

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

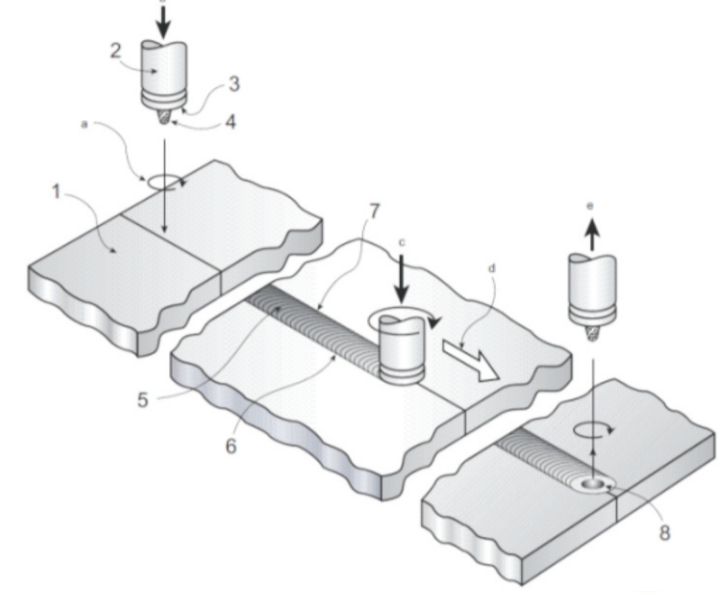
Wyniki badań Results

Zgrzewanie tarciove z przemieszaniem cienkich blach ze stopów 2014, 2024, 7475 Friction Stir Welding of thin sheets of 2014, 2024, 7475 Aluminium alloys

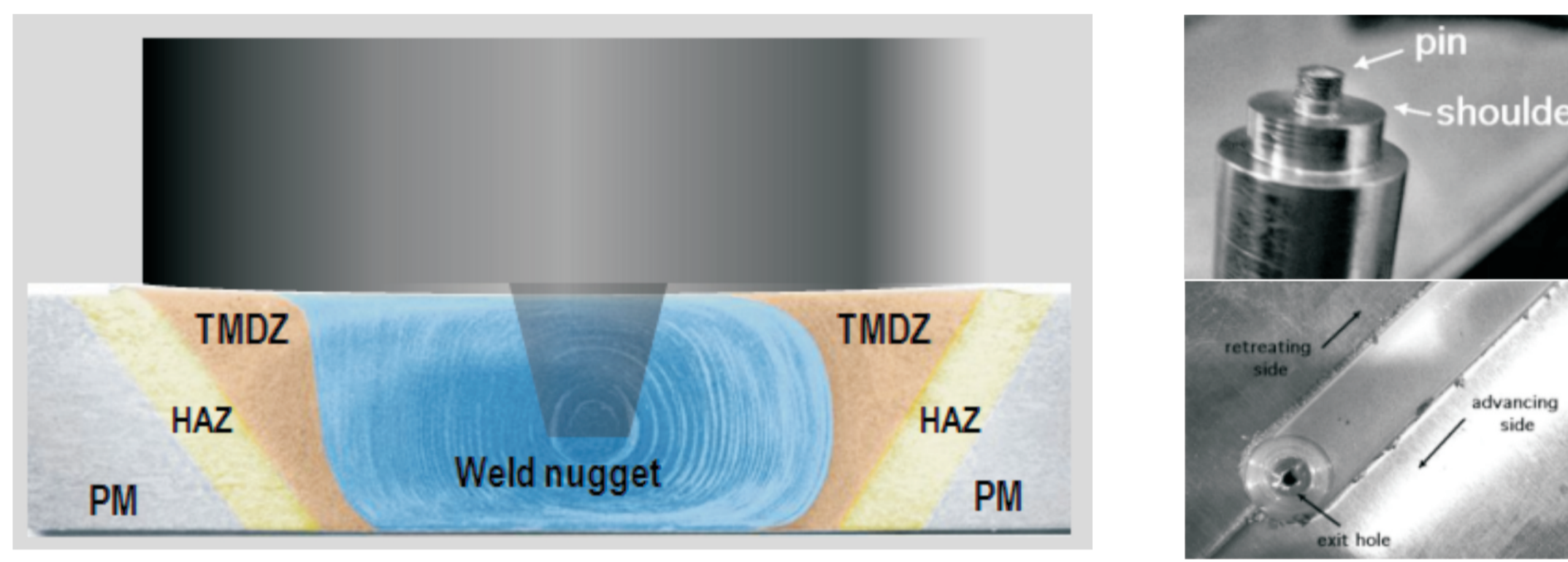
- Looking for joining technology which allow to:
1. Reduce the weight of joined structure (to eliminate additional parts e.g. rivets)
 2. Assurance of leak tightness of joint
 3. Assurance of adequate strenght of joint in broad range of temperature

Parameters of FSW technology :

- tool geometry
- rotational speed of tool
- linear velocity of welding
- depth of tool penetration
- pressure force of tool during FSW process
- tool angle of inclination



Important - identification of the level of plasticity required for effective FSW process and role of stirring in obtaining proper joint.



