

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

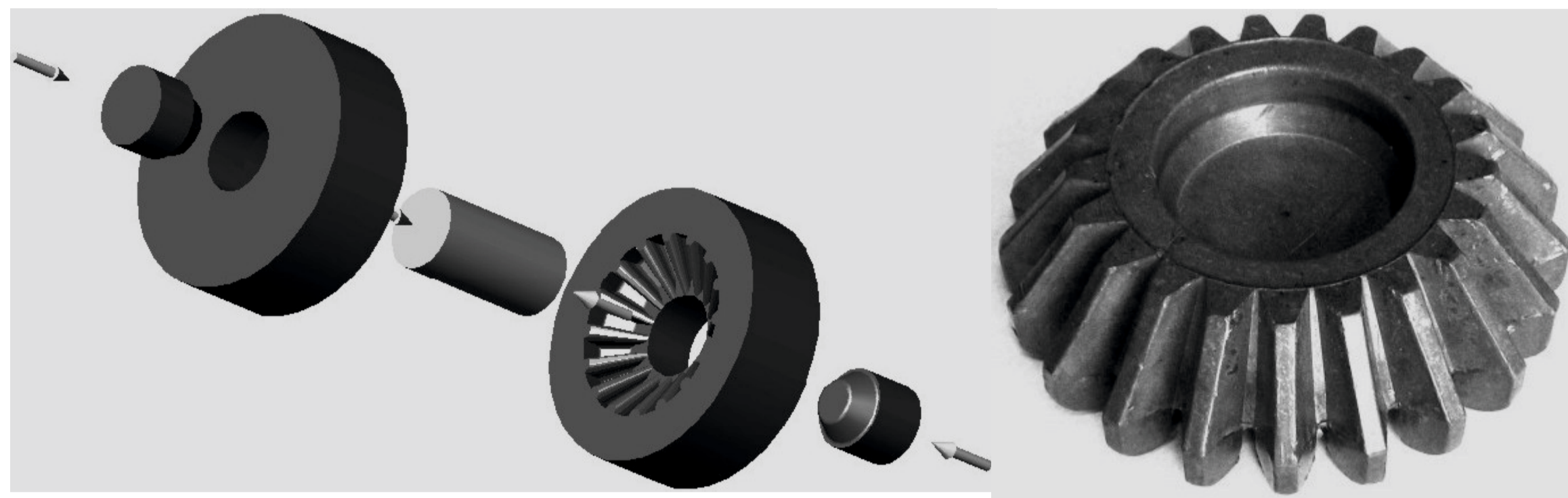
Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al - Li) oraz Ti

Plastic forming of aeronautical Al (including Al-Li) and Ti alloys

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

Wyniki badań Results

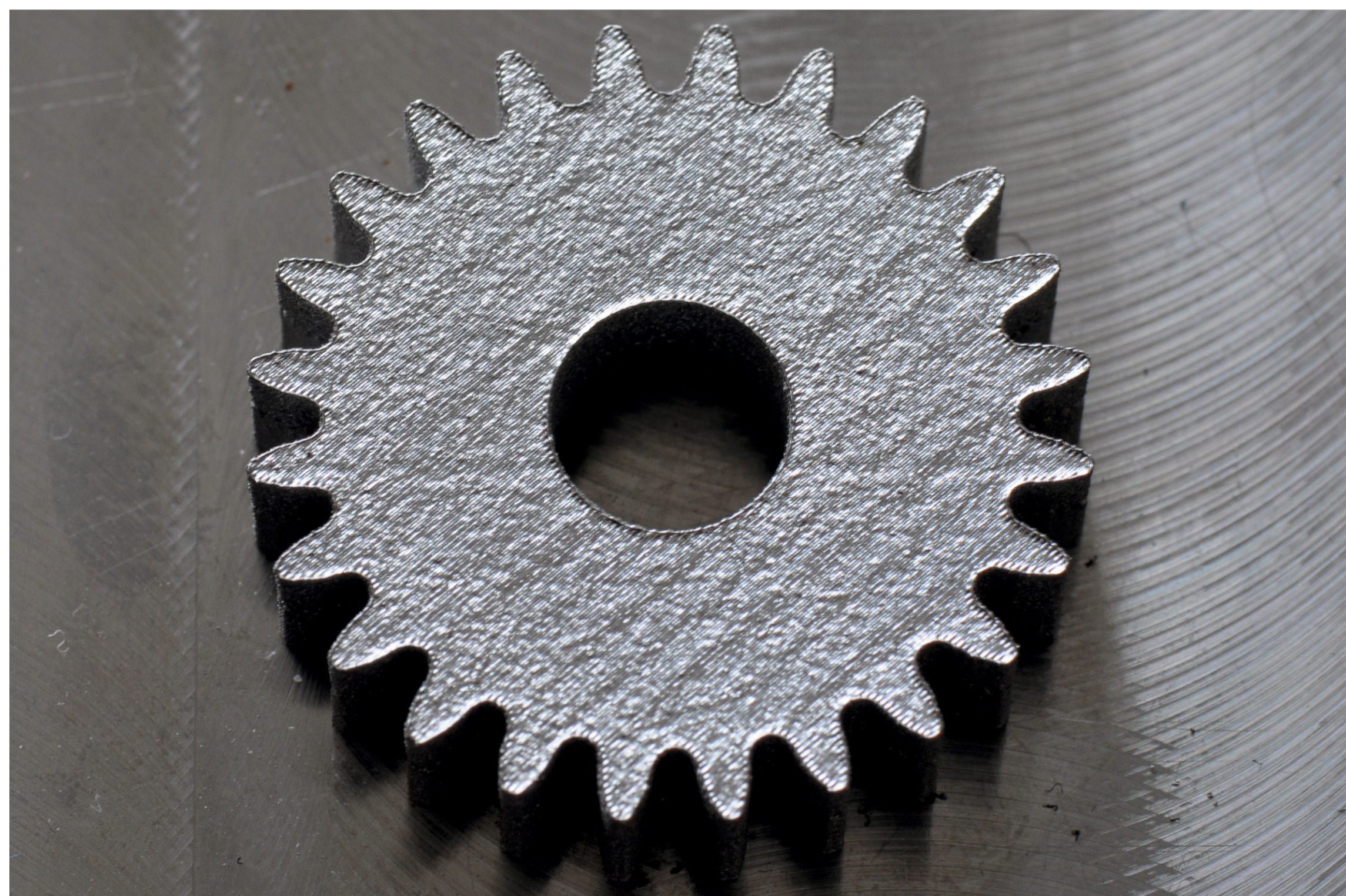
Badanie prototypów odkuwek kół zębatach wykonanych ze stopu tytanu w procesie warstwowym DMLS (Direct Metal Laser Sintering)
Testing prototypes gear forgings made of titanium alloy layer in the process of DMLS (Direct Metal Laser Sintering).



