

Metoda Elementów Skończonych

Projekt

Prowadzący:

Dr hab. T. Stręk, prof. PP

Autorzy:



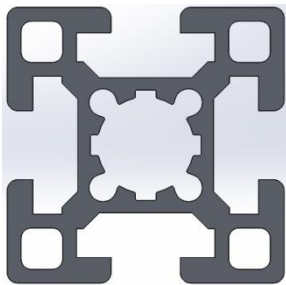
Analiza porównawcza naprężeń i odkształceń w profilu aluminiowym o przekroju złożonym oraz profilu stalowym o przekroju kwadratowym.

1. Cel analizy:

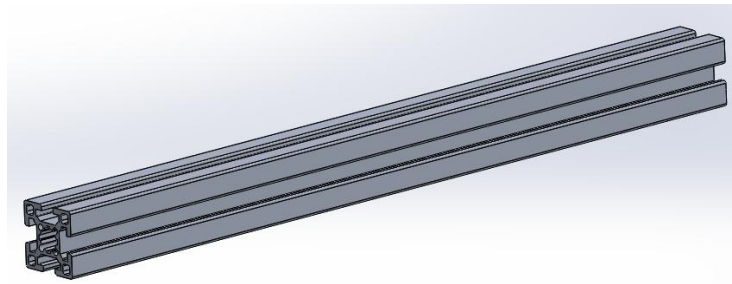
Celem badania jest przeprowadzenie porównania odkształceń oraz naprężeń występujących w profilach aluminiowych oraz stalowych, które są powszechnie stosowane przy tworzeniu maszyn i urządzeń, pod działaniem siły o wartości $F = 10000\text{N/m}^2$ przyłożonej do jednego końca belki. Drugi koniec belki jest sztywno zamocowany.

2. Opis modeli:

- Profil aluminiowy o przekroju złożonym i wymiarach zewnętrznych 40x40 mm. Długość belki $L = 500$ mm. Masa ok. 1kg.

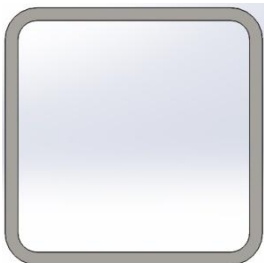


Rys. 1 Przekrój poprzeczny.

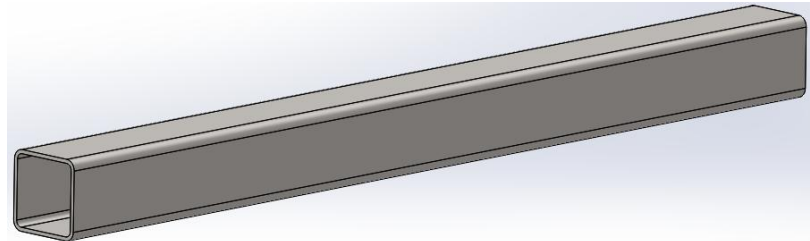


Rys. 2 Profil zamodelowany w programie Solidworks.

- Profil stalowy o przekroju kwadratowym i wymiarach zewnętrznych 40x40mm i grubości ścianki 2mm. Długość belki $L = 500$ mm. Masa ok. 1kg.



Rys. 3 Przekrój poprzeczny.



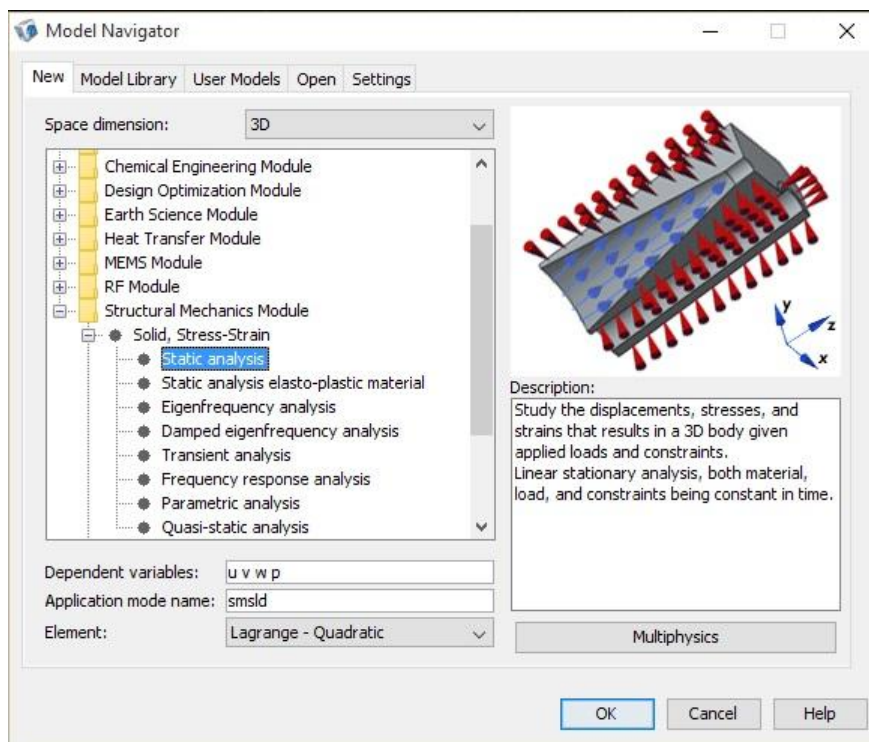
Rys. 4 Profil zamodelowany w programie Solidworks.

Do analizy naprężeń wykorzystujemy równanie **Lagrange'a II rodzaju**, które ma postać:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \nabla * c \nabla u = F$$

Gdzie: F – wartość siły , ρ – gęstość materiału.

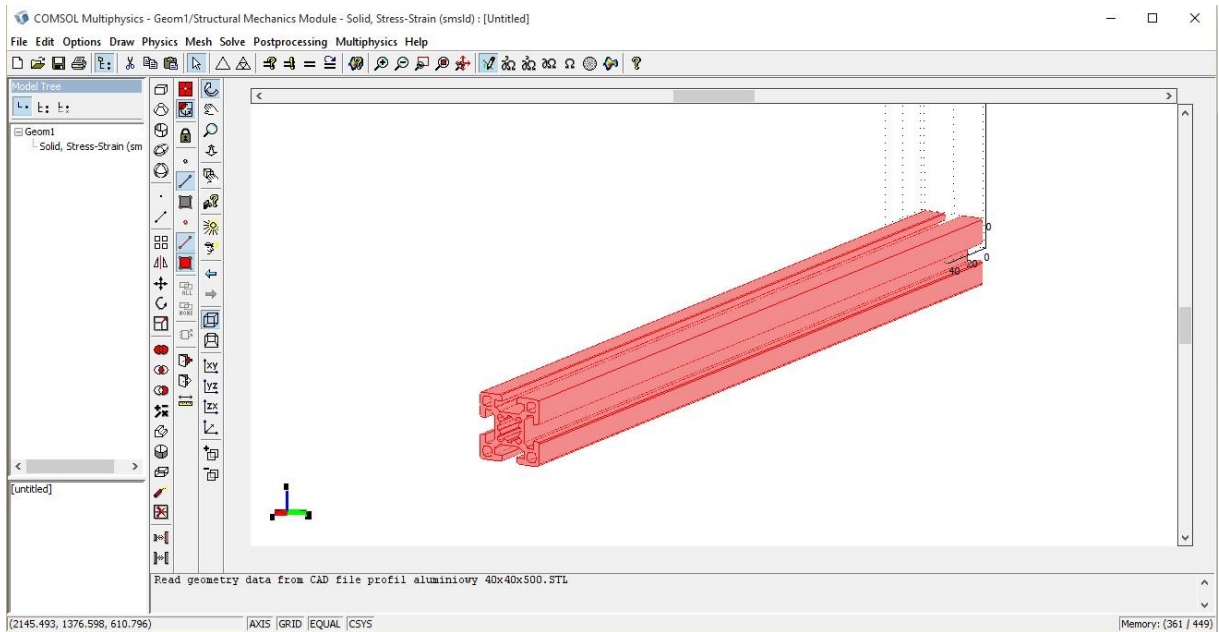
Wyżej opisane badania przeprowadzimy korzystając z programu **COMSOL Multiphysics**. Moduł z jakiego będziemy korzystać to **Structural Mechanics Module – Solid, Stress Strain – Static analysis**.



Rys. 5 Wybór modułu.

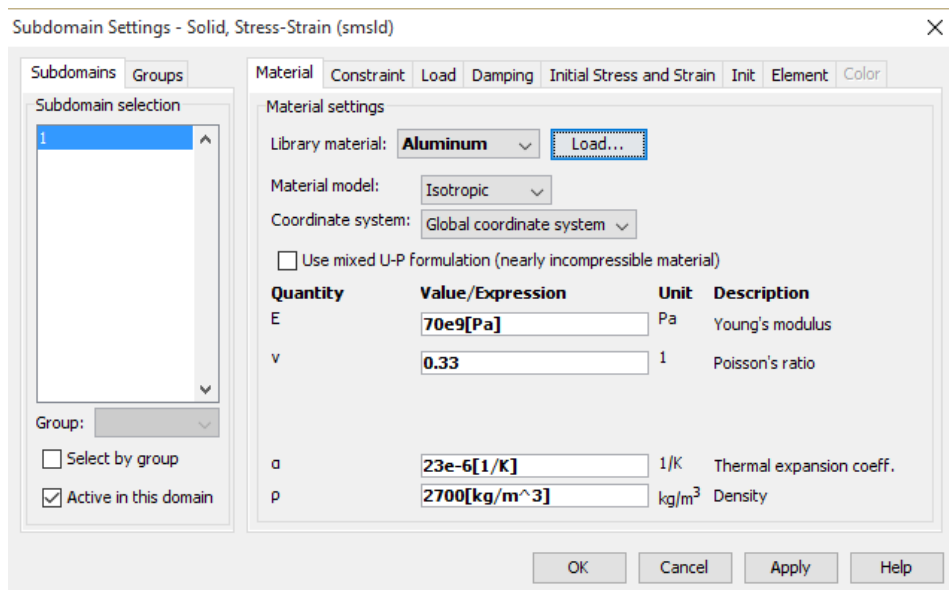
3. Przebieg badań:

Pierwszym czynnością jaką należy wykonać jest zaimportowanie modelu do programu COMSOL.



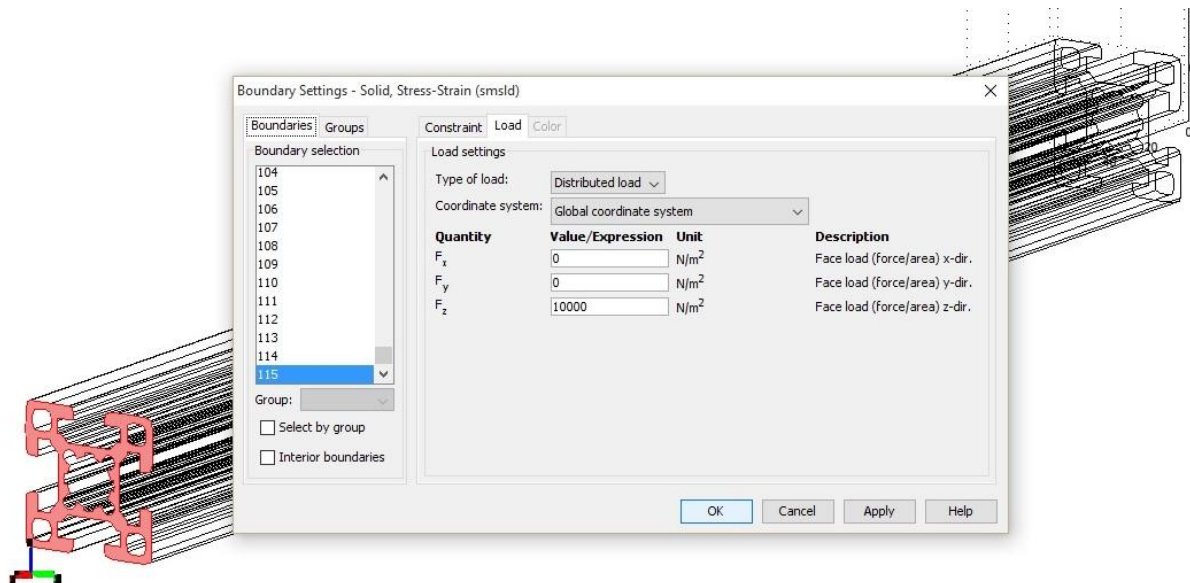
Rys. 6 Zaimportowany model profilu aluminiowego w formacie .STL.

Następnie należy określić parametry materiału. W tym przypadku została wykorzystana biblioteka materiałowa, która automatycznie wprowadziła wszystkie niezbędne dane.

