

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

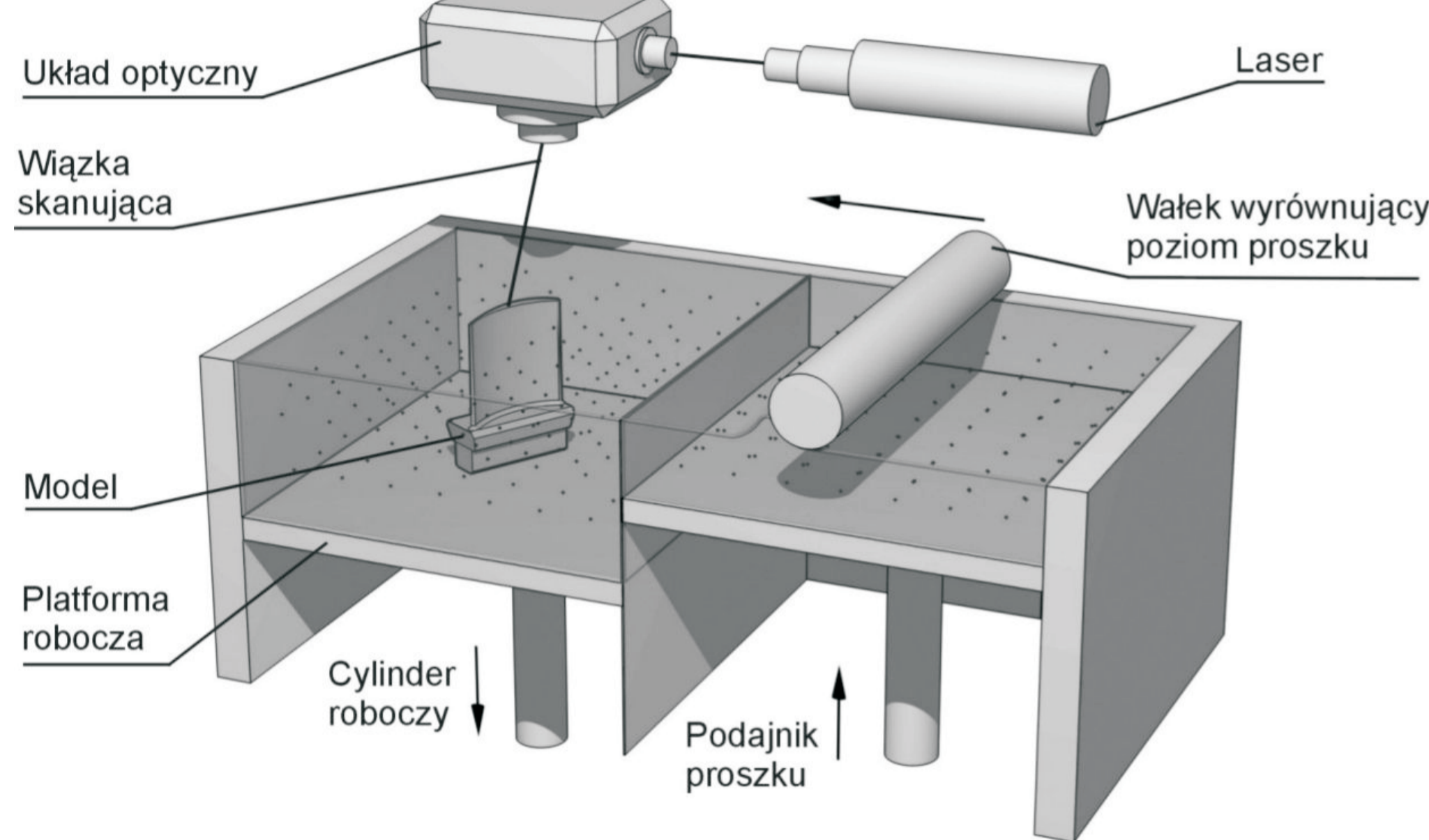
## Modern material technologies in aerospace industry

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

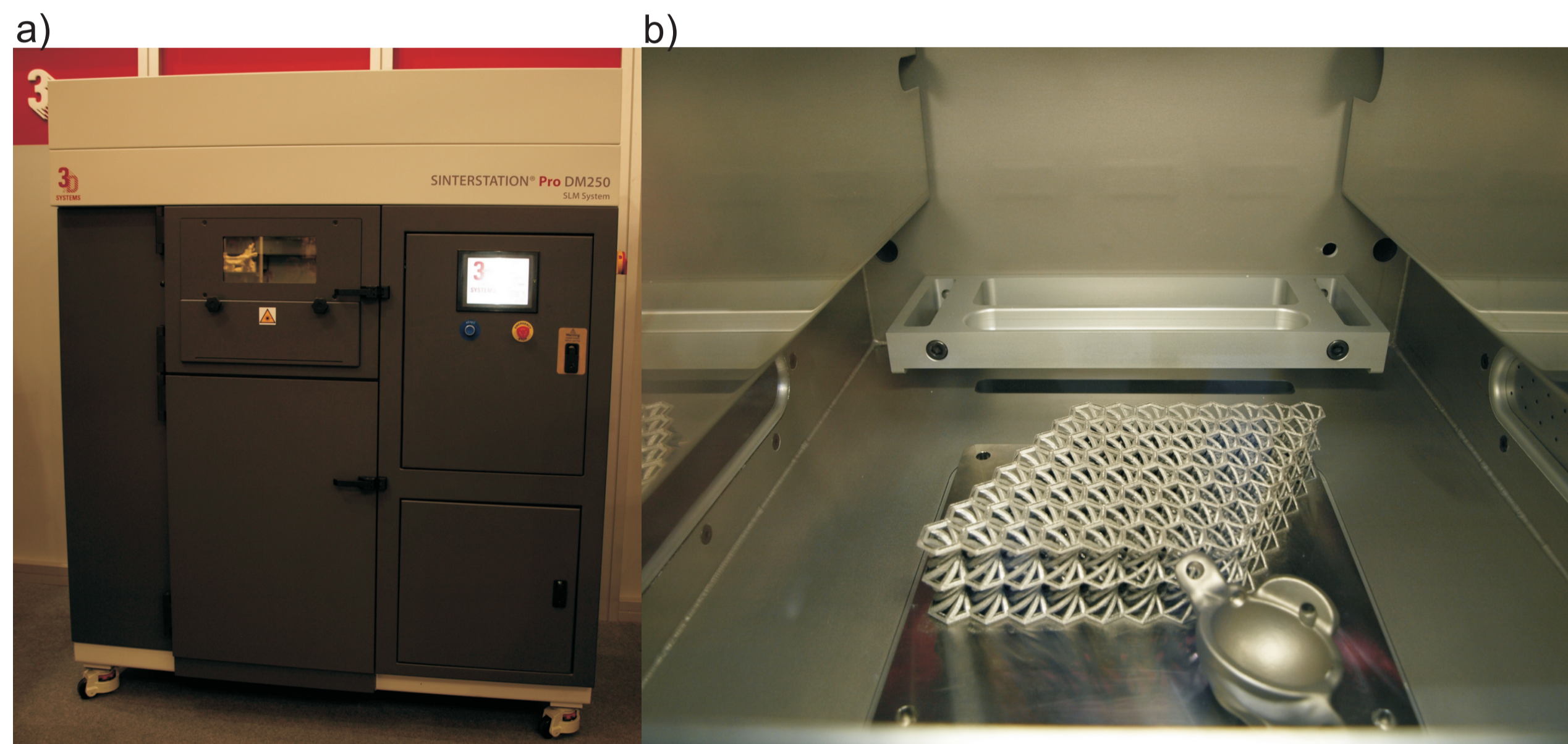
Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska, Politechnika Częstochowska