Rys.1. Przykładowy schemat kucia stożkowego koła zębatego
Fig.1. Sample diagram of bevel gear forging



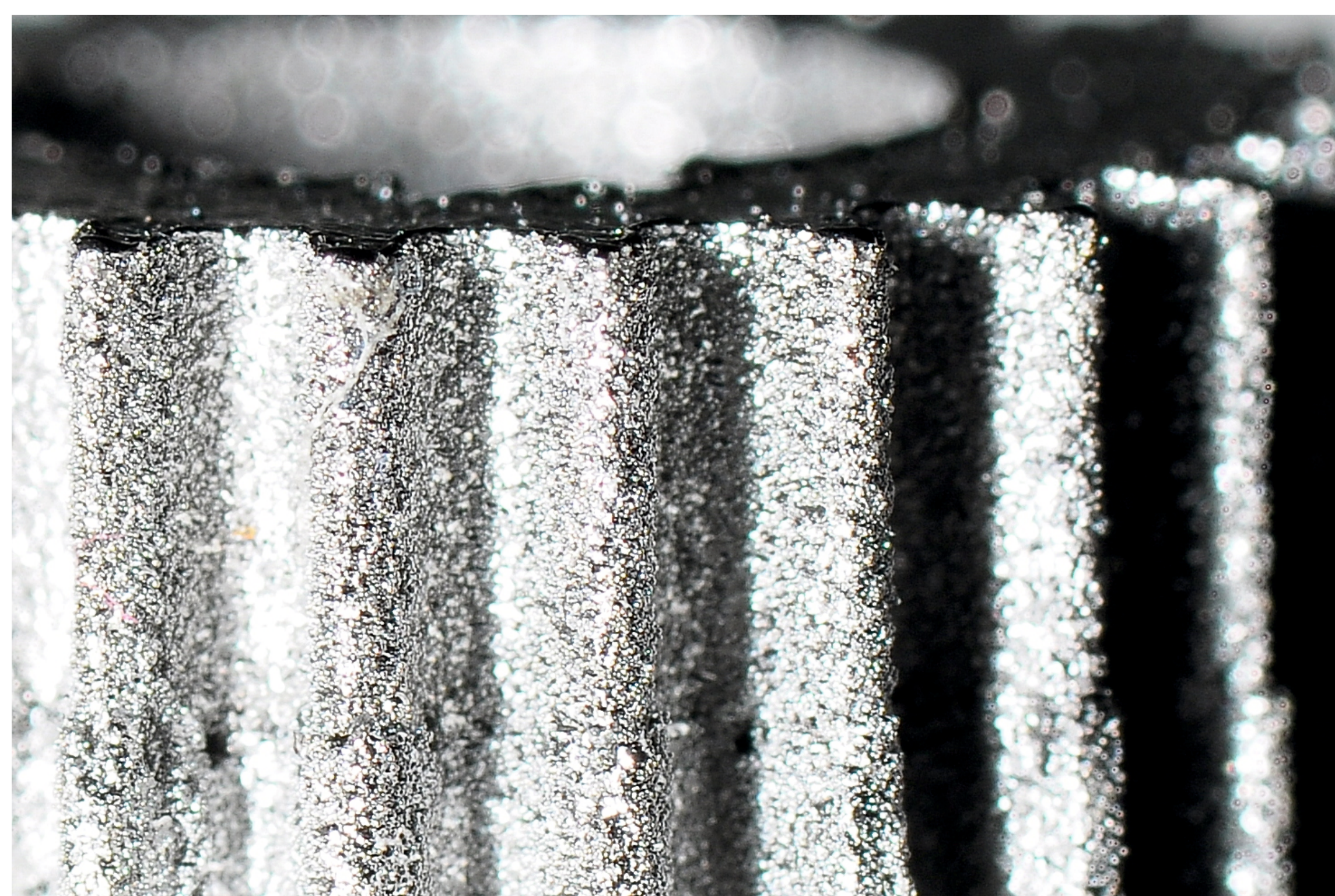
Rys.2. Proces spiekania (DLMS) kół zębatach z proszku ze stopu tytanu
Fig.2. The sintering process (DLMS) gears of titanium alloy powder