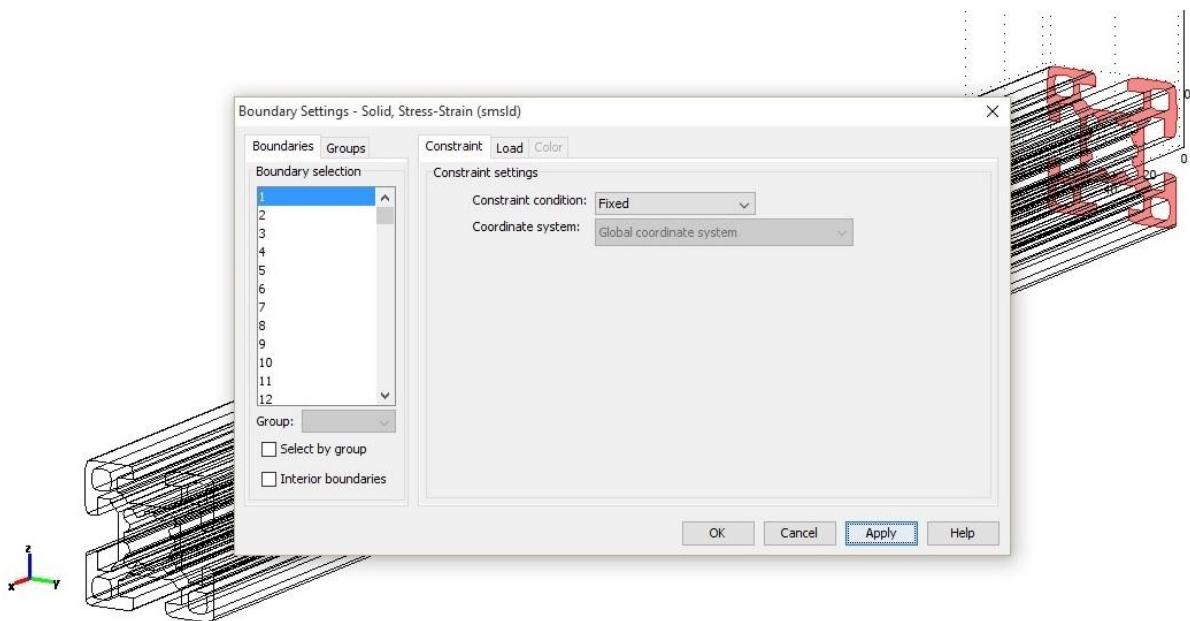


Rys. 7 Określenie podstawowych parametrów – wybór materiału.

Po wprowadzeniu wszystkich danych należy nanieść na badaną belkę miejsce przyłożenia siły oraz miejsce jej zamocowania.

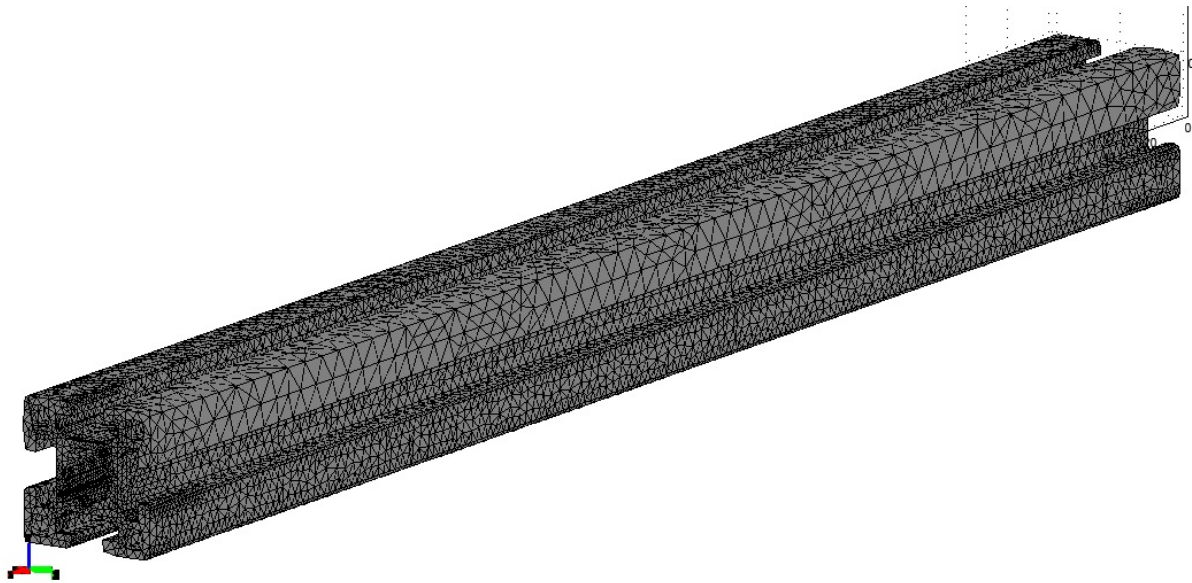


Rys. 8 Miejsce przyłożenia siły, jej wartość oraz kierunek działania.



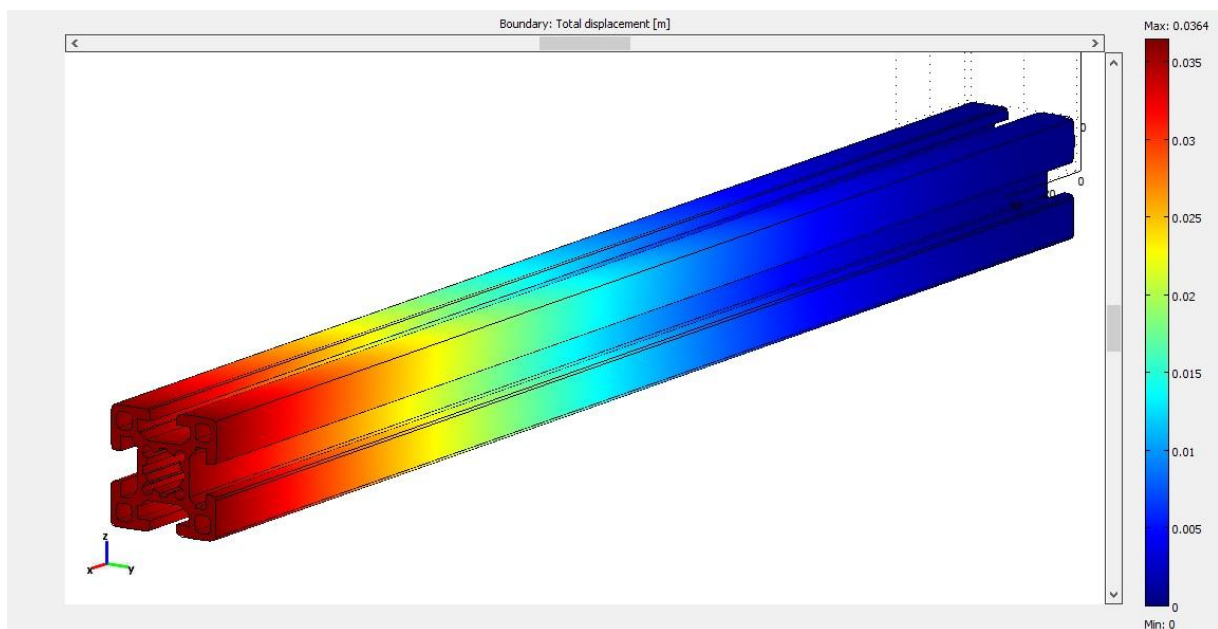
Rys. 9 Miejsce zamocowania profilu.

Następnie na modelu została wygenerowana siatka składająca się z 149094 elementów.

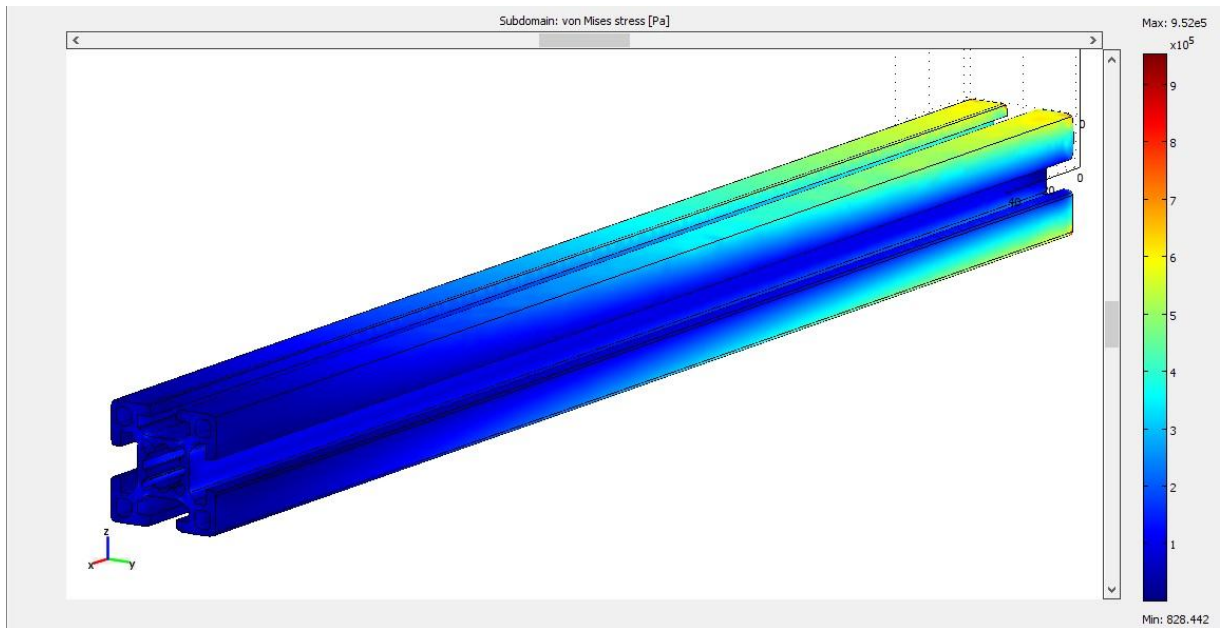


Rys. 10 Model z naniesioną siatką elementów skończonych.

Po wygenerowaniu rozwiązania otrzymujemy wyniki w postaci graficznej oznaczone kolorami odpowiadającymi określonej wartości na skali z prawej strony okna. W naszym przypadku interesują nas odkształcenia oraz naprężenia wewnątrz badanego obiektu.

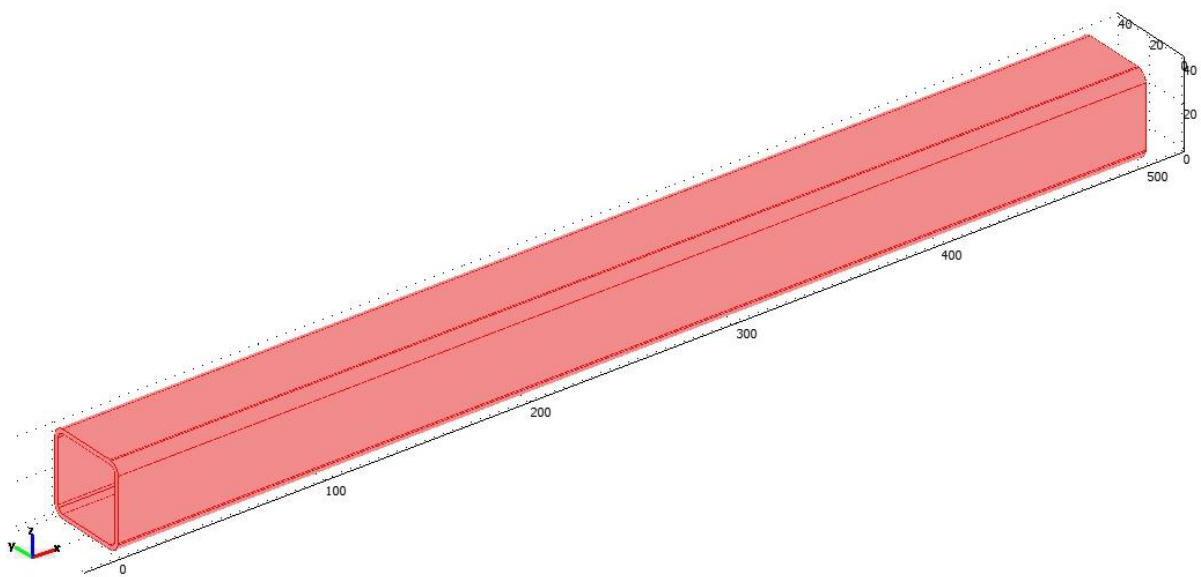


Rys. 11 Model przedstawiający zmianę wartości odkształcenia.

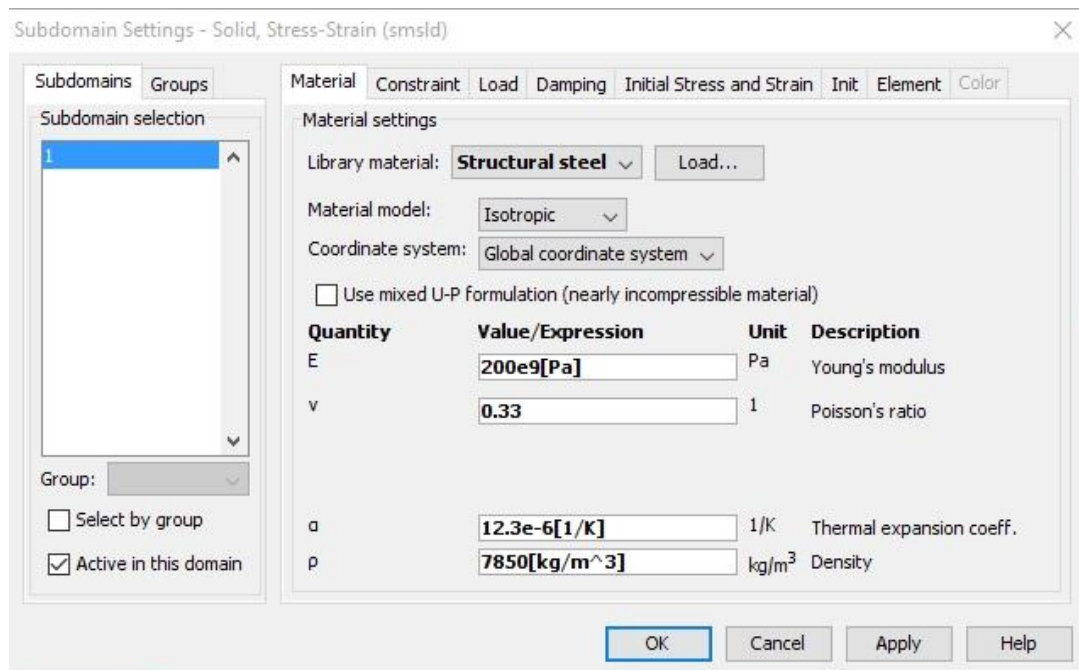


Rys. 12 Model przedstawiający zmianę wartości naprężeń wewnętrznych.

