

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Opracowanie technologii efektywnego projektowania i produkcji przekładni stożkowych z wykorzystaniem systemu Phoenix firmy Gleason Development of the technology of effective design and production of cone gear using Gleason Phoenix system

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

Wyniki badań Results

Opracowanie aplikacji do generowania modeli brylowych kół stożkowych przekładni metodą symulacji obróbki w systemie CAD - Inventor. Etap II

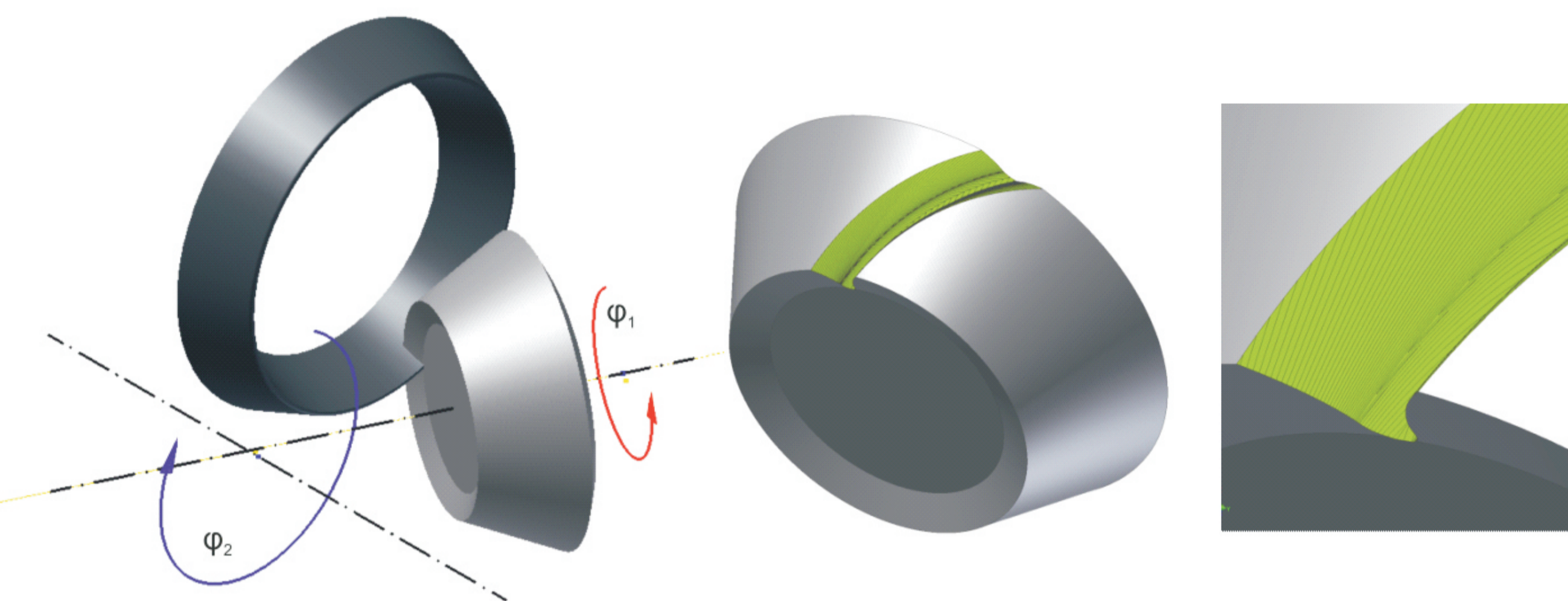
Development of application for creating of solid models of bevel gears by cutting simulation in CAD system (Inventor). Stage II

Opracowanie aplikacji do analizy współpracy przekładni stożkowych pod lekkim obciążeniem w środowisku CAD – Inventor. Etap II

