

Samouczek przedstawia proces tworzenia symulacji 2D (dwuwymiarowej) zamknięcia przykrywki z pojemnikiem. Obie części wykonane są z polipropylenu.

Części zostały uprzednio stworzone w programie SolidWorks2005 i zapisane w formacie dxf.

W samouczku tym, nie modeluje się całego pojemnika i całej przykrywki a jedynie wycinki tychże części, które podlegają wzajemnemu kontaktowi przy zamykaniu.

Tutorial ten przeznaczony jest dla osób zaczynających swoją przygodę z systemem Abaqus, jednakże pewne obycie z komputerami jest tu niezbędne.

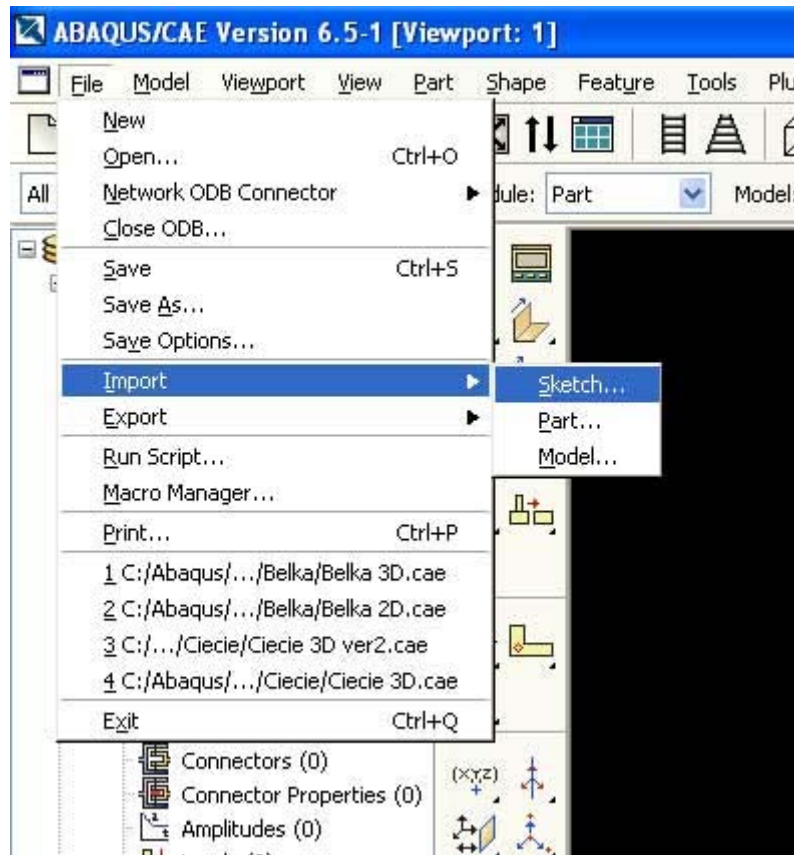
Wszelkie uwagi odnośnie tego tutoriala proszę kierować na adres: [info@cae.info.pl](mailto:info@cae.info.pl)

Osoby obyte w innych systemach CAE (np. Ansys, MSC N/P) zachęcam do stworzenia podobnej symulacji w tychże systemach, oraz do porównania wyników i opisanie swoich spostrzeżeń w artykule. Artykuł takowy zostanie opublikowany na stronach serwisu cae.info oraz, jeżeli taka będzie wola autora, może on zostać opublikowany na jednej z wielu konferencji naukowych poświęconych zagadnieniom CAE.