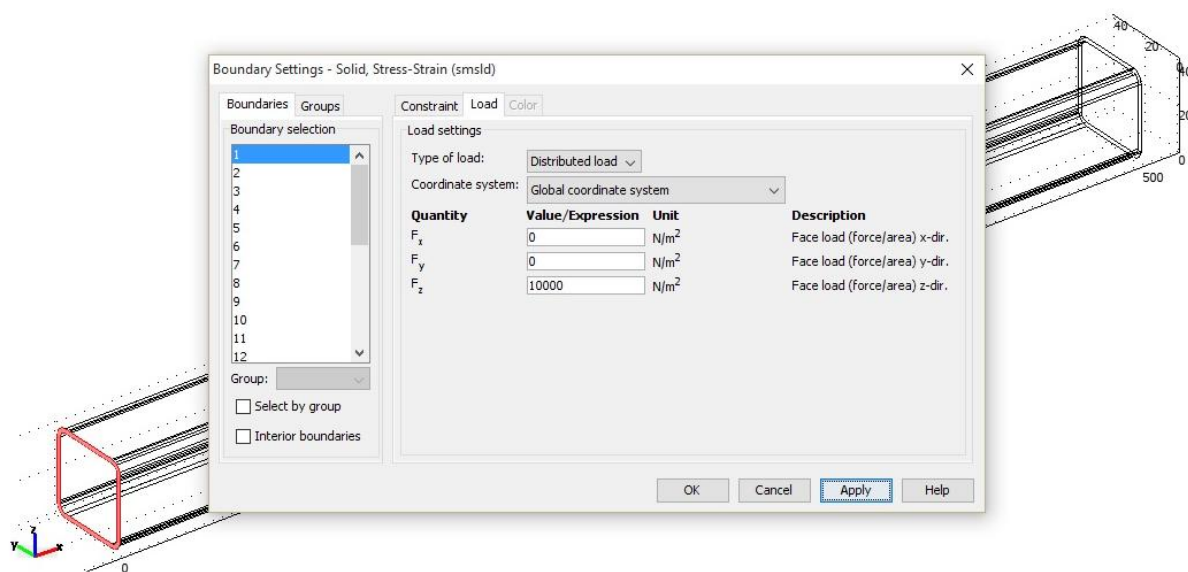
Postępując analogicznie należy wykonać powyższe czynności dla profilu stalowego.



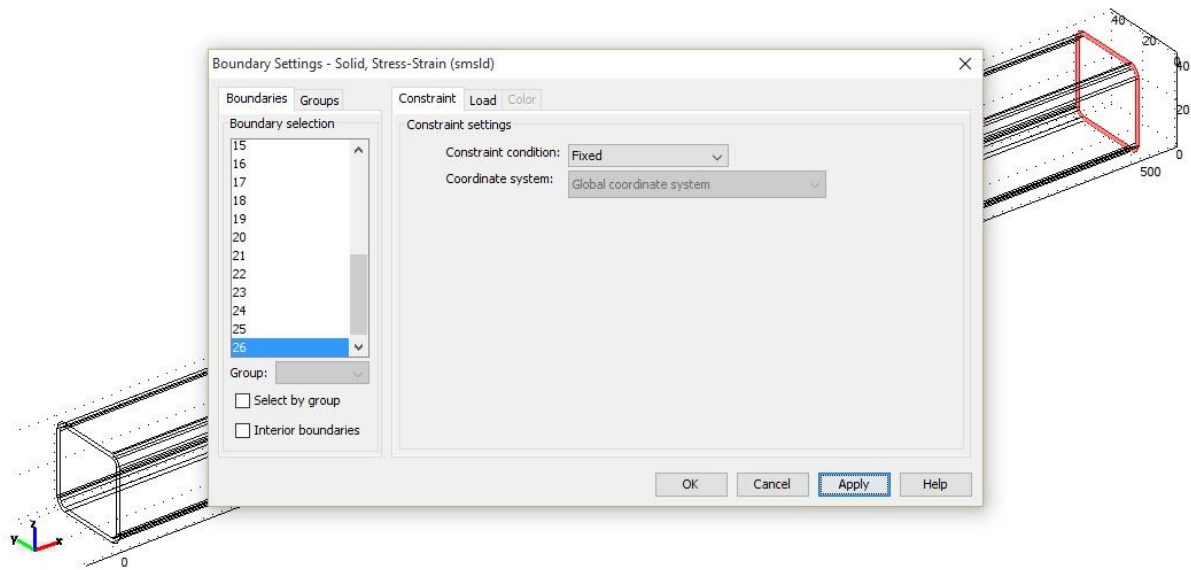
Rys. 13 Zaimportowany model profilu stalowego w formacie .STL.



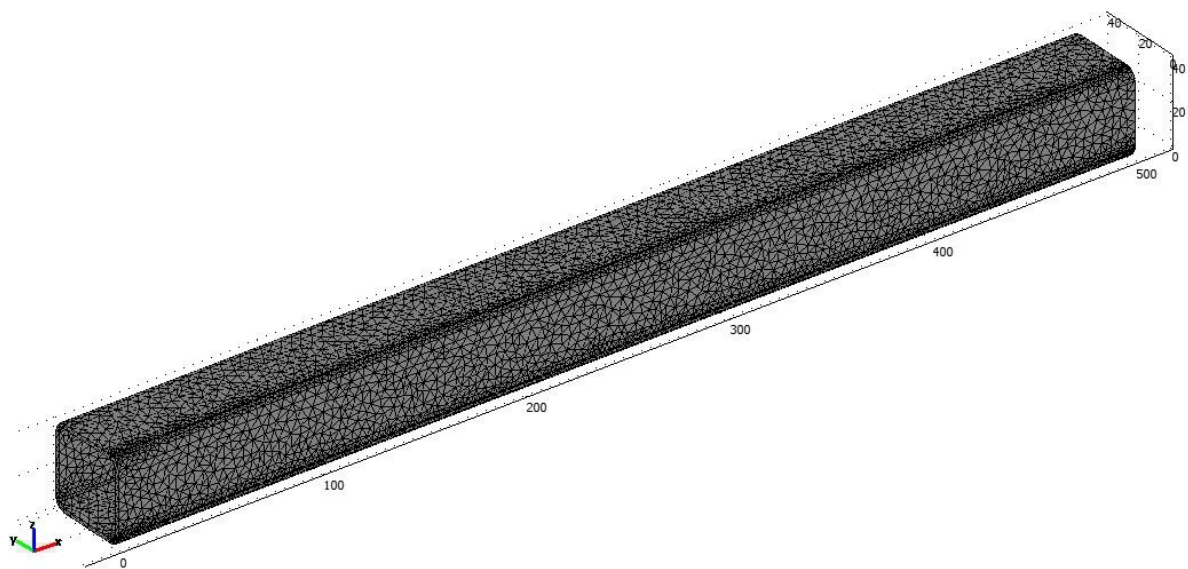
Rys. 14 Określenie podstawowych parametrów – wybór materiału.



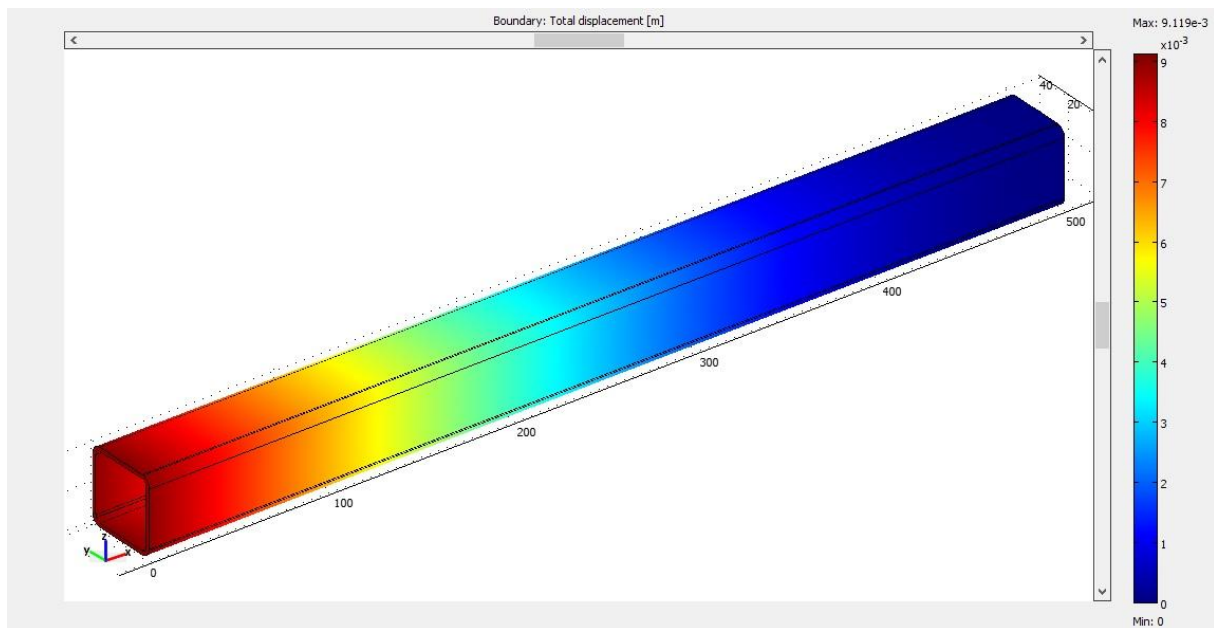
Rys. 15 Miejsce przyłożenia siły, jej wartość oraz kierunek działania.



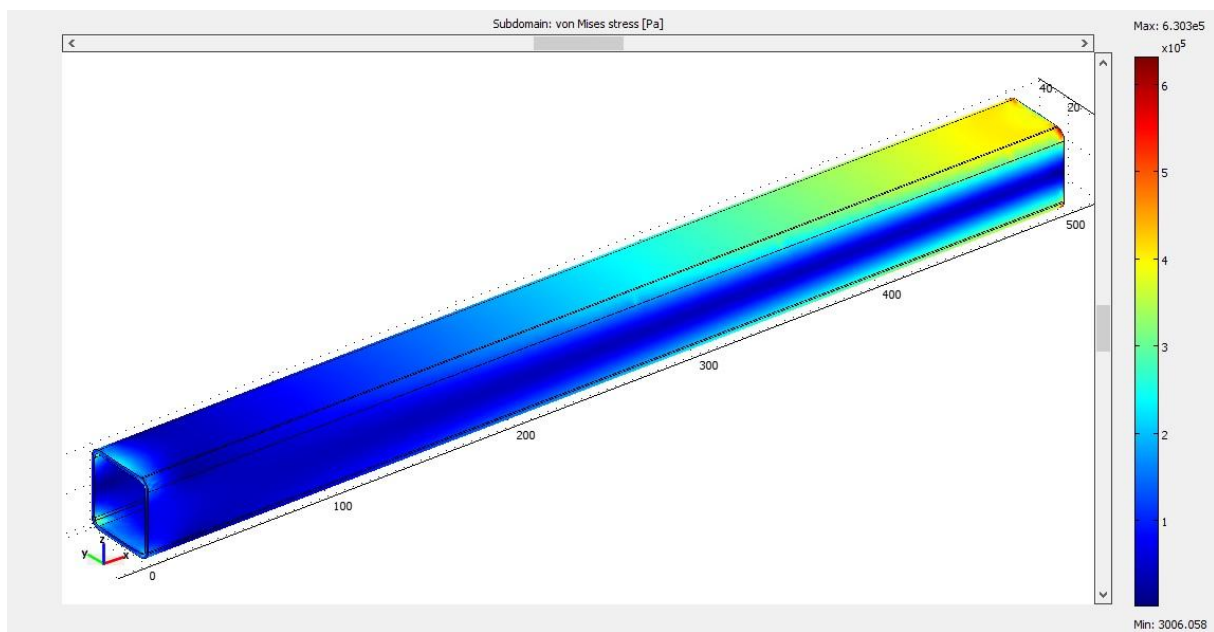
Rys. 16 Miejsce zamocowania profilu.



Rys. 17 Model z naniesioną siatką elementów skończonych.



Rys. 18 Model przedstawiający zmianę wartości odkształcenia.



Rys. 19 Model przedstawiający zmianę wartości naprężeń wewnętrznych.

4. Zestawienie wyników:

W profilu aluminiowym maksymalne odkształcenie znajdujące się w miejscu przyłożenia siły osiągnęło wartość 36,4 mm, natomiast w profilu stalowym zaledwie 9,1 mm.

Rozkład naprężeń wewnętrznych w profilu aluminiowym i stalowym przedstawia się następująco:

	Profil aluminiowy.	Profil stalowy.
Wartość minimalna naprężeń wewnętrznych.	828,442 Pa	3006 Pa
Wartość maksymalna naprężeń wewnętrznych.	$9,52 \times 10^5$ Pa	$6,3 \times 10^5$ Pa

5. Wnioski:

Analizując otrzymane wyniki możemy śmiało stwierdzić, iż mimo skomplikowanego kształtu oraz znacznie większej powierzchni pola przekroju poprzecznego profil aluminiowy odkształca się w większym stopniu od profilu stalowego pod działaniem tego samego obciążenia statycznego.

Również wartości naprężeń wewnętrznych wskazują przychylność w stronę popularnej przy projektowaniu kwadratowej belki stalowej, której cena jest kilkukrotnie niższa od profilu aluminiowego, co ma znaczący wpływ przy doborze materiałów konstrukcyjnych.