Rys. Schemat stref w połączeniach FSW
Fig. Scheme of zones in FSW joint

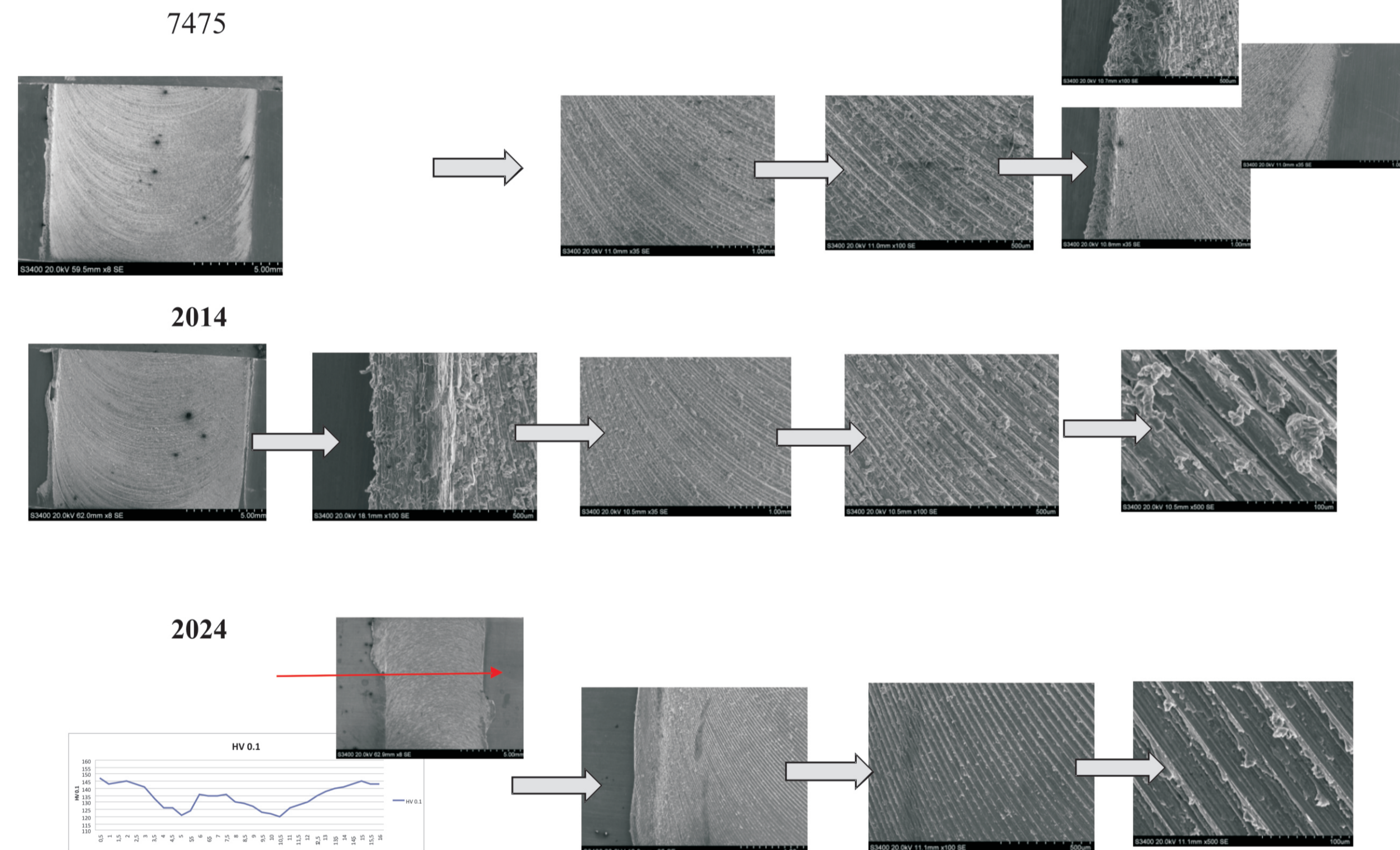
A friction stir welded joint is characterized by high non-uniformity and asymmetry.

In advancing zone there are numerous multidirectional bands that are characterized by fine granularity, compared to surrounding mixing zone

Badanie wytrzymałości i mikrostruktury spoiny FSW cienkich blach ze stopów 2014, 2024, 7475 Mechanical properties and microstructures of FSW joint of thin sheets of 2014, 2024, 7475 alloys

