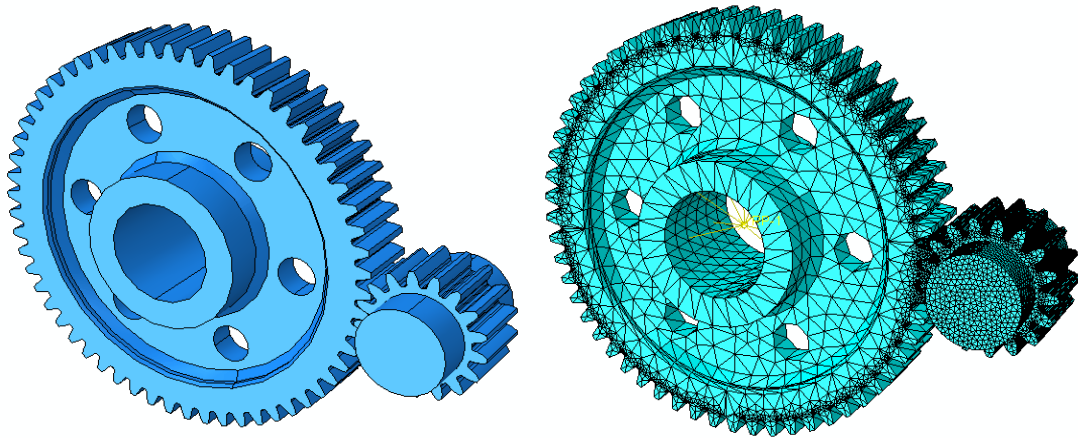
	<b>POLITECHNIKA LUBELSKA</b> <b>WYDZIAŁ MECHANICZNY</b> <b>KATEDRA PODSTAW KON-</b> <b>STRUKCJI MASZYN</b>	<b>Laboratorium CAD/MES</b> <b>ĆWICZENIE Nr 13/14</b>
Przedmiot: <b>Modelowanie właściwości materiałów</b>		Opracował: dr inż. Hubert Dębski

- I. Temat ćwiczenia: **Obliczenia współpracy kół zębatach**
- II. Cel ćwiczenia: Przeprowadzenie analizy wytrzymałościowej współpracy kół zębatach z wykorzystaniem zaimportowanej geometrii CAD
- III. Literatura:
1. Bąk R., Burczyński T. – *“Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowe go”*. WNT, Warszawa 2001.
  2. Dobrzański L. A.: *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego*. WNT, Warszawa 2002.
  3. Dokumentacja HTML programu ABAQUS.
  4. Dyląg Zd., Jakubowicz A., Orłoś Z.; *Wytrzymałość materiałów*. WNT, Warszawa 2003.
  5. Niezgoda T. – *„Analizy numeryczne wybranych zagadnień mechaniki”*. WAT, Warszawa 2007.
  6. Osiński J.: *Obliczenia wytrzymałościowe elementów maszyn z zastosowaniem metody elementów skończonych*, Oficyna Wydawnicza PW., Warszawa 1997.
  7. Rakowski G., Kacprzyk Z.: *Metoda Elementów Skończonych w mechanice konstrukcji*, Oficyna Wydawnicza PW., Warszawa 2005.
  8. Rusiński E., Czmochoński J., Smolnicki T.: *Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- IV. Przebieg ćwiczenia:
1. Przygotowanie modelu numerycznego

Przedmiot obliczeń stanowi model układu zębnik-koło zębatach wykonany w programie Catia V5 i zapisany w formacie *\*.STP*. Należy zaimportować model tłoka używając polecenia *File/Import/Part* z rozszerzeniem *\*.STP*.

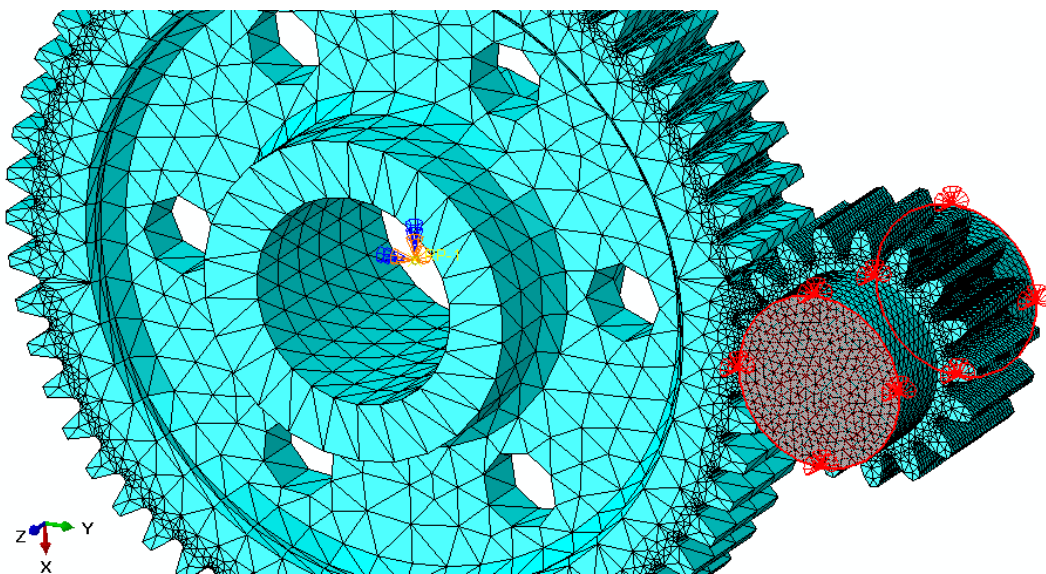


Rys.1 Model geometryczny i numeryczny

Charakterystyka modelu dyskretnego:

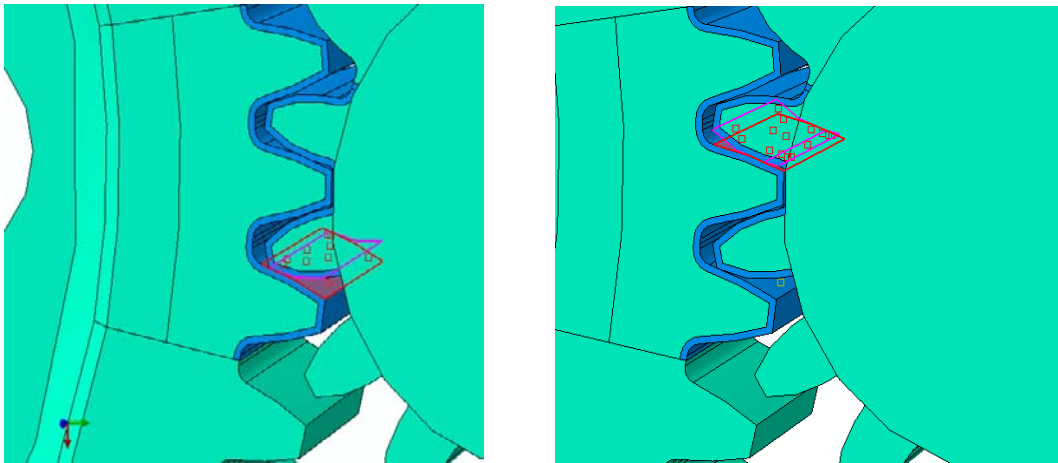
- **właściwości materiałowe:** należy przyjąć charakterystykę materiału sprężysto-plastycznego o następujących właściwościach: moduł Younga  $E = 210\,000\text{ MPa}$ , liczba Poissona  $\nu = 0.3$  (stal C45), granica plastyczności  $R_e = 445\text{ MPa}$ , granica wytrzymałości  $R_m = 700\text{ MPa}$ , wydłużenie przy zerwaniu  $A = 16\%$  (przyjąć charakterystykę bilinearną),

- **warunki brzegowe:** utwierdzenie czołowych powierzchni zębniaka poprzez zablokowanie tym węzłom 3 translacyjnych stopni swobody, koło duże zostało utwierdzone w punkcie referencyjnym RP1 poprzez odebranie 3 translacyjnych i 2 rotacyjnych stopni swobody w tym punkcie. Pozostawia się jedynie możliwość obrotu koła Z2 względem jego osi – oś Z globalnego układu współrzędnych modelu numerycznego.



Rys.2 Warunki brzegowe modelu numerycznego

- **interakcje:** należy zdefiniować interakcje typu *Coupling* umożliwiające sztywne połączenie wszystkich kinematycznych stopni swobody punktu RP-1 z wewnętrzną powierzchnią otworu w piaście koła Z2; drugim rodzajem interakcji jest definicja zagadnienia kontaktowego na powierzchniach współpracujących zębów zębownika i koła Z2 o właściwościach kontaktu sztywnego na oddziaływania normalne (*hard contact*) oraz oddziaływań stycznych z tarcieniem o wartości współczynnika  $\mu = 0.1$  – rys.3,