Analiza rozkładu temperatury w kombinerkach, przy niewielkiej powierzchni przyłożenia ciepła, w funkcji czasu.

1. Cel analizy:

Zbadanie rozkładu temperatury w kombinerkach wykonanych ze stali 42CRMO4, w funkcji czasu.

Analizie poddano kombinerki ze stali, które jako element chwytający mają ząbkowaną powierzchnię półokrągłą.

Kombinerki (szczypcy uniwersalne) – narzędzie służące do obróbki ręcznej. Składa się z dwóch metalowych części, połączonych w podobny sposób jak nożyczki.

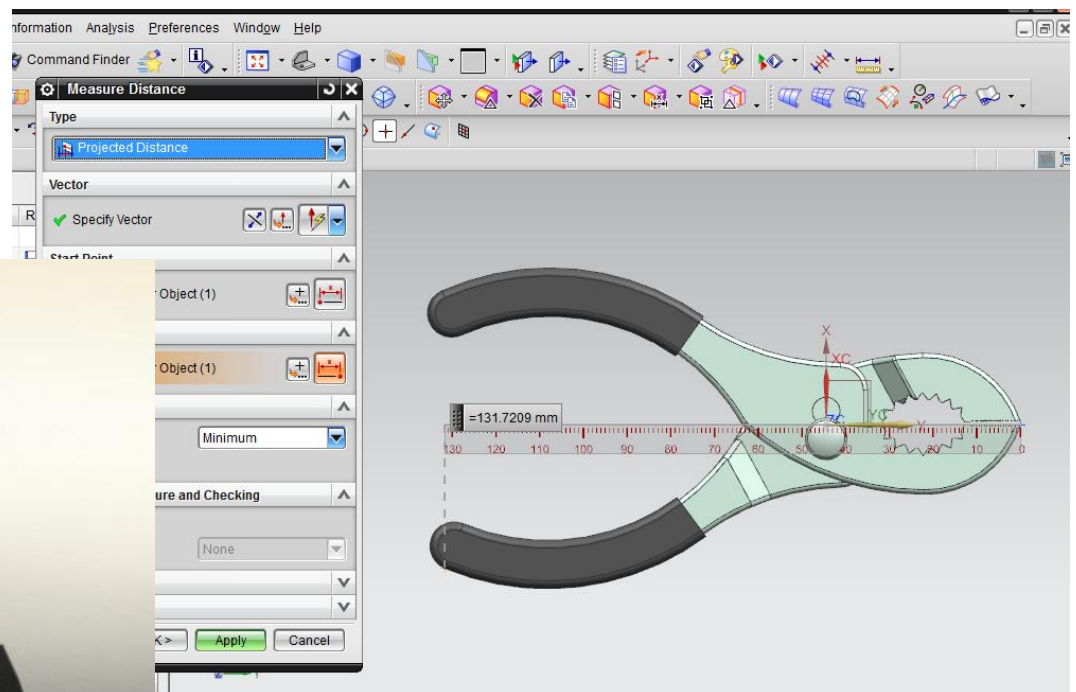
Kombinerki służą do manipulowania uchwyconym przedmiotem, wyginania go oraz do ściągania izolacji z przewodów elektrycznych. Wewnętrzna strona ich główek jest spłaszczona i posiada szorstką fakturę powierzchni, zapobiegającą wyślizgiwaniu się trzymanego przedmiotu.

Oceniano jaki będzie przepływ ciepła w zasymulowanej sytuacji, którą jest chwycenie rury nagrzanej do temperatury 353K co odpowiada 80 stopniom Celsjusza.

Parametrami zadanymi będzie temperatura na krańcach ząbków chwytaka, rodzaj materiału, oraz temperatura początkowa kombinerki, a także czas nagrzewania – 40s.

2. Model:

Model wykonano w programie Siemens NX 8.5.



Kombinerki są niewielkie, mają 13.5cm długości.

Materiał z którego zostały wykonane to wspomniany wcześniej stop Fe. Stal 42CRMO4, materiał został nadany w programie COMSOL, wybrany z katalogu dostępnego w programie.

Analiza zostanie wykonana na podstawie równania wymiany ciepła:

$$\frac{\delta_{ts}\rho C_p \partial T}{\partial T} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q$$

δ_{ts} – współczynnik skalowania czasu

ρ – gęstość materiału [kg/m^3]

C_p – ciepło właściwe [$J/kg \cdot K$]

T – temperatura [K]

t – czas [s]

∇ – operator Nabla

k – współczynnik przewodzenia ciepła [$W/m^2 \cdot K$]

Q – ciepło [J]

Analiza zostanie wykonana przy pomocy programu COMSOL Multiphysics. Moduł z jakiego będziemy korzystać to Heat transfer module, transient analysis.

3. Przebieg badania:

Po załadowaniu modelu w formacie STEP, badanie rozpoczynam od nadania materiału, o którym wspominałem wyżej, a następnie odpowiednich warunków brzegowych i początkowych.

Materials/Coefficients Library (read only)

Materials

- 1030 (UNS G10300)
- 1035 (UNS G10350)
- 1040 (UNS G10400)
- 1045 (UNS G10450)
- 1065 (UNS G10650)
- 1075 (UNS G10750)
- 1080 (UNS G10800)
- 1086 (UNS G10860)
- 1095 (UNS G10950)
- 1112
- 1522 (UNS G15220)
- 3140 (UNS G31400)
- 4037 (UNS G40370)
- 4130 (UNS G41300)
- 4140 (UNS G41400)
- 4310 (UNS G43100)
- 4320 (UNS G43200)
- 4330 (UNS G43300)
- 4330

Search

Search for: Name

Search string:

Search

Go To

Material properties

Name: 4140 (UNS G41400)

DIN number: 1.7225 UNS number: G41400

Phase/Condition: solid

Orientation/Condition: bar tempered at 700K

Physics Elastic Electric Fluid Piezoelectric Thermal All

Quantity	Value/Expression	Description
C	C(T[1/K])[J/(kg*K)]	Heat capacity at co...
k	k(T[1/K])[W/(m*K)]	Thermal conductivity
rho	rho(T[1/K])[kg/m^3]	Density

Enable individual settings

Phase/Condition:

Orientation/Condition:

Hide undefined properties

Functions...

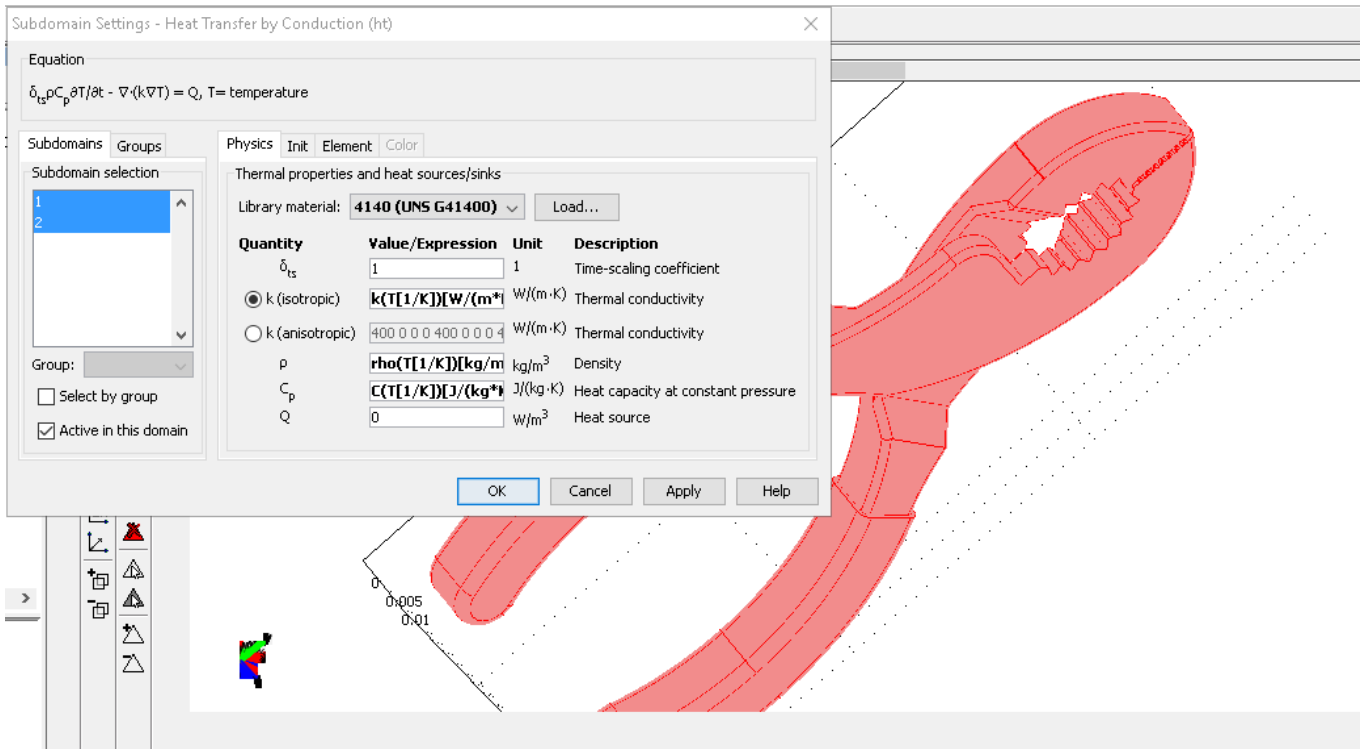
More Info Plot

OK Cancel Apply Help

AD file Pliers.stp

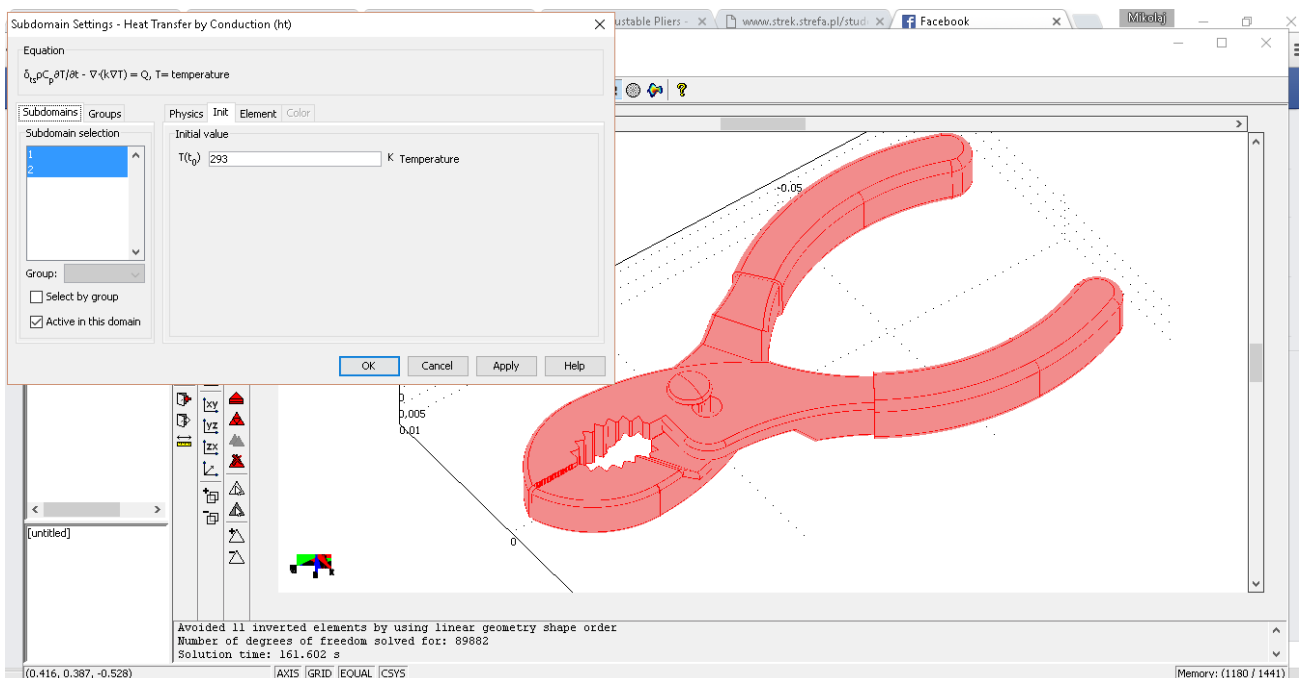
Niewiadome w powyższym równaniu takie jak gęstość, ciepło właściwe, współczynnik przewodności cieplnej – to parametry związane z materiałem z którego jest wykonany analizowany element, zatem zostają one nadane automatycznie przez program po wyborze odpowiadającego nam materiału.

Wybór elementów które składać się mają z tego materiału (w naszym przypadku całe kombinerki wykonane są z jednego materiału).

