

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 procedury optymalnej aproksymacji wzorcowej powierzchni zęba zębniaka powierzchnią generowaną na maszynie CNC w celu wyznaczenia skorygowanych funkcji ruchu osi sterowanych. Etap III

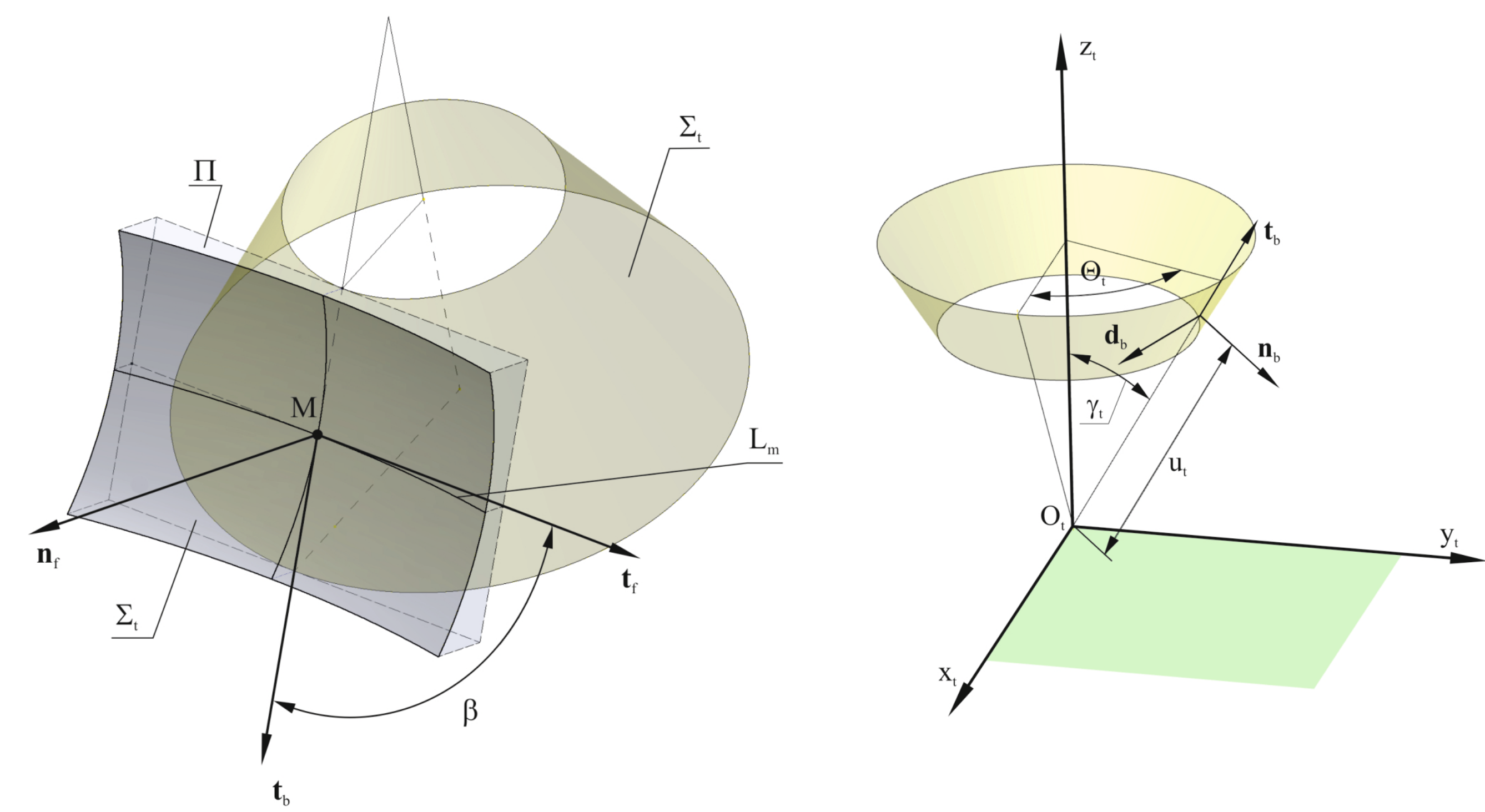
The development of procedures for optimal approximation of the reference surface of the pinion tooth by surface generated on the CNC machine in order to determine the adjusted movement functions of machine axis. Stage III

Opracowana metoda optymalnej aproksymacji obejmuje następujące zagadnienia:

1. Wyznaczenie równania ząbkowania dla współpracy powierzchni narzędzia Σ_n i powierzchni generowanej Σ_g . Równanie to stanowi warunek konieczny istnienia obwiedni rodziny powierzchni.
2. Wyznaczenie powierzchni generowanej jako obwiedni rodziny powierzchni tworzonej przez poruszające się narzędzie. Powierzchnia Σ_g pokrywa się z powierzchnią wzorcową jedynie wzdłuż linii średniej L_m . Poza tą linią odchyła się od powierzchni wzorcowej.
3. Wyznaczenie wielkości odchyłek powierzchni Σ_g od Σ_n w obszarze poza linią średnią i minimalizacja tych odchyłek w celu osiągnięcia optymalnej aproksymacji Σ_g do Σ_n .
4. Wyznaczenie krzywizn wygenerowanej powierzchni Σ_g do wykorzystania w analizie współpracy zębów TCA.
5. Wyznaczenie funkcji ruchu osi sterowanych obrabiarki CNC zapewniających wymagany ruch narzędzia względem przedmiotu obrabianego - zębniaka.

