

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

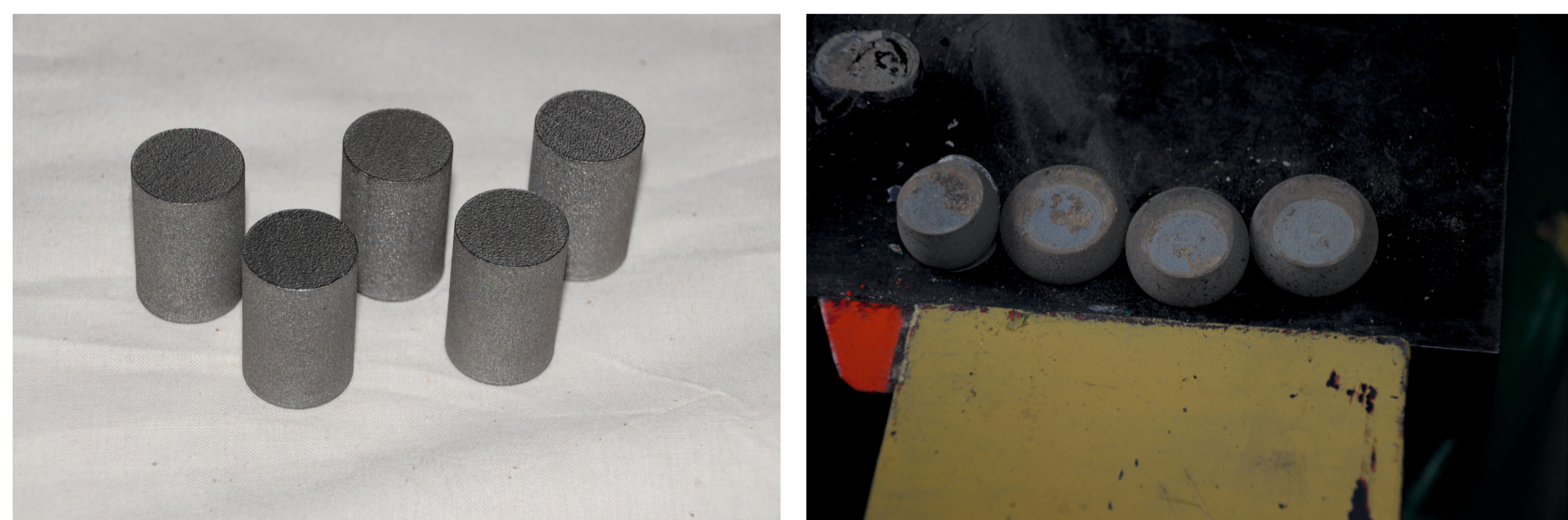
### Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al - Li ) oraz Ti Plastic forming of aeronautical Al (including Al - Li) and Ti alloys

Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska, Politechnika Częstochowska