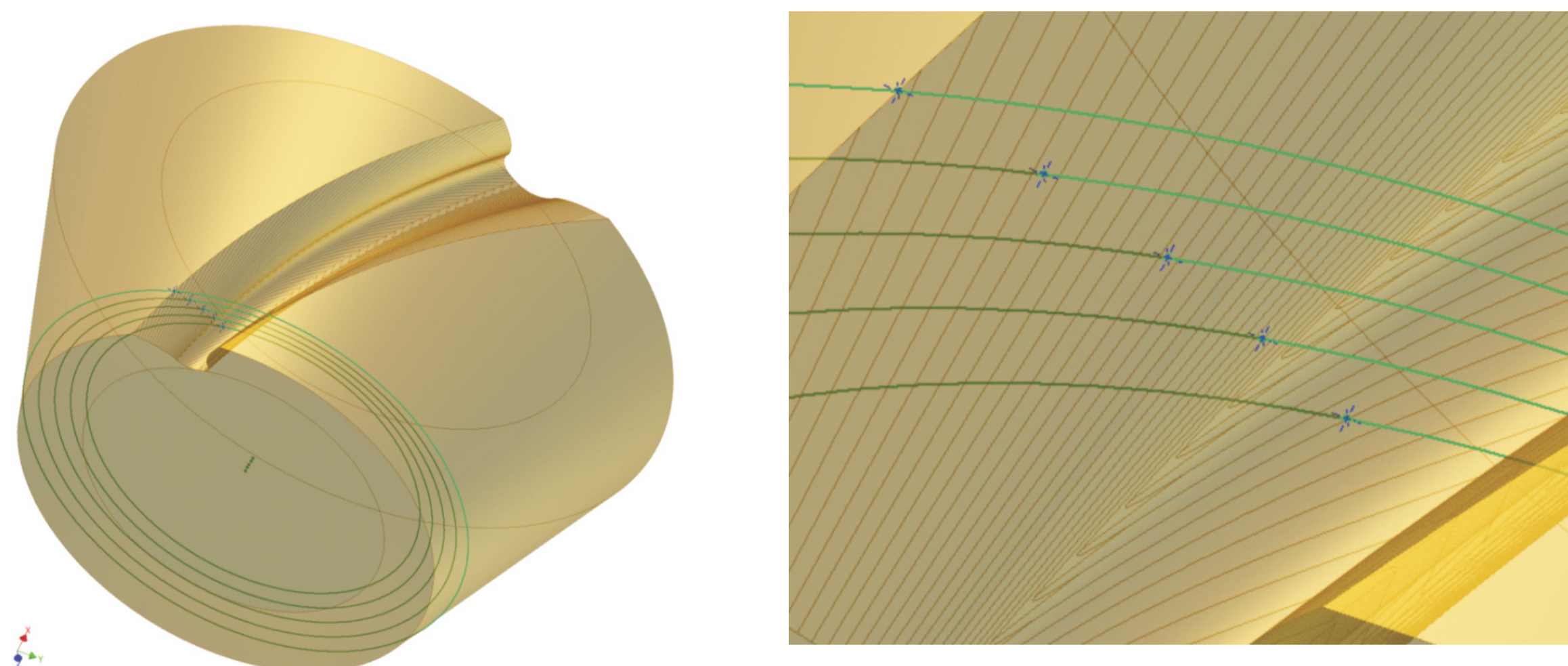
Development of application for bevel gear tooth contact analysis under small load in CAD environment. Stage II

Aplikacja pozwala na generowanie modeli brylowych kół stożkowych na podstawie danych, zawierających geometrię koła oraz narzędzia, a także ustawienia obrabiarki. Wygenerowane modele porównano z modelami uzyskanymi metodą numeryczną, dla oceny poprawności aplikacji nacinania kół w systemie CAD. Aplikację do analizy współpracy pod lekkim obciążeniem wykonano w programie Inventor, wykorzystując opracowane wcześniej układy przekładni konstrukcyjnej (pierwszy - idealny oraz drugi - z możliwością wprowadzania błędów położenia koła i zębniaka). Efektem działania aplikacji są chwilowe i sumaryczne ślady współpracy przekładni.

The application allows you to generate solid models of bevel gears based on the data containing the geometry of the gear units, tools and machine settings. Generated models were compared with models obtained numerical method for the assessment of the correctness of the application cutting gear in CAD system. Application for contact analysis under small load was made in Inventor using previously developed transmission systems design (the first - the perfect and the second - with the possibility of introducing errors of pinion and gear position). The effect of the application are



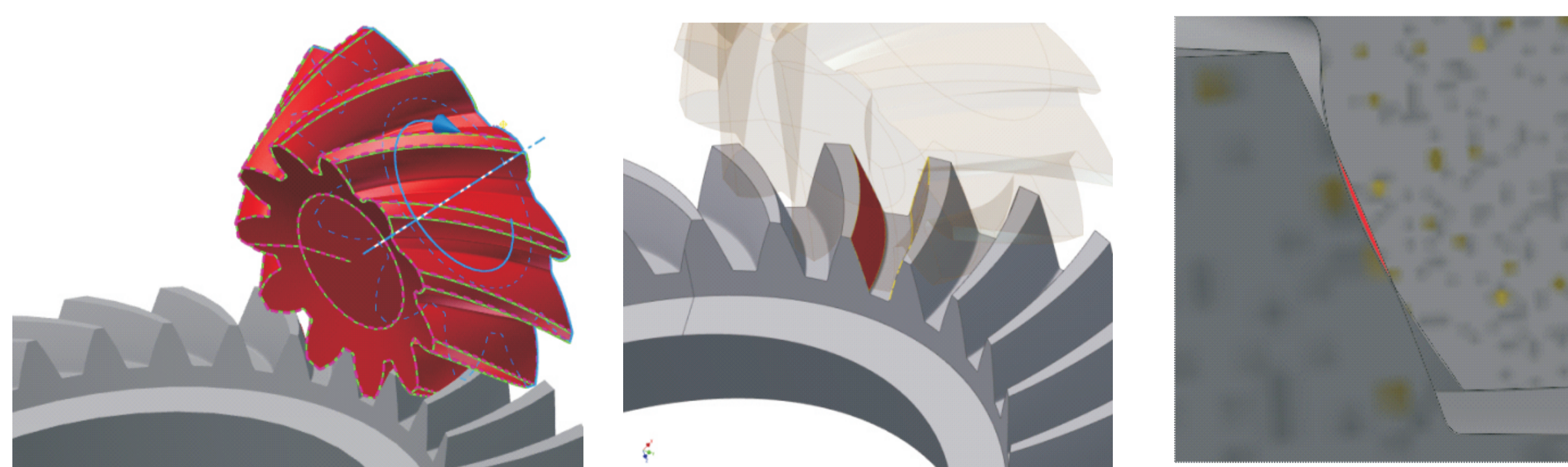
Rys. 1 Obróbka brylowa oraz uzyskany wręb zębniaka przekładni stożkowej – widoczna graniastość powierzchni
Fig. 1 Solid cutting and obtained tooth flank surface