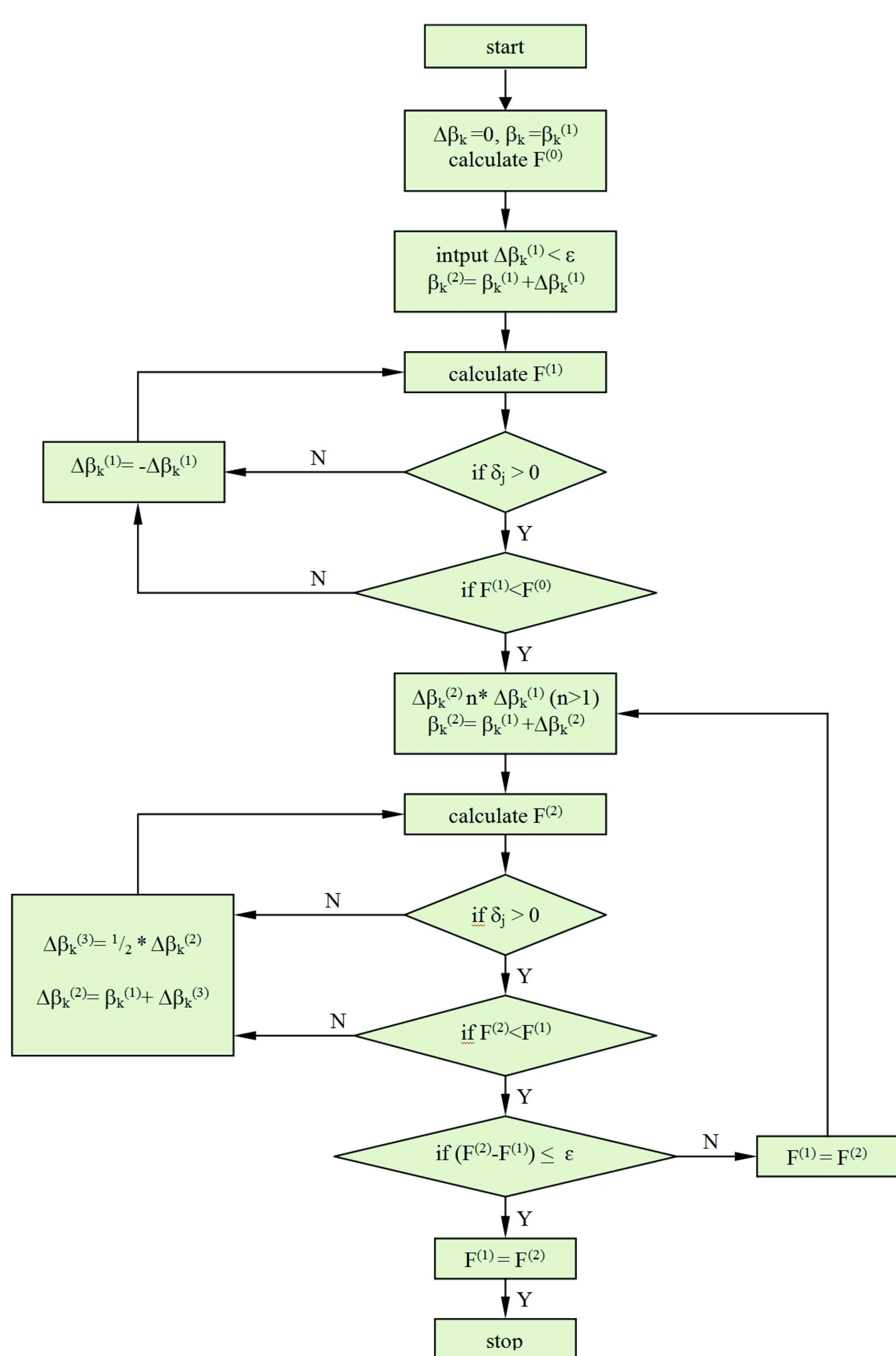
The developed method of the optimum approximation includes the following issues:

1. Appointment of meshing equation for collaboration tool surface Σ_n and the generated surface area Σ_g . This equation is a precondition for the existence of the family boundary surface.
2. Determination of the generated surface as the envelope of surface formed by the moving tool. Surface Σ_g coincides with the reference surface only along the lines of the mean L_m . In addition to the line deviates from the reference surface.
3. Determination of the size of deviations of the Σ_g surface from the Σ_n surface in the off-line mean and minimizing the deviations in order to achieve the optimal approximation Σ_g to Σ_n .
4. Determination of surface curves generated Σ_g for use in the tooth contact analysis (TCA).
5. Determination of traffic features CNC-controlled axes provide the required movement of the tool relative to the workpiece - pinion.



Rys. 1. Położenie i orientacja powierzchni narzędzia Σ_n względem powierzchni wzorcowej Σ_p .
Fig. 1. Location and orientation of tool surface Σ_n and reference surface Σ_p .

Rys. 2. Powierzchnia narzędzia w kształcie stożka.
Fig. 2. Conical tool surface.



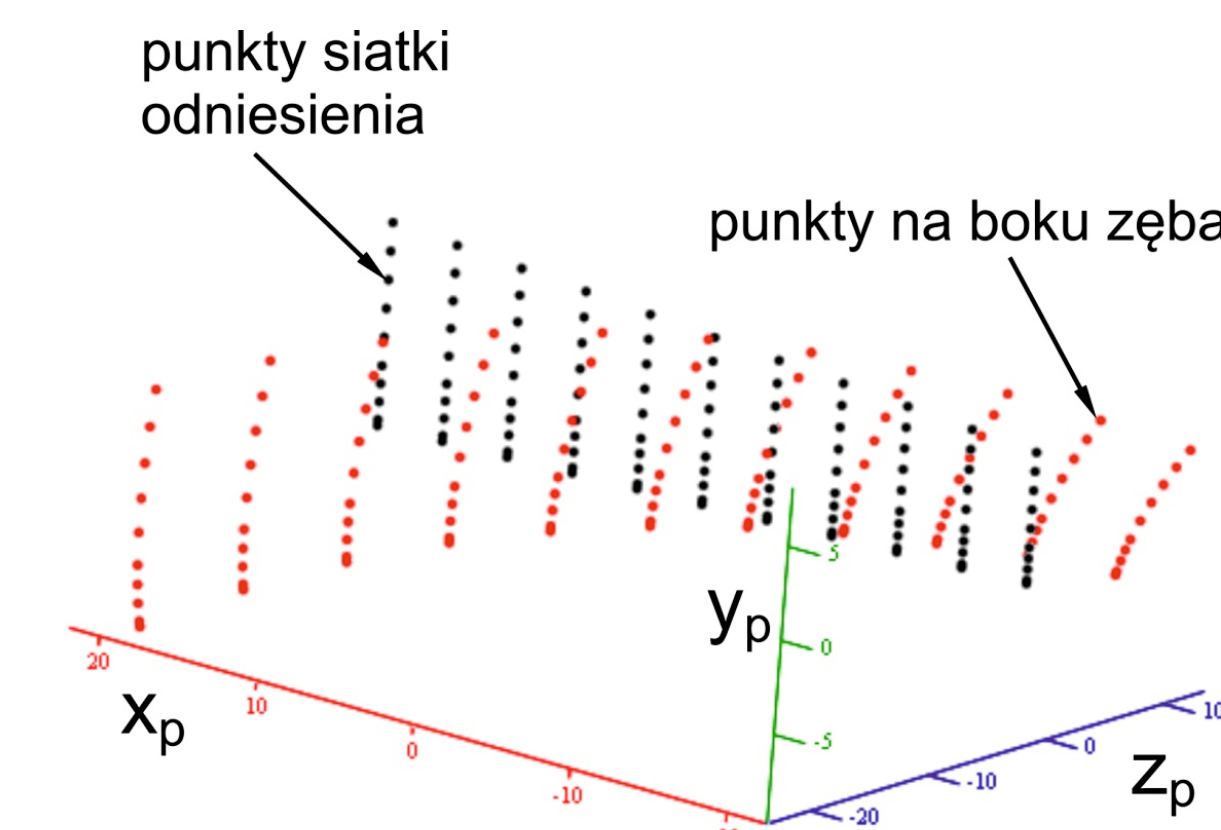
Rys. 3. Schemat blokowy procedury optymalizacji
Fig. 3. Block diagram of optimization procedure

Opracowanie metody topologicznej modyfikacji boku zęba zębniaka i wyznaczenia powierzchni wzorcowej zapewniającej pożądaną ślad przylegania i wykresu nierównomierności ruchu przekładni. Etap III