**Wyniki badań**  
Results

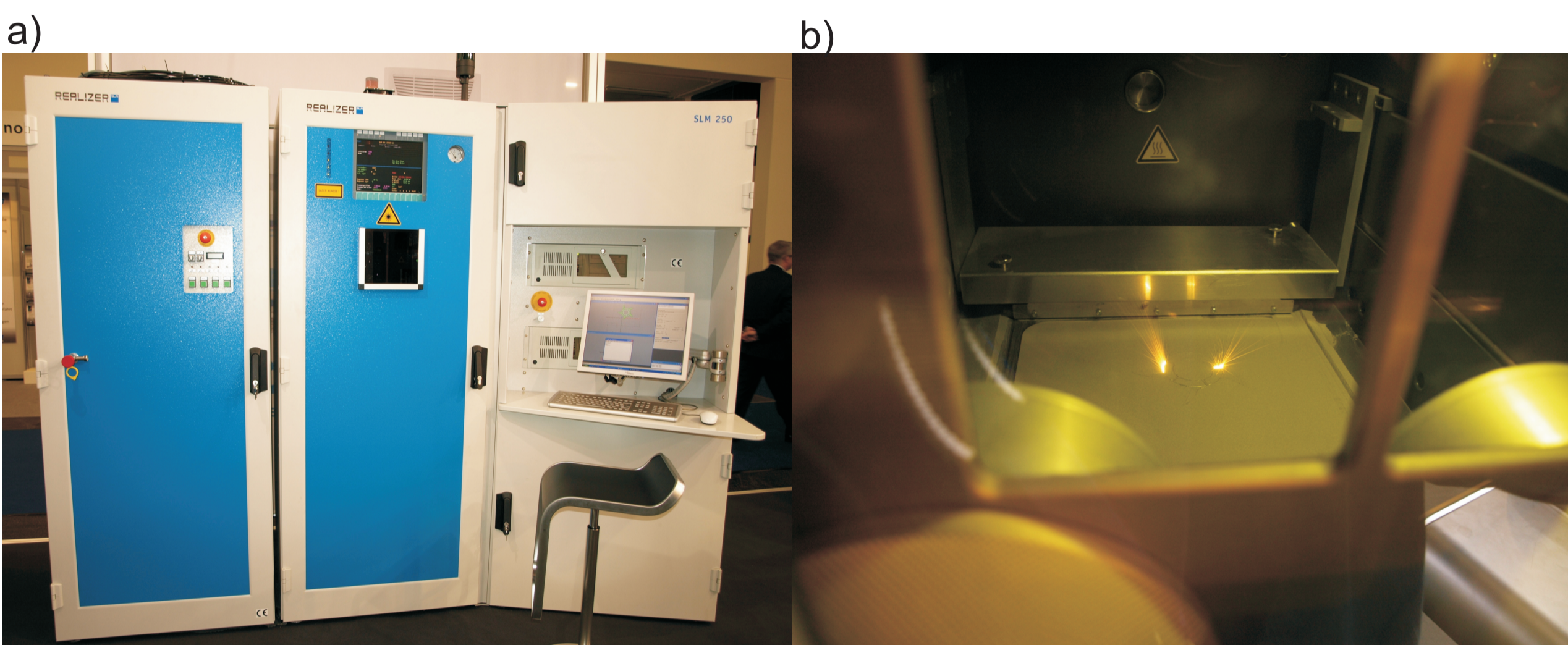
**Analiza przyrostowych metod budowy modeli z proszku tytanu**  
Analysis of incremental methods of building models of titanium powder



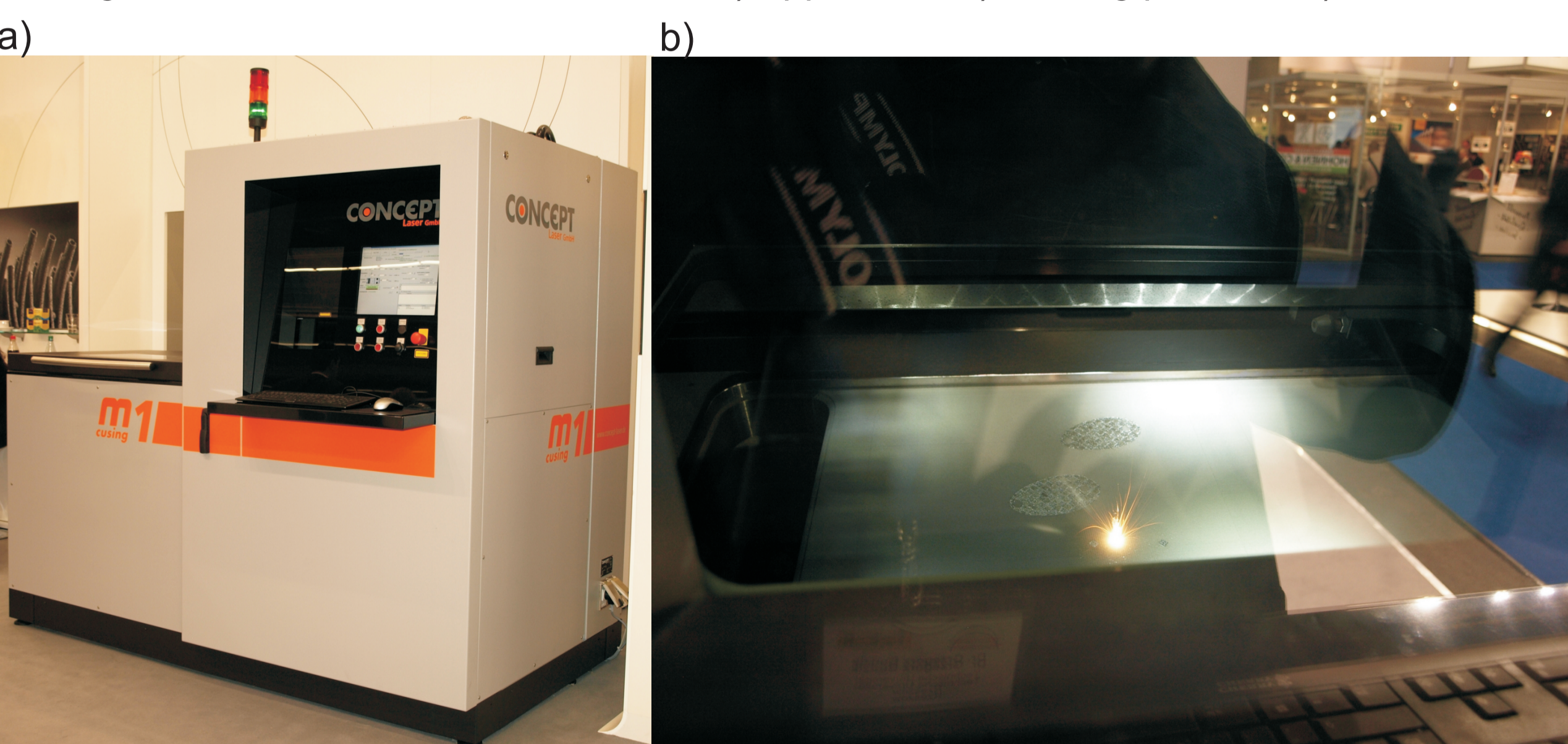
Rys. 1. Proces SLS i SLM – schemat budowy modelu  
Fig. 1. SLS and SLM process – schematic of model building