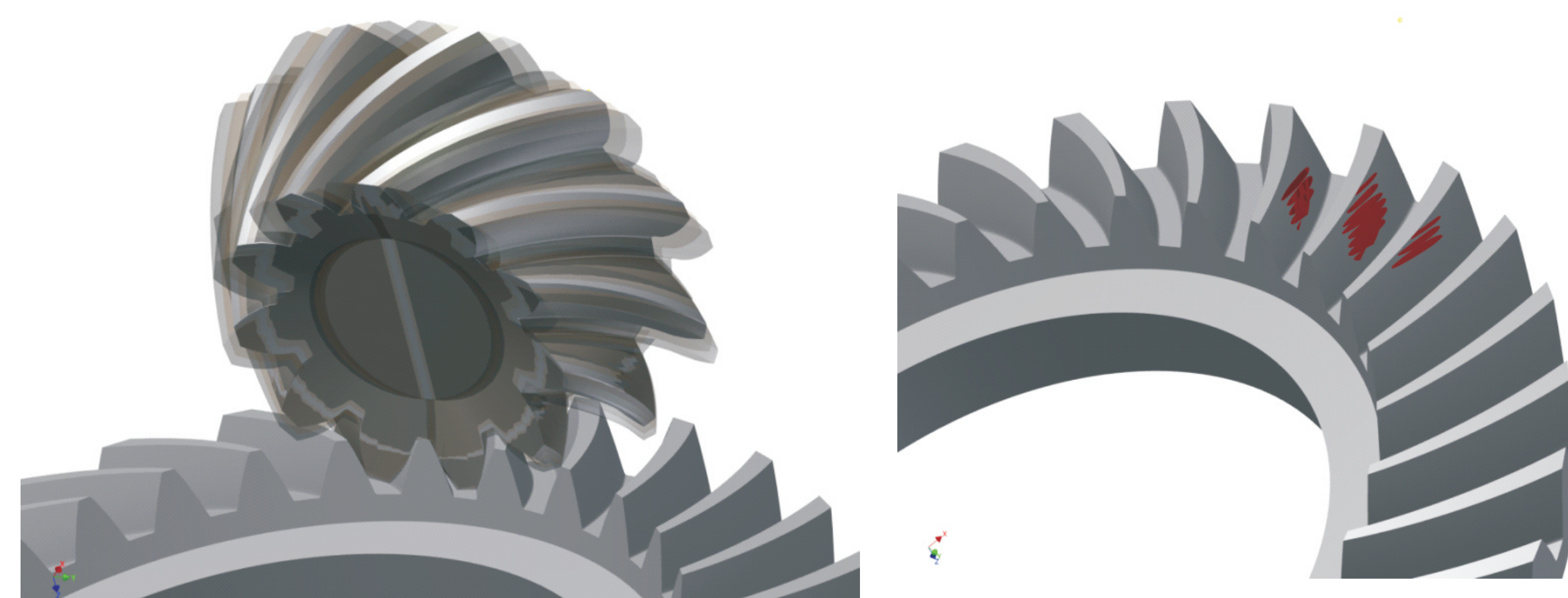
Rys. 2 Wyznaczanie punktów przecięcia powierzchni bocznej koła z okręgami pomocniczymi
Fig. 2 Determining the common points of the tooth flank surface and auxiliary circles



Rys. 3 Powierzchnia otrzymana na podstawie profili oraz tworzenie powierzchni ciągłej
Fig. 3 Surface obtained by profiles using (left) and generating of continuous surface



Rys. 4 Przygotowanie modeli do wyznaczenia śladu styku oraz śladu współpracy
Fig. 4 Preparation of models to determine the temporary and total contact pattern



Rys. 5 Sumaryczny ślad współpracy otrzymany przez symulację współpracy
Fig. 5 The total contact pattern received by the simulation of contact