Example- FSW of 7175, 2014, 2024 alloys – thin sheets

Special tool for thin sheets welding



Mechanical properties of welded samples

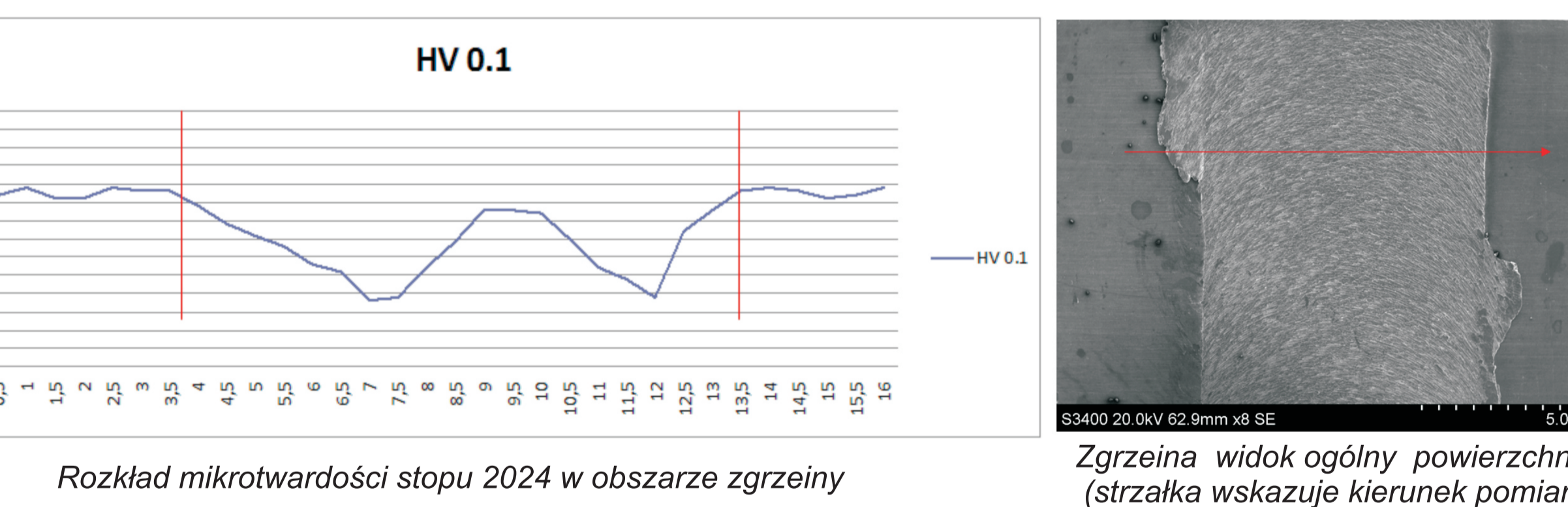
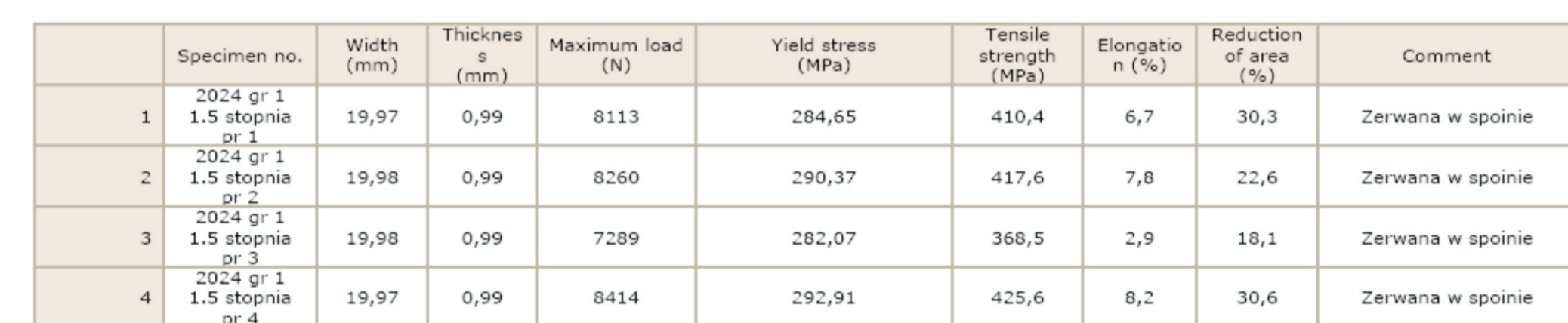
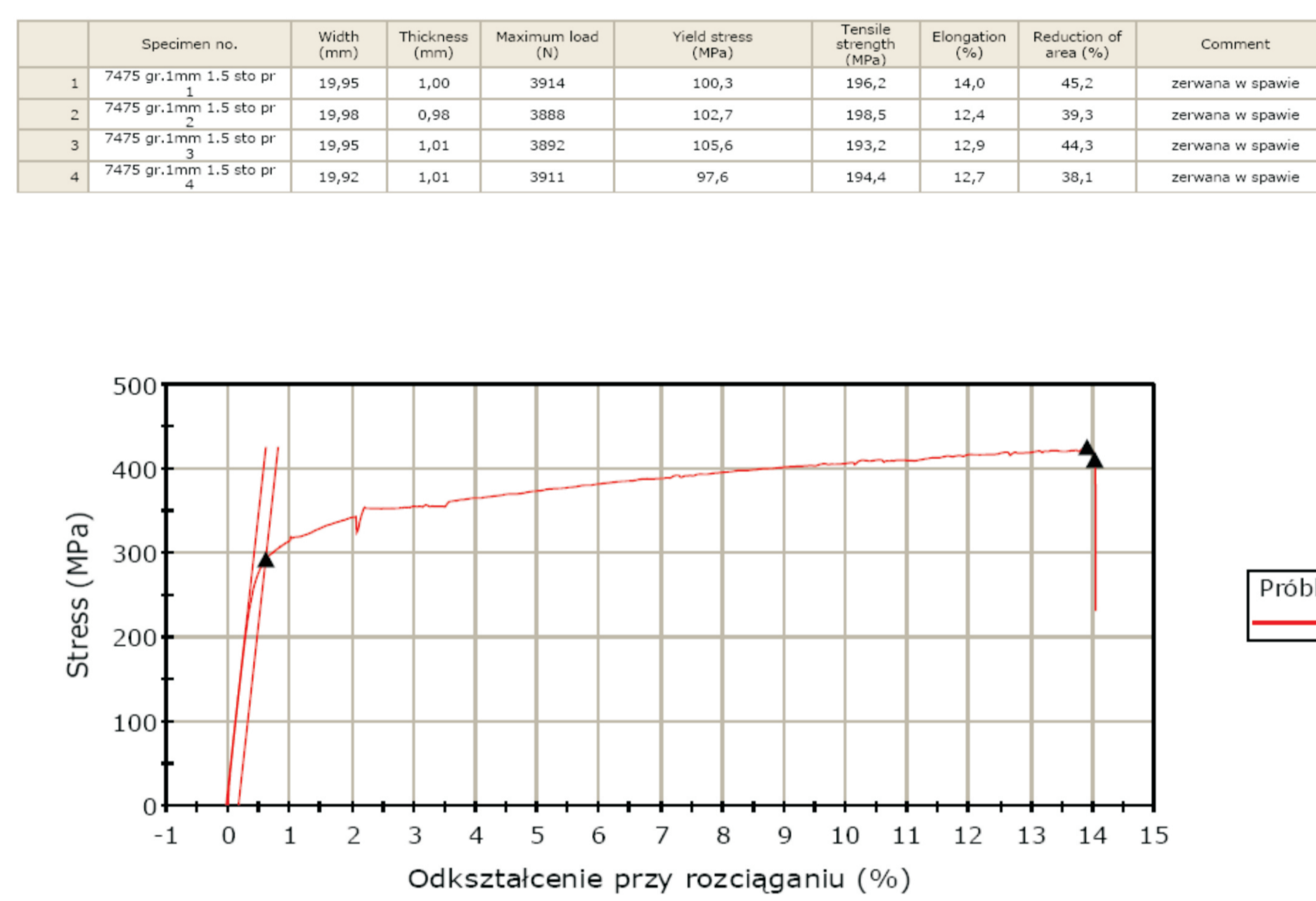
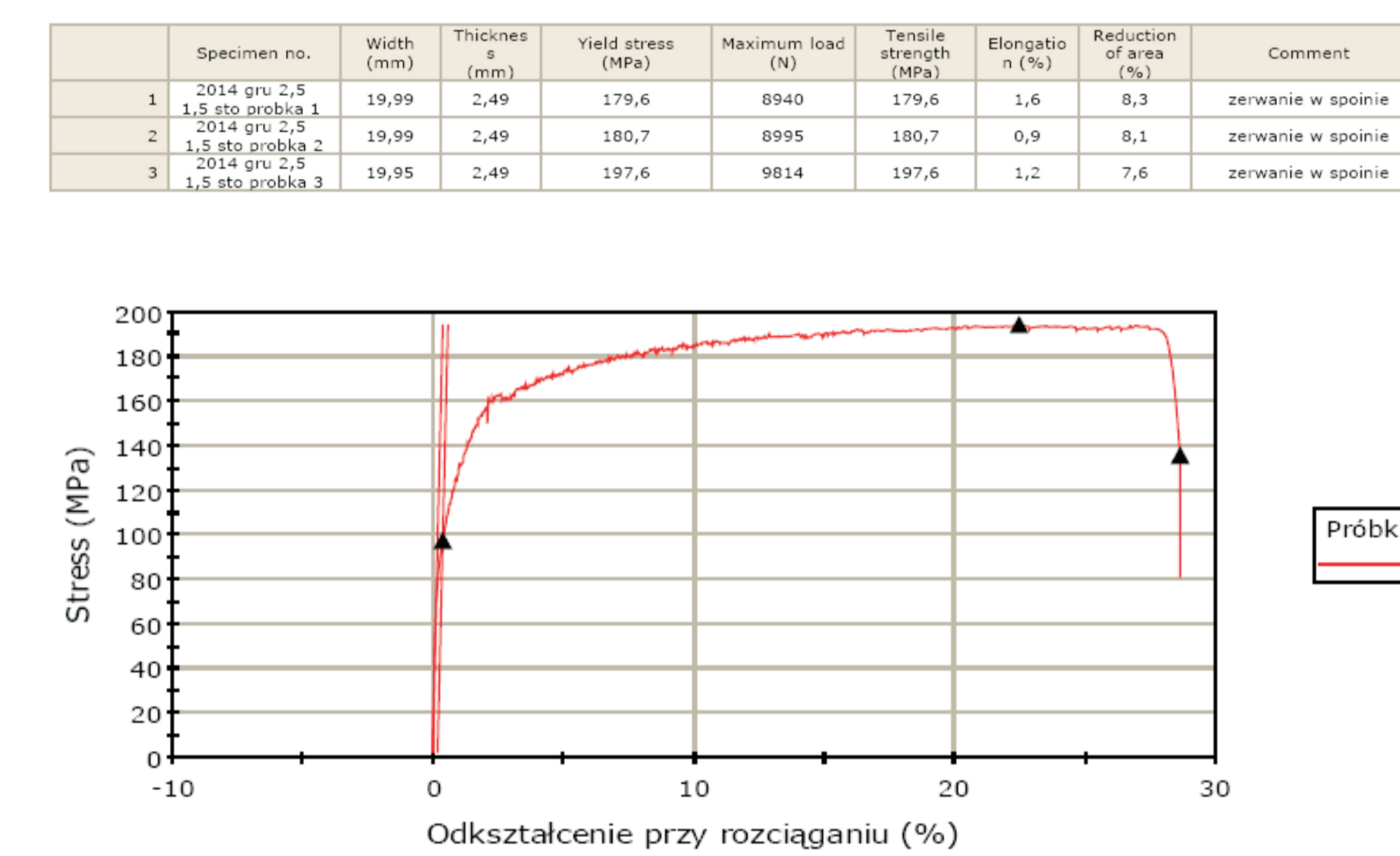