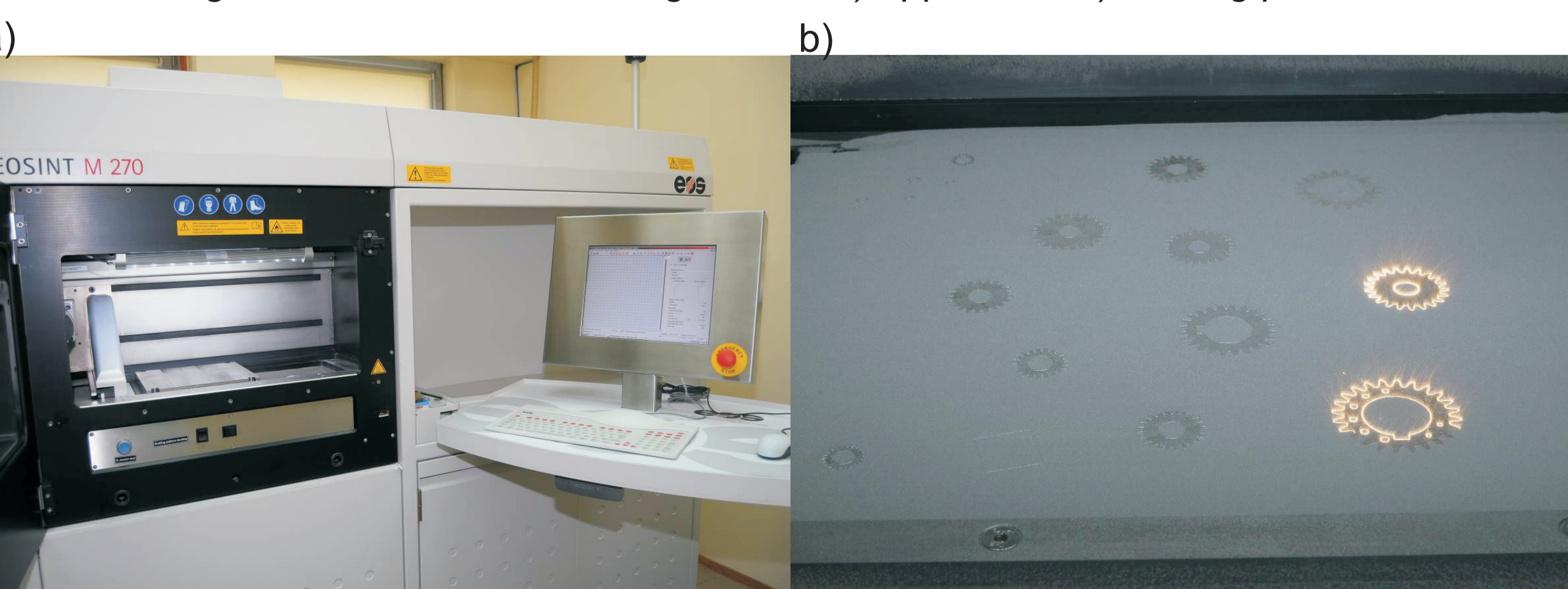
Rys. 2. Urządzenie Pro DM250 SLM firmy 3D Systems: a) aparatura, b) modele w komorze  
Fig. 2. Pro DM250 SLM device by 3D Systems: a) apparatus, b) models in the chamber



Rys. 3. Urządzenie MCP HEK REALIZER: a) aparatura, b) proces stapiania, c) modele  
Fig. 3. MCP HEK REALIZER device: a) apparatus, b) melting process, c) models

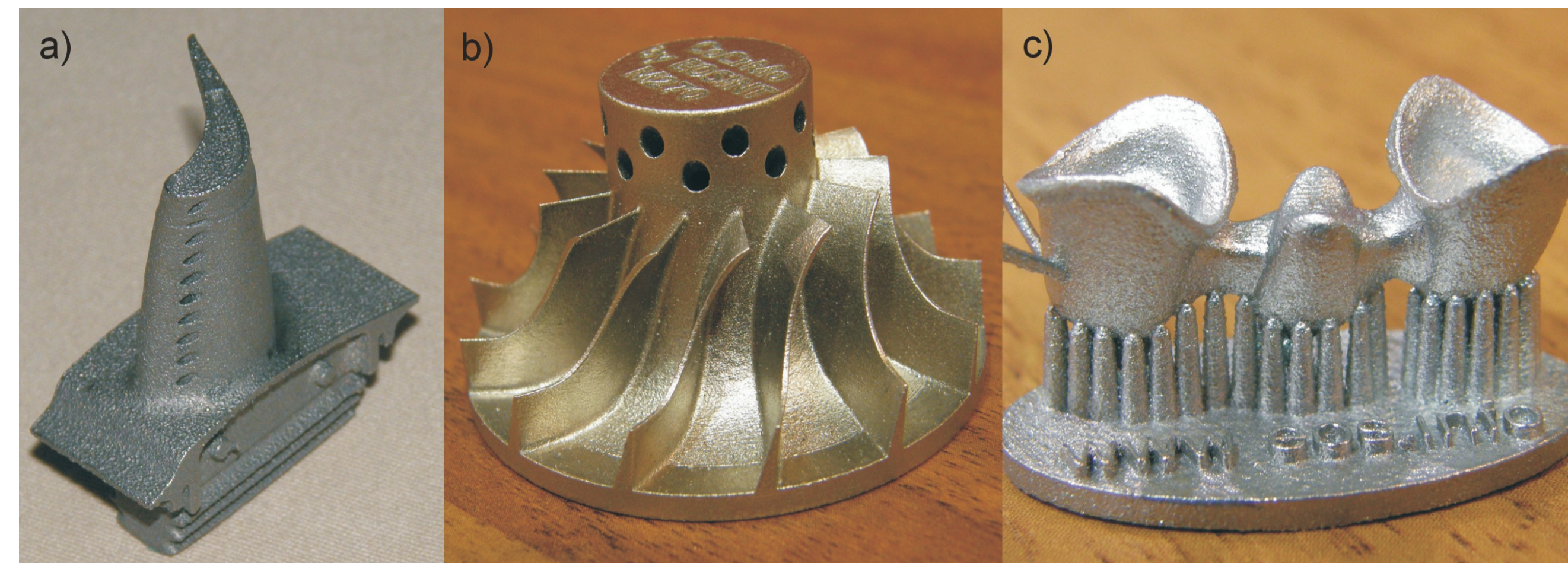


Rys. 4. Urządzenie CONCEPT M1 Cusing: a) aparatura, b) proces stapiania  
Fig. 4. CONCEPT M1 Cusing device: a) apparatus, b) melting process