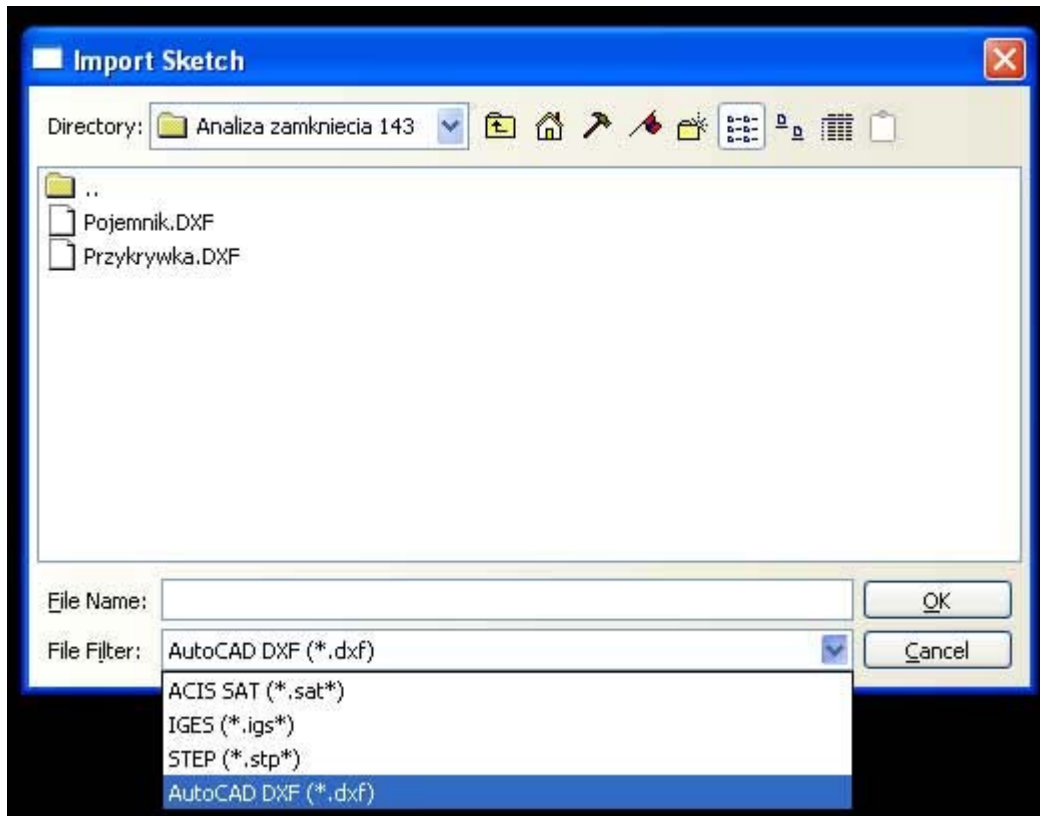
## 1. Moduł Part.

Ponieważ systemy CAE przeważnie nie służą do tworzenia geometrii, należy taką importować z programów typu CAD. Analiza będzie wykonywana w dwóch wymiarach, a importowana będzie geometria z plików dxf.

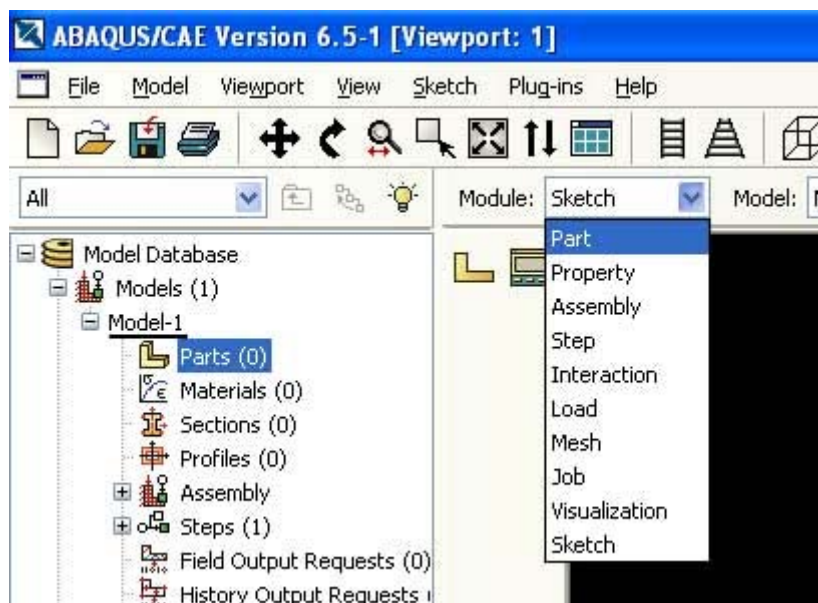
Aby zaimportować geometrie uprzednio stworzoną w innym programie, należy wybrać następujące opcje: *File->Import->Sketch*



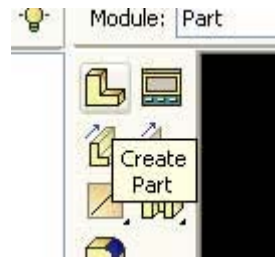
W otwartym oknie do importu, należy zaznaczyć interesujący nas plik „Pojemnik.DXF”, i go importować.



Geometria zostanie zaimportowana jako Sketch (szkic), z którego następnie należy stworzyć część. W tym celu należy przejść do modułu Part



W module Part, w menu bocznym wybrać *Create Part* (twórz część)



W oknie które się pojawi, definiuje się parametry danej części:

3D – część trójwymiarowa,

2D – część dwuwymiarowa,

Axisymmetric – symetryczna względem osi

Deformable – część odkształcalna,

Discrete rigid – część nieodkształcalna, dzielona na elementy skończone,

Analytical rigid – część nieodkształcalna, opisana analitycznie (funkcją).