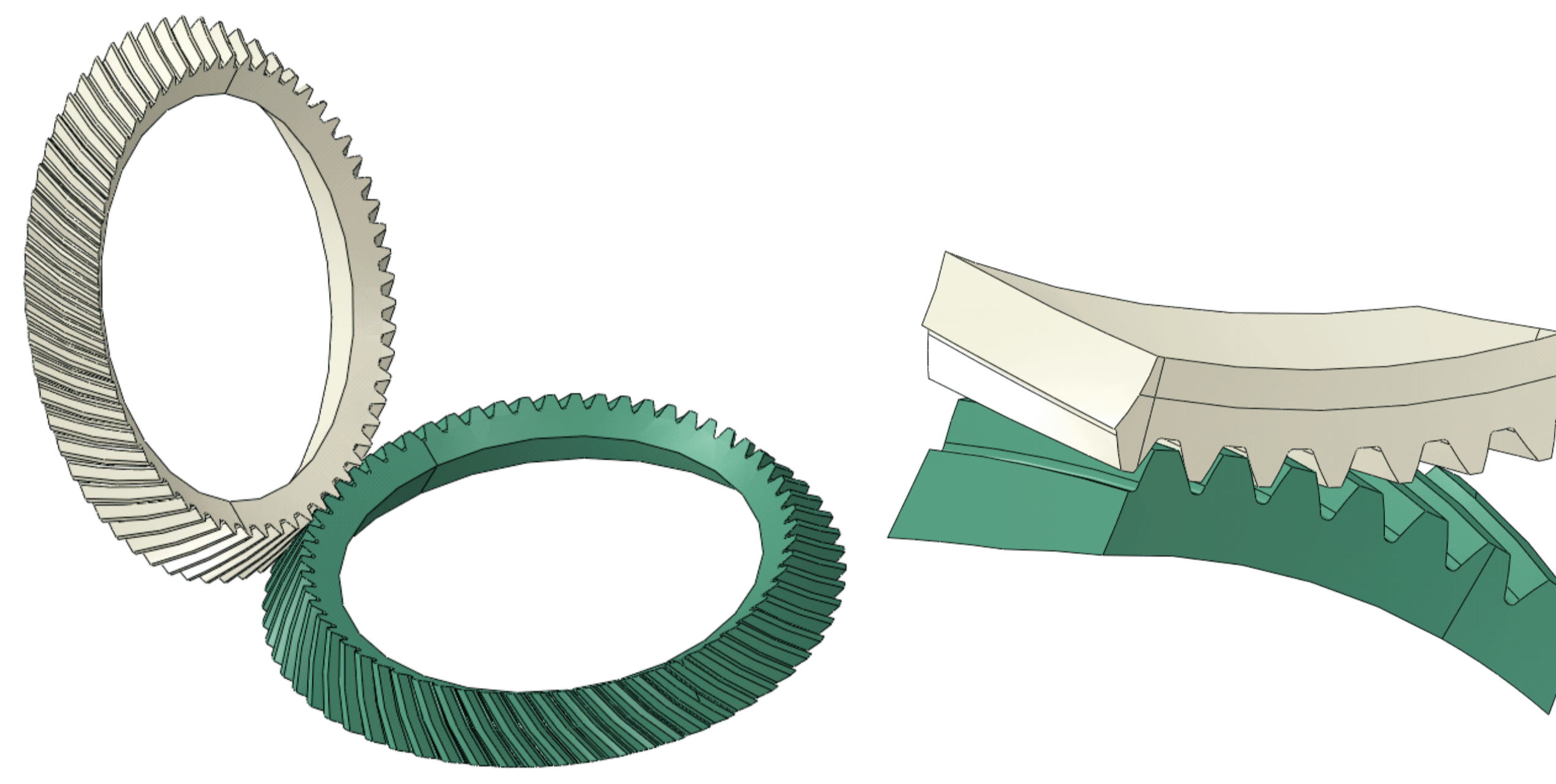
Opracowanie aplikacji do analizy współpracy przekładni stożkowych pod obciążeniem roboczym w środowisku MES – Abaqus. Etap II

Development of application for loaded tooth contact analysis in MES environment (Abaqus). Stage II

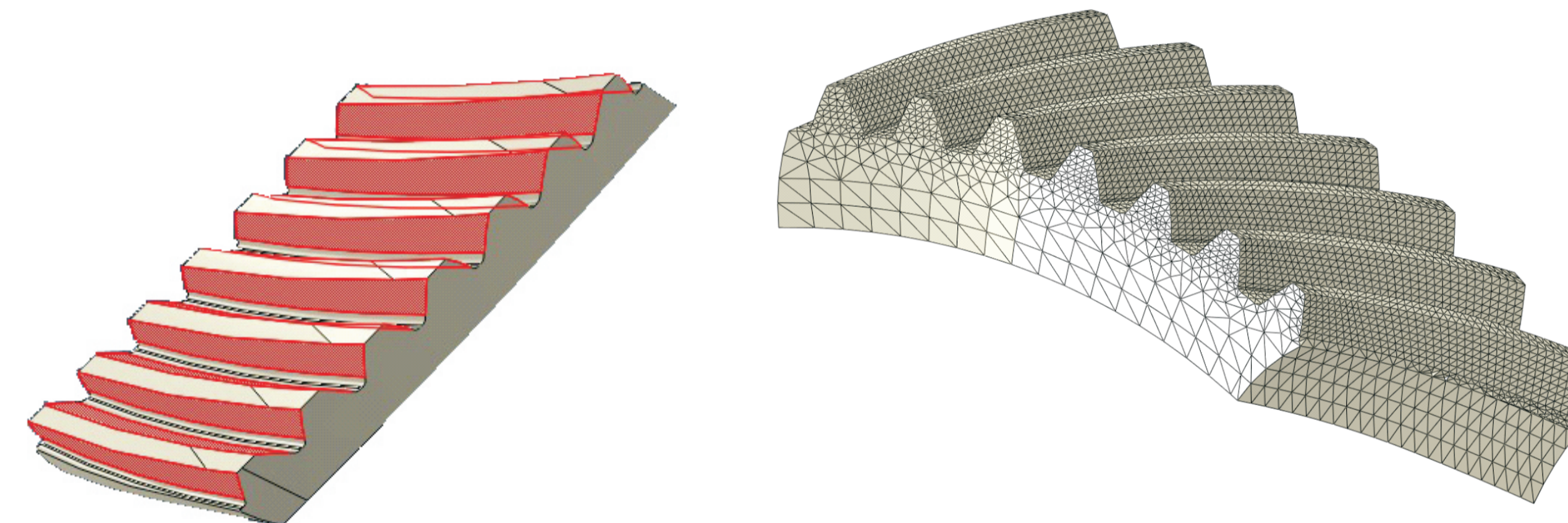
Celem opracowania aplikacji było wyznaczenie wartości naprężeń i ich rozkładu na współpracujących powierzchniach zębów oraz określenie chwilowych i sumarycznych śladów współpracy dla przekładni stożkowej. Obliczenia zostały przeprowadzone w solverze programu Abaqus, a w postprocesorze tego programu przeprowadzono ich graficzną obróbkę w celu prezentacji. Modele do obliczeń zostały przygotowane w programie Catia i następnie zaimportowane do programu Abaqus, w którym przygotowano je do dalszych obliczeń. Otrzymane wyniki obliczeń pozwalają prześledzić charakter współpracy zębów w wybranej chwili zazębienia oraz w postaci animacji. Jest to bardzo wygodne i czytelne narzędzie, które pozwala wyciągnąć znacznie więcej wniosków niż w przypadku obliczeń w postaci statycznej. Można też na tym samym modelu zestawiać i porównywać wyniki, dotyczące różnych kroków obliczeń.