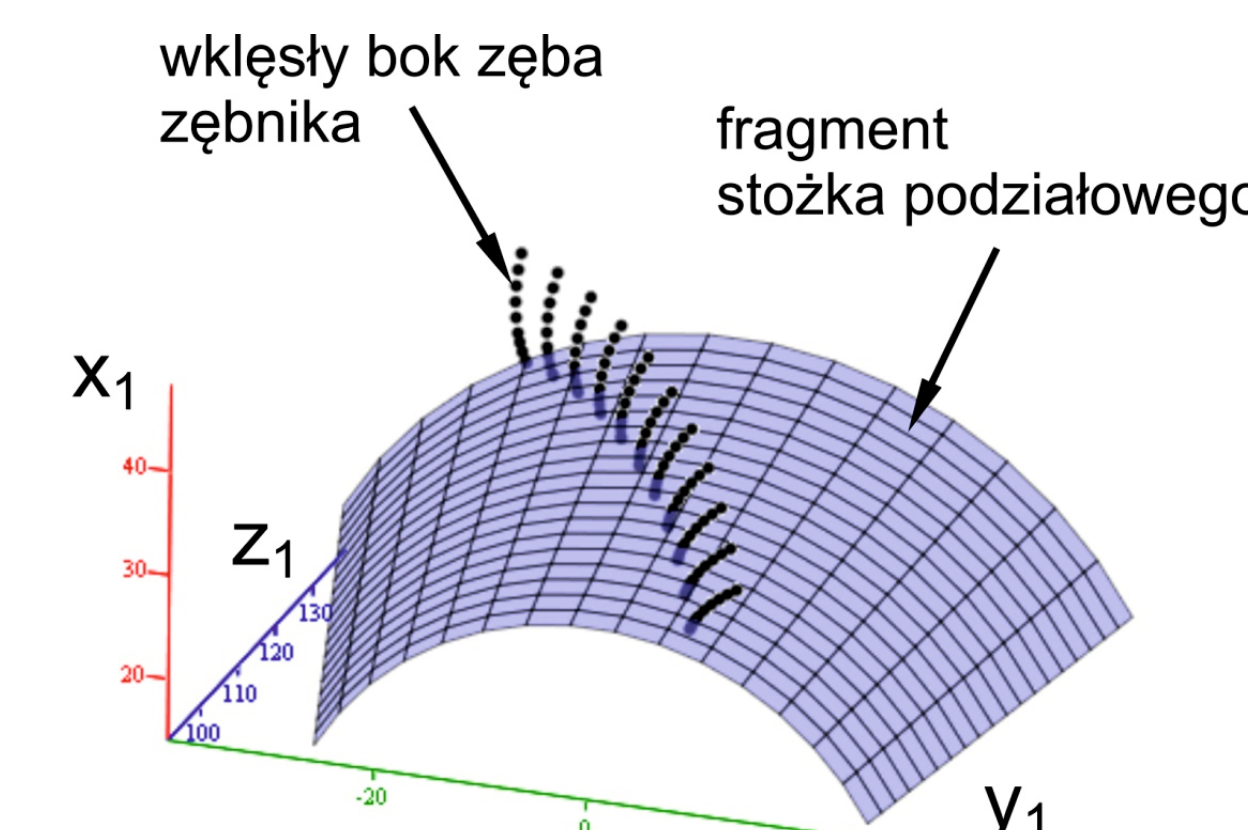
The development of topological method for modifying the flank of the pinion tooth surface and determining the reference surface that ensures the desired tooth bearing and motion graph. Stage III

Celem zadania było stworzenie narzędzia programowego, które umożliwi zadawanie modyfikacji dowolnego fragmentu powierzchni bocznej zęba zębniaka (modyfikacja topologiczna). Zestawienie zębniaka (po modyfikacji) i koła w parę konstrukcyjną oraz sprawdzenie sumarycznego śladu współpracy wraz z analizą wykresu ruchowego, pozwalają ocenić jakość ząbkowania i ustalić takie modyfikacje powierzchni bocznej zębniaka, które zagwarantują otrzymanie pożądanego wskaźników jakościowych współpracy ząbkowania.

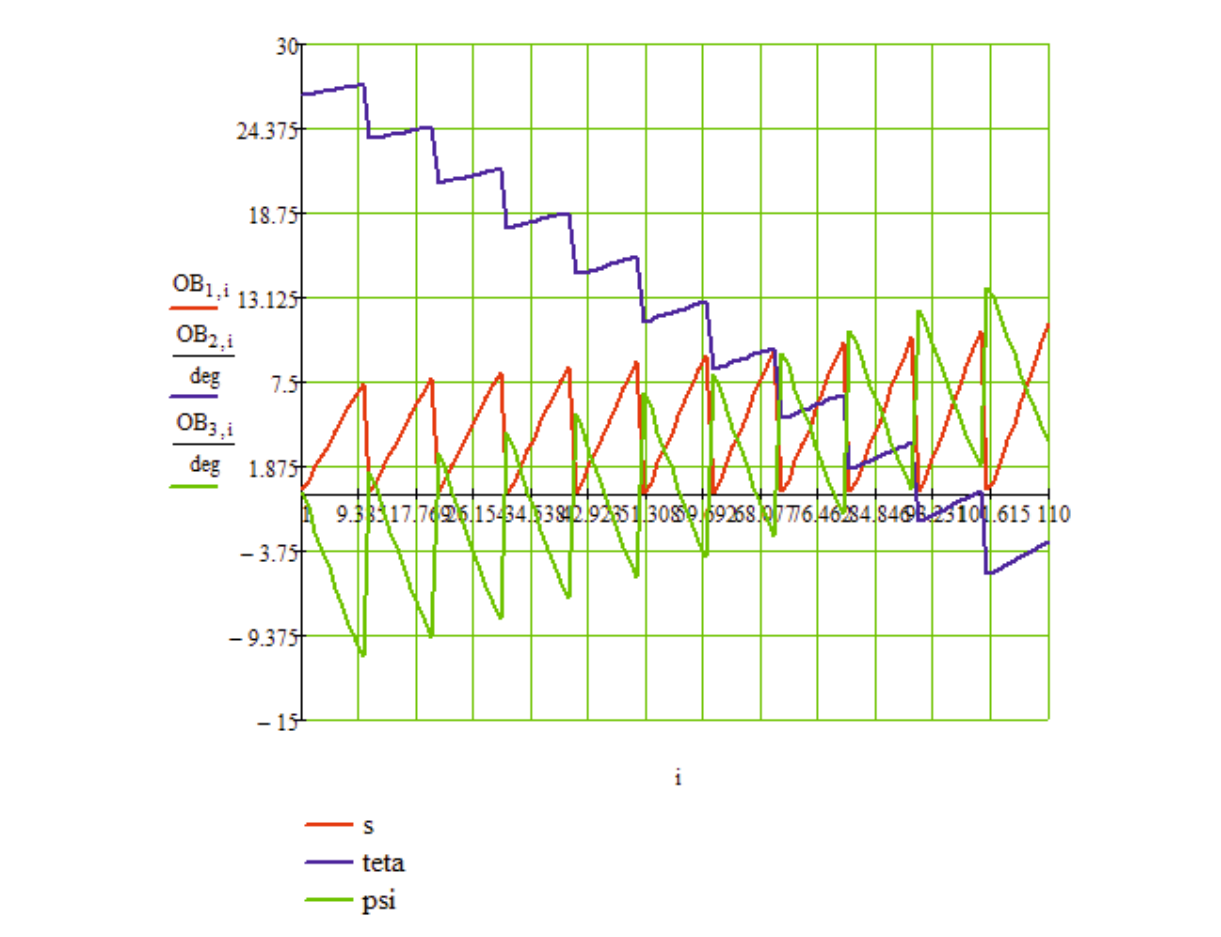
The purpose of the task was to create a software tool that enables modification of any part of the pinion tooth flank surface (topological modification). Statement of the pinion (after modification) and the gear as the constructional pair and verification of the summary tooth bearing with the analysis of the motion graph, will evaluate and determine the quality of mesh and determine the appropriate modifications of the tooth flank that will ensure receipt of the desired quality indicators of mesh.