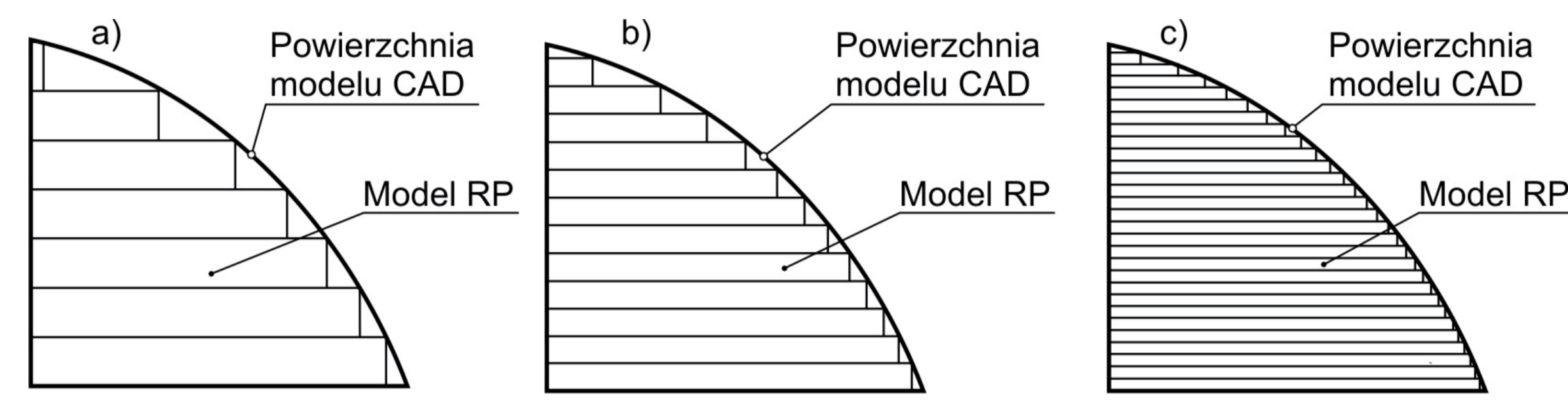
Rys.3. Przykład koła zębatego wykonanego w procesie warstwowym DMLS
Fig.3. Example gear made in the DMLS layer process



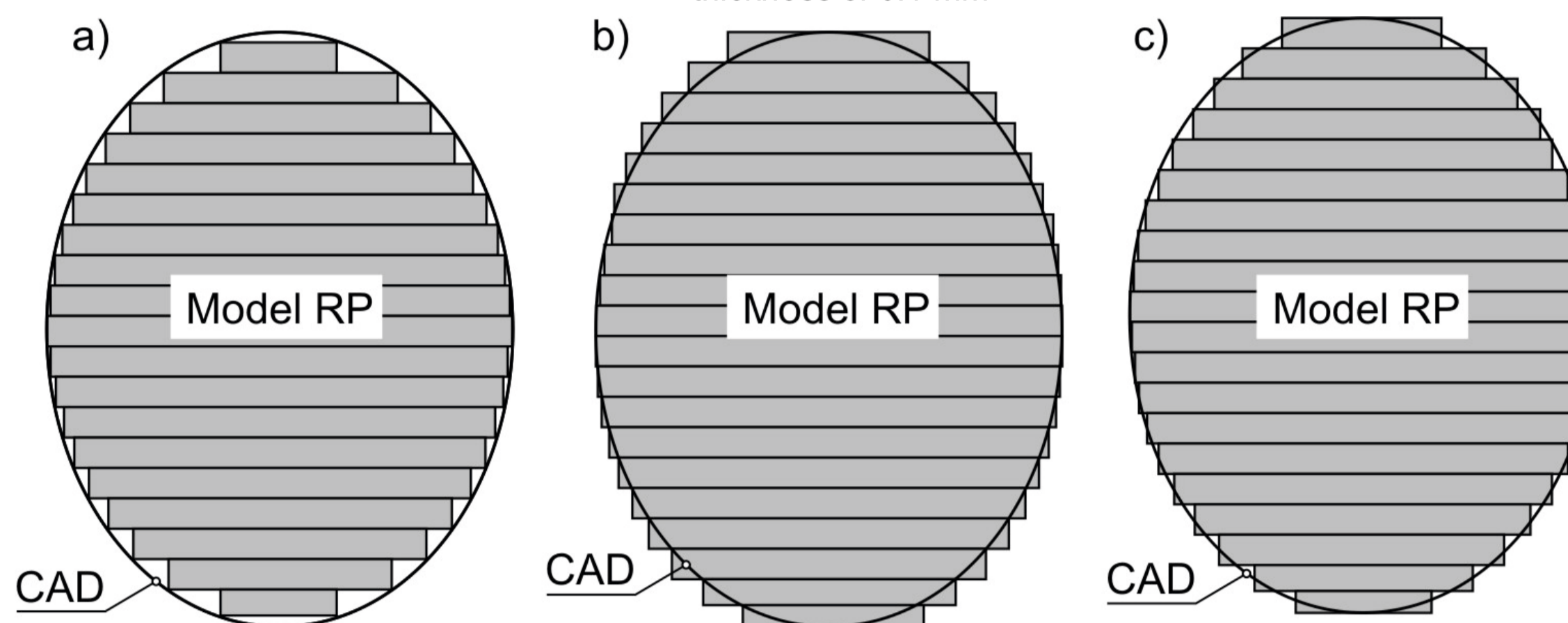
Rys.4. Fragment powierzchni koła zębatego DLMS równoległej do platformy roboczej
Fig.4. Fragment of the DLMS gear surfaces parallel to the working platform