Purpose of the development of application was to determine of stresses and their distribution to cooperating tooth surfaces and to determine the temporary and total contact patterns for the bevel gear. Calculations were carried out in the program Abaqus solver and postprocessor of the program conducted their graphical processing for presentation. Model calculations have been prepared in the Catia and then imported into Abaqus, which prepared them for further calculations.

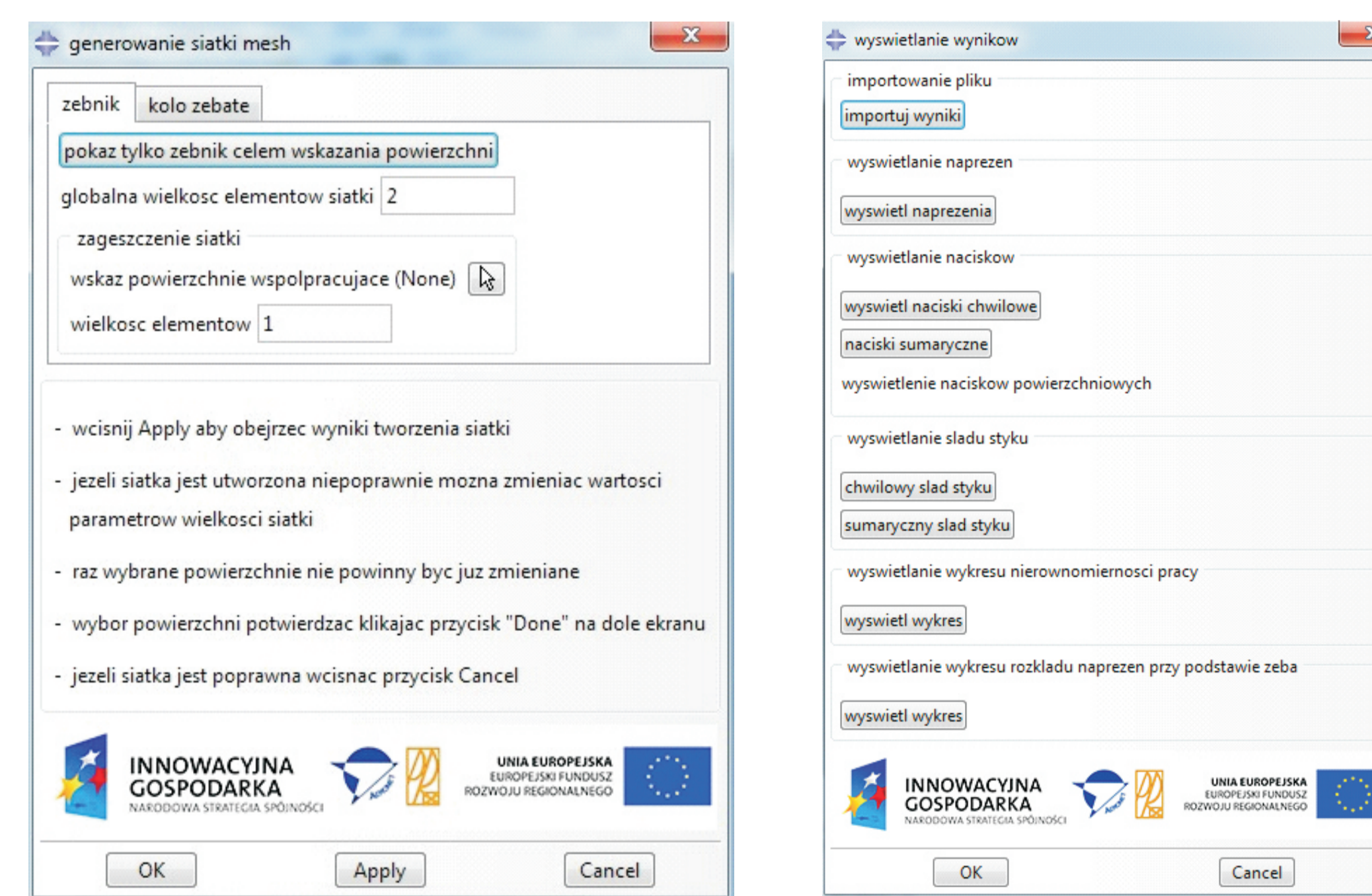
The results of application allows you to see of teeth contact in the desired time of the meshing, and in the form of animation. It is very convenient and easy to read tool that allows you to draw many more applications than the calculations in the form of static. Alternatively, on the same model and results compared to collate, for the different steps of the calculation.