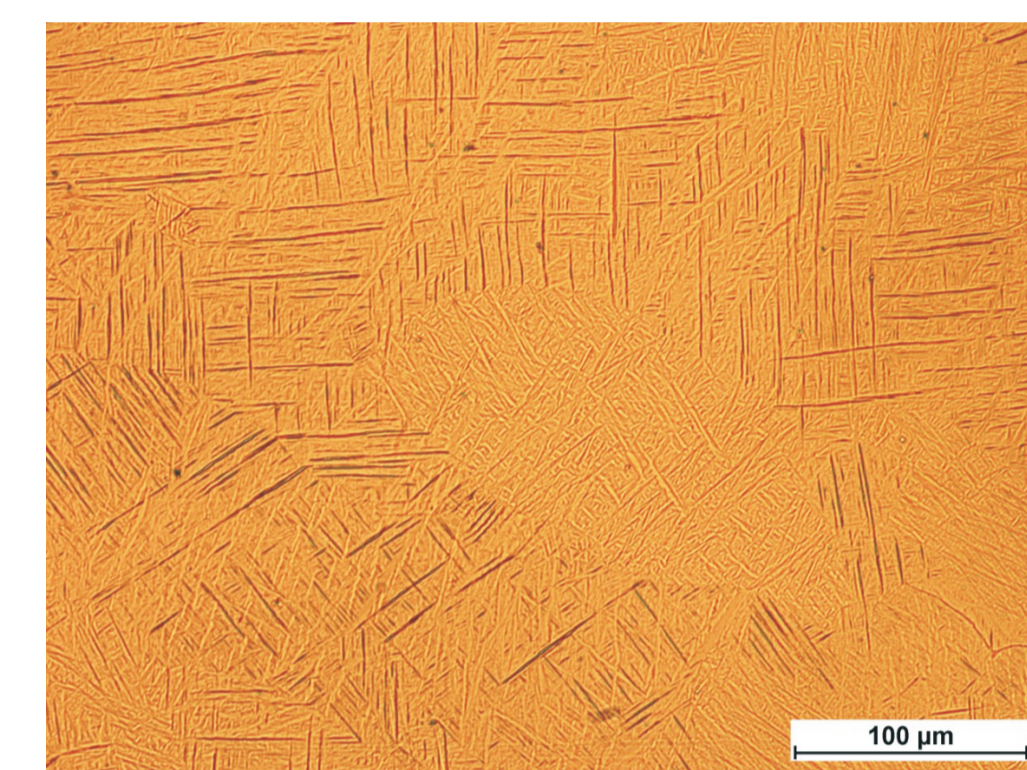


Rys. 5. Urządzenie EOS Eosint M270: a) aparatura, b) proces stapiania warstwy  
Fig. 5. EOS Eosint M270: a) apparatus, b) layer sintering process

**Wyniki badań**  
Results



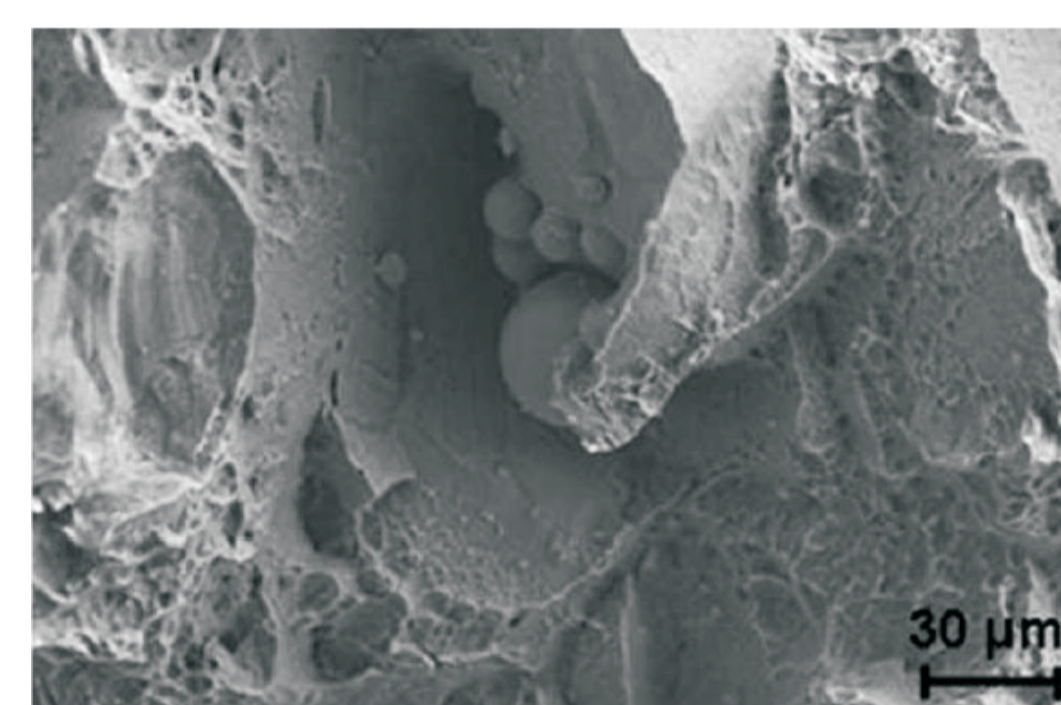
Rys. 6. Prototypy SLS: a) łopatką turbiny, b) zespolony wirnik, c) modele stomatologiczne  
Fig. 6. SLS prototypes: a) a turbine blade, b) composite rotor, c) models of dental



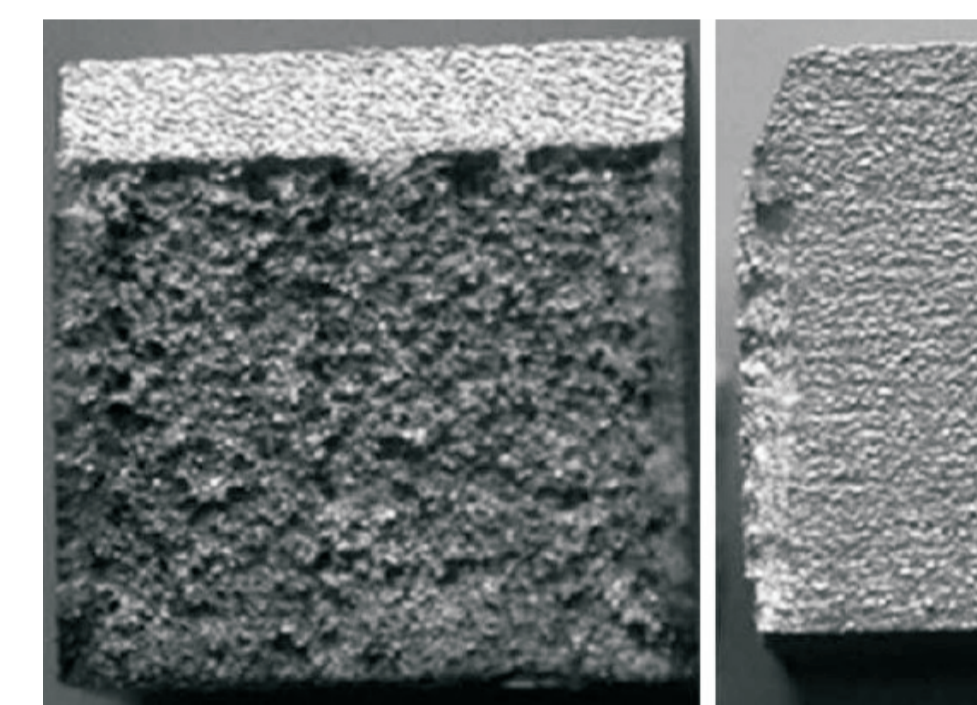
Rys. 7. Mikrostruktura modelu wykonanego z Ti-6Al-4V EOS Titanium  
Fig. 7. Microstructure of a model made of Ti-6Al-4V EOS Titanium