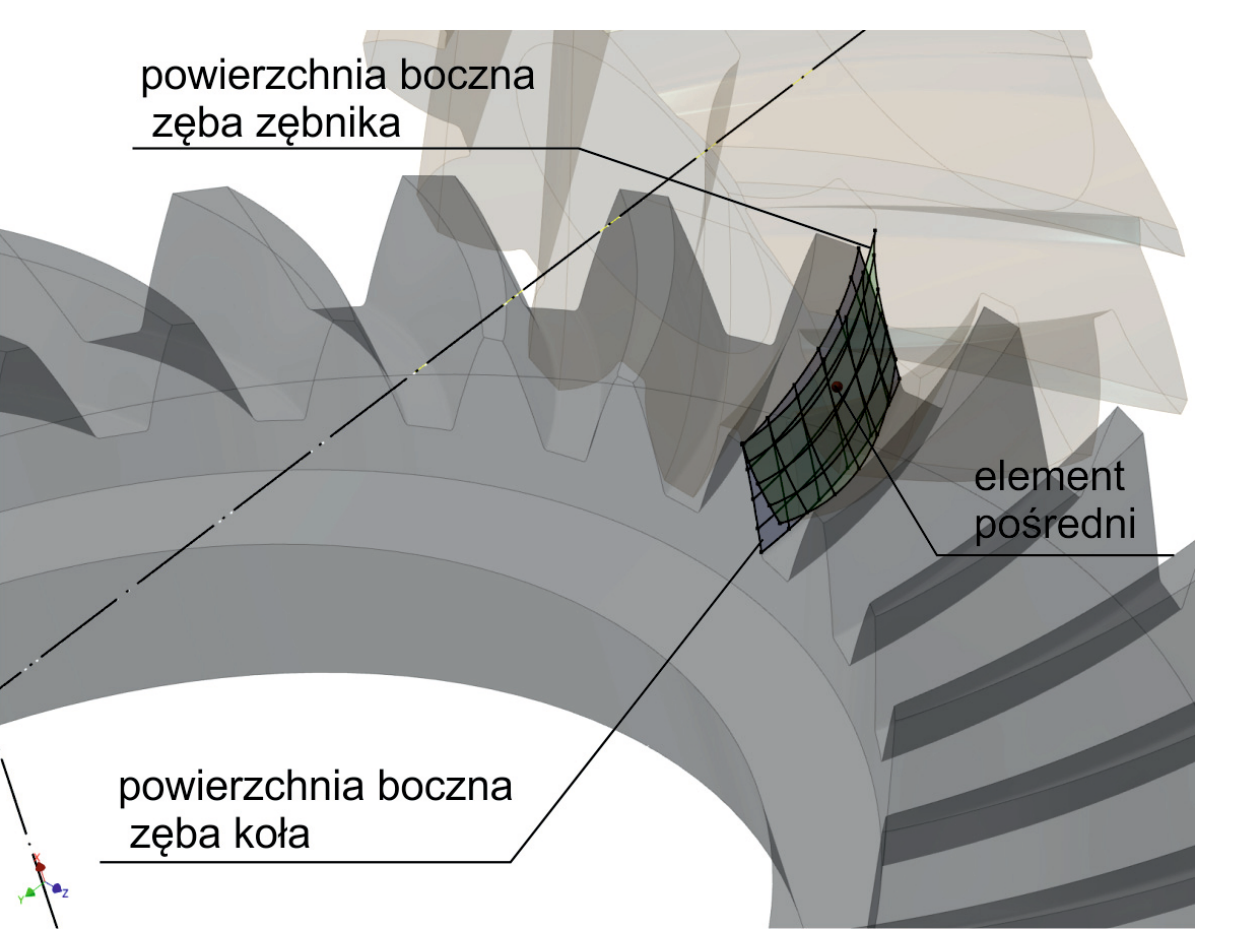
Rys. 4. Wygenerowana siatka punktów boku zęba zębniaka z rozwiązaniami układu równań nieliniowych dla wszystkich punktów.
Fig. 4. The generated grid points of the pinion tooth flank with the solution of nonlinear equations for all points.



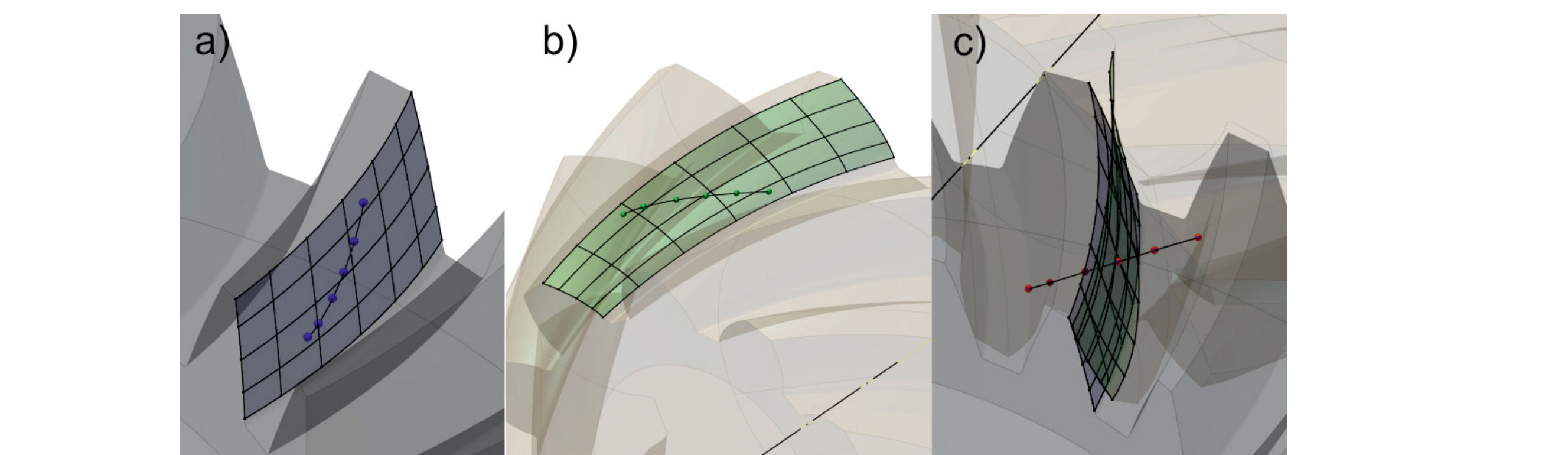
Rys. 5. Siatka punktów na tle stożka podziałowego.
Fig. 5. The grid points on the pitch cone.