#### Wyniki badań Results

##### Spękanie próbek ze stopu Ti6Al4V Upsetting Ti6Al4V alloy samples

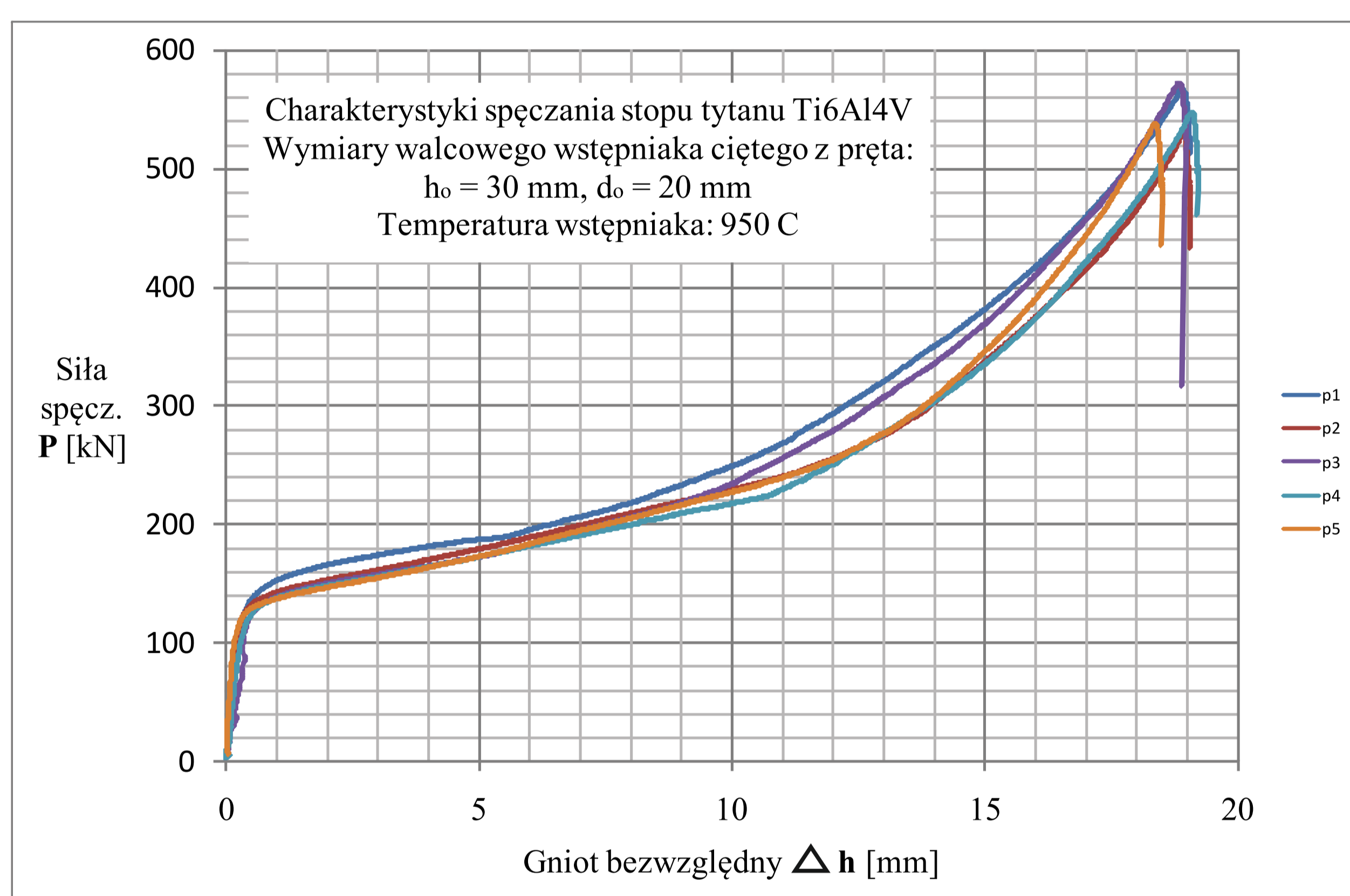
Spękanie przeprowadzono dla próbek z pręta ze stopu Ti6Al4V oraz modeli wykonanych w procesie EOS - SLS - selektywne laserowe spiekanie proszku EOS Ti64 (proszku ze stopu



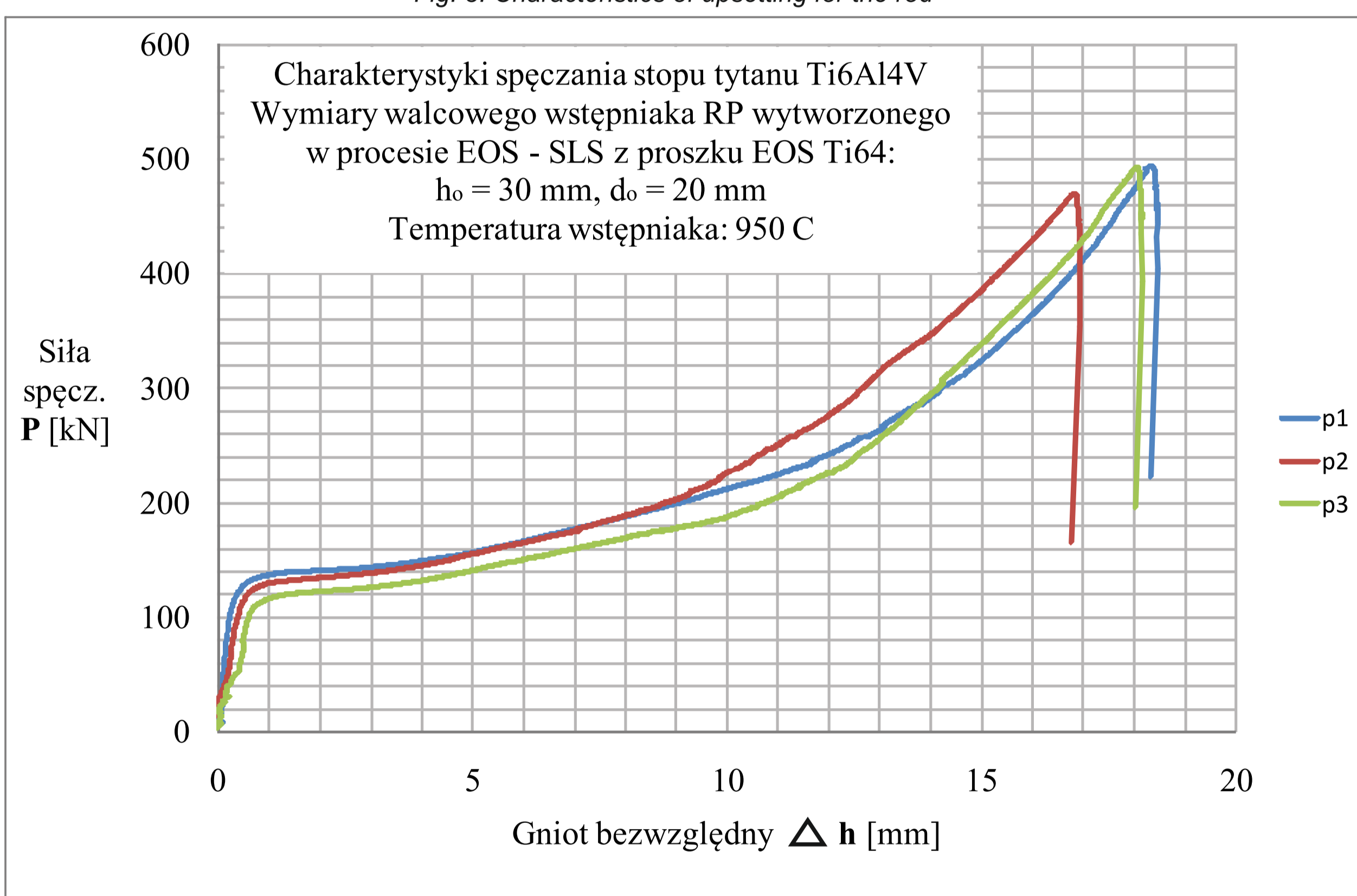
Rys. 1. Modele EOS-SLS - przed i po próbie spękania  
Fig. 1. The EOS-SLS models - before and after attempting to upsetting



