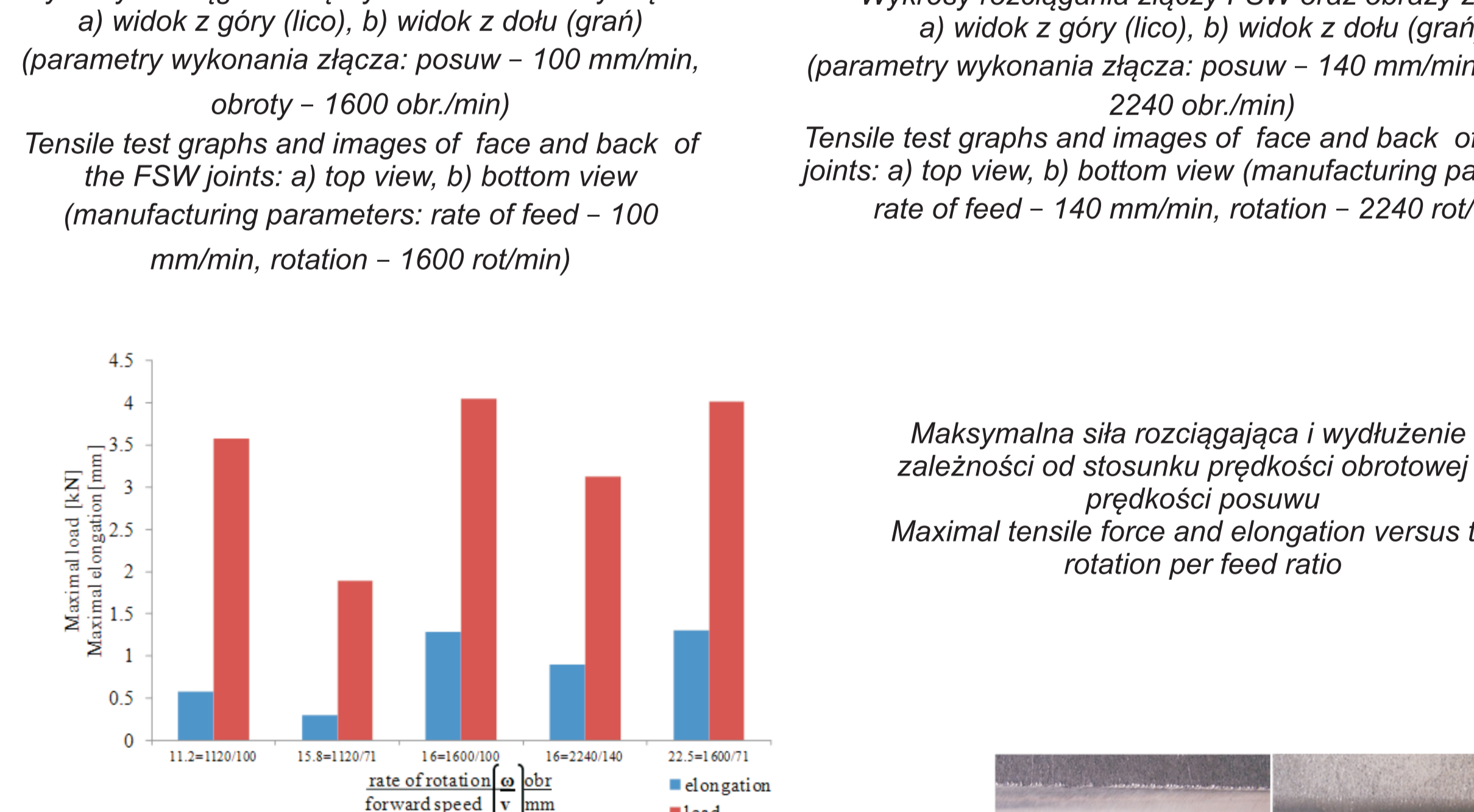
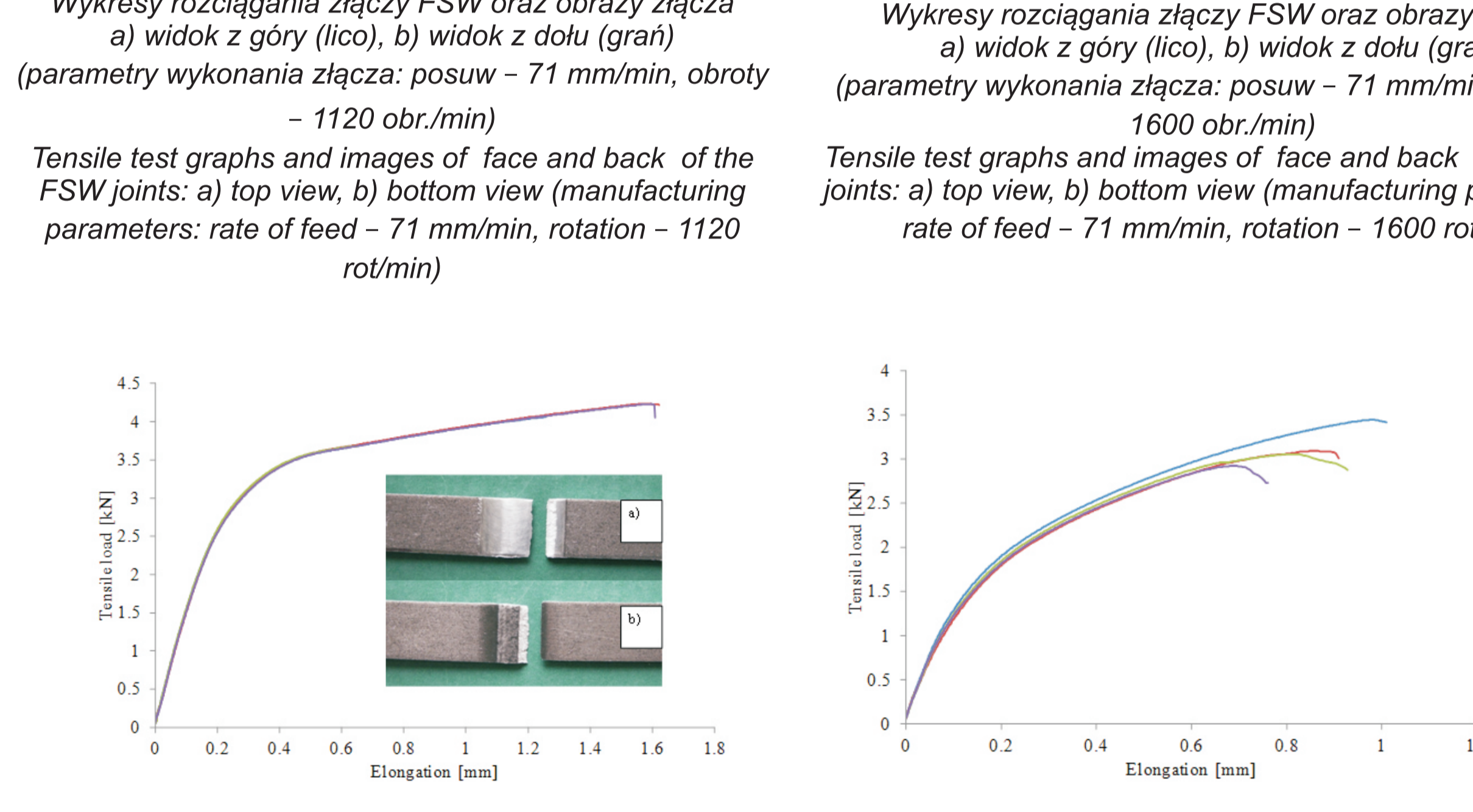