Parametr	Wartość
Wytrzymałość na rozciąganie	1150 ± 60 MPa 166 ± 9 ksi
Granica plastyczności (Rp 0,2%)	1030 ± 70 MPa 150 ± 10 ksi
Moduł Younga	110 ± 7 GPa 16 ± 1 msi
Wydłużenie przy zerwaniu	11% ± 2%
Twardość	400 – 430 HV 41 – 44 HRC

Rys. 8. Zestawienie parametrów mechanicznych proszku EOS Titanium Ti64  
Fig. 8. Summary of mechanical parameters of the EOS Titanium Ti64 powder



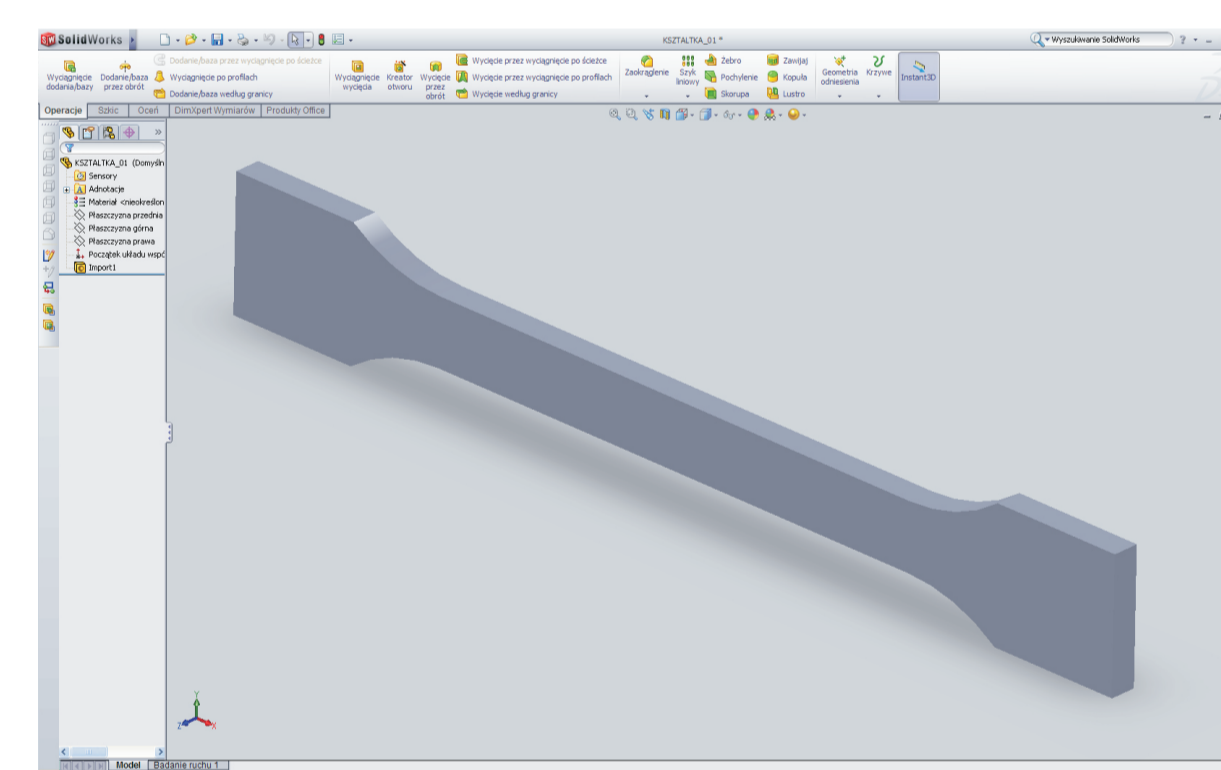
Rys. 9. Fotografia SEM próbki SLS - Ti6Al4V  
Fig. 9. SEM photograph of sample SLS - Ti6Al4V



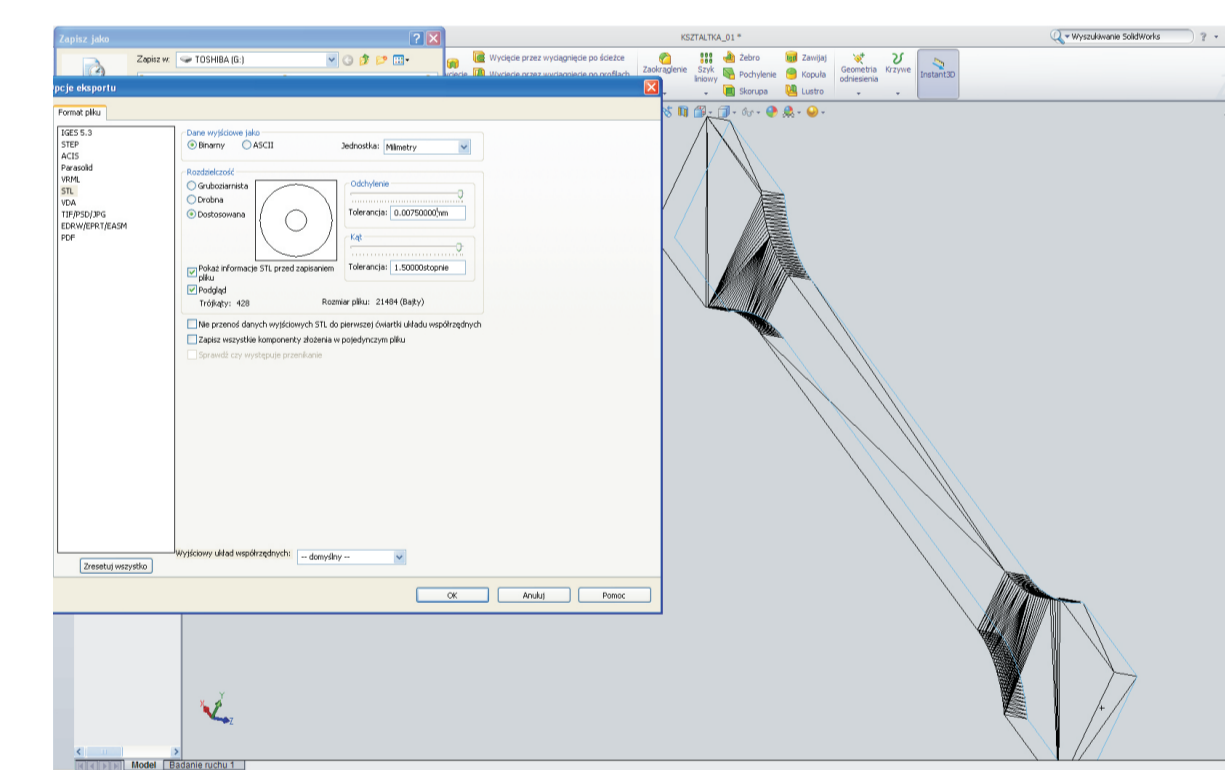
Rys. 10. Próbką Ti6Al4V po badaniu młotem Charpy'ego  
Fig. 10. Ti6Al4V sample after test Charpy hammer