Rys. 2. Spękanie próbek ze stopu Ti6Al4V  
Fig. 2. Upsetting Ti6Al4V alloy samples



Rys. 3. Charakterystyki spękania dla pręta  
Fig. 3. Characteristics of upsetting for the rod



Rys. 4. Charakterystyki spękania dla EOS-SLS  
Fig. 4. Characteristics of upsetting for the EOS-SLS models

##### Rozciąganie próbek ze stopu Ti6Al4V Tensile testing of Ti6Al4V alloy samples

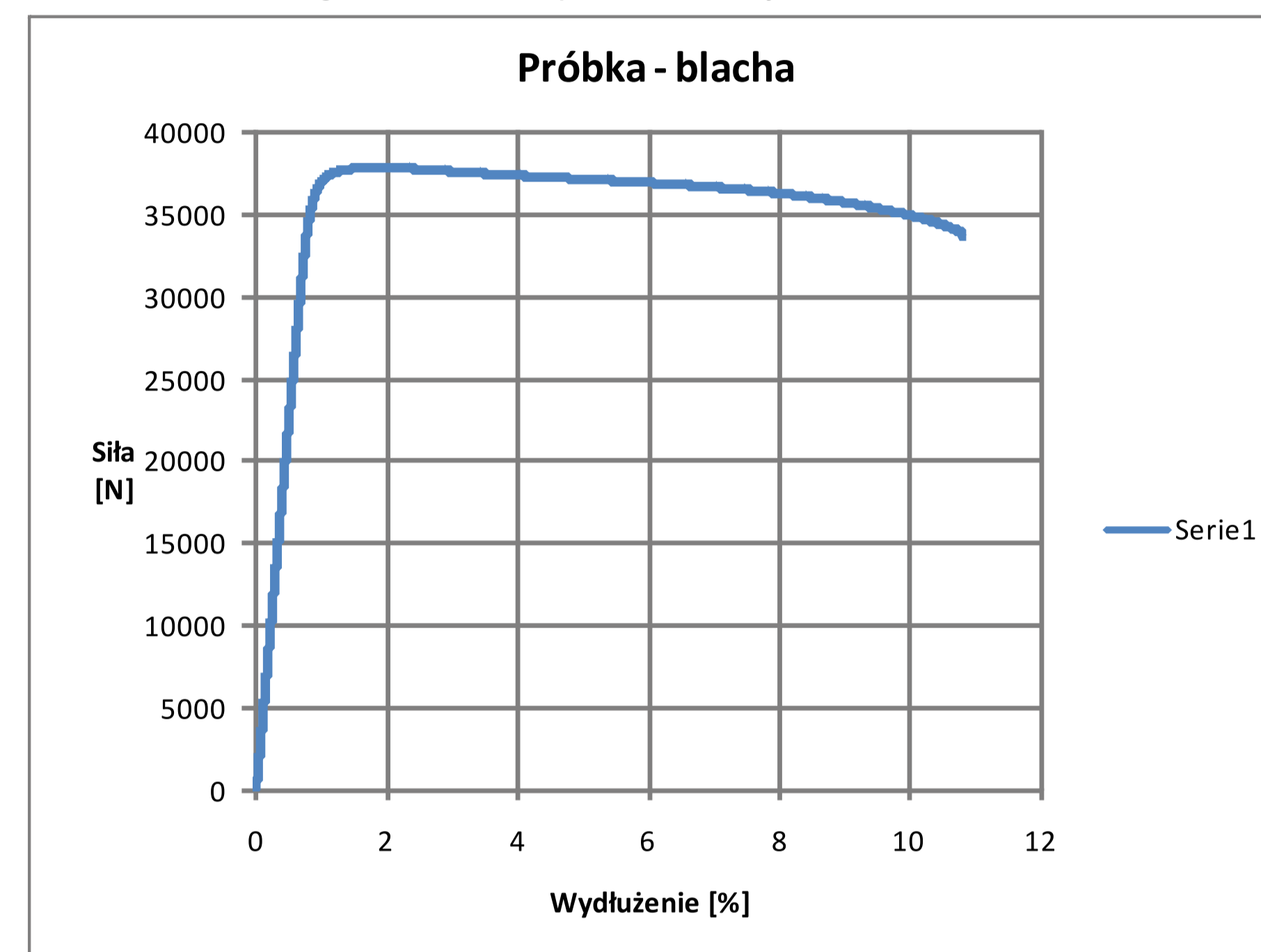
Rozciąganie przeprowadzono dla próbek z blachy ze stopu Ti6Al4V oraz kształtek wykonanych w procesie EOS - SLS z proszku EOS Ti64.