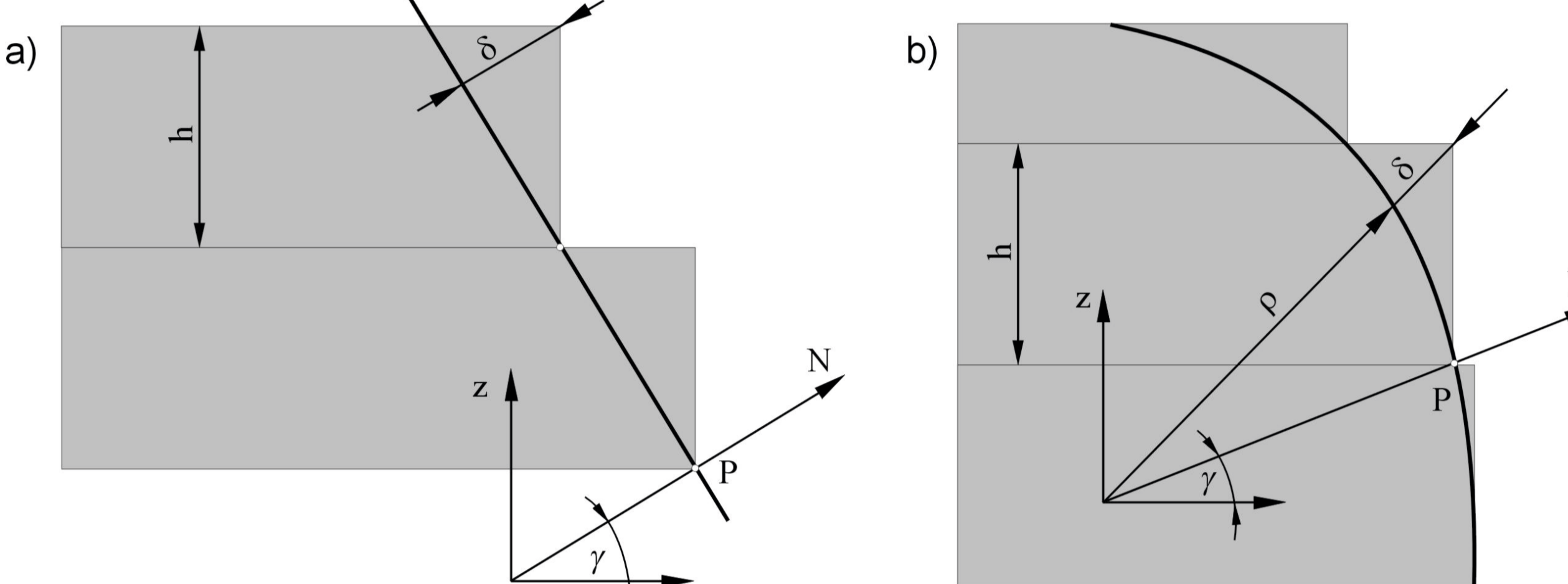
Rys.5. Fragment powierzchni koła zębatego DLMS prostopadłej do platformy roboczej
Fig.5. Fragment of the DLMS gear surfaces perpendicular to the working platform



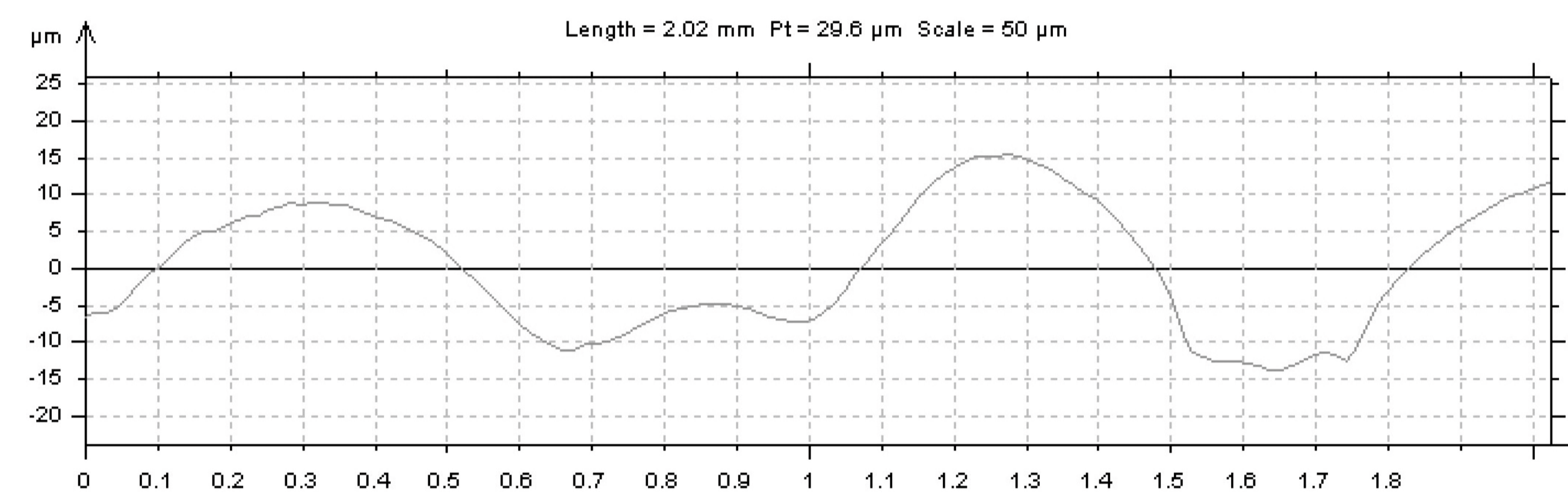
Rys.6. Wpływ grubości warstwy na dokładność modelu: a) grubość 0,2mm, b) grubość 0,15mm, c) grubość 0,1mm
Fig.6. Effect of layer thickness on the accuracy of the model: a) a thickness of 0.2 mm, b) a thickness of 0.15 mm, c) a thickness of 0.1 mm