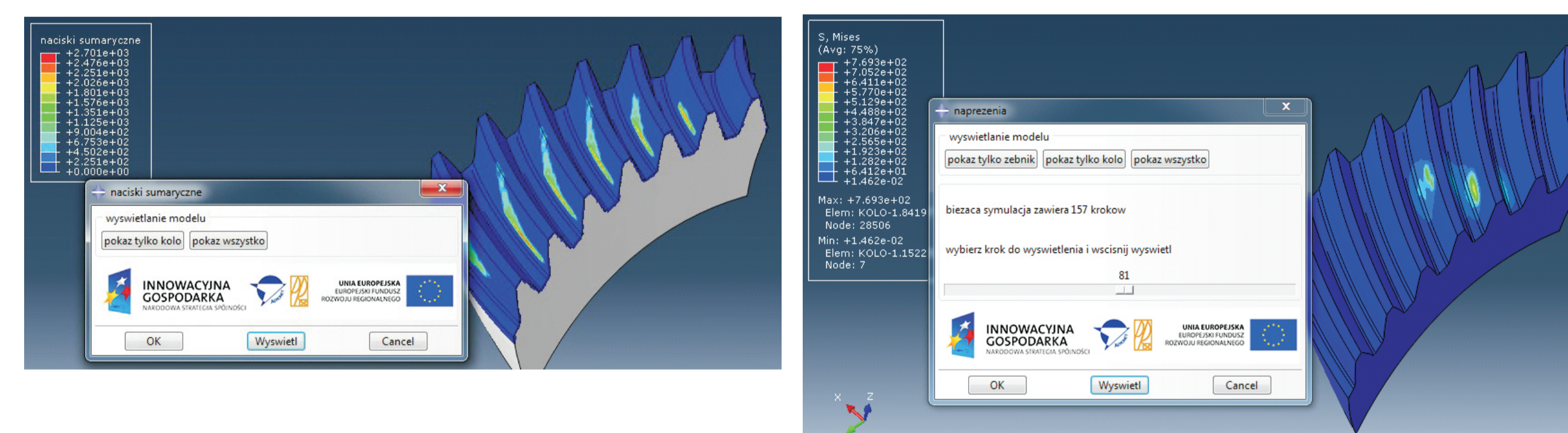
Rys. 6 Uproszczone modele kół wykorzystane w analizie MES
Fig. 6 Simplified models of the gear and pinion, used in the MES analysis



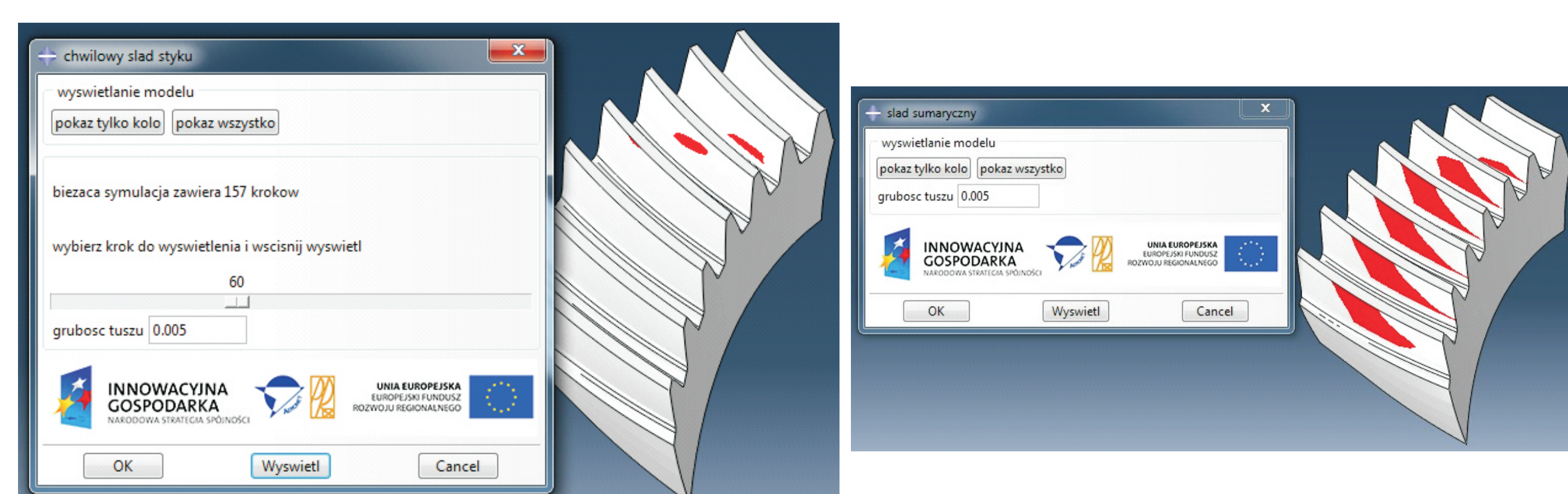
Rys. 7 Model zębniaka wraz z zaznaczonymi powierzchniami do zagęszczenia siatki oraz z utworzoną siatką elementów skończonych o różnej gęstości
Fig. 7 Pinion model with marked surfaces to mesh density and finite element mesh formed of different density



Rys. 8 Widok okien przygotowania obliczeń i wyświetlania wyników w preprocesorze programu Abaqus
Fig. 8 View of window for preparing calculations and display the results in Abaqus preprocessor



Rys. 9 Wyświetlenie nacisków sumarycznych oraz naprężeń dla danego modelu koła zębatego
Fig. 9 Display of total pressure and stress for the model of the test gear