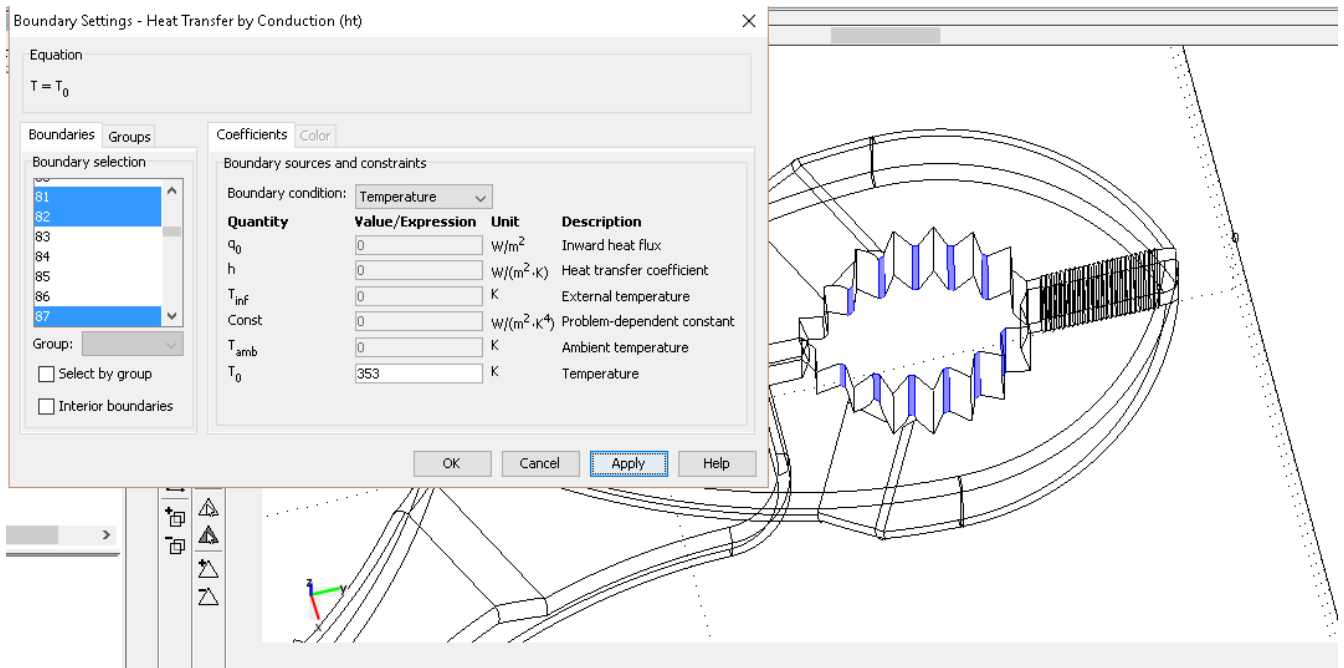


Poniżej – nadanie temperatury początkowej materiału w całej jego objętości.

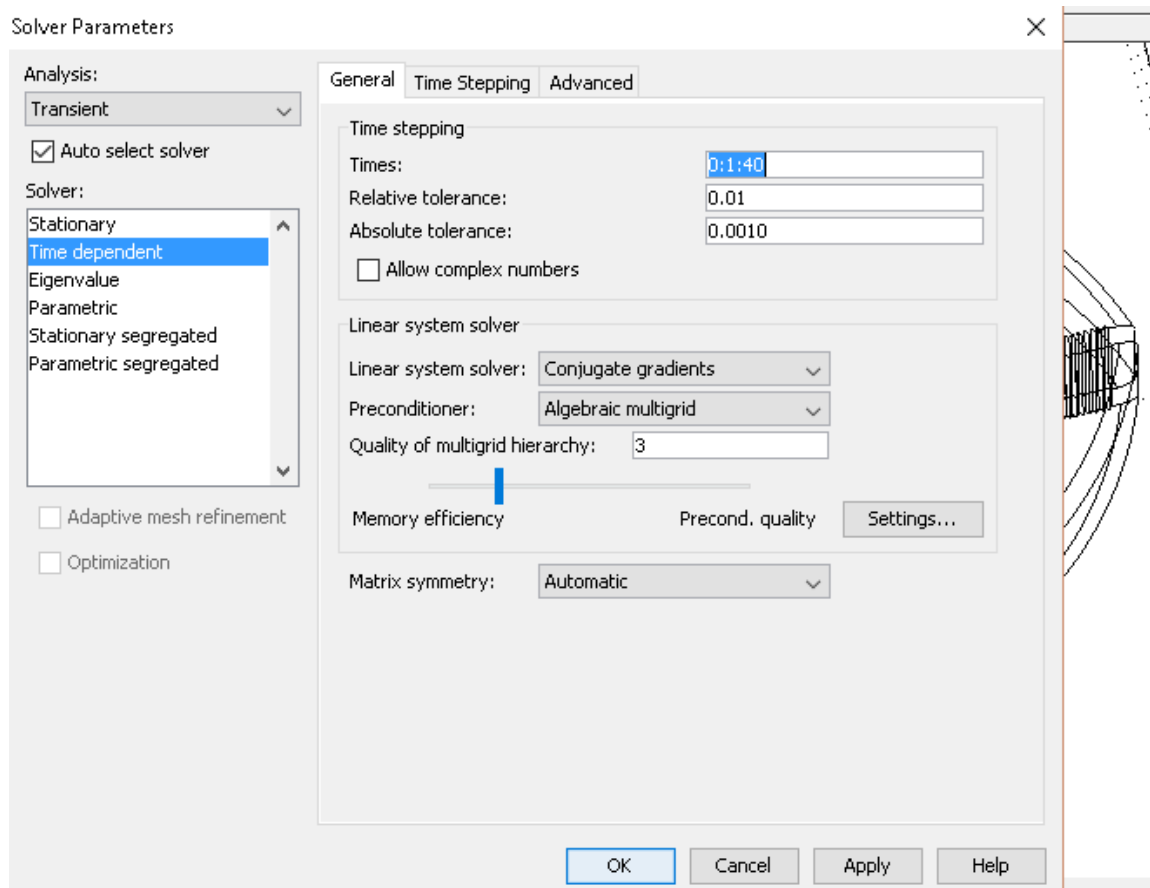
W naszym przypadku 293K co odpowiada 20 stopniom Celsjusza.



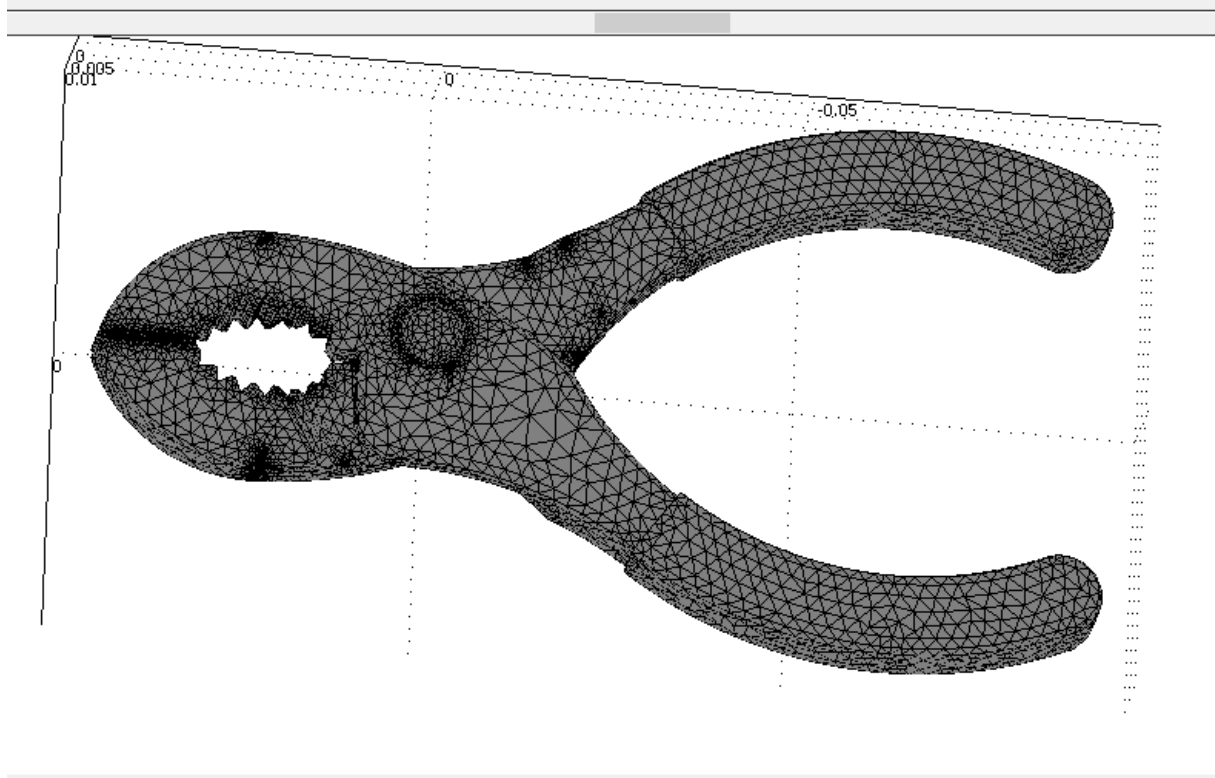
Następnie przechodzę do nadania warunków brzegowych, symulujących wyżej opisaną sytuację, jak widać temperatura 80 stopni Celsjusza działać ma jedynie na szczyty ząbków antypoślizgowych kombinerek.



W dalszej kolejności przechodzę do zakładki odpowiadającej za parametry rozwiązywania, w celu zdefiniowania czasu i przedziałów w których program ma 'zapisać' wyniki. Ustawiam 40s z zapisem co 1s.

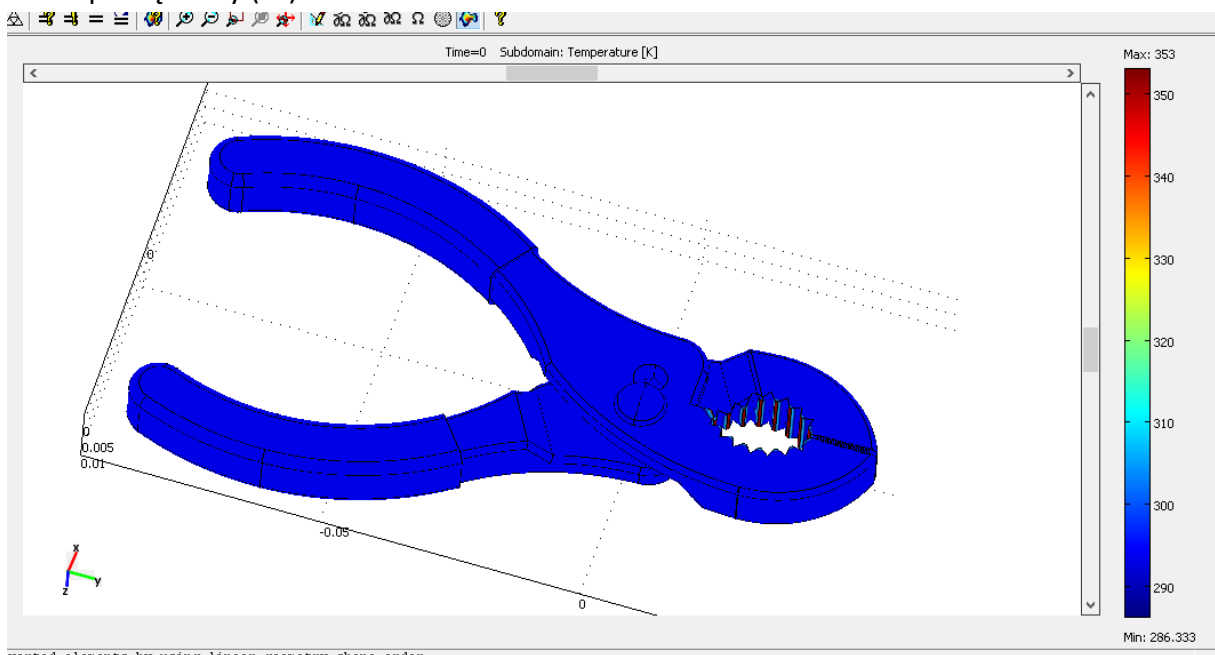


Kolejnym krokiem jest zaprogramowanie siatki elementów skończonych, w tym przypadku, niezbyt skomplikowany kształt pozwala nam na zastosowanie siatki zagęszczonej umiarkowanie.

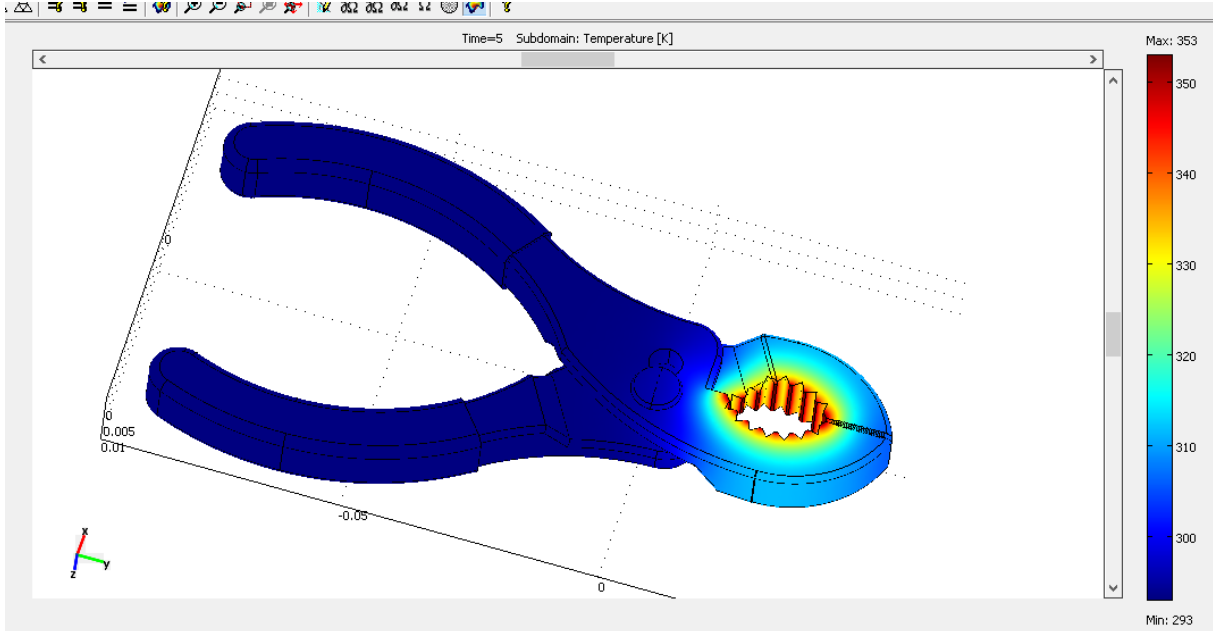


W końcu przechodzimy do rozwiązywania problemu. Po przeanalizowaniu przez program, otrzymane wyniki zaprezentuję w 5 sekundowych odstępach czasu (przez pierwsze 20 sekund) a następnie co 10s.