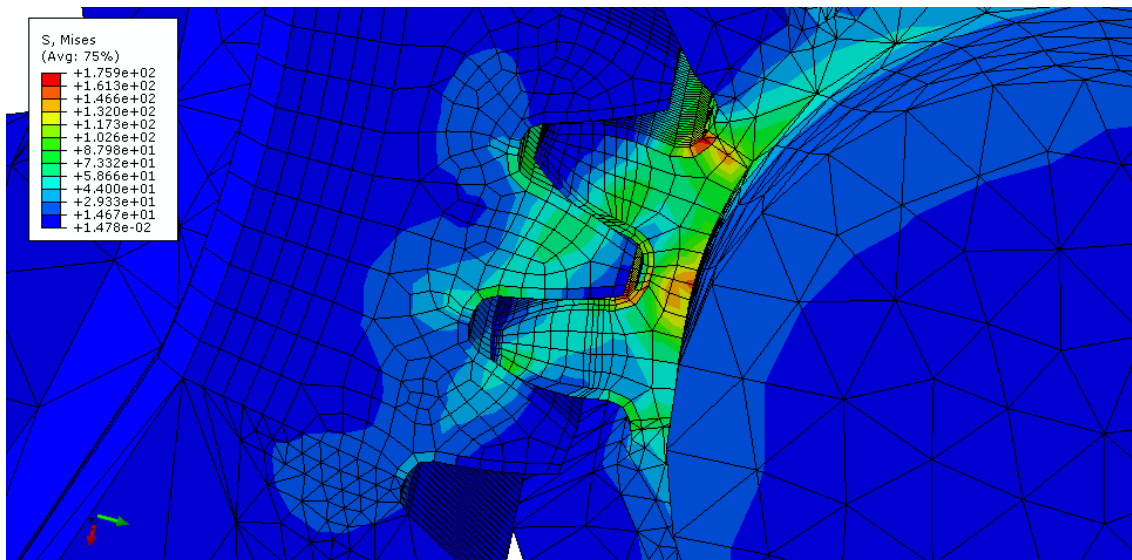
Rys.3 Interakcje kontaktowe pomiędzy współpracującymi zębami zębownika i koła Z2

- **obciążenie modelu:** moment o wartości  $M_s = 120\ 000\ \text{Nm}$  przyłożony do punktu referencyjnego RP-1 i przeniesiony na wewnętrzną powierzchnię piasty koła zębatego Z2,

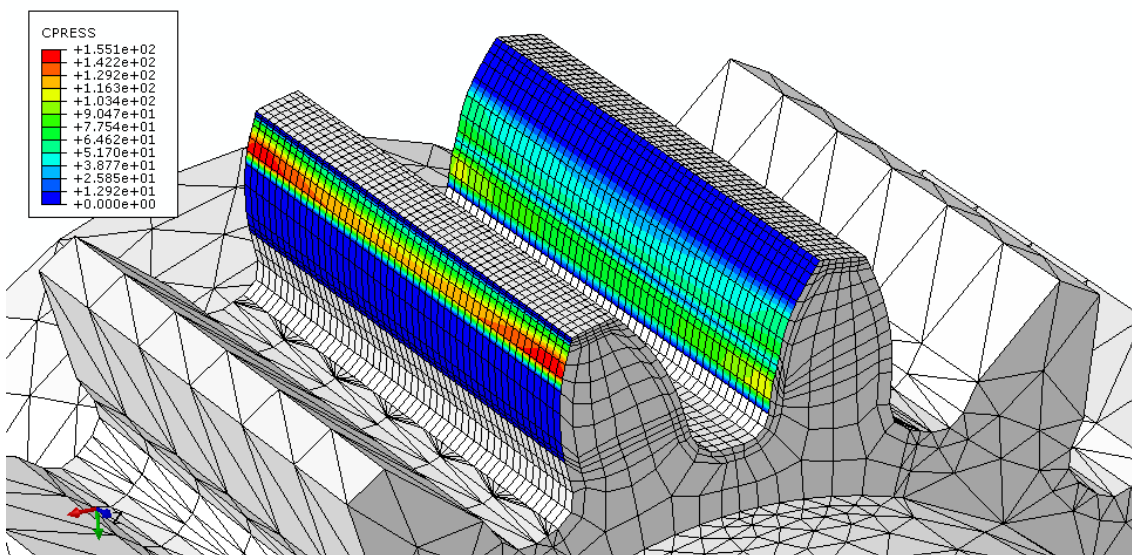
- **siatka MES:** do dyskretyzacji modelu należy zastosować siatkę elementów skończonych typu tetragonalnego z liniową funkcją kształtu o oznaczeniu C3D4; ogólną gęstość siatki przyjąć 10 mm, natomiast w obszarze współpracy zębów należy dokonać lokalnego zagęszczenia siatki przyjmując charakterystyczny wymiar elementu skończonego 2 mm (w tym celu należy dokonać operacji partycjonowania geometrii),

- **typ analizy:** należy zdefiniować analizę statyczną z wykorzystaniem zagadnienia nieliniowego geometrycznie, przyjmując inicjującą wartość incrementu obliczeniowego 0.1.

- **edycja i interpretacja wyników:** w module Visualisation należy wyedytować mapę naprężenia zredukowanego wyznaczonego wg hipotezy wytrzymałościowej Hubera- Misesa, mapę przemieszczeń węzłowych na tle odkształconego modelu oraz rozkład nacisków kontaktowych na powierzchniach kontaktu pomiędzy poszczególnymi elementami modelu. Przeprowadzić ocenę stopnia wyęczenia materiału i dyskusję nt otrzymanych wyników, przy założeniu granicy plastyczności materiału  $R_e = 445\ \text{MPa}$  oraz granicy wytrzymałości  $R_m = 700\ \text{MPa}$ .



Rys.4 Edycja wyników obliczeń – rozkład naprężenia zredukowanego



Rys.5 Edycja wyników obliczeń – rozkład nacisków kontaktowych