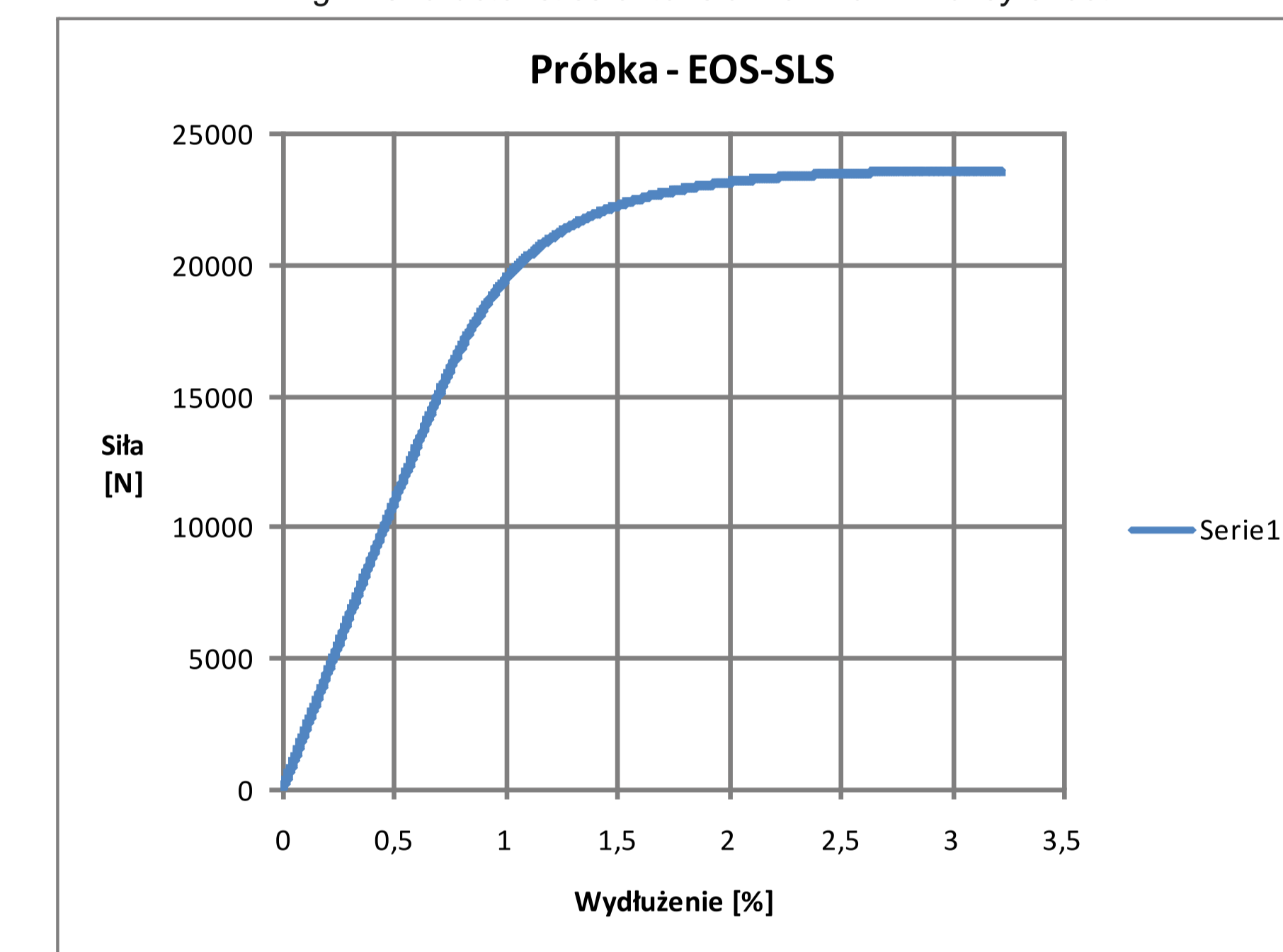
Rys. 5. Kształtki EOS-SLS do próby rozciągania  
Fig. 5. Fittings EOS-SLS to the tensile test