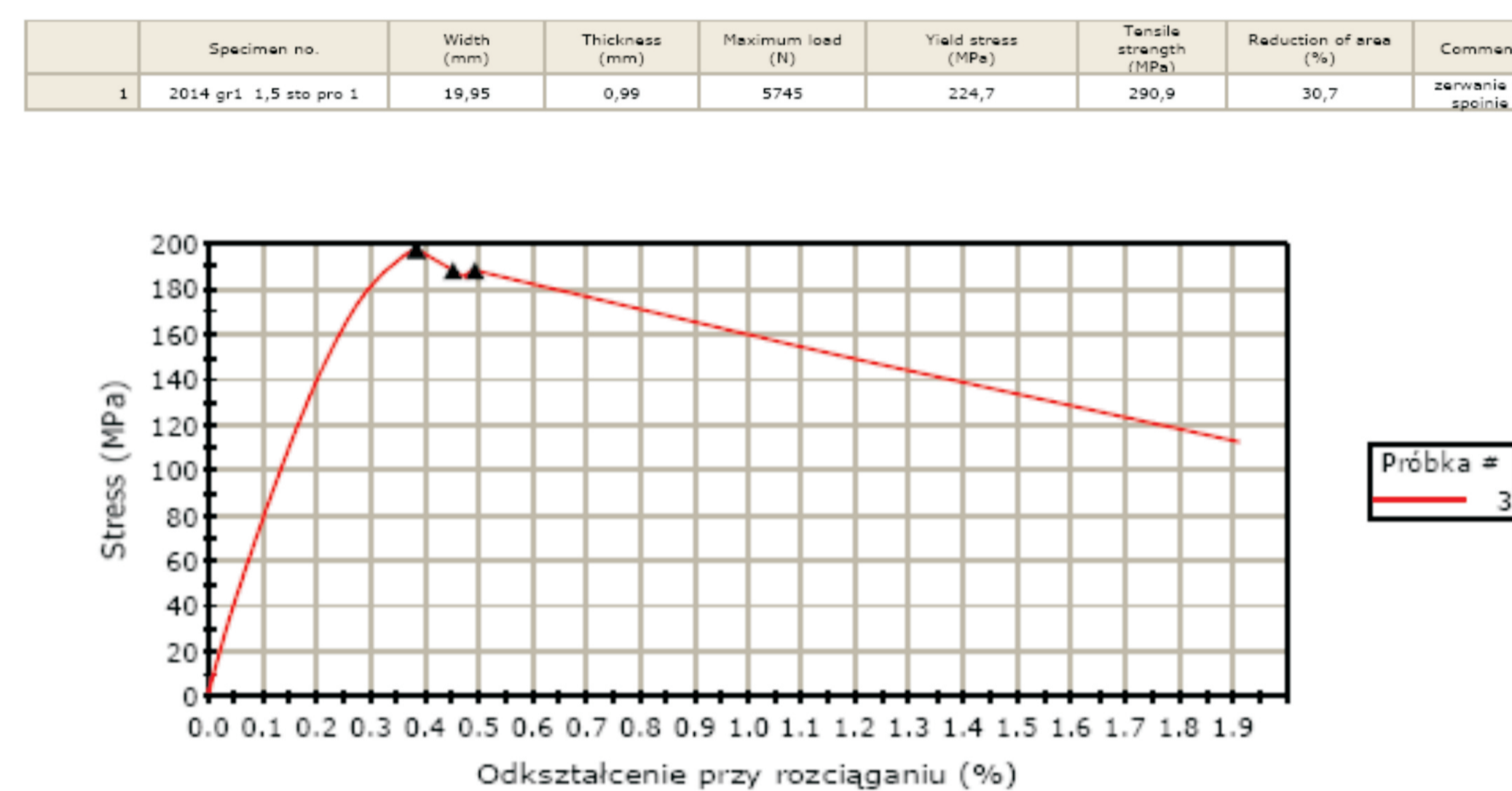
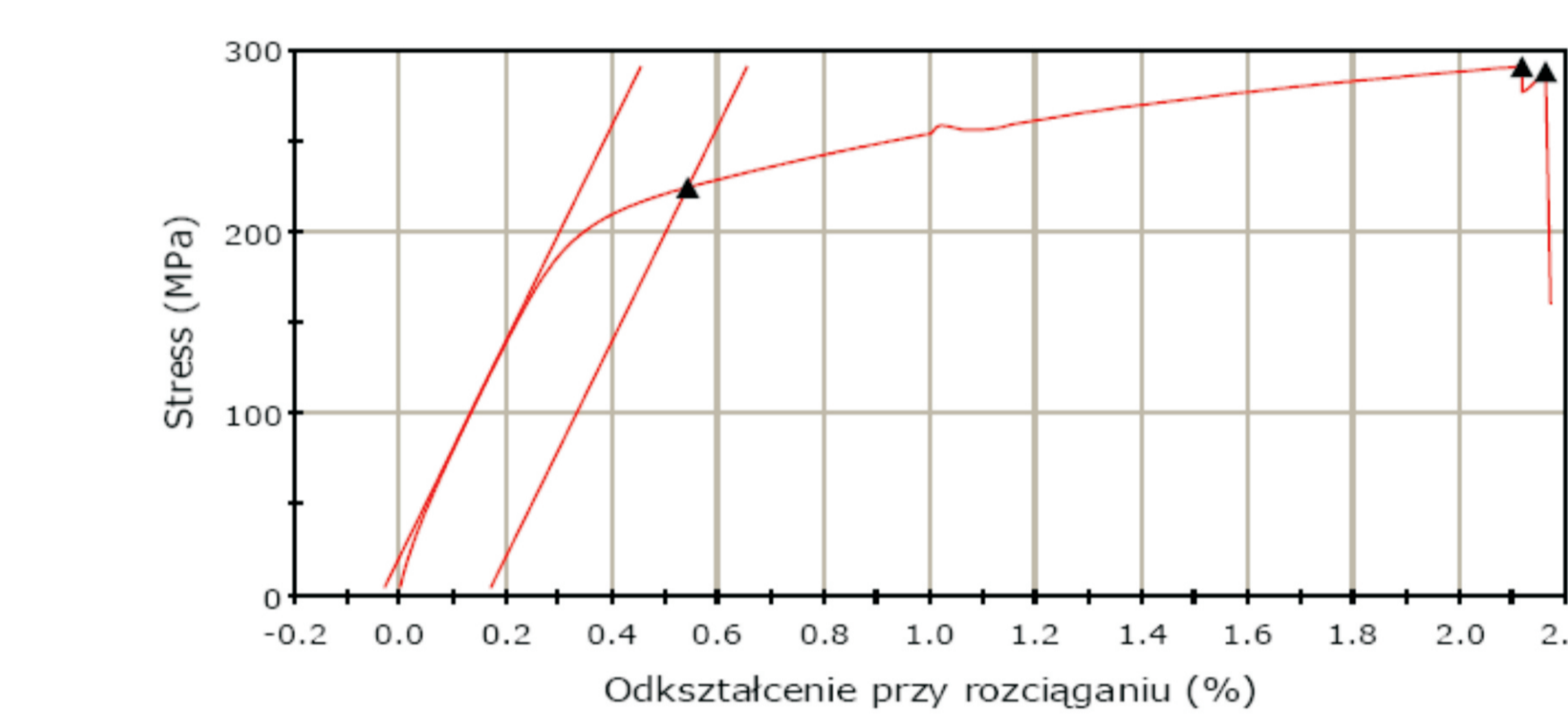
7475 g = 1 mm	R _{0.2} , MPa	R _m , MPa	A ₅₀ , %	Z _r , %	
1	100	196	14,0	45	Break out of weld
2	103	199	12,4	39	Break out of weld
3	106	193	12,9	44	Break out of weld
4	98	194	12,7	38	Break out of weld