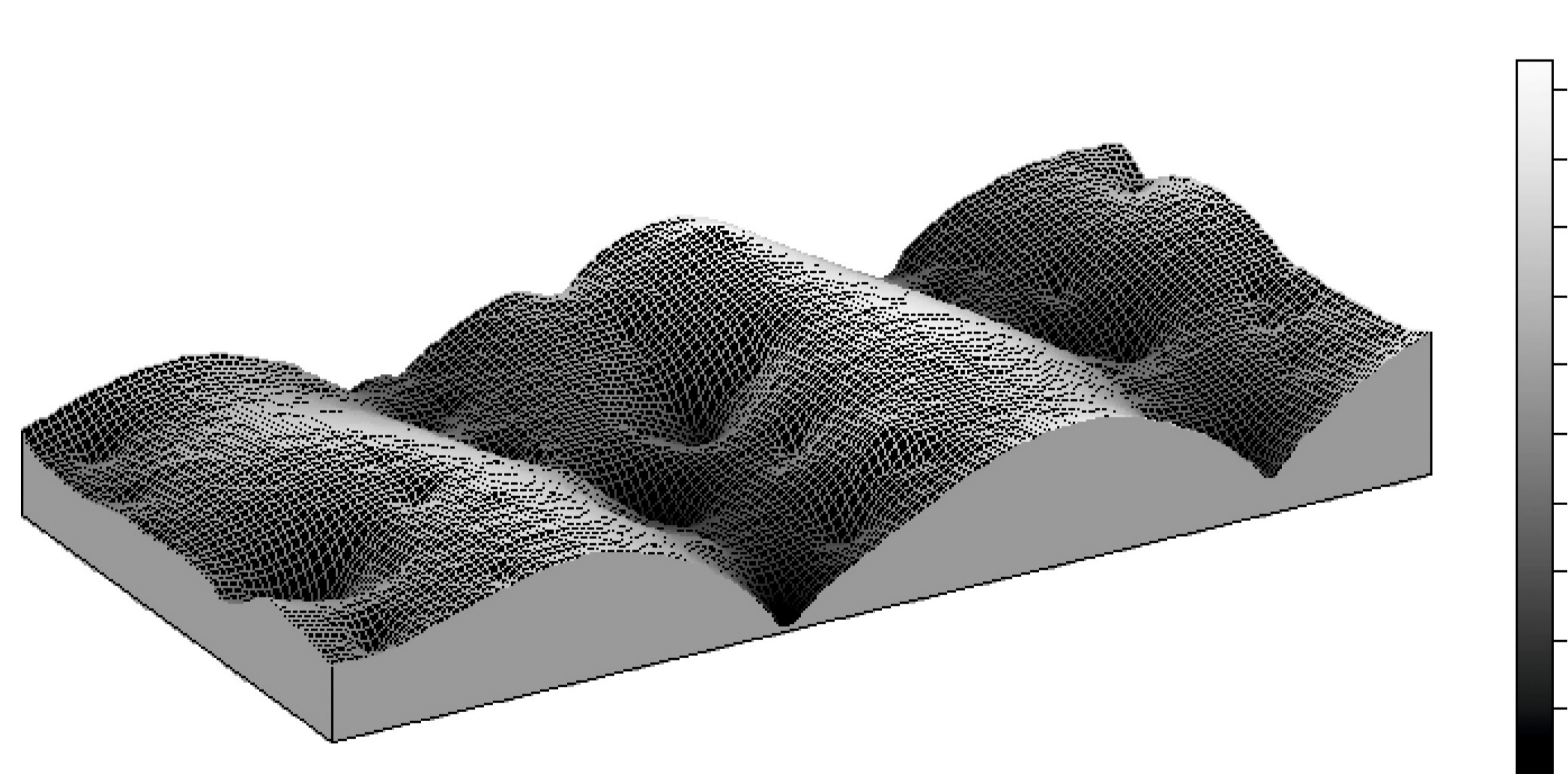
Rys.7. Tolerancja warstwową względem modelu CAD: a) ujemna, b) dodatnia, c) mieszana
Fig.7. Tolerance layer relative to the CAD model: a) negative, b) positive, c) mixing



Rys.8. Relacje geometryczne w warstwach modelu: a) przekrój modelu ze ścianką płaską, b) przekrój modelu o powierzchni krzywoliniowej
Fig.8. Measurement of the titanium prototypes gears with ATOS II scanner by blue light



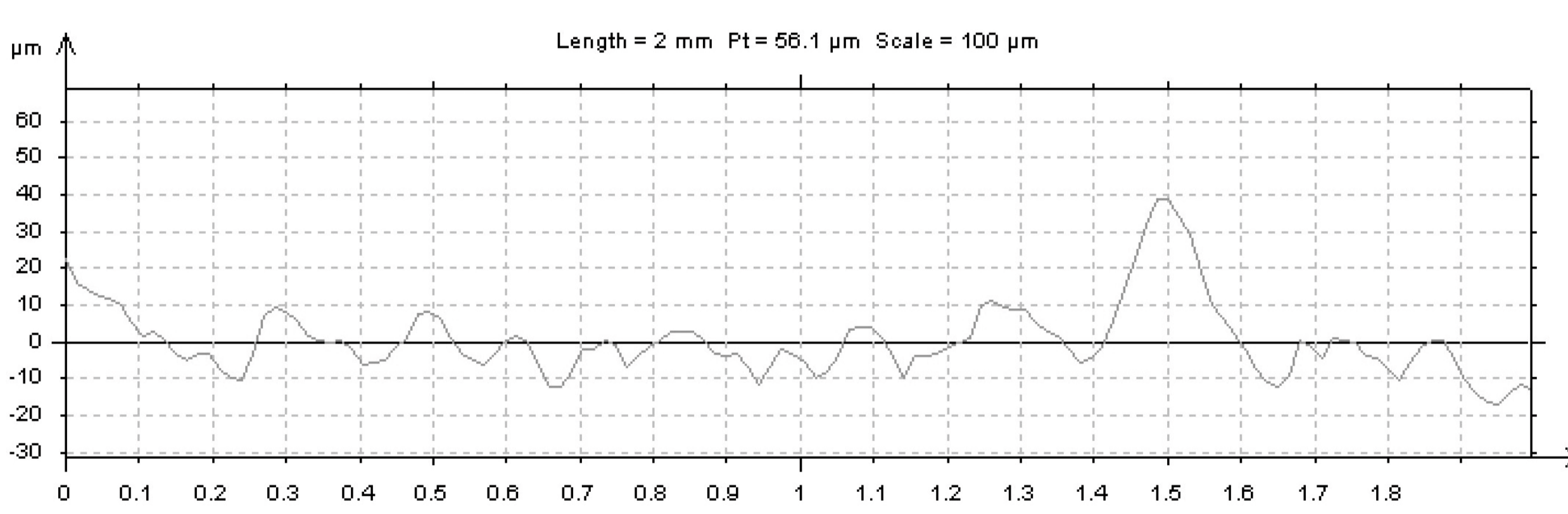
Rys.9. Profil powierzchni koła zębatego DLMS równoległej do platformy roboczej
Fig.9. The surface profile of DLMS gear parallel to the working platform