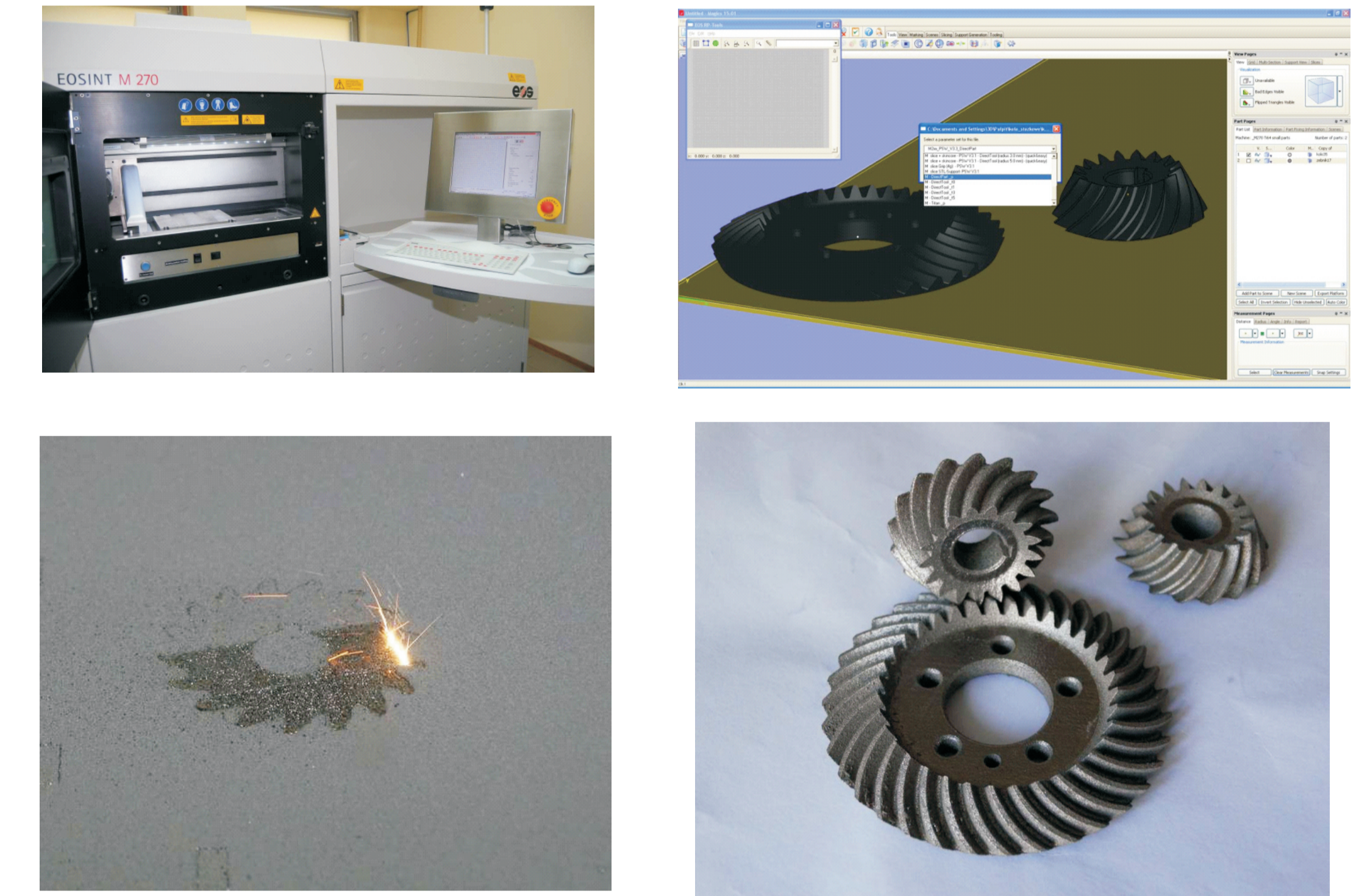
Rys. 10 Chwilowy i sumaryczny ślad współpracy dla koła zębatego przekładni stożkowej
Fig. 10 Temporary and total contact pattern, observed on the gear

Opracowanie metody wytwarzania w procesie przyrostowym prototypów stożkowych kół zębatach przekładni lotniczej metodą SLS-DMLS. Etap II

Development of a sintering process of the layered SLS-DMLS for aircraft bevel gears made. Stage II

Celem pracy było zbadanie możliwości wykonywania prototypów przekładni stożkowych metodą DMLS na podstawie modeli brylowych uzyskanych w wyniku symulacji obróbki.

The aim of the study was to investigate the possibility of prototyping bevel gears using DMLS based on solid models derived from the cutting simulation.



Rys. 11 Aparatura EOS Eosint M270 oraz etapy tworzenia modeli kół zębatach metodą DMLS
Fig. 11 Apparatus EOS EOSINT M270 and stages of gear models forming with DMLS method

Wnioski Conclusions

Opracowane aplikacje umożliwiają kształtowanie geometrii uzębienia i sprawdzanie jakości współpracy pary stożkowej bez konieczności jej fizycznego wykonywania. Poszczególne moduły programowe (aplikacja do generowania modeli brylowych oraz aplikacje do badania współpracy pod lekkim obciążeniem i pod obciążeniem roboczym) zapewniają uzyskanie poprawnych wyników dla projektowanych nowych przekładni i mogą być wykorzystywane przez przedsiębiorstwa branży lotniczej, zwiększając ich konkurencyjność. Aplikacje pozwalają na prowadzenie, w warunkach przemysłowych, samodzielnych analiz dotyczących uzębienia kół stożkowych, a także na przewidywanie nośności przekładni i ocenę jej wrażliwości na błędy montażowe. Moduły programowe mogą być wykorzystywane do prowadzenia szkoleń dla specjalistów z branży lotniczej.