**Obróbka numeryczna danych CAD/RP w procesie SLS EOS**  
Numerical Data Processing CAD / RP in the EOS SLS process

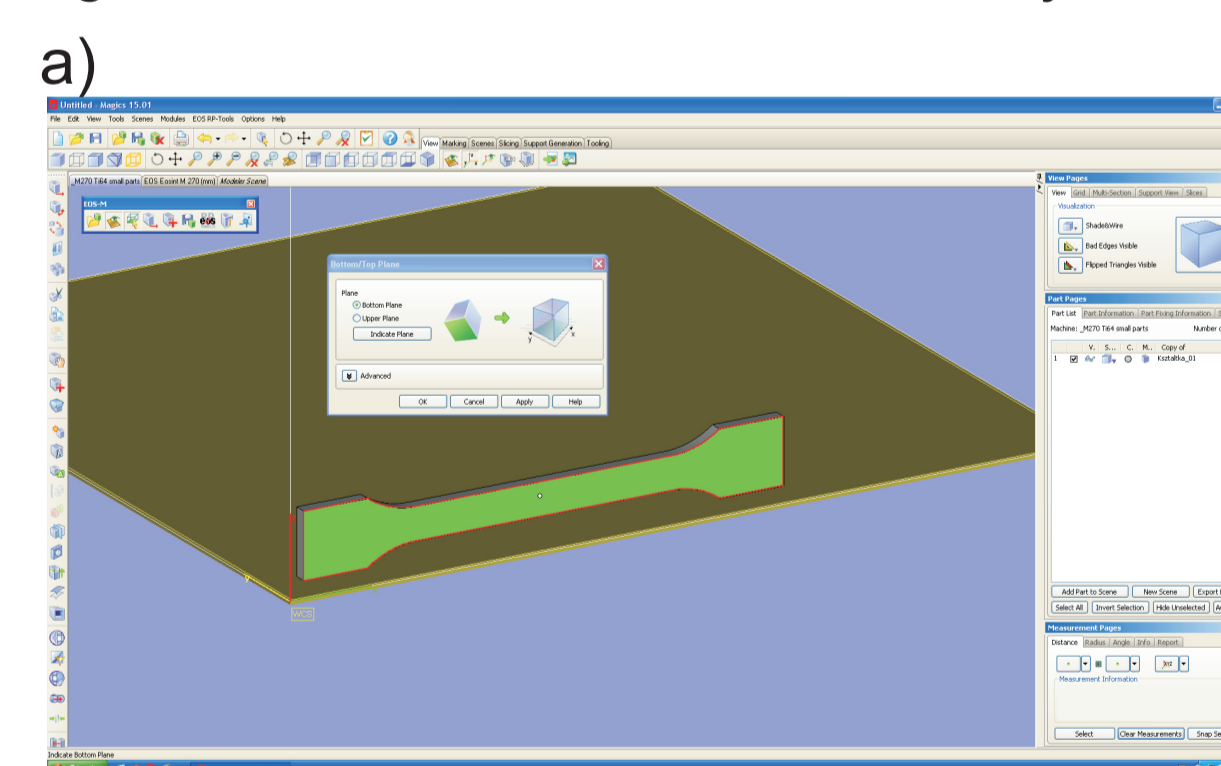
using powder of Ti6Al4V alloy



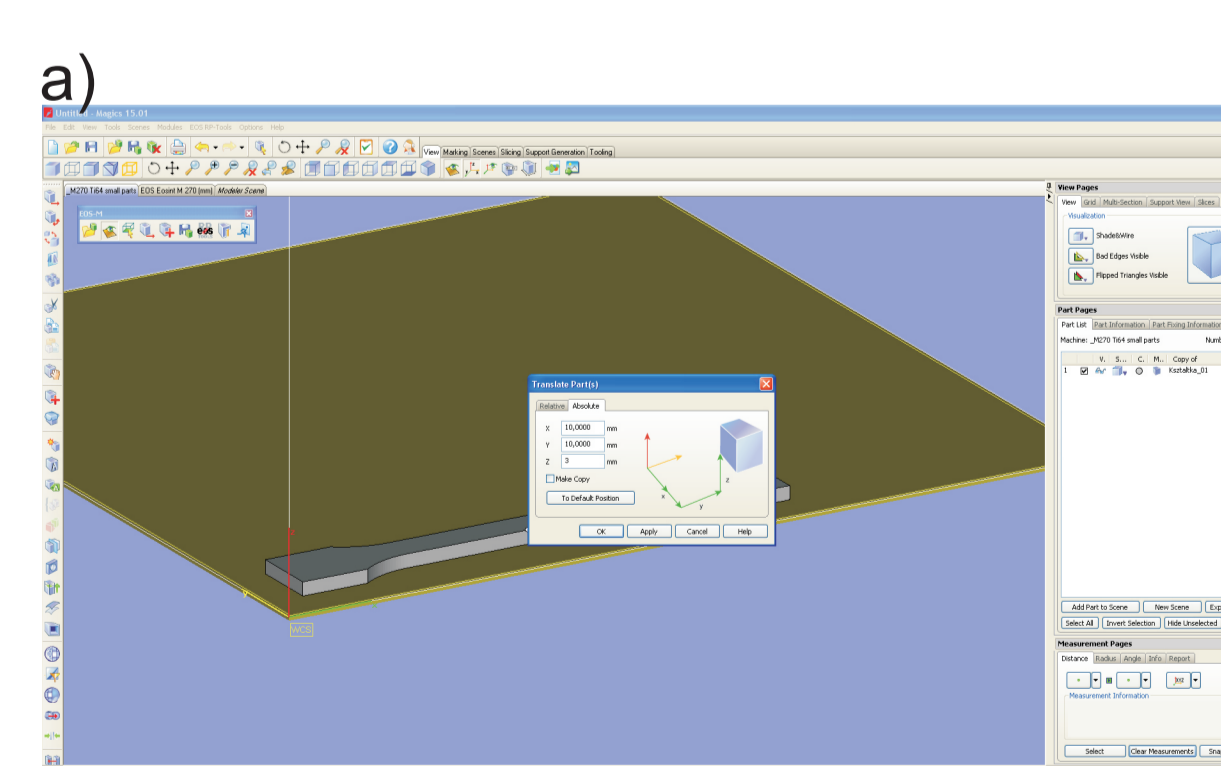
Rys. 11. Model badawczy w systemie 3D-CAD  
Fig. 11. Research model in a CAD system