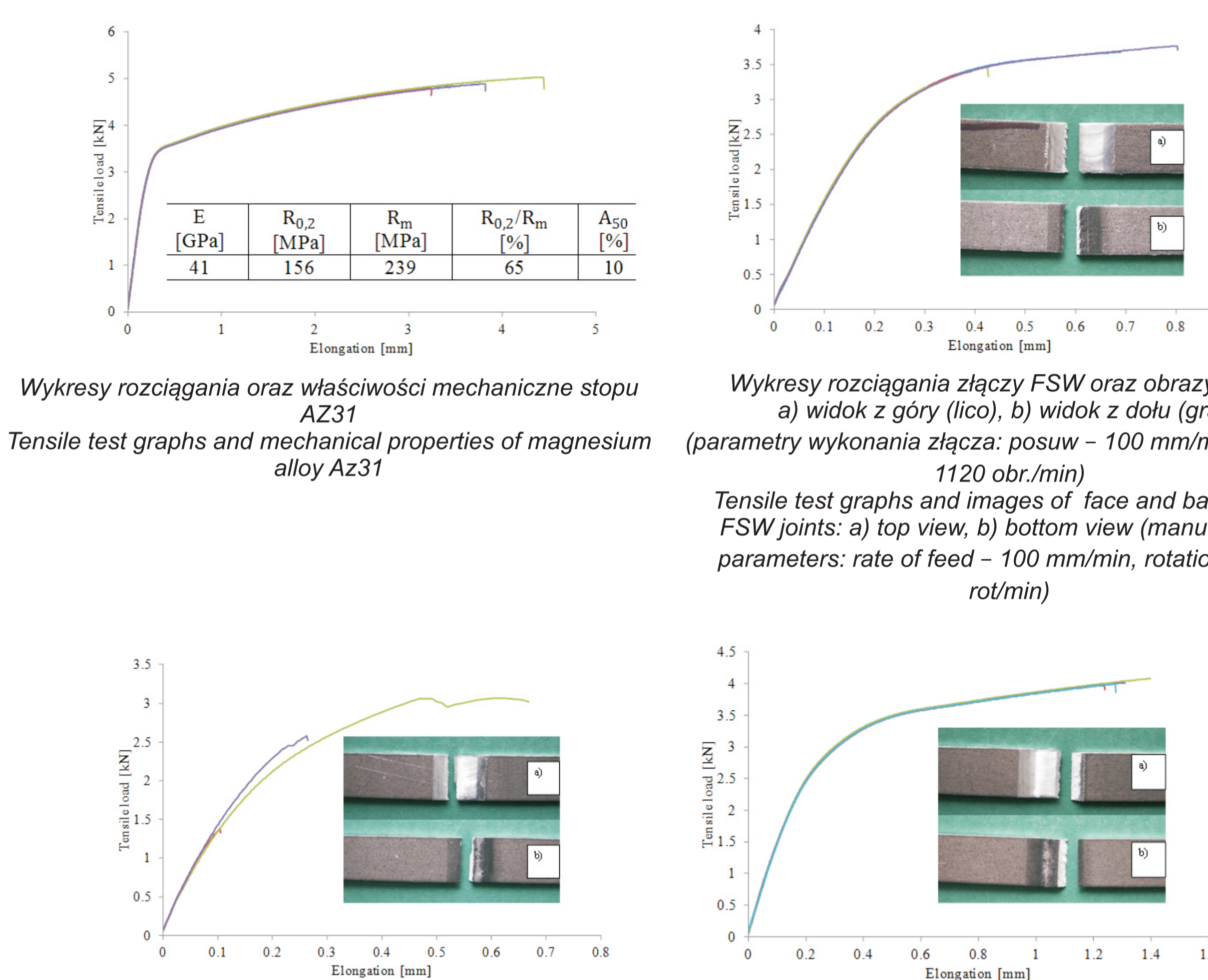
Wyniki zgrzewania tarcowego z przemieszaniem stopu aluminium 2024