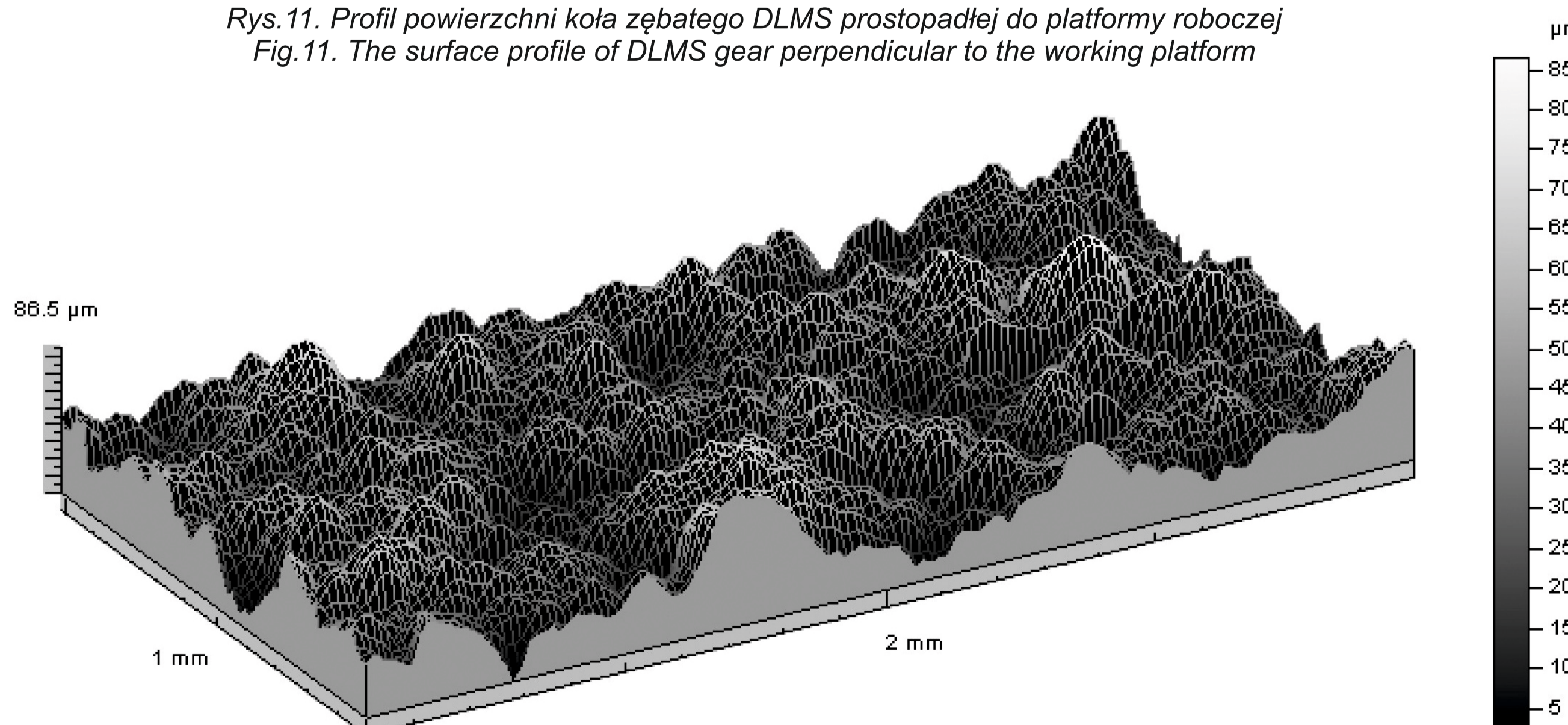
Rys.10. Widok izometryczny powierzchni koła zębatego DLMS równoległej do platformy roboczej
Fig.10. Isometric view of the DLMS gear surfaces parallel to the working platform

Tab.1. Wybrane parametry chropowości powierzchni koła zębatego DLMS równoległej do platformy roboczej
Tab.1. Selected parameters of surface roughness of DLMS gear parallel to the working platform

Parametr 2D	Wartość [µm]	Parametr 3D	Wartość [µm]
Ra	2,48	Sa	8,52
Rq	3,05	Sq	10,1
Rp	4,06	Sp	21,5
Rv	5,56	Sv	30,6
Rt	14,8	St	52,1
Rz	9,61	Sz	45,2



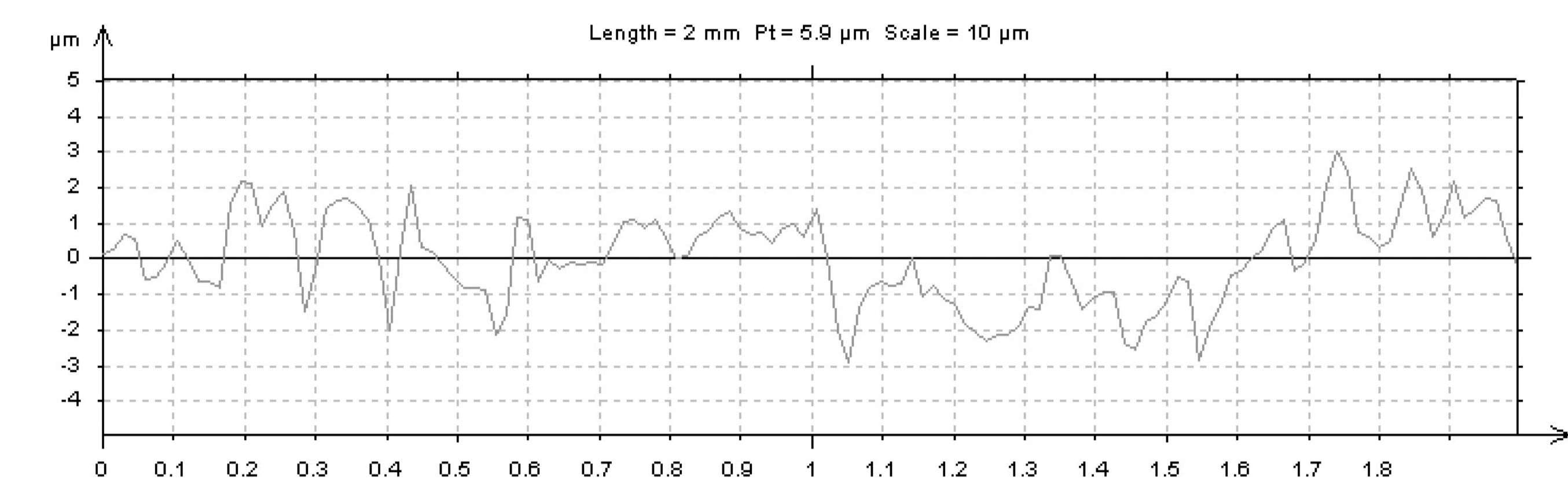
Rys.11. Profil powierzchni koła zębatego DLMS prostopadłej do platformy roboczej
Fig.11. The surface profile of DLMS gear perpendicular to the working platform