Rys. 6. Rozciąganie próbek ze stopu Ti6Al4V  
Fig. 6. Tensile samples of an alloy Ti6Al4V



Rys. 7. Charakterystyka rozciągania dla blachy ze stopu Ti6Al4V  
Fig. 7. Characteristics of tension for Ti6Al4V alloy sheet



Rys. 8. Charakterystyka rozciągania dla EOS-SLS  
Fig. 8. Characteristics of tension for the EOS-SLS

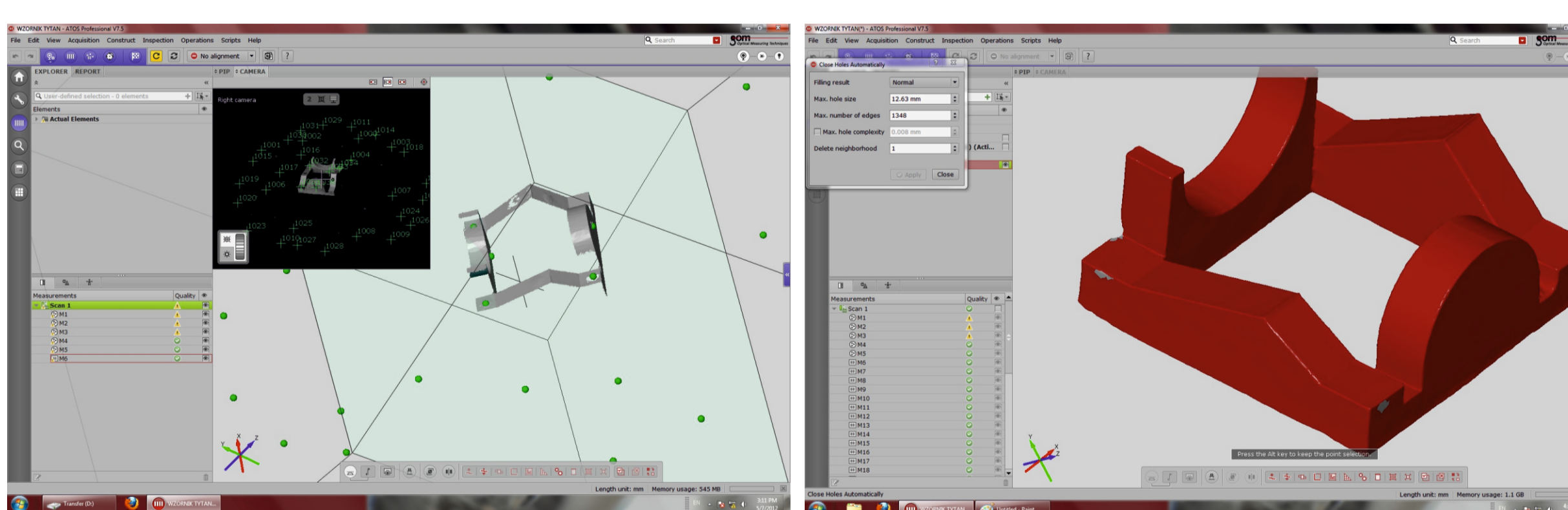
Tabela 1. Wyniki rozciągania próbek ze stopu Ti6Al4V  
Table 1. The results of tensile of Ti6Al4V alloy samples

Próbka	$E_{sp}$ GPa	F przy 0.2% plast. wydł.	$F_{max}$ N	$d(L_{plast})$ przy $F_{max}$ mm	$dL$ przy $F_{max}$ mm	$F_{rozryw}$ N	$dL$ przy zniszczeniu mm
Blacha	137,687	37 403,351	37 925,902	0,449	0,910	33 657,098	5,338
EOS - SLS	110,382	20 556,364	23 593,920	0,950	1,485	23 552,393	1,613