Results of friction stir welding of 2024 aluminum alloy



Wyniki zgrzewania tarcowego z przemieszaniem stopu magnezu AZ31

Friction stir welding of AZ31 magnesium alloy



Wnioski Conclusions

- 1) Przeprowadzone badania wykazały, że blachy cienkie ze stopu aluminium 2024 i stopu magnezu AZ31 mogą być efektywnie łączone metodą FSW.
 - 2) Do wykonywania złączy dobrych jakościowo i o wysokich właściwościach wytrzymałościowych wymagane jest określenie optymalnych prędkości roboczych narzędzia.
 - 3) Zbyt duża prędkość narzędzia jest niekorzystna ze względu na formowanie się pustki w obszarze złącza; zbyt duża prędkość obrotowa narzędzia jest niekorzystna ze względu na wzrost temperatury i przegrzewanie obszaru złącza.
 - 4) Właściwości mechaniczne spoiny FSW nie są symetryczne względem linii złącza.
 - 5) Topografia powierzchni lica spoiny FSW zależy nie tylko od warunków procesu zgrzewania, ale również od właściwości łączonych materiałów.
- 1) The experimental results show a good efficiency of friction stir welding of 2024 and AZ31 alloys thin sheets.
 - 2) The good quality and high strength FSW joints need to determine optimal velocities of welding tool are determined.
 - 3) Too large transvers velocity of the tool can cause formation of a void in the joint area, too large rotational speed can be the reason of temperature increase and overheating the joint zone.
 - 4) The structure and properties of FSW joint are not symmetrical according to welding line; there are differences between advancing and retreating sides of the joint.
 - 5) Topography of the FSW joint face is related not only to the joining process parameters but also to the joining materials

Wyniki badań Results

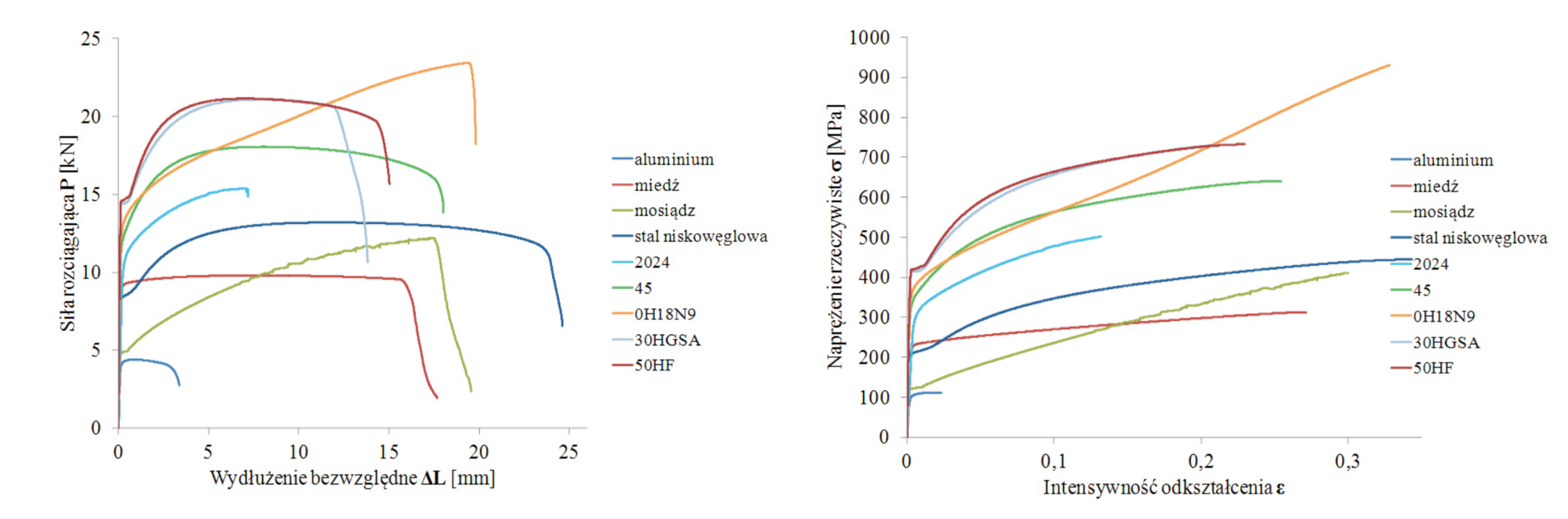
Ocena podatności materiałów do łączenia klinczowaniem