Rys. 6. Wykres parametrów powierzchni bocznej zęba.
Fig. 6. The graph of the parameters of the pinion tooth flank surface.



Rys. 7. Analiza współpracy przekładni stożkowej z zastosowaniem elementu pośredniego.
Fig. 7. Mesh analysis with intermediate element.



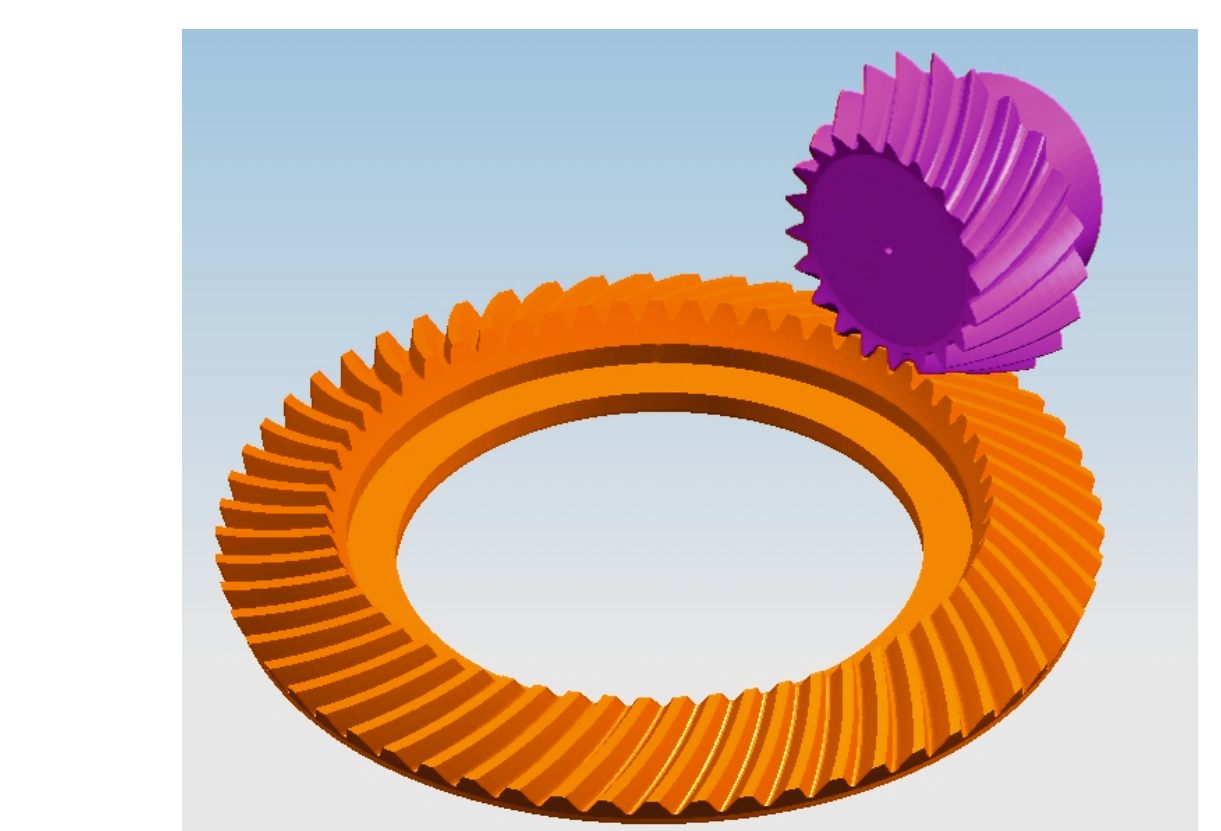
Rys. 8. Wyniki analizy współpracy przekładni stożkowej: a) linia ząbkowania na powierzchni bocznej koła, b) linia ząbkowania na powierzchni bocznej zębniaka, c) linia przyporu.
Fig. 8. The results of the mesh of the gear pair: a) mesh line on gear flank surface, b) mesh line on the pinion flank surface c) pressure line

Opracowanie procedury analizy śladu współpracy i nierównomierności ruchu przekładni obciążonej (LTCA) z wykorzystaniem MES oraz analiza stanu naprężeń.

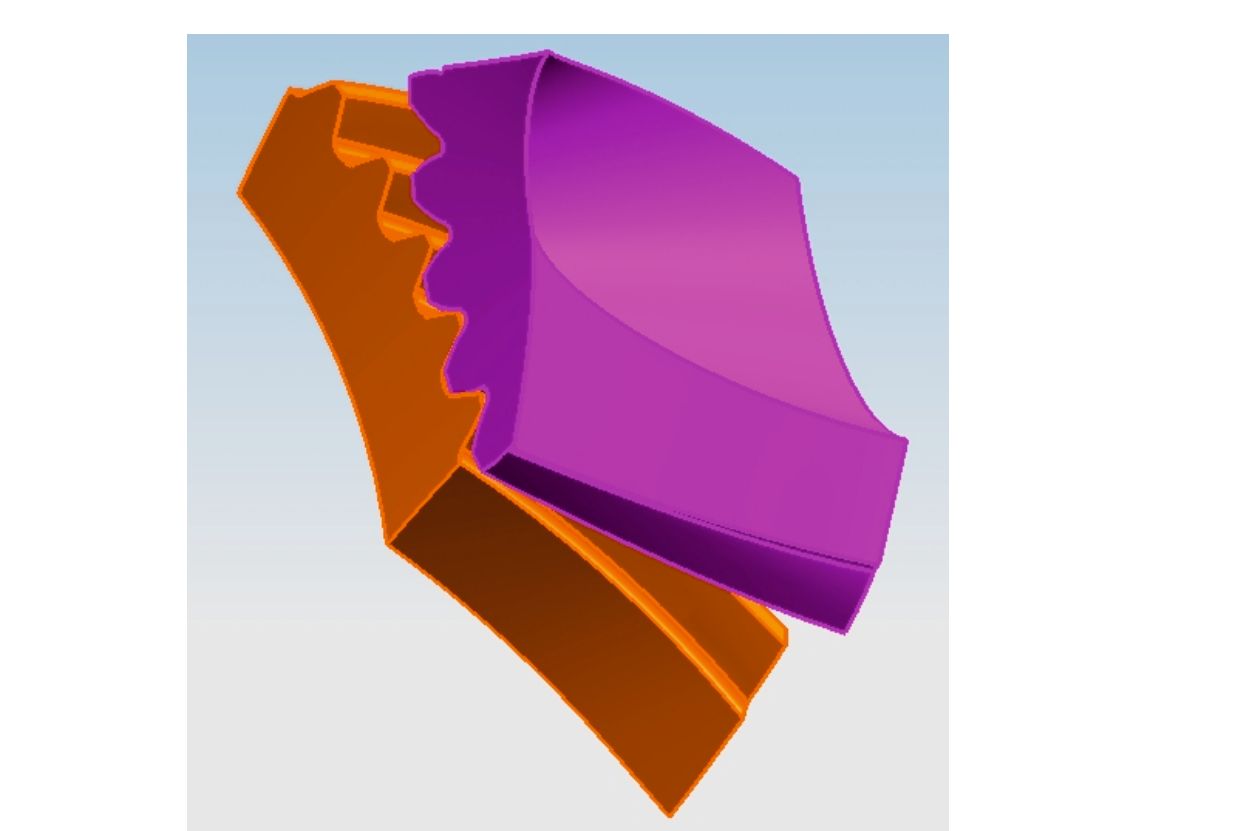
The development of procedures for tooth contact analysis and motion graph in loaded gear (LTCA) using FEM and analysis of stress.