2014 g = 1 mm	R _{0.2} , MPa	R _m , MPa	A ₅₀ , %	Z _r , %	
1	225	291	1,0	30,7	Break in the weld zone
2	210	282	1,4	30,3	Break in the weld zone
3	208	278	1,4	30,5	Break in the weld zone
4	200	285	1,6	30,0	Break in the weld zone
5	215	285	1,4	29,7	Break in the weld zone

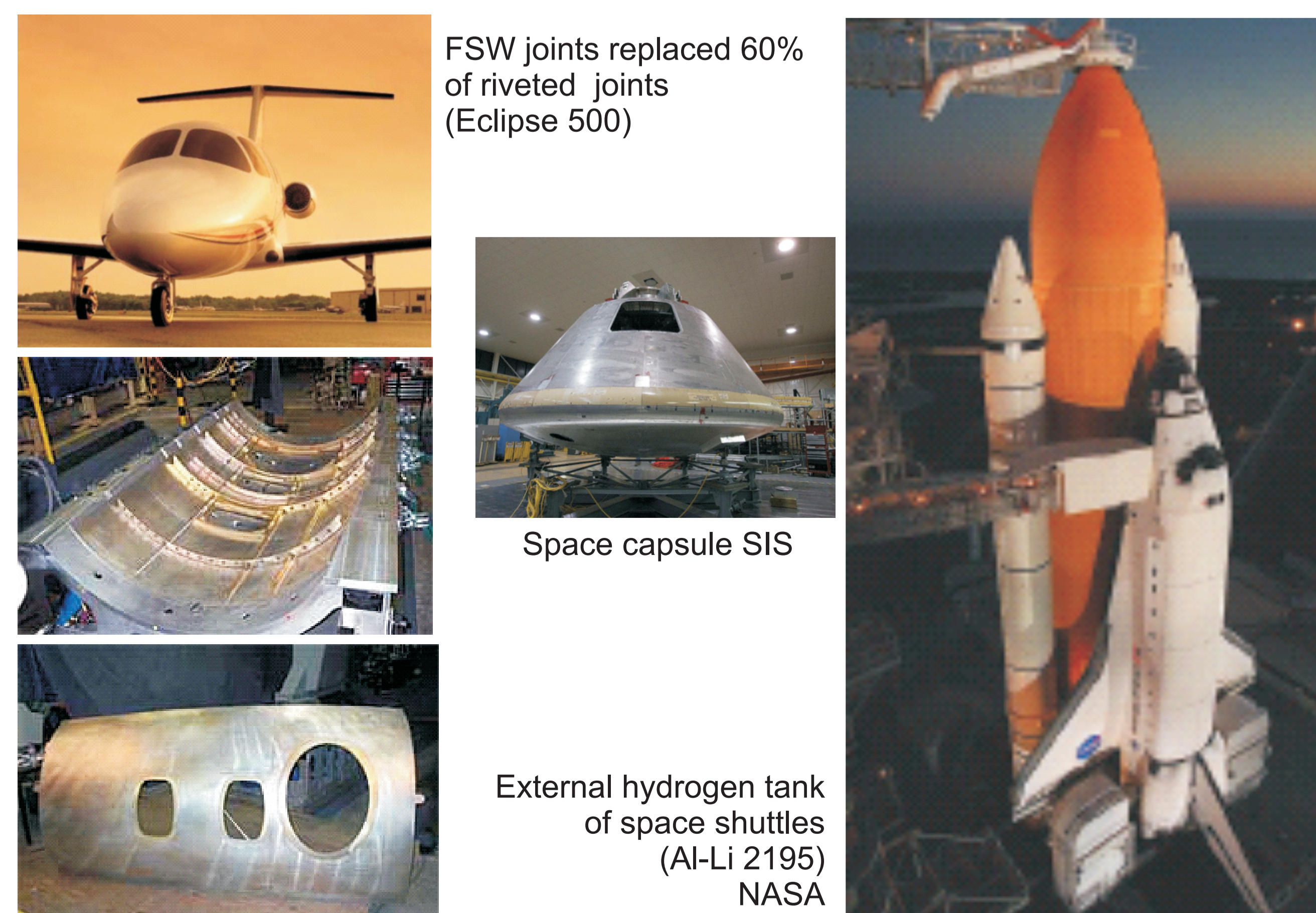
2024 g = 1 mm	R _{0.2} , MPa	R _m , MPa	A ₅₀ , %	Z _r , %	
1	285	410	6,7	30,3	Break in the weld zone
2	290	418	7,8	22,6	Break in the weld zone
3	282	369	2,9	18,1	Break in the weld zone
4	292	426	8,2	30,6	Break in the weld zone