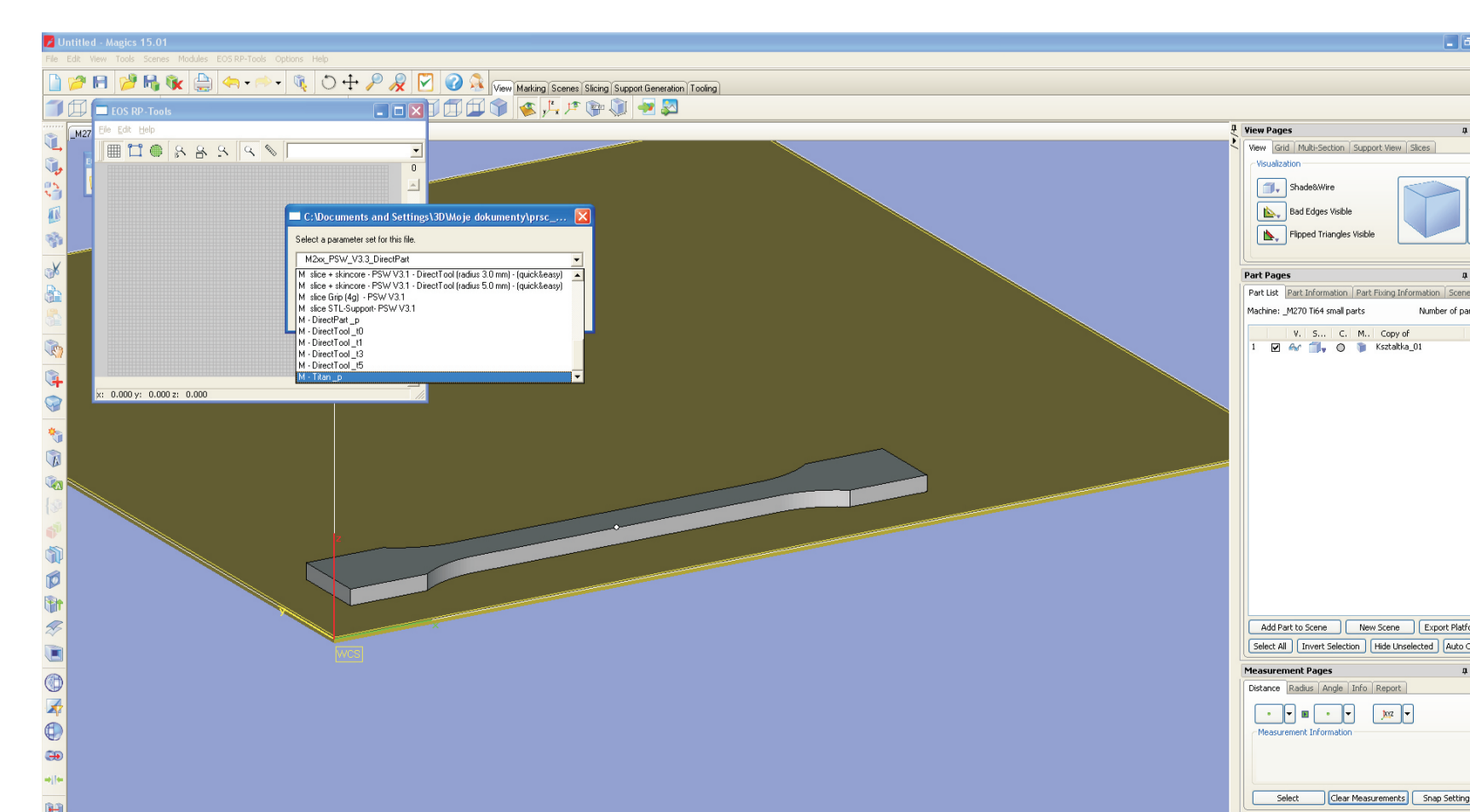
Rys. 12. Generowanie modelu STL  
Fig. 12. Generating an STL model



Rys. 13. Import modelu STL: a) wybór płaszczyzny podparcia, b) ułożenie modelu  
Fig. 13. Import STL model: a) the choice of the plane of support, b) arrangement of the model

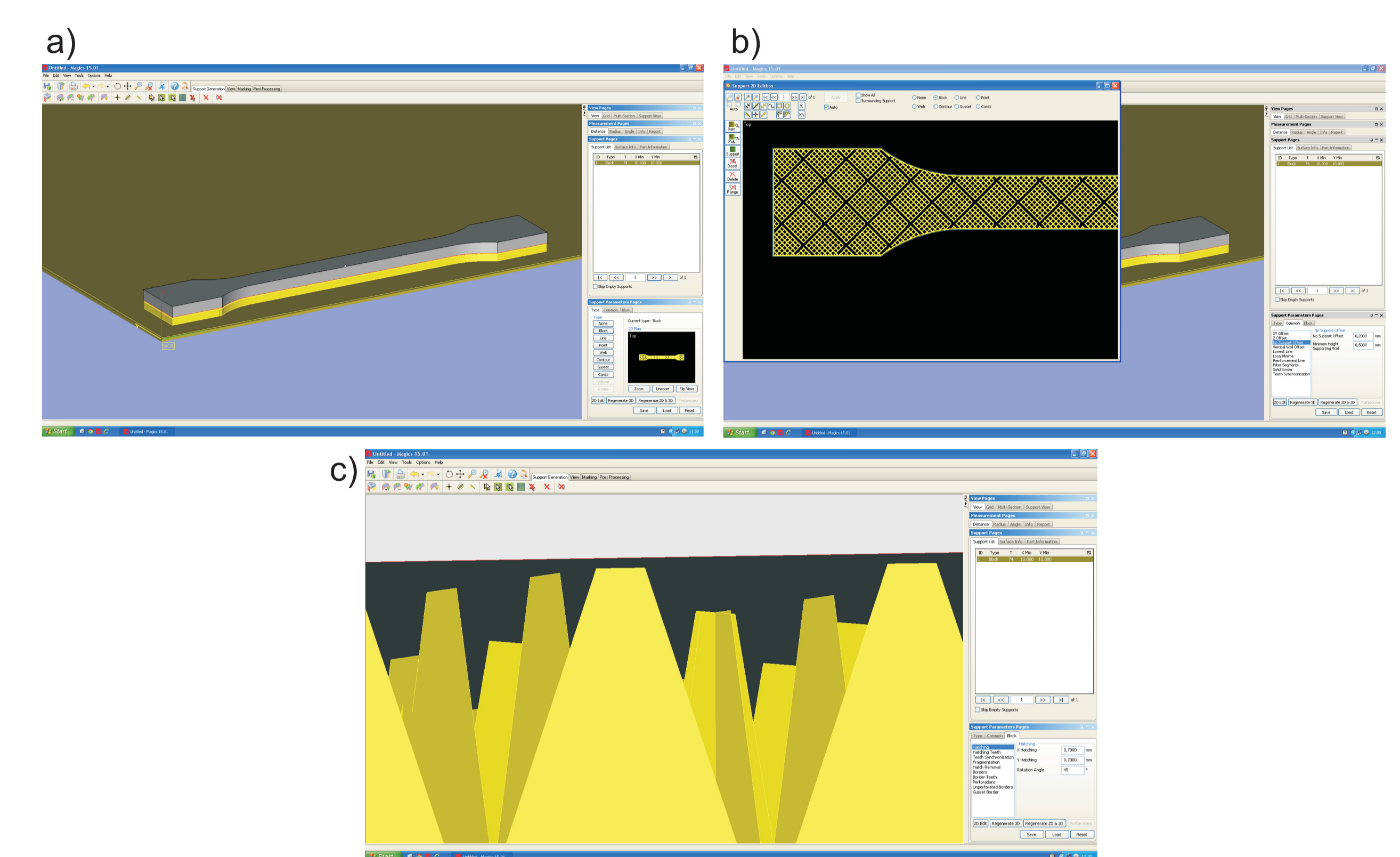


Rys. 14. Ustawienie i weryfikacja modelu: a) określenie odległości od platformy, b) sprawdzenie poprawności modelu  
Fig. 14. The setting and verification of the model: a) determining the distance from the platform, b) validate the model