Zadanie wykonano z użyciem brylowych modeli zębniaka i koła, które poddano analizie w programie Abaqus. Opracowana procedura umożliwia analizę współpracy kół przekładni pod obciążeniem i obejmuje poprawność przenoszenia ruchu oraz lokalizację śladu współpracy. Dzięki użyciu MES możliwa jest ocena rozkładu obciążeń na czynnej powierzchni zębów współpracujących kół.

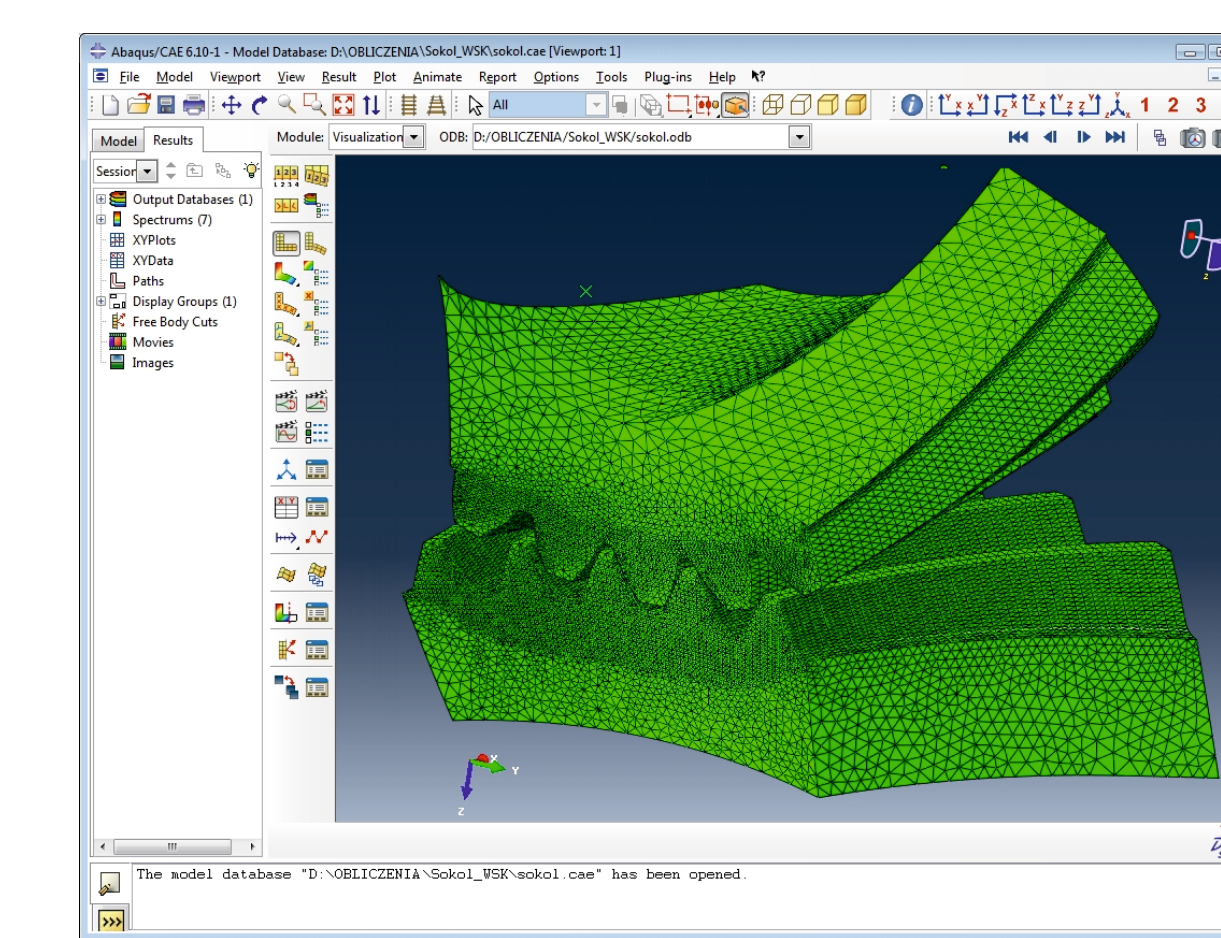
The task was performed using solid models of pinion and gear, which was analyzed in Abaqus. The developed procedure allows the analysis of mesh under load and includes the correct range of movement and location of the tooth bearing. By using FEM is possible to evaluate the load distribution on the surface of teeth.



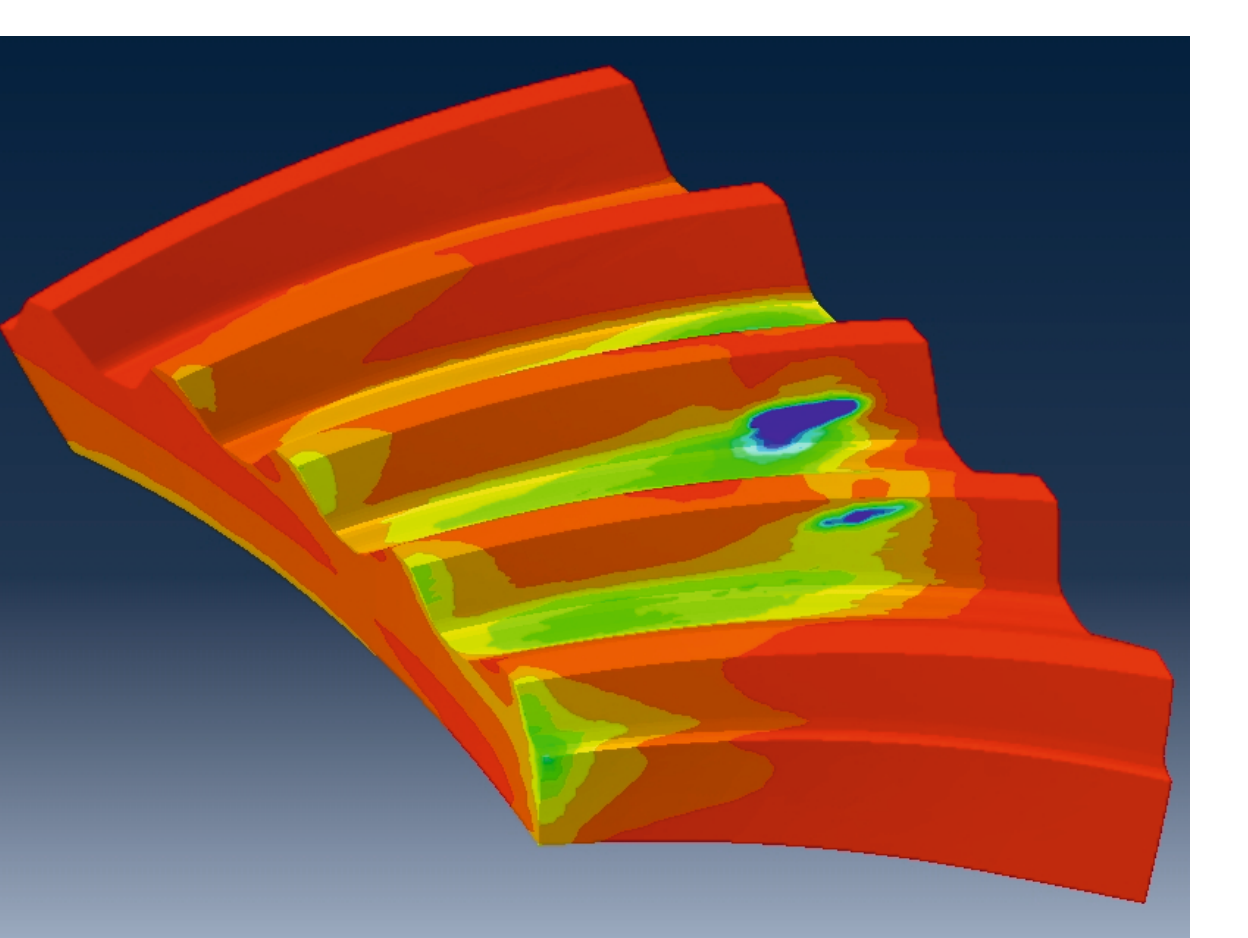
Rys. 9. Model brylowy przekładni stożkowej.
Fig. 9. Solid model of bevel gear.