Mechanical properties of single metals

Alloy	R _{0.2} , MPa	R _m , MPa	A ₅₀ , %	Z _r , %
7475	85	194	15,7	40,5
7475 g = 1,0 mm	85	195	13,8	30,7
2014 g = 1,0 mm	320	438	19,9	30,6
2014 g = 1,0 mm	316	437	18,6	28,2
2014 g = 2,5 mm	324	442	17,3	23,3
2014 g = 2,5 mm	328	442	19,0	22,0
2024 g = 1,0 mm	306	454	16,1	29,7
2024 g = 1,0 mm	310	461	16,2	27,5
2024 g = 2,5 mm	333	456	12,8	21,6
2024 g = 2,5 mm	331	457	17,0	24

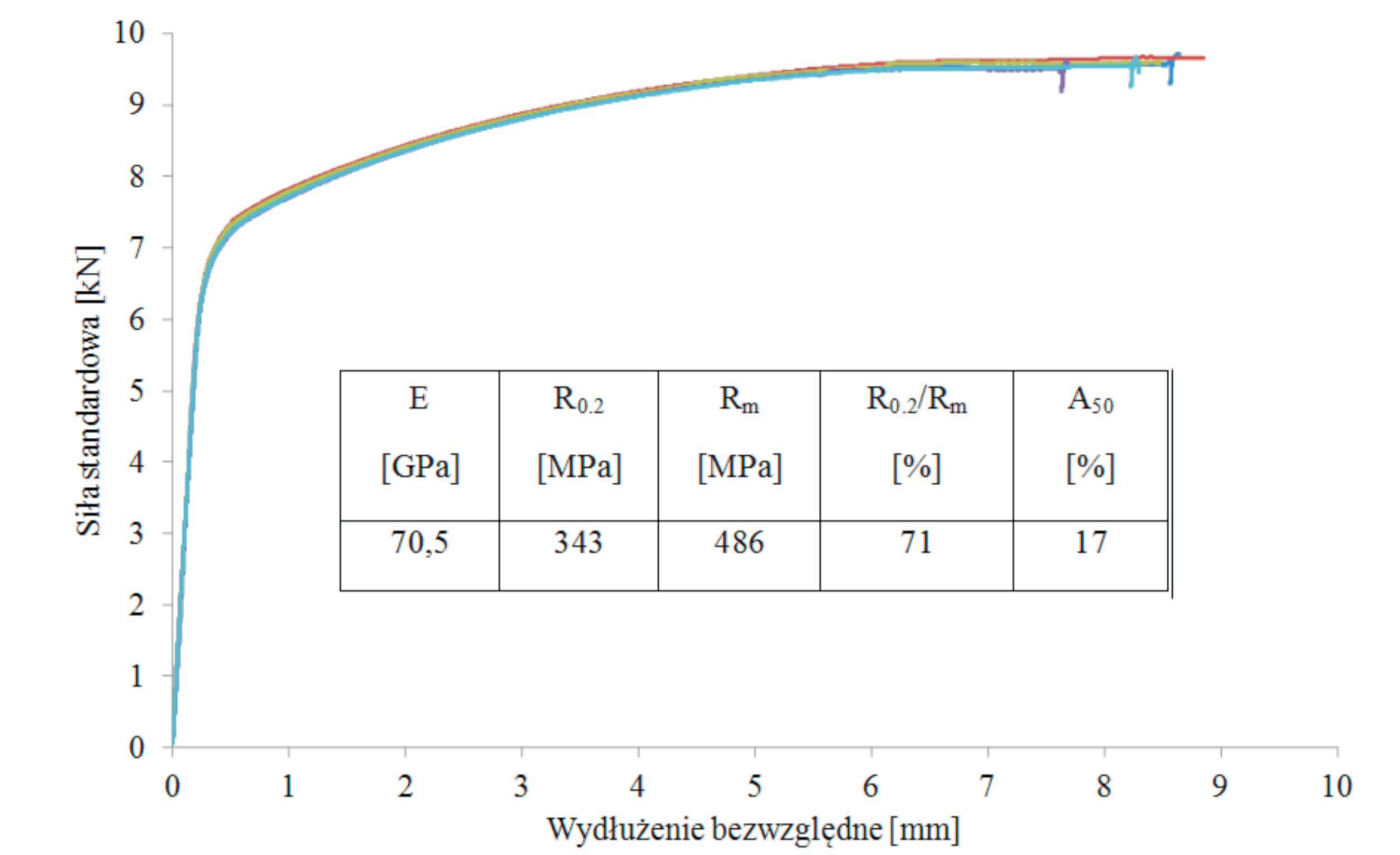


Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation



Badania procesu zgrzewania tarciove (ang. FSW) blach ze stopu aluminium 2024 Research of friction stir welding (FSW) of aluminium alloys sheets