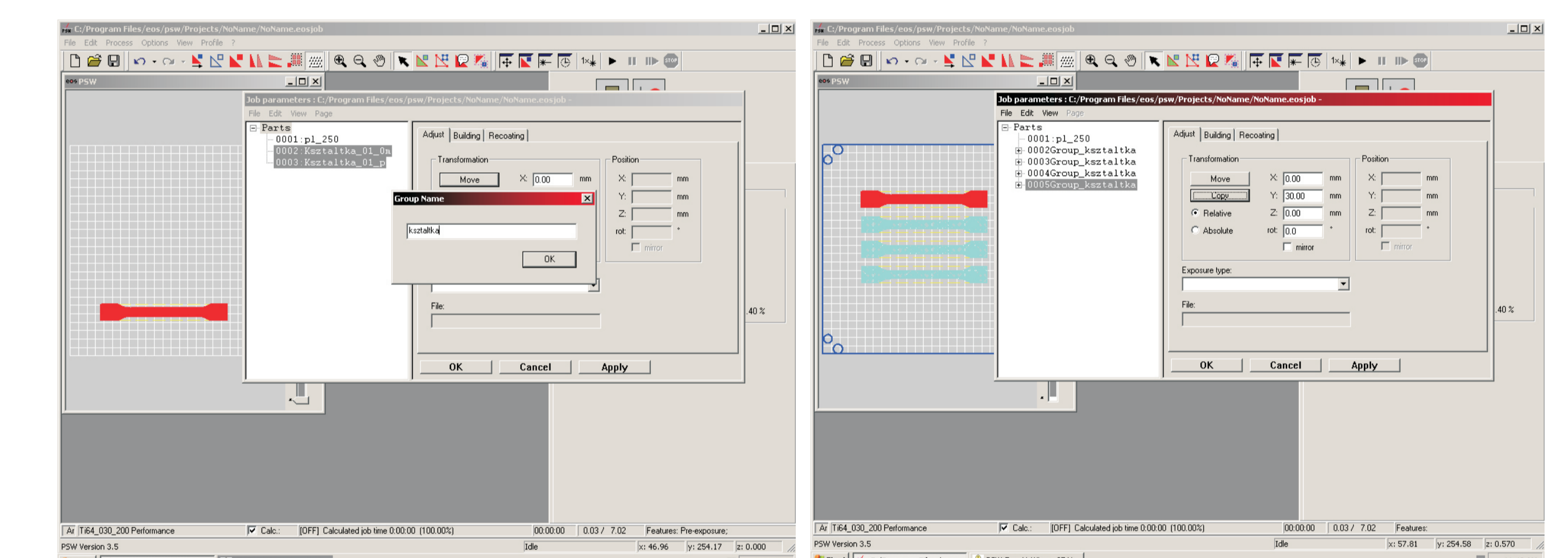


Rys. 15. Moduł EOS RP Tools – podział modelu na warstwy  
Fig. 15. EOS RP Tools module – the division into layers model

**Wyniki badań**  
Results



Rys. 16. Generowanie podpór: a) automatyczne tworzenie struktury podporządkującej, b) okno edytora podpór, c) modyfikacja parametrów poszczególnych podpór  
Fig. 16. Generating supports: a) the automatic creation of the supporting structure, b) supports the editor window, c) modification of the parameters of individual supports



Rys. 17. Przygotowanie procesu w programie PSW: a) import i grupowanie modeli wraz ze strukturą podporządkującą, b) kopiowanie i rozmieszczanie grup na platformie roboczej  
Fig. 17. The preparation process in the PSW software: a) import and grouping models together with a supporting structure, b) copy and distribute to the groups working platform



Rys. 18. Proces SLS - spiekanie proszku Ti6Al4V w komorze roboczej  
Fig. 18. SLS process - sintering of Ti6Al4V powder in the working chamber



Rys. 19. Modele SLS  
Fig. 19. SLS models

**Wnioski**  
Conclusions

Selektywne spiekanie oraz stapianie laserowe znajduje szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach przemysłu i stanowi alternatywną metodę produkcyjną w przypadku realizacji skomplikowanych, czasochłonnych i wymagających dużych nakładów finansowych operacji. Szeroka gama dostępnych na rynku materiałów wykonania oraz rozwój inżynierii materiałowej dają ogromne możliwości zastosowania metody w wielu gałęziach przemysłu i medycynie. Z uwagi na czas wykonywania i możliwości tej metody może być ona konkurencyjna do tradycyjnych metod produkcyjnych a czasem niezastąpiona.

Selective laser sintering and melting is widely used in various industries and is an alternative method of production in case of realization complicated, time consuming and require large financial outlays operations. A wide range of commercially available materials and the development of materials science give great potential application of the method in many branches of industry and medicine. Due to the time of execution and the possibility of this method it can be competitive to traditional production methods and sometimes irreplaceable.

Wytworzenie prototypów SLS z proszku stopu Ti6Al4V to proces złożony – wymagający przeprowadzenia szeregu operacji informatycznych CAD/RP na etapie konstrukcji, przygotowania danych oraz obsługi aparatury. Przedstawiono proces przygotowania danych w dedykowanych programach narzędziowych – Magics, EOS RP Tools oraz PSW – będący kluczowym etapem dla poprawnego wykonania prototypów SLS. Właściwe położenie modeli na platformach roboczych, edycja wygenerowanych automatycznie podpór, które dodatkowo (oprócz funkcji podtrzymania) odprowadzają wytwarzane podczas spiekania ciepło do platformy zapobiegając deformacji modeli oraz odpowiedni podział na warstwy pozwala zminimalizować ryzyko uszkodzenia prototypów podczas samego procesu jak również późniejszej obróbki – odcinanie od platformy.

Preparation of SLS prototypes of Ti6Al4V alloy powder is a complex process - requiring many IT operations CAD / RP at the construction stage, data preparation and handling equipment. Presents the process of preparing the data using Dedicated Utility - Magics, EOS RP Tools and PSW - which is key step for the correct implementation of SLS prototypes. The correct position of the models on the platform, edit the generated automatically supports, which also (in addition to sustain function) discharge to the platform of the heat generated during sintering, preventing deformation models and appropriate distribution of the layer to minimize the risk of damage during the prototyping process itself as well as subsequent processing - cutting off the platform.

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

**Referaty**

1. Budzik G., Śliwa R. E., Bernaczek J., "Rapid prototyping of titanium components of aircraft structures - theory and practice of incremental forming of metal powders", The International „Conference Supply on the wings”, 2 – 4 listopada Frankfurt / Main – Germany

**Publikacje**

1. Budzik G.: „Szybkie wytwarzanie prototypów z tytanu”, Stal - Metale & technologia 7-8/2011, s. 18-19