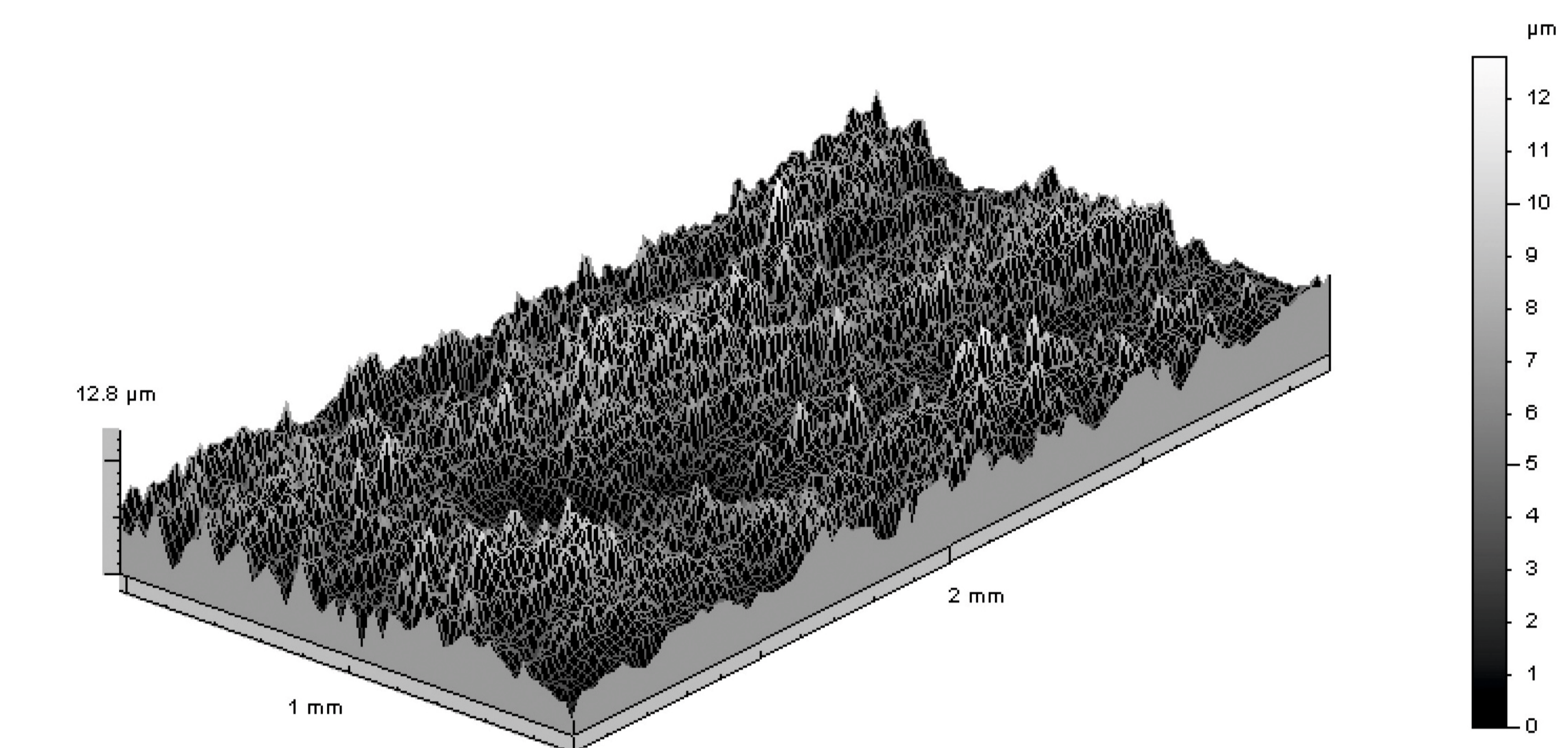
Rys.12. Widok izometryczny powierzchni koła zębatego DLMS prostopadłej do platformy roboczej
Fig.12. Isometric view of the DLMS gear surfaces perpendicular to the working platform

Tab.2. Wybrane parametry chropowości powierzchni koła zębatego DLMS prostopadłej do platformy roboczej
Tab.2. Selected parameters of surface roughness of DLMS gear perpendicular to the working platform

Parametr 2D	Wartość [µm]	Parametr 3D	Wartość [µm]
Ra	4,01	Sa	9,56
Rq	4,90	Sq	12,0
Rp	3,72	Sp	49,7
Rv	10,8	Sv	36,8
Rt	41,4	St	86,5
Rz	19,5	Sz	68,7