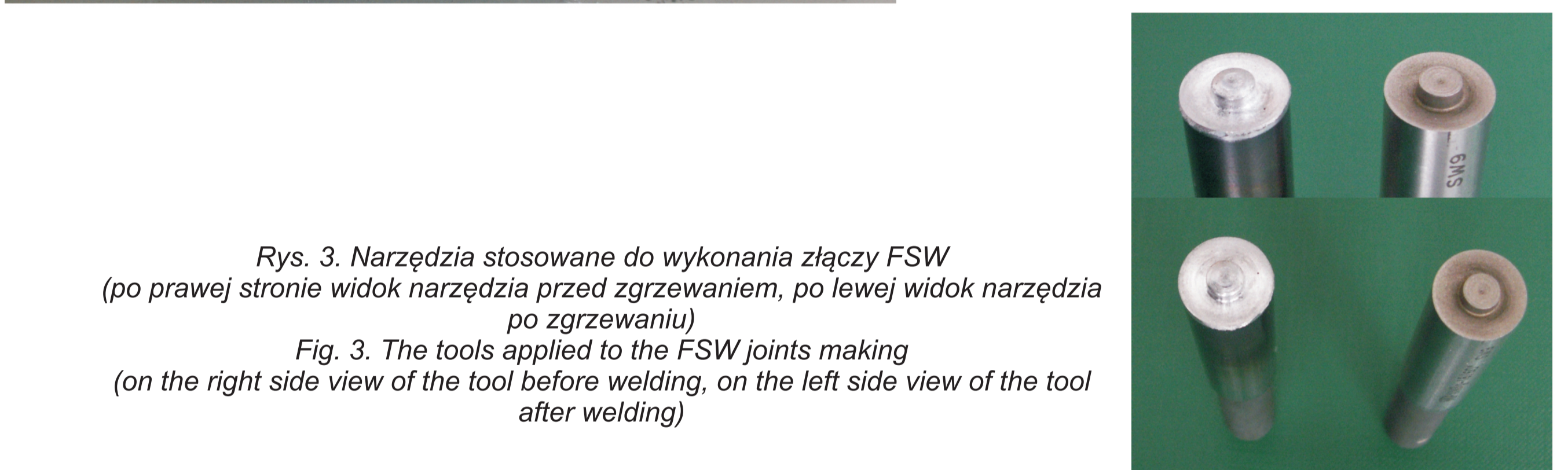
Badania obejmowały wstępne próby zgrzewania tarciove z przemieszaniem pasków blachy o grubości 1,6 mm, ze stopu aluminium 2024. Testy zgrzewania przeprowadzono na uniwersalnej frezarsce pionowej. Parametrami zmiennymi była prędkość posuwu stołu frezarki oraz prędkość obrotowa narzędzia (wrzeczona frezarki). Kąt odchylenia narzędzia od osi wrzeczona był stały i wynosił ok. 3 st.



Rys. 1. Wykresy rozciągania pasków blachy 2024 (szerokość - 12,5 mm, baza pomiarowa - 50 mm) oraz właściwości mechaniczne stopu 2024
Fig. 1. Tensile test graphs of aluminium alloy 2024 (strip width - 12,5 mm, ekstensometer gauge length - 50 mm) and mechanical properties of 2024 alloy

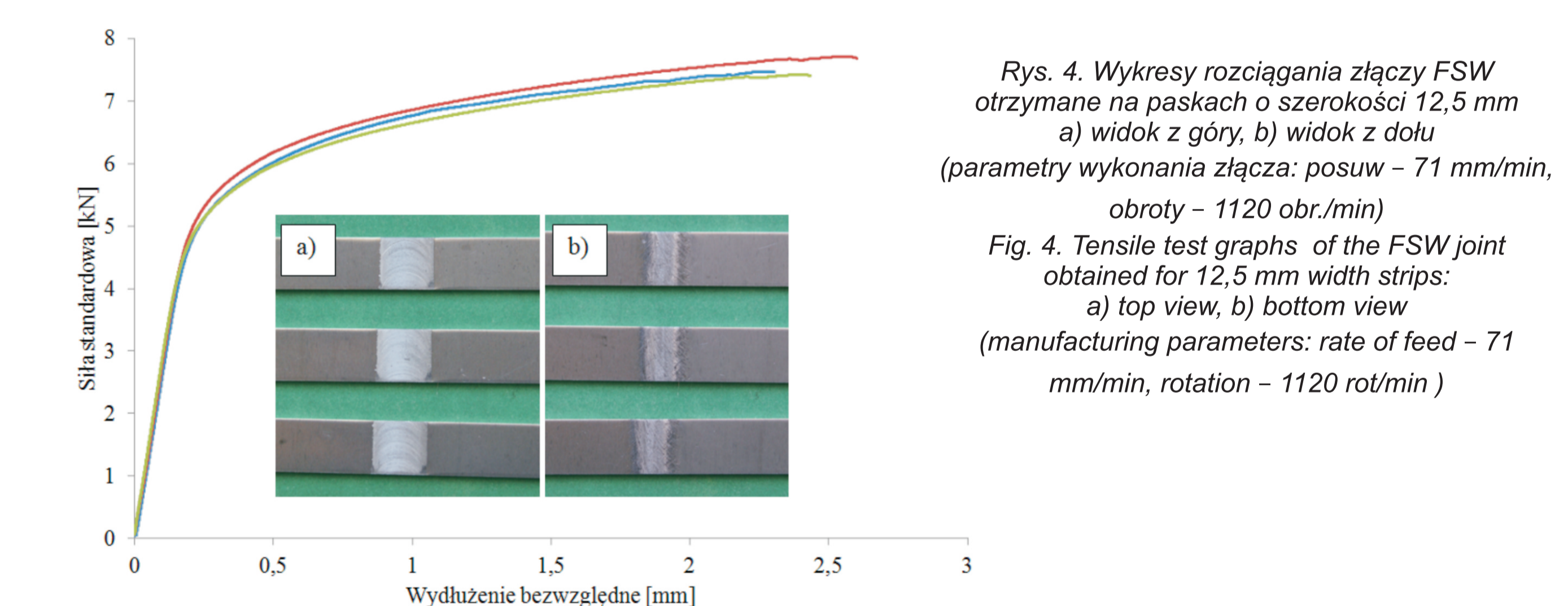


Rys. 2. Widok złącza FSW: a) z góry, b) z dołu (strzałką zaznaczono kierunek posuwu narzędzia, pionową kreską zamianę prędkości obrotowej narzędzia)
Fig. 2. Picture of the FSW joint: a) top view, b) bottom view (the arrow shows the direction of the tool feed movement, the vertical dash shows the point of the tool rotation speed changing)