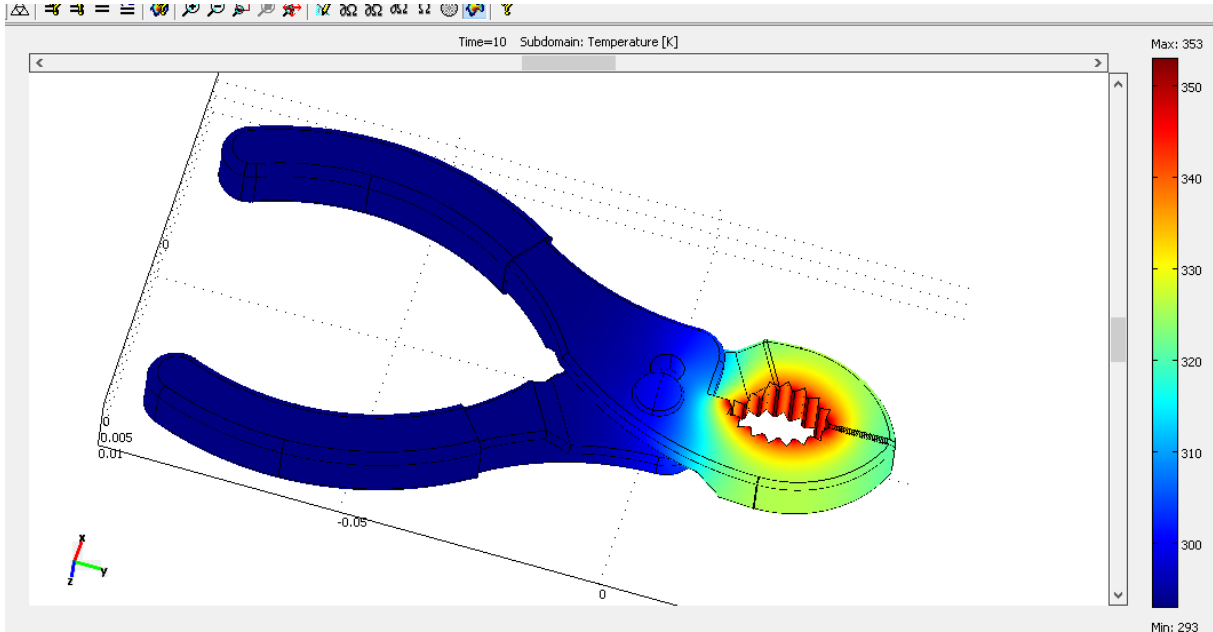
Obraz początkowy (0s):



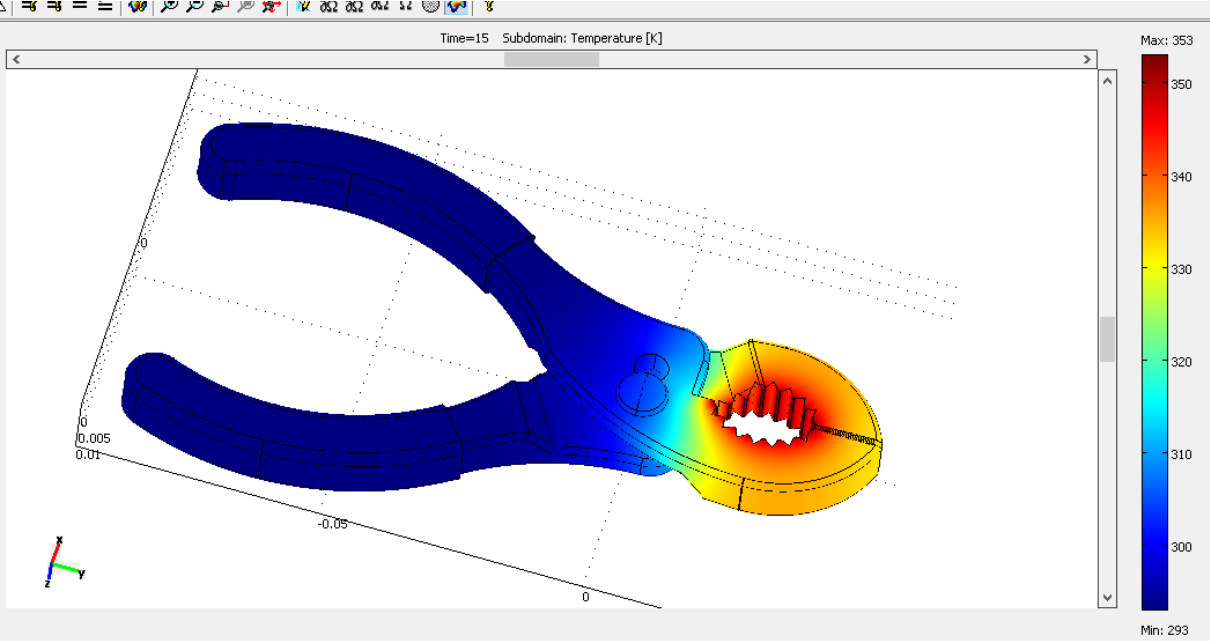
Po 5s:



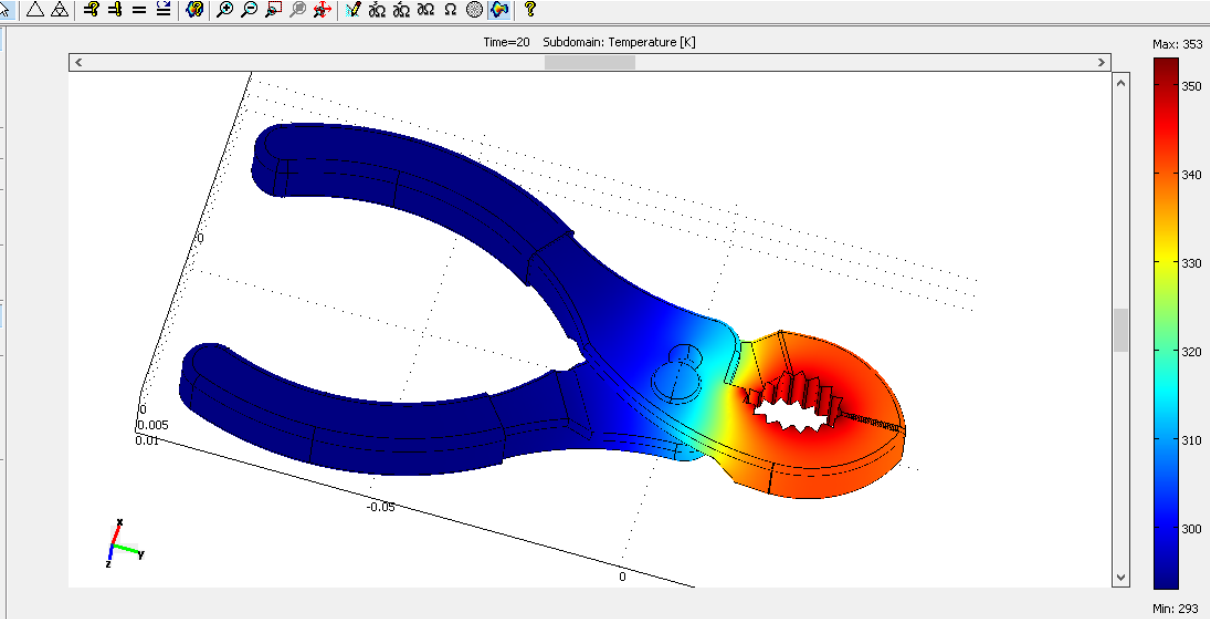
Po 10s:



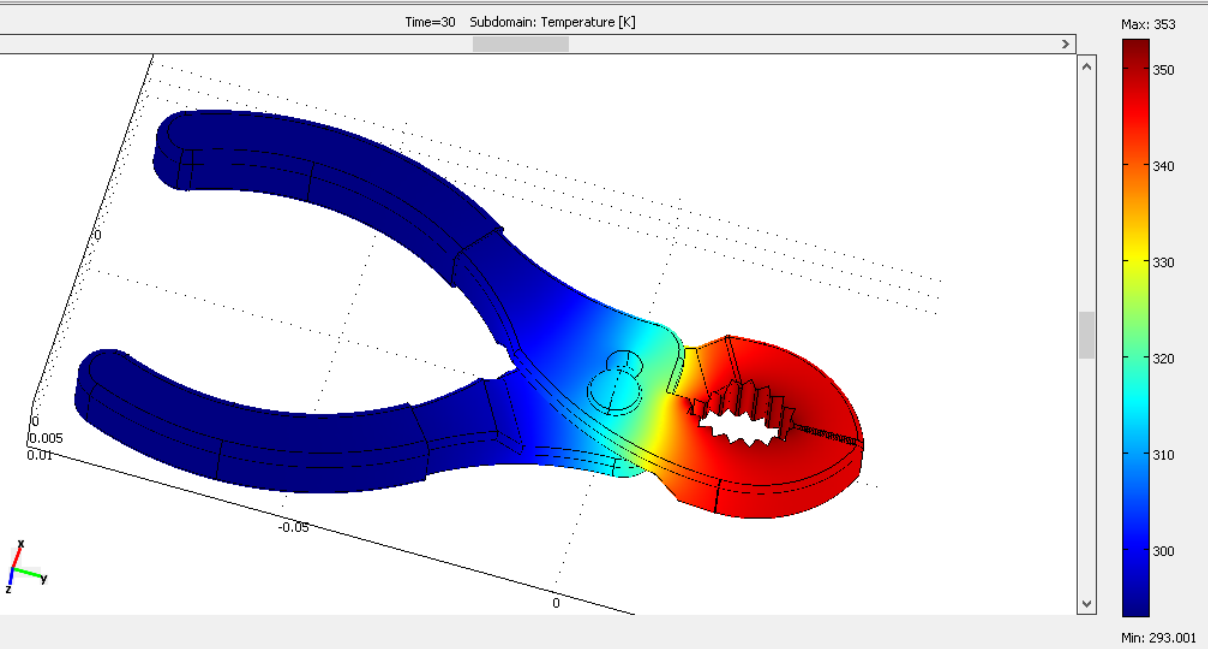
Po 15s:



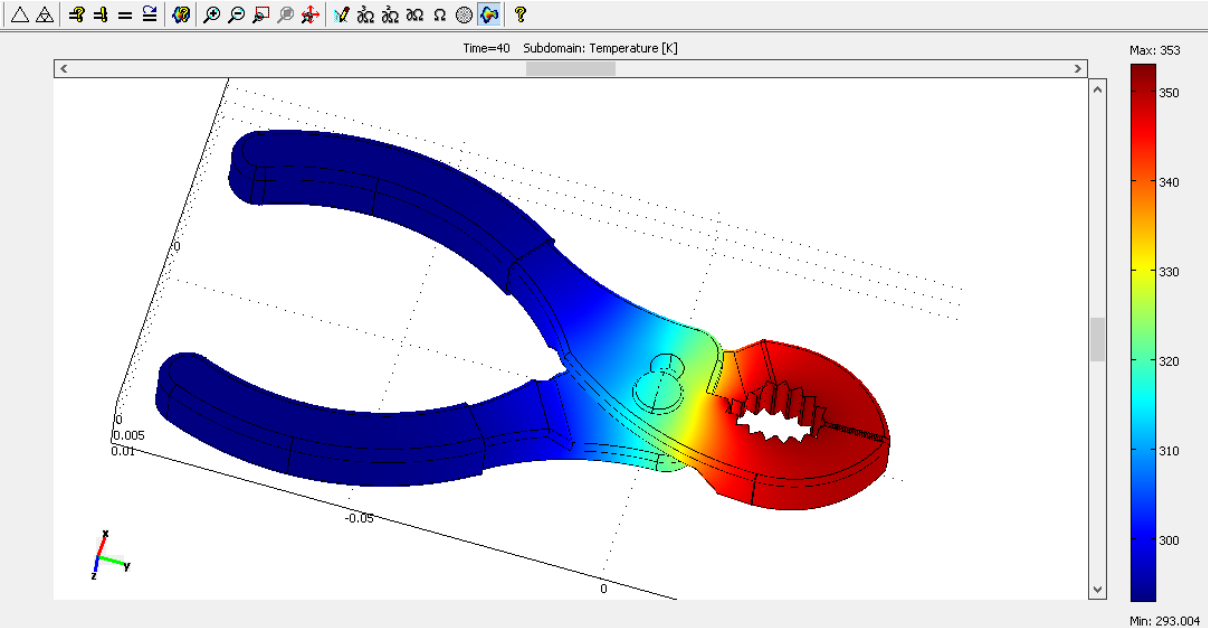
Po 20s:



Po 30s:



I w chwili ostatniej – 40s:



4. Analiza otrzymanych wyników i wnioski:

Na podstawie obserwacji powyższych wyników, można dojść do wniosku, że otrzymany rezultat – nie nagrzania się całej objętości kombinerek jest efektem kilku czynników które wystąpiły w naszym przypadku. Pierwszym z nich jest mała powierzchnia styku, powierzchnia szczytów ząbków w porównaniu do całości kombinerek jest nieznaczna, stąd powierzchnia przepływu ciepła również była niewielka.