Rys. 10. Modele wyeksportowane do programu Abaqus.
Fig. 10. Models of pinion and gear exported to Abaqus.



Rys. 11. Widok okna programu Abaqus z modelem obciążeniowym przekładni stożkowej.
Fig. 11. Screen of Abaqus with calculation model.



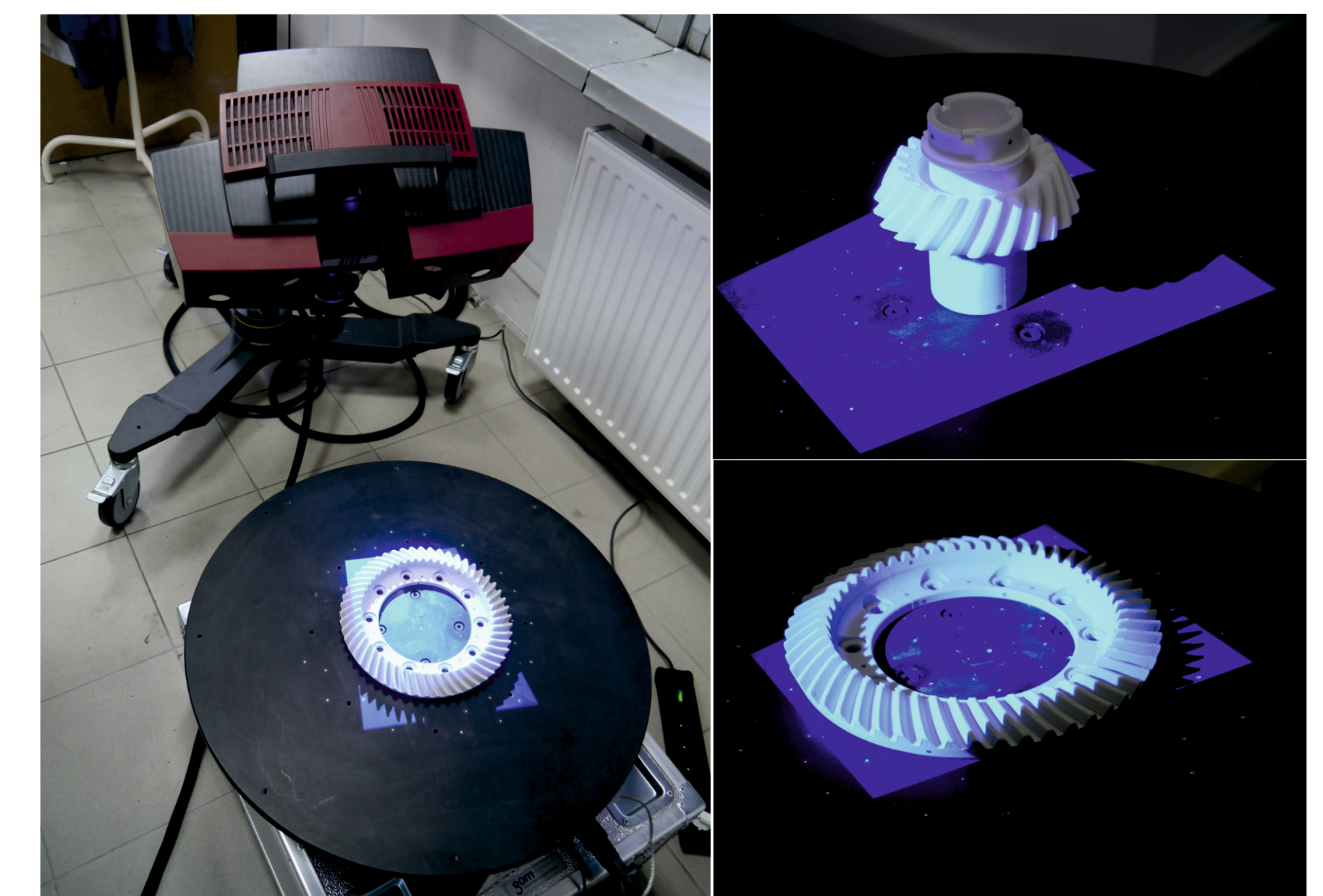
Rys. 12. Rozkład naprężeń w obszarze współpracy.
Fig. 12. Stress distribution in contact area.

Opracowanie strategii pomiarów uzębienia koła i zębniaka na optycznym skanerze o świetle niebieskim.