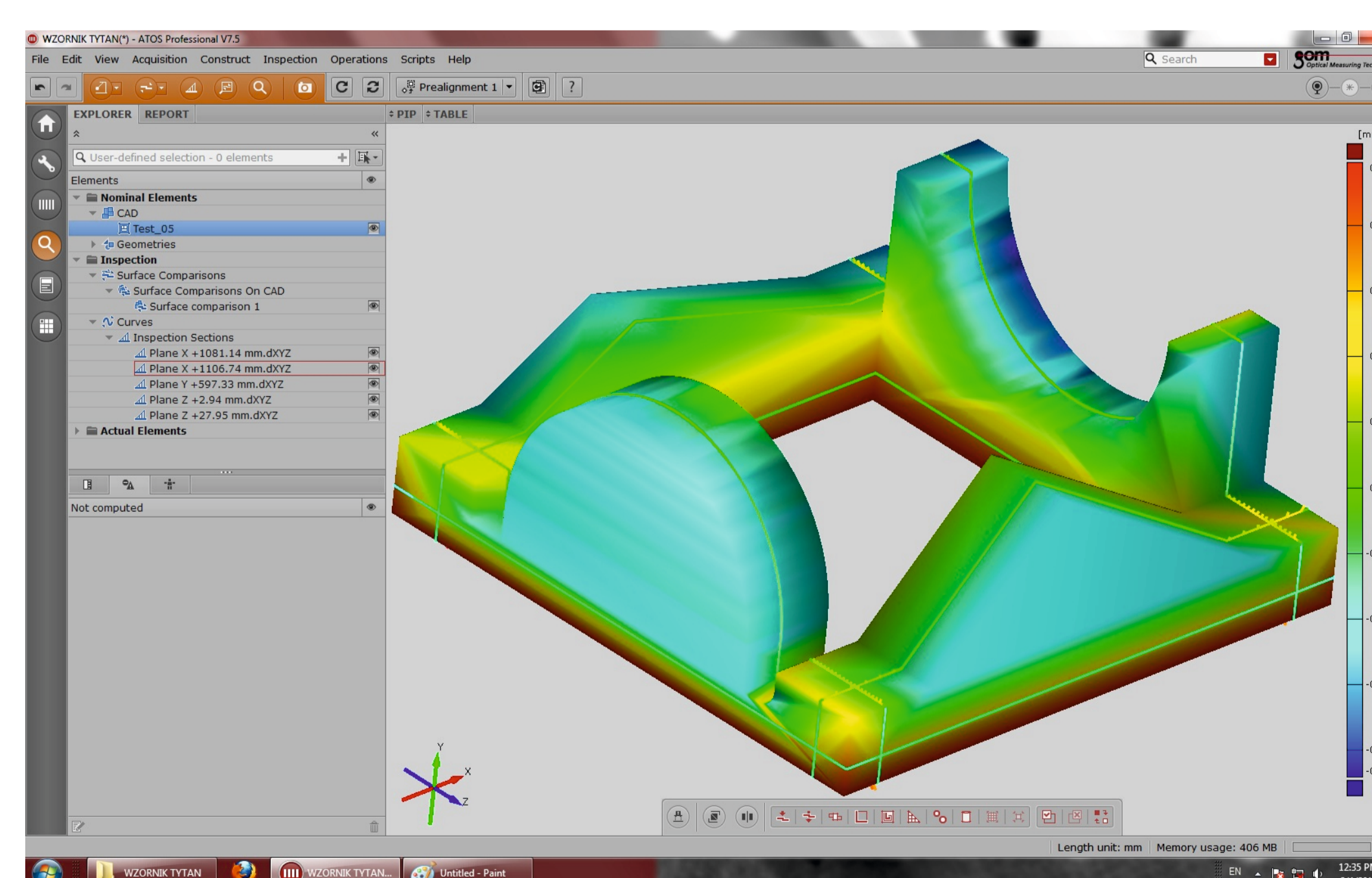
##### Weryfikacja wymiarowa modeli wykonanych technologią EOS-SLS z proszku ze stopu Ti6Al4V z wykorzystaniem skanera ATOS II na światło niebieskie Dimensional verification of models made the EOS-SLS technology of Ti6Al4V alloy powder using the ATOS II scanner to blue light



Rys. 9. Pomiar modeli EOS-SLS z wykorzystaniem skanera ATOS II na światło niebieskie  
Fig. 9. Measurement of the EOS-SLS models with ATOS II scanner by blue light



Rys. 10. Pobieranie i obróbka danych ze skanera ATOS  
Fig. 10. Collection and processing of data from the ATOS scanner



Rys. 11. Wyniki pomiarów modeli EOS-SLS  
Fig. 11. The results of measurements EOS-SLS models