Drugim z czynników była na pewno niewielka różnica temperatur, 60 stopni Celsjusza, gdyby różnica ta była większa przedmiot nagrzałby się zdecydowanie szybciej.

Ostatnim z czynników takiego stanu rzeczy jest na pewno krótki czas nagrzewania, stal cechuje się przeciętną przewodnością cieplną i czas w którym przedmiot nagrzałby się w całej swojej objętości byłby zdecydowanie dłuższy.

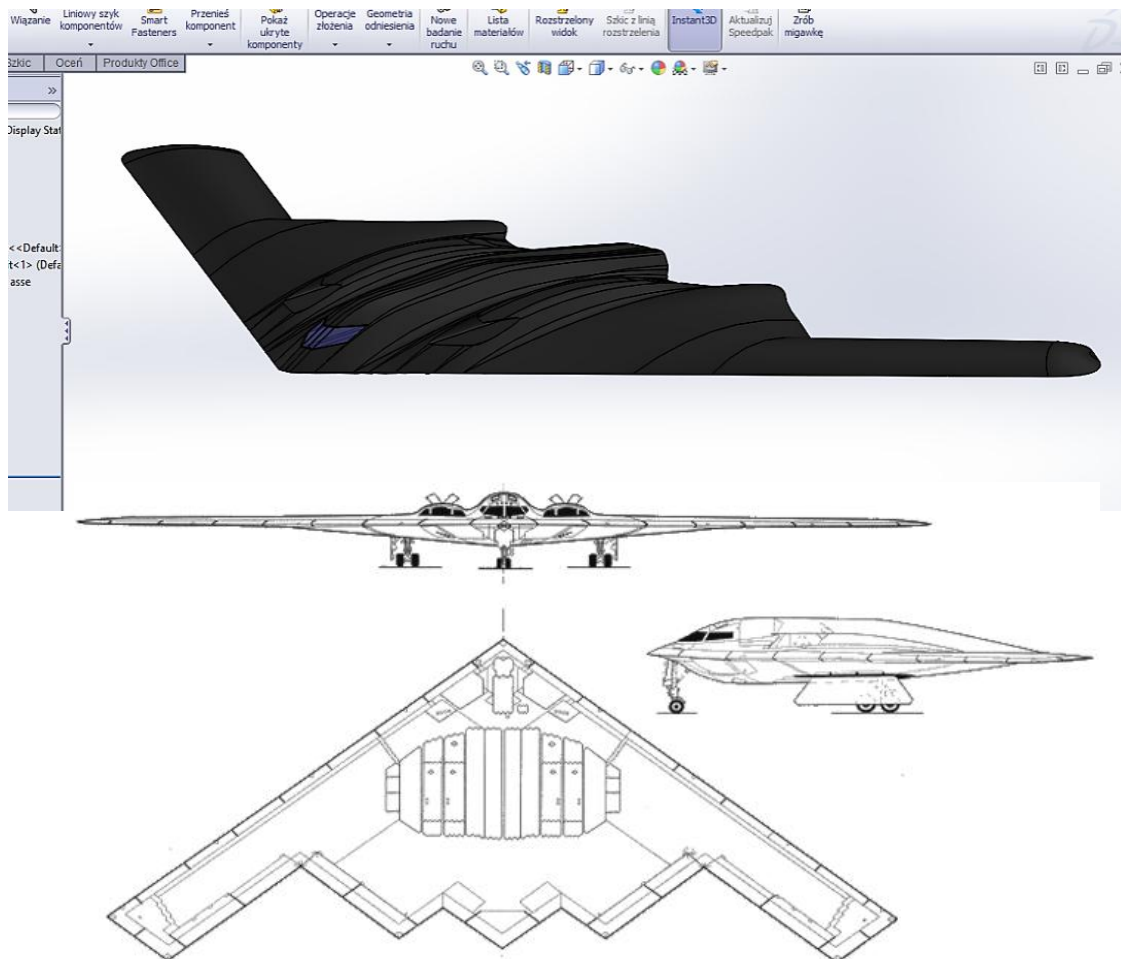
Nie bez znaczenia jest także geometria kombinerek.

Analiza przepływu powietrza, wzdłuż przekroju wzdłużnego w osi samolotu Northrop B-2 Spirit.

1. Cel analizy i opis modelu:

Do analizy przyjęty został model samolotu Northrop b-2 Spirit - amerykański bombowiec strategiczny wykonany w technologii stealth, zdolny do przenoszenia bomb konwencjonalnych i jądrowych. Konstrukcja samolotu oparta jest na układzie latającego skrzydła. B-2 Spirit napędzany jest czterema turbinowymi silnikami dwuprzepływowymi firmy General Electric. Ciśnienie atmosferyczne wynosi 1000HPa. Przepływ analizowany był dla przekroju poprzecznego w osi samolotu.

Do analizy przepływu wykorzystany został moduł Fluid Dynamics – Incompressible Navier Stokes – Steady – State analysis z programu COMSOL Multiphysics 3.4. 2.



Skrócona specyfikacja techniczna samolotu:

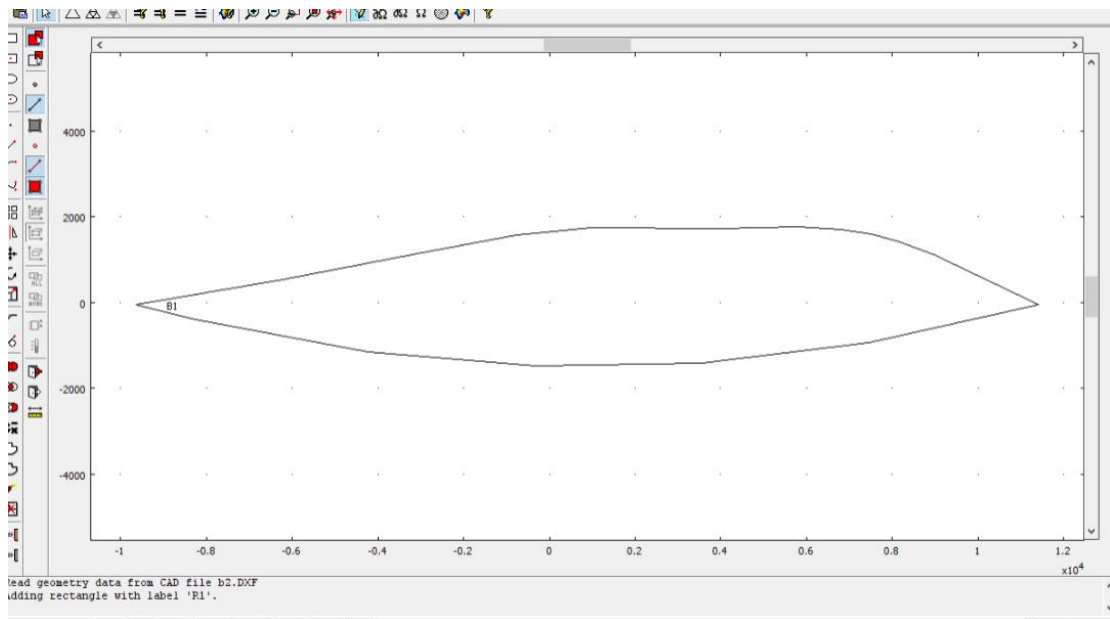
Wymiary		Masa		Osiągi	
Rozpiętość	52,12 m	Własna	71 668 kg	Prędkość maks.	0,85 Ma (1040 km/h)
Długość	20,9 m	Startowa	152 600 kg	Prędkość przelotowa	0,78 Ma (955 km/h)
Wysokość	5,1 m	Uzbrojenia	22 680 kg	Pułap	15 152 m
Powierzchnia nośna	465,5 m ²			Zasięg	9650 km

2.Przebieg symulacji

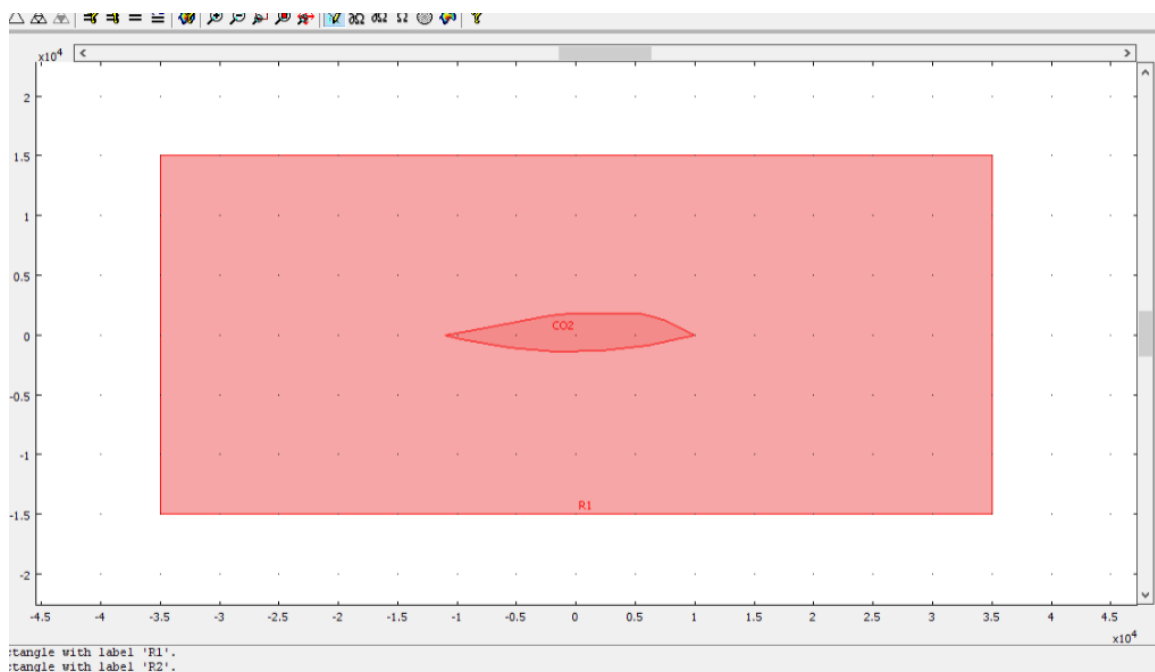
Pierwszym etapem pracy było odpowiednie obrobienie modelu samolotu.

Stworzony model kolejno zaadoptowany został do programu COMSOL i umieszczony w przestrzeni symulującej przestrzeń powietrzną.

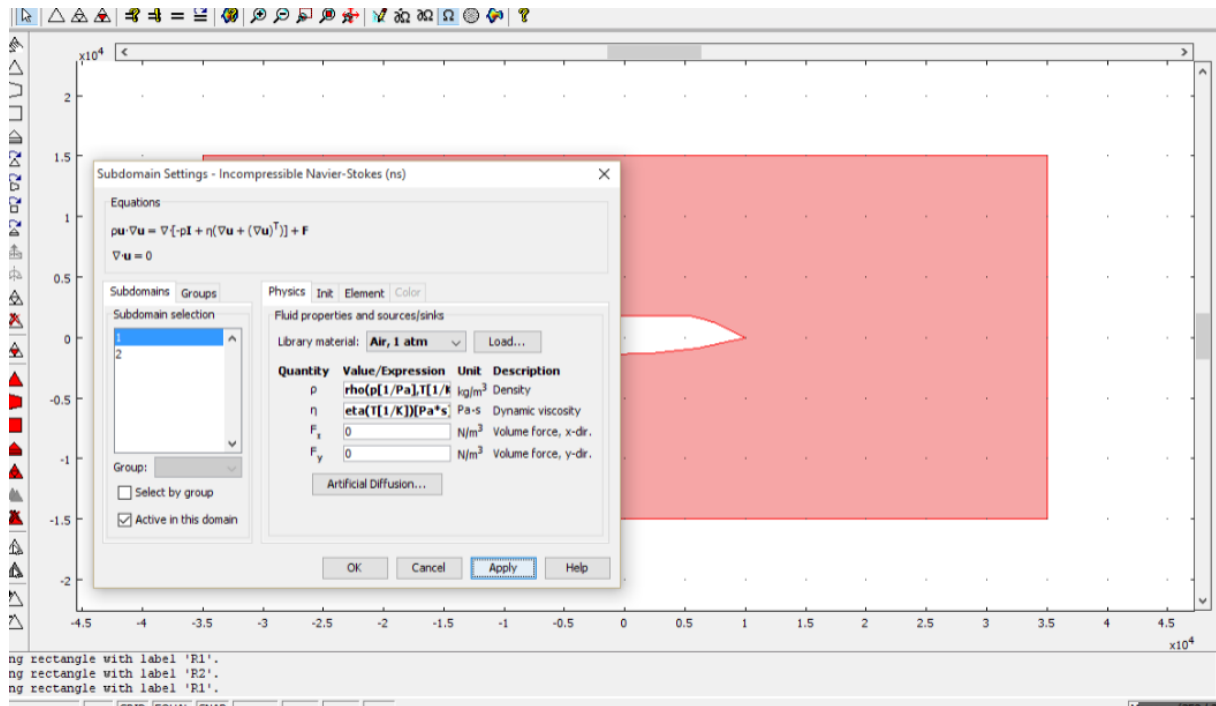
Różnica w porównaniu do standardowego tunelu aerodynamicznego polega na otwartej górnej powierzchni i zastąpieniu jej wartością ciśnienia atmosferycznego. Dzięki takiemu zabiegowi możemy lepiej prześledzić ruch powietrza który nie jest ograniczany górną ścianą tunelu i może tak jak na otwartej przestrzeni opływać samolot na dowolnej wysokości. Tego typu zabieg zwiększa wiarygodność analizy.