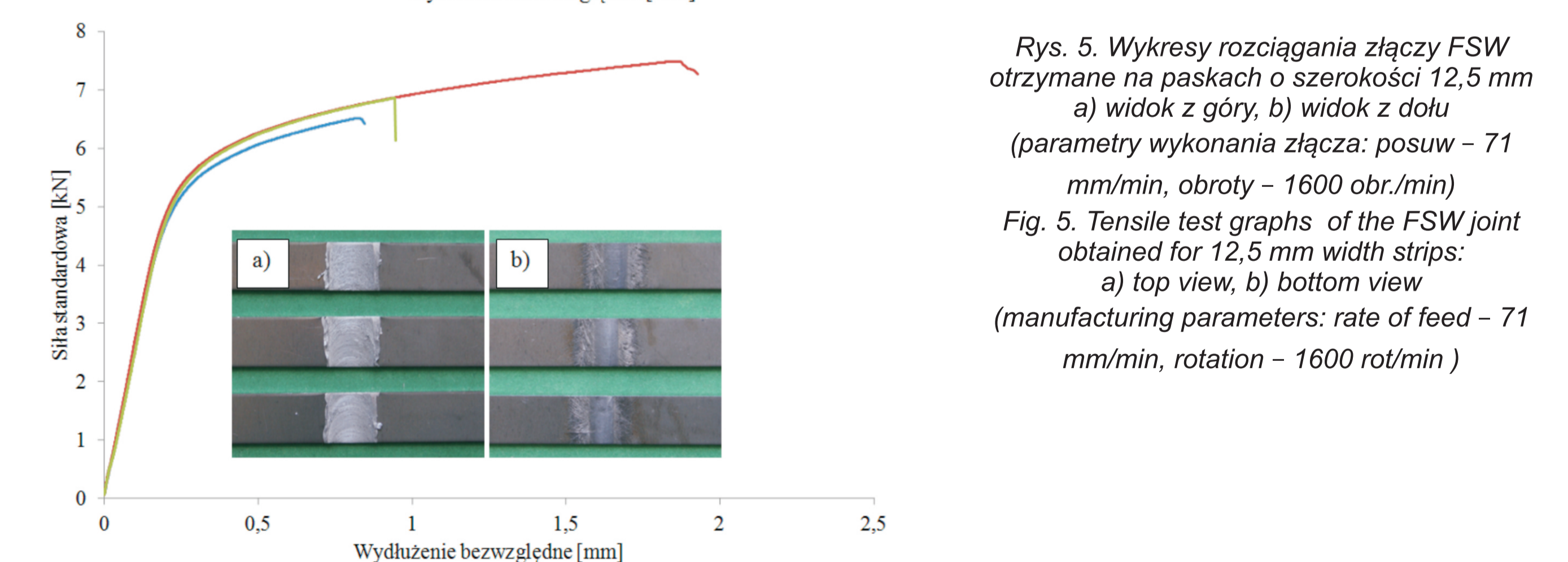


Rys. 3. Narzędzia stosowane do wykonania złącza FSW (po prawej stronie widok narzędzia przed zgrzewaniem, po lewej widok narzędzia po zgrzewaniu)
Fig. 3. The tools applied to the FSW joints making (on the right side view of the tool before welding, on the left side view of the tool after welding)

Po procesie zgrzewania próbki przed badaniami wytrzymałościowymi były starzone naturalnie (sezonowane) przez 7 dni. Wyniki badań wytrzymałościowych przedstawiono na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Wykresy rozciągania złącza FSW otrzymane na paskach o szerokości 12,5 mm a) widok z góry, b) widok z dołu (parametry wykonania złącza: posuw - 71 mm/min, obroty - 1120 obr./min)
Fig. 4. Tensile test graphs of the FSW joint obtained for 12,5 mm width strips: a) top view, b) bottom view (manufacturing parameters: rate of feed - 71 mm/min, rotation - 1120 rot/min)



Rys. 5. Wykresy rozciągania złącza FSW otrzymane na paskach o szerokości 12,5 mm a) widok z góry, b) widok z dołu (parametry wykonania złącza: posuw - 71 mm/min, obroty - 1600 obr./min)
Fig. 5. Tensile test graphs of the FSW joint obtained for 12,5 mm width strips: a) top view, b) bottom view (manufacturing parameters: rate of feed - 71 mm/min, rotation - 1600 rot/min)

Wnioski Conclusions

1. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że optymalna - prędkość liniowa narzędzia wynosi ok. 70 mm/min, a prędkość obrotowa ok. 1100 obr/min podczas zgrzewania metodą FSW stopu aluminium w gat. 2024, w warunkach wykonywanych testów.
 2. Zbyt duży posuw narzędzia (np. 100 mm/min) był niekorzystny ze względu na formowanie złącza (zbyt małe „przemieszanie”) i w obszarze złącza występowała pustka
 3. Zbyt duża prędkość obrotowa narzędzia (np. 1600 obr/min) była niekorzystna ze względu na wzrost temperatury i przegrzewania obszaru złącza (Rys. 5)
 4. Połączenia FSW charakteryzują się wysoką niejednorodnością i asymetrią w strefie zgrzewania identyfikowane są podstrefy otaczające strefę mieszania.
 5. Najwyższą jakość połączenia zapewnia kontrolowana siła nacisku, dobór odpowiedniego narzędzia, jego pochylenie, prędkość obrotów oraz prędkość posuwu.
 6. Odpowiedni dobór parametrów procesu FSW zapewnia połączenie cienkich blach ze stopów aluminium: 2014, 2024, 7475 ze różnymi właściwościami mechanicznymi zgrzeiny
1. The test results let to determine the optimal FSW joining parameters: rate of feed - about 70 mm/min, rotation - 1100 rot/min, for aluminium alloy 2024, when the test requirements are established.
 2. Too big rate feed of the tool (e.g. 100 mm/min) was disadvantages for the joint manufacturing (too small stir) and formation of a void in the joint area.
 3. Too big rotation speed of the tool (e.g. 1600 rot/min) was disadvantages because of the temperature increase and overheating the joint area (Fig. 5).
 4. Joints welded by the FSW method are characterized by high heterogeneity and asymmetry. In the advancing zone one can see numerous, highly fragmented streaks that are multidirectional with respect to the surrounding mixing area
 5. The highest quality of joints is acquired by carrying out the process when the technology is enhanced by controlled force that presses the tool against the metal surface.
 6. Adequate choice of FSW parameters let to obtain proper joints of thin Al 2014, 2024, 7475 sheets of various mechanical properties.