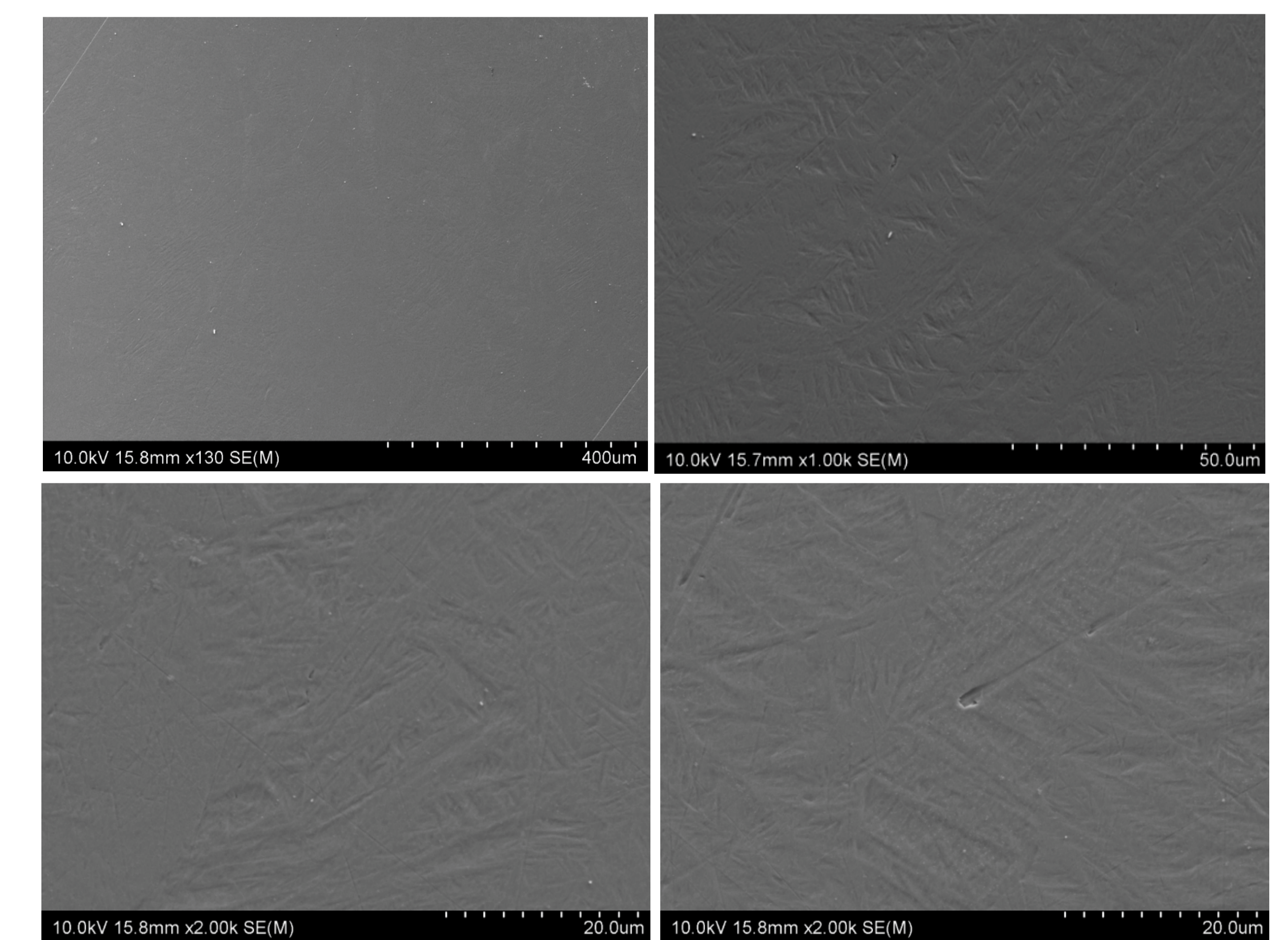
Rys.13. Profil powierzchni koła zębatego DLMS po obróbce mechanicznej
Fig.13. The surface profile of DLMS gear after finishing machining



Rys.14. Widok izometryczny powierzchni koła zębatego DLMS po obróbce mechanicznej
Fig.14. Isometric view of the DLMS gear surfaces after finishing machining

Tab.3. Wybrane parametry chropowości powierzchni koła zębatego DLMS po obróbce mechanicznej
Tab.3. Selected parameters of surface roughness of DLMS gear after finishing machining

Parametr 2D	Wartość [µm]	Parametr 3D	Wartość [µm]
Ra	0,70	Sa	1,15
Rq	0,91	Sq	1,47
Rp	1,97	Sp	7,60
Rv	2,27	Sv	5,21
Rt	4,23	St	12,8
Rz	4,23	Sz	7,73



Rys.15. Powierzchnia polerowana modelu DLMS - skaningowy mikroskop elektronowy (SEM) Hitachi model SU-70
Fig.15. The surface of polished DLMS model - scanning electron microscope (SEM) Hitachi model SU-70

Wnioski Conclusions

- Przyrostowa metoda szybkiego prototypowania DLMS charakteryzuje się strukturą powierzchni wytwarzanych modeli typową dla warstwowej budowy modelu. Biorąc pod uwagę modele o powierzchniach krzywoliniowych występuje tu prawie zawsze struktura „schodkowa”.
1. Incremental method for rapid prototyping DLMS is characterized by surface structure models typical for layered structure model. Given models of curved surfaces are almost always present structure "stepped".
- Przedstawione wyniki badań pokazują, że bardzo istotny wpływ na strukturę powierzchni posiada ustawienie modelu w przestrzeni roboczej.
2. The test results show that a very significant impact on the structure of the surface has set the model in the workspace.
- Wartość parametru Ra dla powierzchni modelu DLMS równoległej do platformy roboczej jest blisko dwukrotnie mniejsza od Ra dla powierzchni prostopadłej do platformy roboczej.
3. The value of the parameter Ra for surface of DLMS model parallel to the working platform is nearly twice lower than the Ra for surface perpendicular to the working platform.
- Obróbka mechaniczna modeli DLMS pozwala na uzyskanie dobrych parametrów chropowości powierzchni.
4. Machining DLMS model gives good surface roughness.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

Odkuwek kół zębatach mają szerokie zastosowanie w produkcji zaawansowanych przekładni lotniczych. Analizowana technologia DMLS jest wykorzystywana do wytwarzania prototypów odkuwek kół zębatach, łopatek, wirników etc. dla potrzeb lotnictwa. Modele wykonywane ze spiekanej proszku ze stopu Ti6Al4V są poddawane badaniom w warunkach rzeczywistych. Forged gears are widely used in the manufacture of advanced aircraft gear. Analyzed DMLS technology is used to produce prototypes of gear forgings, turbine blades, rotors, etc.. for aviation. Models made of sintered powder alloy Ti6Al4V shall be tested in real conditions.