Developed applications allow shaping the geometry of the teeth and checking the quality of bevel gear without having to physical cutting of gear units. The individual software modules (application to generate solid models and applications to the study of cooperation under light load and a load of work) provide to obtain correct results for the designed new transmission and can be used by aerospace companies, increasing their competitiveness. Applications allow you to operate in an industrial environment, independent analyzes of the bevel gears, and the transmission capacity to anticipate and assess its sensitivity to assembly errors. Program modules can be used to provide training for professionals in the aviation industry.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Publikacje

- Marciniec A., Budzik G., Dziubek T., Sobolewski B., Zaborniak M.: *Methodology of measurement aeronautical bevel gears using an optical scanner Atos II Triple Scan*. Journal of KONES, European Science Society of Powertrain and Transport, Vol. 4, ISSN 1231-4005, Warszawa 2014, str. 205-209
- Pisula J., Plocica M.: *An evaluation of the effect of a datum system on the determination of the accuracy of bevel gear teeth*. Journal of KONES, European Science Society of Powertrain and Transport, vol. 4, ISSN 1231-4005, Warszawa 2014, str. 417-424
- Pisula J., Plocica M.: *Methodology of designing the geometry of the bevel gear using numerical simulation to generate the teeth flank surfaces*. Acta Mechanica et Automatica, vol. 8 No. 1 (2014), str. 5-8
- Plocica M., Pisula J.: *The influence of changes in the geometry of the tooth surface of the pinion bevel gear on the accuracy of the mesh*. Acta Mechanica et Automatica, vol. 8 No. 2 (2014), str. 95-98

Referaty

- Marciniec A., Budzik G., Dziubek T., Sobolewski B., Zaborniak M.: *Methodology of measurement aeronautical bevel gears using an optical scanner Atos II Triple Scan*. International Scientific Congress of Powertrain and Transport KONES 2014, Jastrzębia Góra 7-10 September 2014
- Marciniec A., Sobolewski B.: *Modelowanie i symulacja współpracy przekładni stożkowych w środowisku CAD*. XIX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Koła Zębate KZ i XIX Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Przekładnie Zębate, Wisła 25-27.11.2014 r.
- Pisula J., Marciniec A., Skawiński P., Plocica M., Kuryjański R., Siemiński P.: *Experimental verification of simulation of the aircraft bevel gear*. AIRTEC, International Aerospace Supply Fair, Frankfurt am Main, 5-7 November 2014
- Pisula J., Plocica M.: *An evaluation of the effect of a datum system on the determination of the accuracy of bevel gear teeth*. International Scientific Congress of Powertrain and Transport KONES 2014, Jastrzębia Góra 7-10 September 2014
- Pisula J., Plocica M.: *Guidelines for the quality development of aircraft bevel gears*. AIRTEC, International Aerospace Supply Fair, Frankfurt am Main, 3-5 November 2014
- Pisula J., Plocica M.: *Projektowanie technologii przekładni stożkowych w autorskim systemie modułowym z użyciem ogólnodostępnych programów inżynierskich*. XIX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Koła Zębate KZ i XIX Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Przekładnie Zębate, Wisła 25-27.11.2014 r.
- Pacana J., Pisula J.: *Analityczno-numeryczne obliczenia wytrzymałościowe kół zębatach lotniczej przekładni stożkowej*. Międzynarodowy Kongres CAX Innovation – Techniki Komputerowe CAX we wspomaganiu prac inżynierskich. Kraków 14-16 października 2014 r.
- Pacana J., Pisula J.: *Numeryczne wybrane metody wyznaczenia śladu współpracy przekładni zębatach na przykładzie pary stożkowej o kołowo-lukowej linii zęba*. Międzynarodowy Kongres CAX Innovation – Techniki Komputerowe CAX we wspomaganiu prac inżynierskich. Kraków 14-16 października 2014 r.
- Pisula J., Plocica M.: *Doświadczalna weryfikacja symulacji obróbki i współpracy stożkowych przekładni lotniczych*. Międzynarodowy Kongres CAX Innovation – Techniki Komputerowe CAX we wspomaganiu prac inżynierskich. Kraków 14-16 października 2014 r.
- Skawiński P., Marciniec A., Pisula J., Plocica M., Kuryjański R., Siemiński P.: *Comparative analysis of numerical and experimental methods for determining the contact pattern of aircraft bevel gears*. AIRTEC, International Aerospace Supply Fair, Frankfurt am Main, 3-5 November 2014

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorskie
Tytuł: *Analiza wytrzymałościowa lotniczych przekładni stożkowych o kołowo-lukowej linii zęba*
Autor: mgr inż. Jacek Sowa
Promotor: dr hab. inż. Adam Marciniec
Status: w trakcie realizacji, obrona ustalona na 10 grudnia 2014 r.

Tytuł: *Modelowanie i analiza zazębienia przekładni stożkowych w środowisku CAD*
Autor: mgr inż. Bartłomiej Sobolewski
Promotor: dr hab. inż. Adam Marciniec
Status: w trakcie realizacji