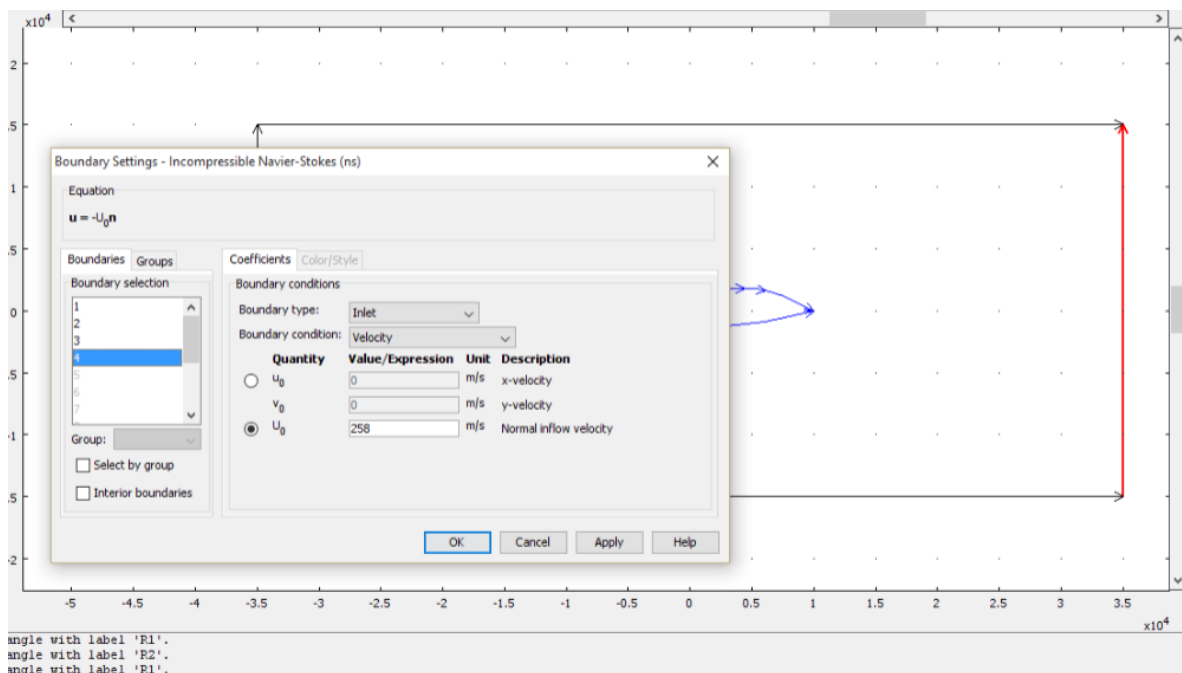
Definiowanie tła (przestrzeni powietrznej):



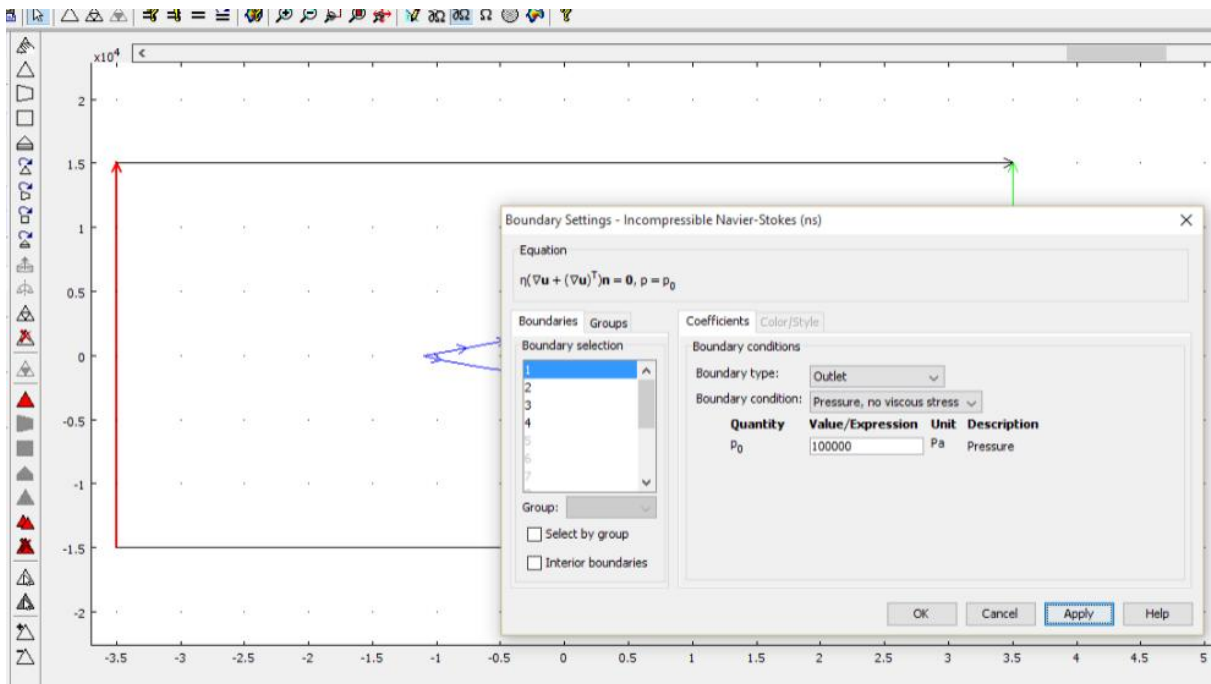
Następnym etapem było ustalenie w sekcji Subdomain Settings odpowiednich parametrów gazu opływowego. Do symulacji wykorzystane zostało powietrze atmosferyczne o parametrach przedstawionych i zdefiniowanych na rysunku poniżej, wartości parametrów zostały zdefiniowane przez program COMSOL (wybrano Powietrze z bazy materiałów):



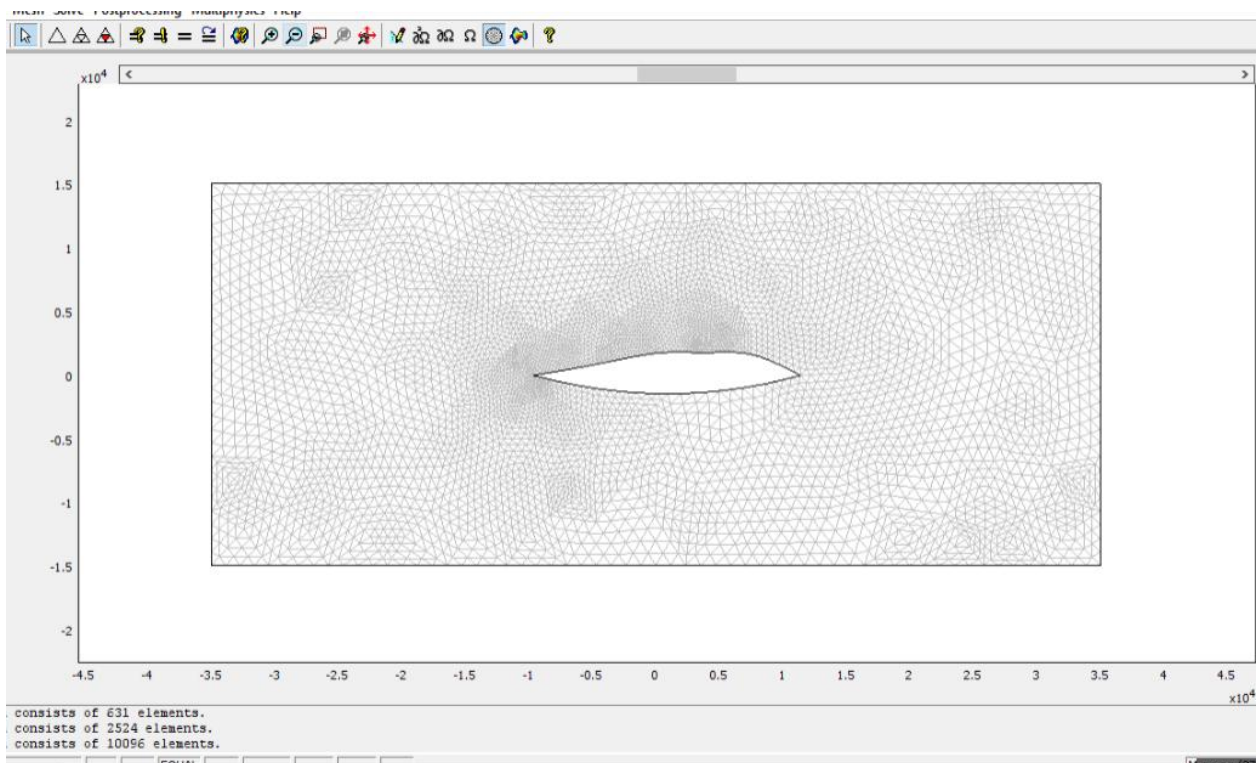
Kolejnym krokiem, było zdefiniowanie odpowiednich warunków brzegowych Parametrem wejścia na prawej ścianie jest prędkość gazu wynosząca 258m/s co odpowiada 928.72km/h.



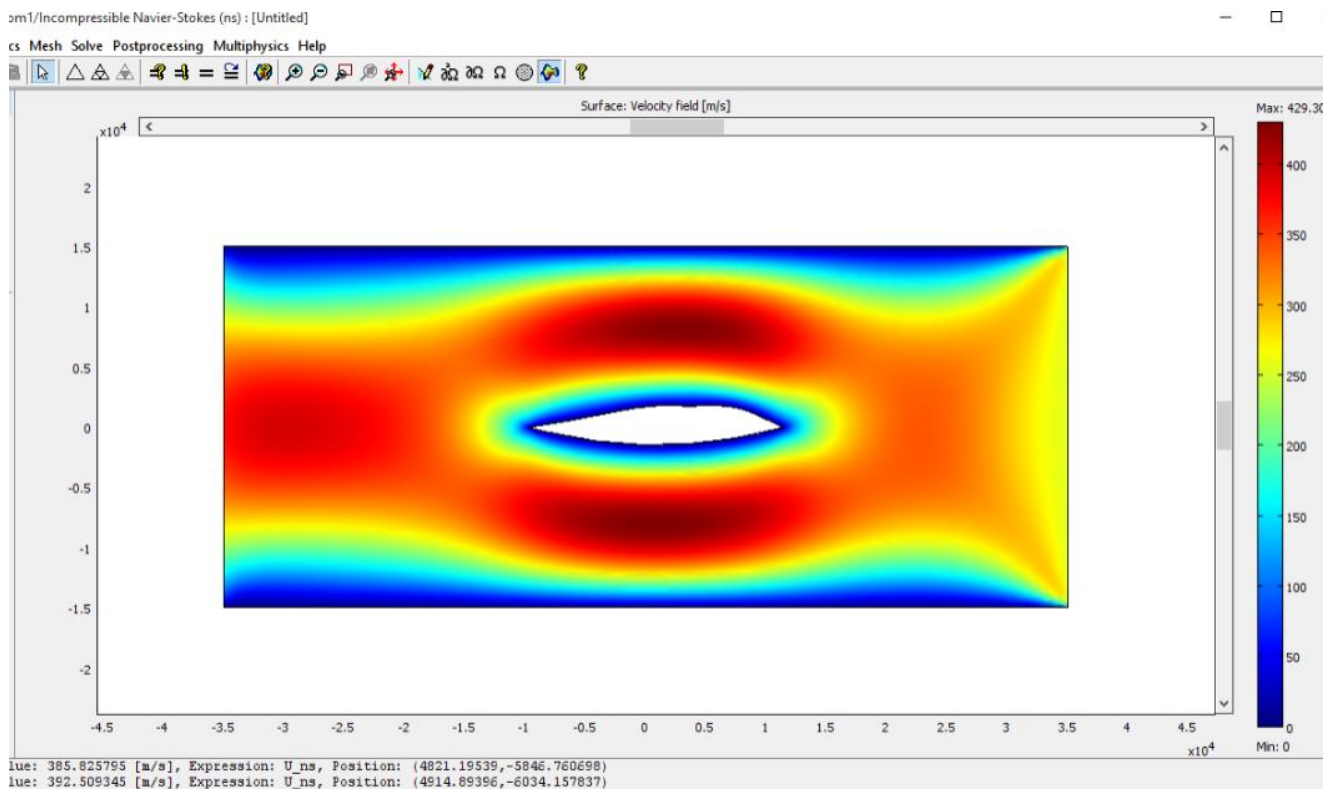
Parametr wyjścia to ciśnienie, o wartości odpowiadającej średniej wartości ciśnienia atmosferycznego: 1000hPa.



Następnie zdefiniowaliśmy siatkę elementów skończonych:



Finalnie, po przeprowadzeniu symulacji otrzymaliśmy następujący wynik:



3. Analiza i wnioski:

Analizowane prędkości powietrza opływające samolot są największe, jak można było przewidzieć, w szczytowych miejscach samolotu, rozkład prędkości jest równomierny, prawie symetryczny, po obu stronach samolotu. Maksymalna osiągnięta prędkość przepływu to nieco ponad 429m/s, co odpowiada 1544.27km/h, prędkość przepływu wzrosła zatem w miejscach oznaczonych jako maksimum o ponad 600km/h.

W realnych warunkach różnice ciśnień, a także często różne kierunki wiatru, zmieniąby na pewno wygląd przepływu.

Należy też zauważyć, że jest to symulacja przepływu powietrza wzdłuż osi wzdłużnej samolotu B-2, zatem jest to miejsce o największym polu przekroju w całym samolocie, stąd wnioskować by można, że w pozostałych przekrojach maksymalne prędkości przepływu byłyby mniejsze.