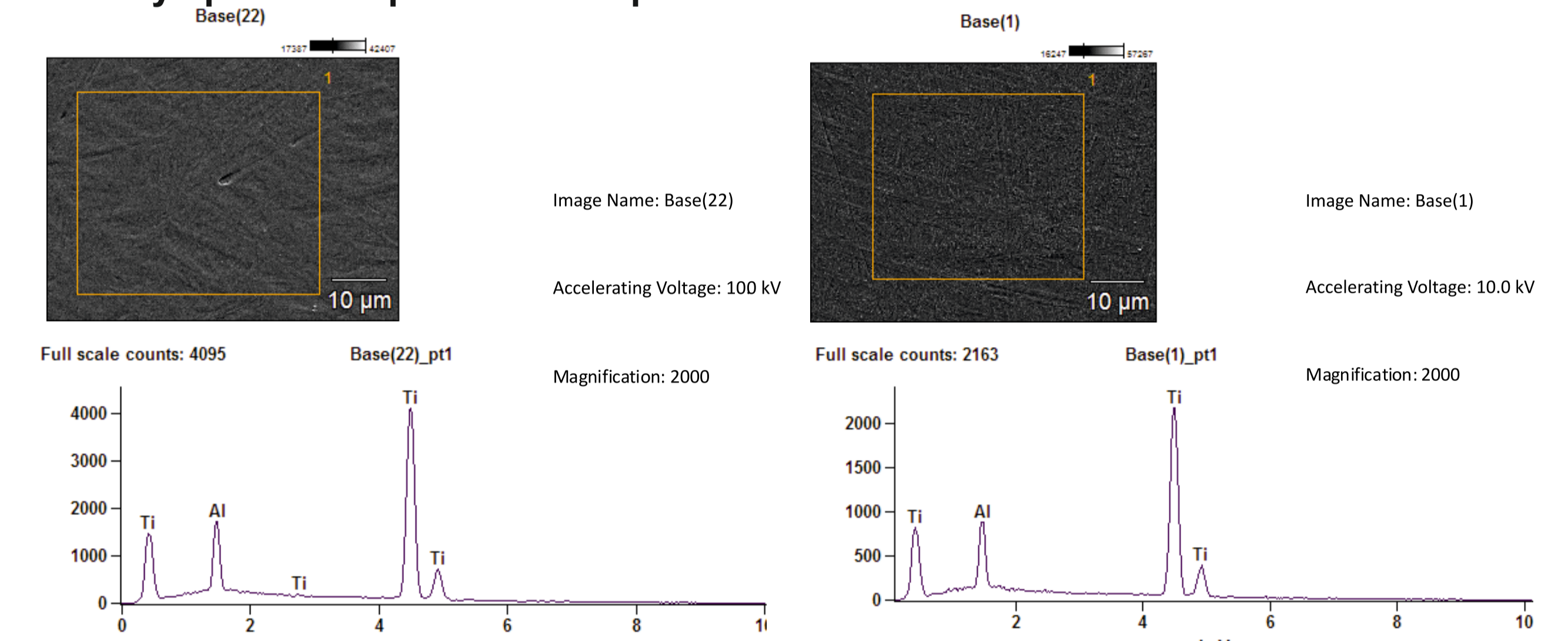
##### Pomiar twardości badanego spieku EOS-SLS metodą Vickersa z wykorzystaniem twardościomierza Zwick- Roell ZHV 20 Hardness test of EOS-SLS sintered - Vickers hardness tester using a Zwick-Roell ZHV 20



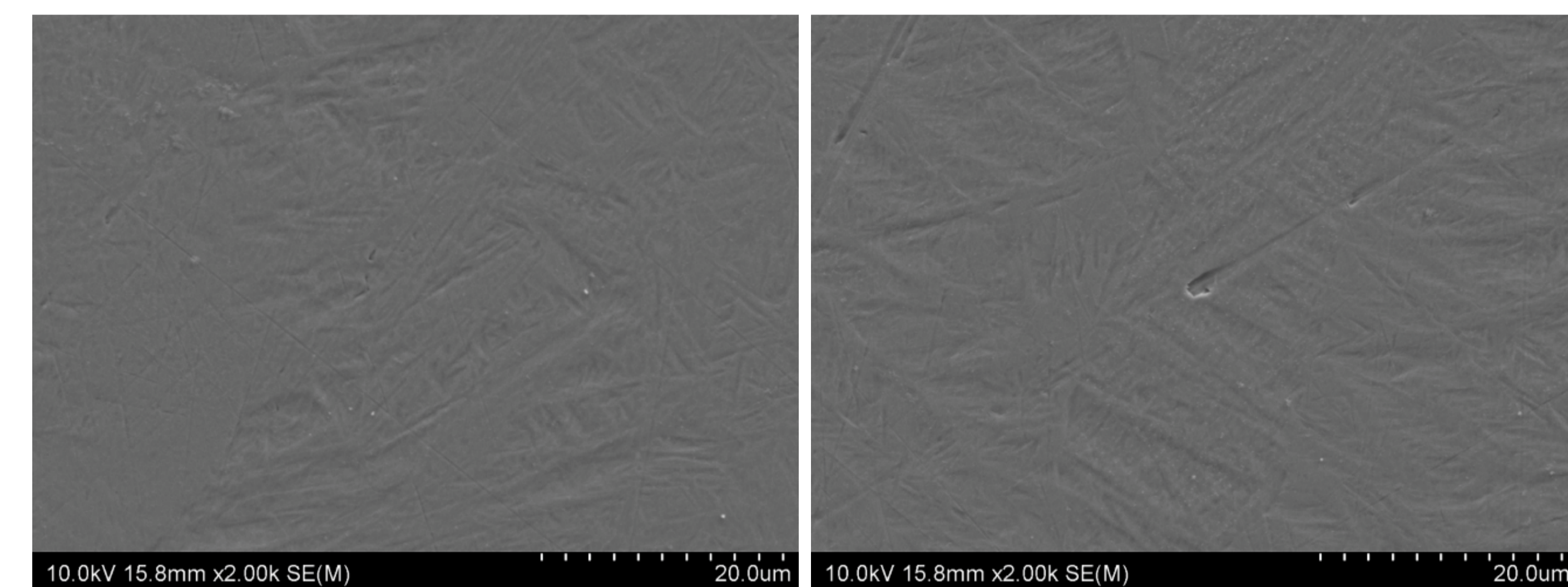
Rys. 12. Wyniki pomiaru twardości modeli EOS-SLS  
Fig. 12. The results of hardness measurement of the EOS-SLS models