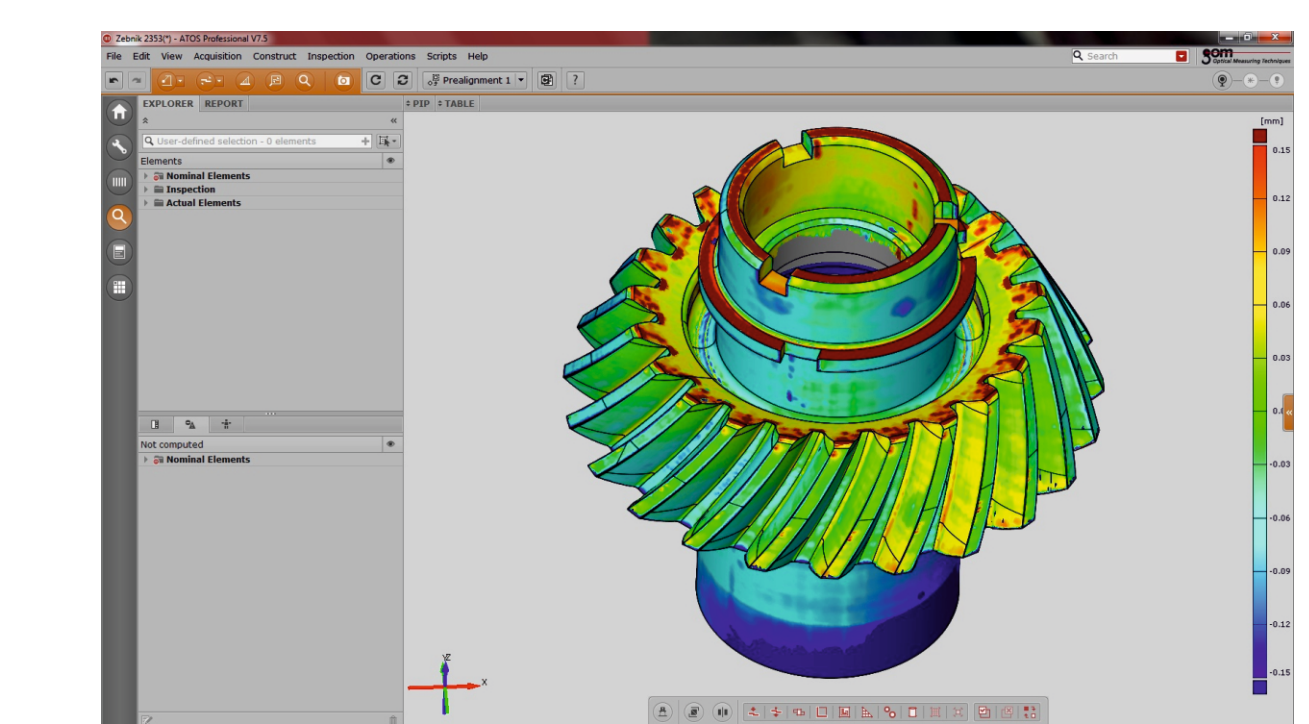
The development of methodology of pinion and gear measurement with optic 3D scanner using.

Opracowano strategię pomiarów uzębienia koła i zębniaka na optycznym skanerze ATOS o świetle niebieskim, która w oparciu o pozyskaną geometrię powierzchniową umożliwia szybką weryfikację błędów wykonania w odniesieniu do wzorcowego modelu CAD. Pomiar prowadzony z zastosowaniem urządzenia wykorzystującego światło niebieskie cechują się krótszym czasem pomiaru oraz możliwością jego prowadzenia w warunkach światła dziennego. Umożliwia to włączenie skanera w cykl produkcyjny, eliminując tym samym konieczność posiadania oddzielnych pomieszczeń o warunkach zapewniających możliwość pomiaru, jak w przypadku stosowania skanerów o świetle białym.

The strategy for measuring gear and pinion teeth on the optical scanner ATOS with blue light is based on the findings obtained geometry of the surface allows quick verification of runtime errors with respect to a standard CAD model. Measurements carried out with a device that uses blue light are characterized by a shorter measurement time and the possibility of running in daylight. This allows the inclusion of the scanner in the production cycle, thus eliminating the need to have separate rooms for conditions that ensure the ability to measure, as in the case of white light scanners.



Rys. 13. Pomiar koła i zębniaka skanerem ATOS z zastosowaniem światła niebieskiego.
Fig. 13. Measurement of gear using ATOS scanner with blue light



Rys. 14. Globalna powierzchniowa analiza odchyłek zębniaka.
Fig. 14. Global analysis of surface defects of pinion



Rys. 15. Analiza odchyłek zarysu zębniaka.
Fig. 15. Analysis of the displacement of pinion tooth profile

Wnioski Conclusions

Przedstawione wyniki obrazują jeden z ostatnich etapów działań, zmierzających do stworzenia spójnego systemu wspomagania projektowania konstrukcji i technologii lotniczych przekładni stożkowych, wraz z wszechstronną analizą członów przekładni na etapie projektowania. Aktualny stan zaawansowania prac pozwala na zadawanie modyfikacji dowolnego fragmentu powierzchni czynnej boku zęba oraz osiągnięcie założonej jakości współpracy w modelu ząbkowania, utworzonym w systemie CAD.

These results illustrate one of the last stages of the effort to create a system-aided design technology in aircraft bevel gear, along with a comprehensive analysis of the gear units at the design stage. Current state of work allows you to dictate to modify any part of the active surface of the tooth flank and achieving quality of mesh in the model, created with a CAD system using.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Publikacje

1. Marciniak A., Sobolewski B.: *Zastosowanie systemu Autodesk Inventor do symulacji współpracy przekładni stożkowych Gleasona*. *Mechanik nr 1/2012*, str. 76-77
2. Pisula J., Plocica M.: *Analiza współpracy pary stożkowej na podstawie matematycznego modelu obróbki oraz bezpośredniej symulacji nacinania w programie Inventor*. *Mechanik nr 1/2012*, str. 78-79
3. Budzik G., Dziubek T., Cieplak M., Bernaczek J., Magniszewski M., Tutak M.: *Analiza wybranych bezdotykowych metod pomiarowych wspomaganych komputerowo*. *STAL - Metale & Nowe Technologie*, nr 3-4/2012, str. 42-44
4. Budzik G., Cieplak M., Bernaczek J., Magniszewski M.: *Przygotowywanie danych do procesów szybkiego prototypowania CAD/FP*. *STAL - Metale & Nowe Technologie*, nr 3-4/2012, str. 57-59

Prace mgr, dr, hab.

Prace magisterskie obronione:

1. Olechowski Piotr: *Projektowanie funkcjonalne w systemie Inventor 2008 na przykładzie przekładni stożkowo-walcowej*. Promotor: dr hab. inż. Adam Marciniak. Praca obroniona 22 grudnia 2011 r. na WBMIL PRZ
2. Dudek Paweł: *Program symulacji generowania uzębienia w przekładni technologicznej do obróbki kół stożkowych metodami SGT i SFT firmy Gleason*. Promotor: dr inż. Jadwiga Pisula, praca obroniona 08.01.2012 r. na WBMIL PRZ
3. Bieńkowski Marcin: *Analiza ruchu i śladu współpracy przekładni stożkowej generowanej metodą Spread Blade Fixed Setting firmy Gleason*. Promotor: dr inż. Jadwiga Pisula, praca obroniona 08.01.2012 r. na WBMIL PRZ.

Prace inżynierskie w realizacji

- Gmyrek Łukasz: *Projekt rekonstrukcji stożkowo-walcowej przekładni głównej samochodu ciężarowego Ursus A*. Promotor: dr inż. Mieczysław Plocica, planowany termin obrony: czerwiec 2012

Prace magisterskie w realizacji

- Dziuk Marcin: *Model matematyczny i CAD uzębienia kół stożkowych wykonanych metodą Duplex Helical*. Promotor: dr inż. Jadwiga Pisula, planowany termin obrony: czerwiec 2012

Prace doktorskie

Tytuł: *Analiza współrzędnościowych systemów pomiarowych kół zębatych*.

Autor: Tomasz Dziubek
Promotor: dr hab. inż. Grzegorz Budzik, prof. PRZ
Status: *praca po obronie (06.06.2012 r.)*

Tytuł: *Modelowanie i analiza ząbkowania przekładni stożkowych w środowisku CAD*.

Autor: Bartłomiej Sobolewski
Promotor: dr hab. inż. Adam Marciniak, prof. PRZ
Status: *przewód doktorski otwarty 11.01.2012 r.*