Estimation of material's susceptibility to clinching

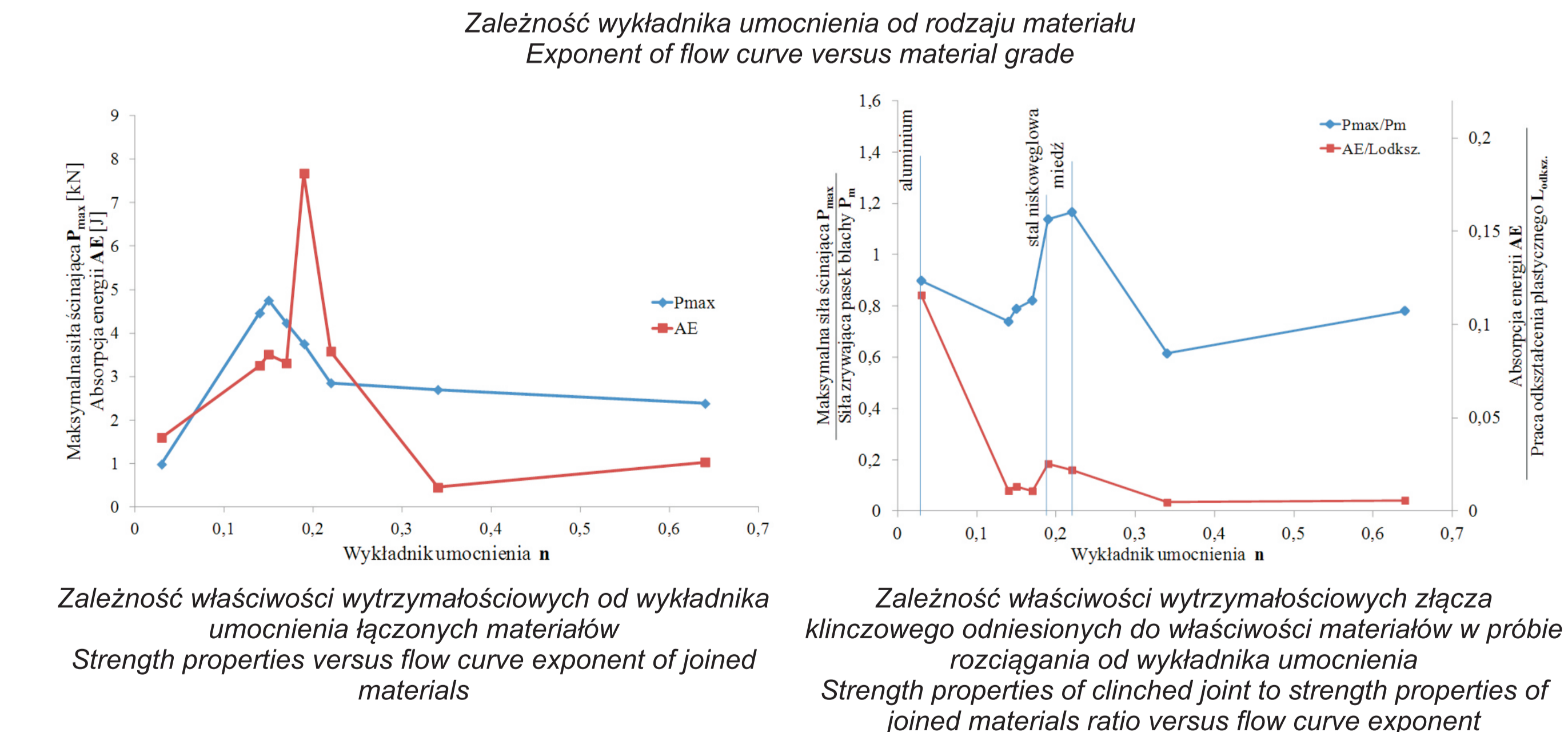
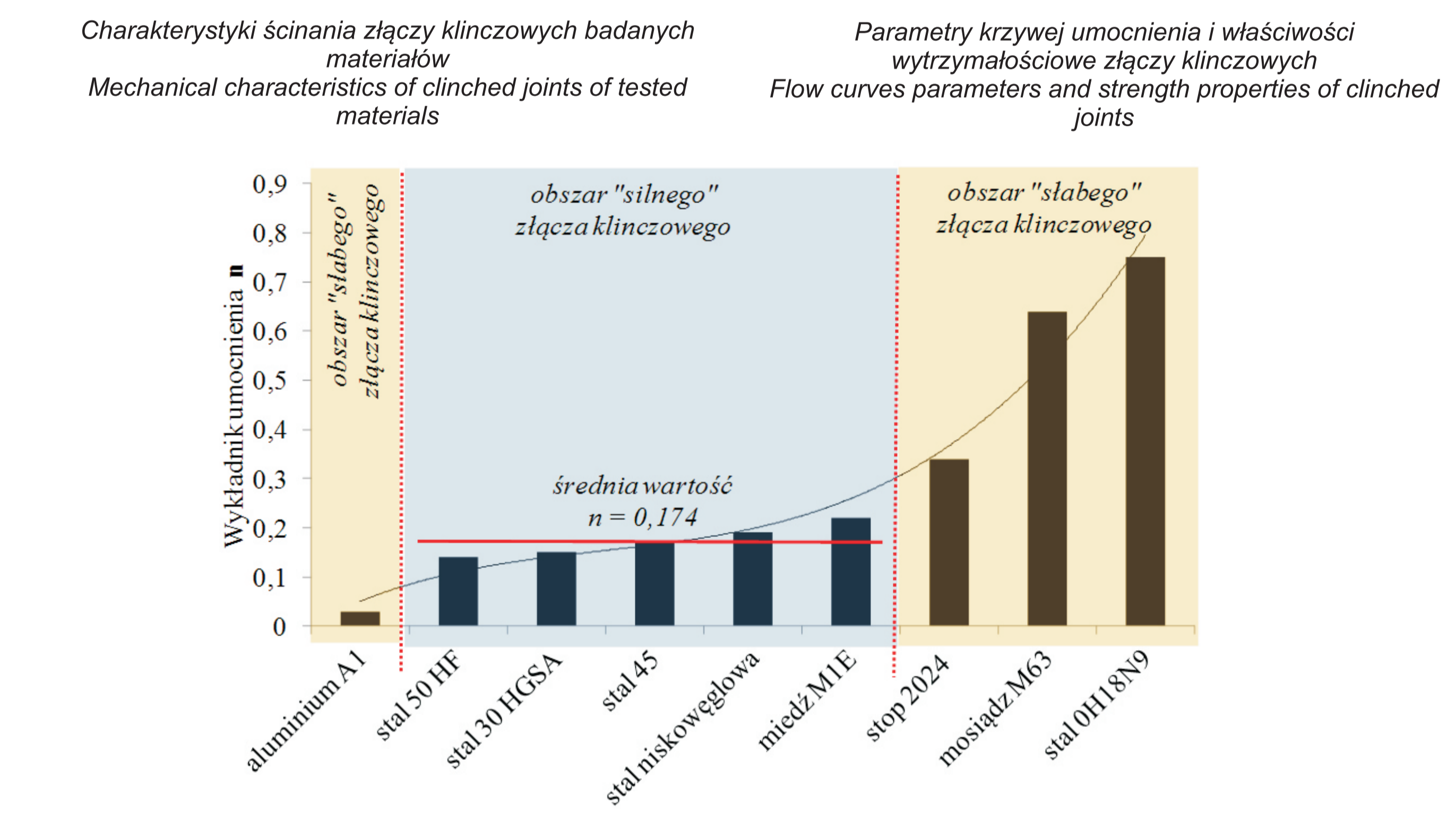
Klinczowanie pozwala na łączenie różnorodnych metali ze sobą. Jedynym ograniczeniem łączenia tą technologią są właściwości plastyczne materiałów. Jednakże nie dla wszystkich plastycznych materiałów stosowanych w badaniach otrzymane silne złącza klinczowe. Do badań wytypowano takie materiały metaliczne (m.in. stosowane w lotnictwie), jak: stop aluminium 2024, czyste aluminium 1070 (A1), miedź M1E, mosiądz M63, stal niskowęglowa (DC4), stal EN 1.0530 (gat. 45), stале konstrukcyjne stopowe: 30 HGSA (do ulepszenia ciepłego), stal chromowo-manganowo-krzemowa) i 50 HF (stal sprężynowa, chromowo-wanadowa). Wykonanie złączy poprzedzono próbami jednoosiowego rozciągania tych materiałów oraz określeniem ich właściwości plastycznych, tj. wyznaczeniem krzywych umocnienia tych materiałów. Rozciągano paski blachy o wymiarach: szerokość 35 mm, długość 165 mm i grubości 1 mm, tj. o szerokości i grubości odpowiadających blachom łączonym w próbach klinczowania. Do pomiaru umocnienia stosowano ekstensometr o długości bazowej L₀ = 50 mm (podobnie mierzone przemieszczenie w próbach ścinania zakładkowych złączy klinczowych). Charakterystyki krzywych umocnienia opisywano trójparametrowymi równaniami Swifta w postaci:

$$\sigma = K(\epsilon_0 + \epsilon)^n$$

gdzie:
K - współczynnik umocnienia,
n - wykładnik umocnienia,
ε₀ - odkształcenie wstępne.



Material	Współczynnik umocnienia K [MPa]	Wykładnik umocnienia n	Maksymalna siła ścinająca P _{max} [kN]	Absorpcja energii AE [J]
aluminium A1	127	0,03	0,986268	1,60016
stal 50 HF	902	0,14	4,461681	3,25432
stal 30 HGSA	932	0,15	4,752165	3,512658
stal 45	804	0,17	4,234339	3,308878
stal niskowęglowa DC4	546	0,19	3,754075	2,675021
miedź M1E	395	0,22	2,854105	3,58214
stop 2024 - przesycony i starzony	716	0,21	2,7	0,453
stop 2024 - T351	801	0,24	-	-
stop 2024 - DC4	648	0,34	-	-
miedź M63	816	0,64	2,383718	1,034449
stal 0H18N9	1671	0,75	-	-



Wnioski Conclusions

Klinczowaniem można łączyć materiały metaliczne o zróżnicowanych właściwościach mechanicznych, np. stале niskowęglowe, o niskich właściwościach wytrzymałościowych i stале konstrukcyjne stopowe o wysokich właściwościach wytrzymałościowych. Jako kryterium oceny zdolności materiałów do formowania złącza klinczowego może służyć wykładnik krzywej umocnienia - wysoka wartość wykładnika krzywej umocnienia nie sprzyja formowaniu złączy klinczowych; silne złącza można otrzymać, gdy wykładnik krzywej umocnienia łączonych materiałów są małe (w badaniach n_{sr} = 0,174). Porównania właściwości wytrzymałościowych złączy klinczowych wykonanych na różnych materiałach można dokonać za pomocą wskaźnika będącego stosunkiem maksymalnej siły przemieszczonej przez złącze do siły zrywającej pasek blachy o szerokości równej wymiarowi wypukłości złącza.

Clinching can be used to joining metallic materials with different mechanical properties, eg. low carbon steel, which has low mechanical strength and constructional alloy steel, which has high mechanical strength. As a clinchability criterion can be used flow curve exponent - high value of flow curve exponent is not good for clinching; strong clinched joints can be obtained when flow curve exponents of joined materials are low (in the tests n_{sr}=0,174). Comparison of clinch joint strength of different materials can be realized by the ratio of maximal clinched joint load to the critical tensile load.