Numer próby	Twardość Vickersa [HV]
1	433,2
2	408,5
3	385,0
4	365,6
5	384,1
6	385,8
7	419,6
8	397,2
9	384,1
10	390,0
Srednia odchylenie	395,3 19,9

##### Badania zglądów polerowanego oraz trawionego spieku EOS-SLS The study specimens polished and etched EOS-SLS sintered



Rys. 13. Wyniki analizy składu chemicznego powierzchni próbki polerowanej (lewa) i trawionej (prawa) modeli EOS-SLS  
Fig. 13. The results of the chemical composition of the surface of polished sample (left) and etched (right) of the EOS-SLS models



Rys. 14. Powierzchnia próbki polerowanej przy powiększeniu 2000x  
Fig. 14. The surface of polished sample at a magnification of 2000x

#### Wnioski Conclusions

- Spękanie próbek ze stopu Ti6Al4V wykonanych techniką EOS - SLS pozwala zaobserwować podobne rezultaty do spękania próbek z pręta jedynie w pierwszych fazach badania. Wartość gniołu bezwzględny zaczyna wzrastać powyżej siły 100 kN. W kolejnej fazie niewielki wzrost siły powoduje wzrost gniołu do 10 mm. Ostatnia faza spękania powoduje dla próbek z pręta wzrost gniołu do 19 mm przy sile rzędu 600 kN, a dla próbek ze spieku przy sile niespełna 500 kN. 1. Upsetting samples of an alloy Ti6Al4V made EOS - SLS technique can observe similar results for samples from upsetting the bar only in the first phases of the study. Absolute deformation value begins to rise above the forces of 100 kN. In the next phase a slight increase in the strength of deformation increases to 10 mm. The last phase of upsetting results for samples of rod deformation increased to 19 mm at a force of 600 kN, and for samples sintered at a force of less than 500 kN.
- Rozciąganie próbek ze spieku powoduje wzrost wydłużenia do 1% przy sile 20 kN. Próbkę z blachy osiąga wydłużenie 1% dla dwukrotnie większej siły - niespełna 40 kN. Zerwanie próbki ze spieku następuje przy sile 23,6 kN i wydłużeniu 3,2%. W przypadku blachy - 33,7 kN przy wydłużeniu 11%. Podstawowe parametry wytrzymałościowe uzyskane w badaniu są zbliżone z określonymi przez firmę EOS - producenta proszku Ti64. 2. Stretching of sintered samples increases to 1% elongation at a force of 20 kN. A sample of the sheet reaches the elongation of 1% for twice the power - less than 40 kN. Breaking the sintered sample is at a force of 23,6 kN and an elongation of 3,2%. In the case of sheets - 33,7 kN at an elongation of 11%. The basic strength parameters obtained in the study are consistent with the specified by EOS - the manufacturer of powdered Ti64.
- Średnia dokładność metody EOS - SLS wynosi 0,15 mm. Na powierzchniach zewnętrznych błąd ma charakter skurczu. Wewnętrzne powierzchnie modelu charakteryzuje naddekt. Dolna część modelu (od strony struktury podpierającej) cechuje się największym błędem. Celem wyeliminowania (zmniejszenia wartości) naddektu należy przeprowadzić obróbkę wykańczającą powierzchni po podporach. 3. Average accuracy of the method EOS - SLS is 0,15 mm. The exterior problem is a contraction. The inside surfaces of the model is characterized by excess. The lower part of the model (from the side of the supporting structure) is characterized by the biggest mistake. In order to eliminate (reduce value) allowance should be performed after finishing the surface of supports.

#### Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

Analizowana technologia EOS - SLS zostanie wykorzystana do wytwarzania modeli użytkowych dla potrzeb lotnictwa. Prototypy łopatek, wirników etc. wykonywane ze spiekanej blachy ze stopu Ti6Al4V będą poddawane badaniom w warunkach rzeczywistych.

#### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

##### Referaty

- Śliwa R.E., Budzik G., Bernaczek J.: *Analiza przyrostowych metod budowy modeli z proszku tytanu*. XIX Konferencja Informatyka w Technologii Metali KOMPLASTECH 2012, Szczyrk, 15 - 18 stycznia 2012.

##### Publikacje

- Śliwa R.E., Budzik G., Bernaczek J.: *Obróbka numeryczna danych CAD/CP w procesie SLS EOS z zastosowaniem proszku ze stopu Ti6Al4V*. XIX Konferencja Informatyka w Technologii Metali KOMPLASTECH 2012, Szczyrk, 15 - 18 stycznia 2012; HUTNIK - Wiadomości Hutnicze Nr 1 2012, s. 62 - 66, SIGMA-NOT Warszawa 2012.