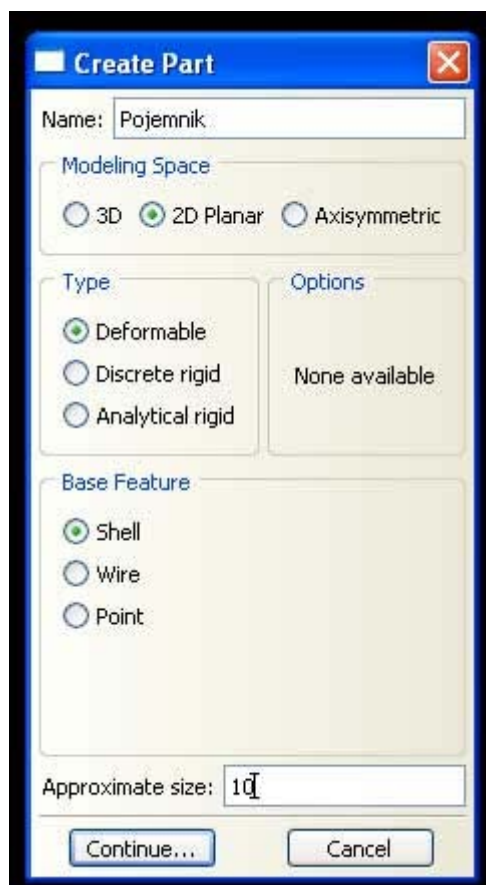
Shell – część jako powłoka,

Wire – część jako linia,

Point – część jako punkt.

Approximate size – szacowana wielkość części.

Okno to wypełniamy zgodnie z rysunkiem.

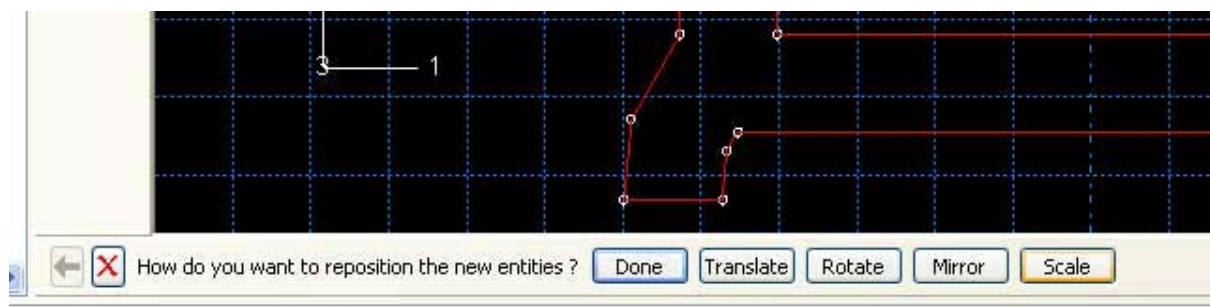


Aby stworzyć część ze szkicu, należy dany szkic wstawić opcją *Add Sketch* (wstaw szkic).



Otworzy się okno z widokiem zaimportowanej geometrii. Ponieważ systemy CAD podają wymiary w [mm], natomiast Abaqus nie ma wbudowanego systemu jednostek, należy geometrie przeskalować do stosowanego systemu jednostek.

W tym przykładzie, wykorzystywany jest układ jednostek SI, co powoduje, iż wszystkie wymiary geometryczne muszą być podane w metrach [m]. Aby przeskalować geometrie podaną w [mm] do [m], w dolnym menu zaznaczamy opcję *SCALE*.



es translated: 32

Następnie należy podać punkt względem którego wykona się skalowanie. Współrzędne punktu wpisać można ręcznie, w oknie wyświetlonym u dołu ekranu. W tym przykładzie nie ma to znaczenia, względem którego punktu wykona się skalowanie, więc można przyjąć, iż punktem tym będzie środek układu współrzędnych, a więc wartość 0,0. W systemie Abaqus, znak „,” czytany jest jako przecinek przy podawaniu części dziesiętnych danej wartości, natomiast znak „,” czytany jest jako separator pomiędzy wprowadzającymi wartościami.

Kolejną czynnością, jest podanie współczynnika skali. Aby wymiar podany w [mm] zamienić na wymiar podawany w [m], trzeba ten pierwszy pomnożyć przez wartość 0.001. Taką też wartość należy wpisać u dołu ekranu.

Przyciskiem Done, zatwierdzić modyfikację szkicu, następnie przyciskiem Done zatwierdzić stworzenie części.

Te same czynność należy powtórzyć, aby importować drugą geometrie – Przykrywka.DXF, zmieniając oczywiście nazwę szkicu i części.

## 2. Moduł Property

Moduł Property służy do definiowania stałych materiałowych, oraz aby przydzielić różne materiały różnym częściom.

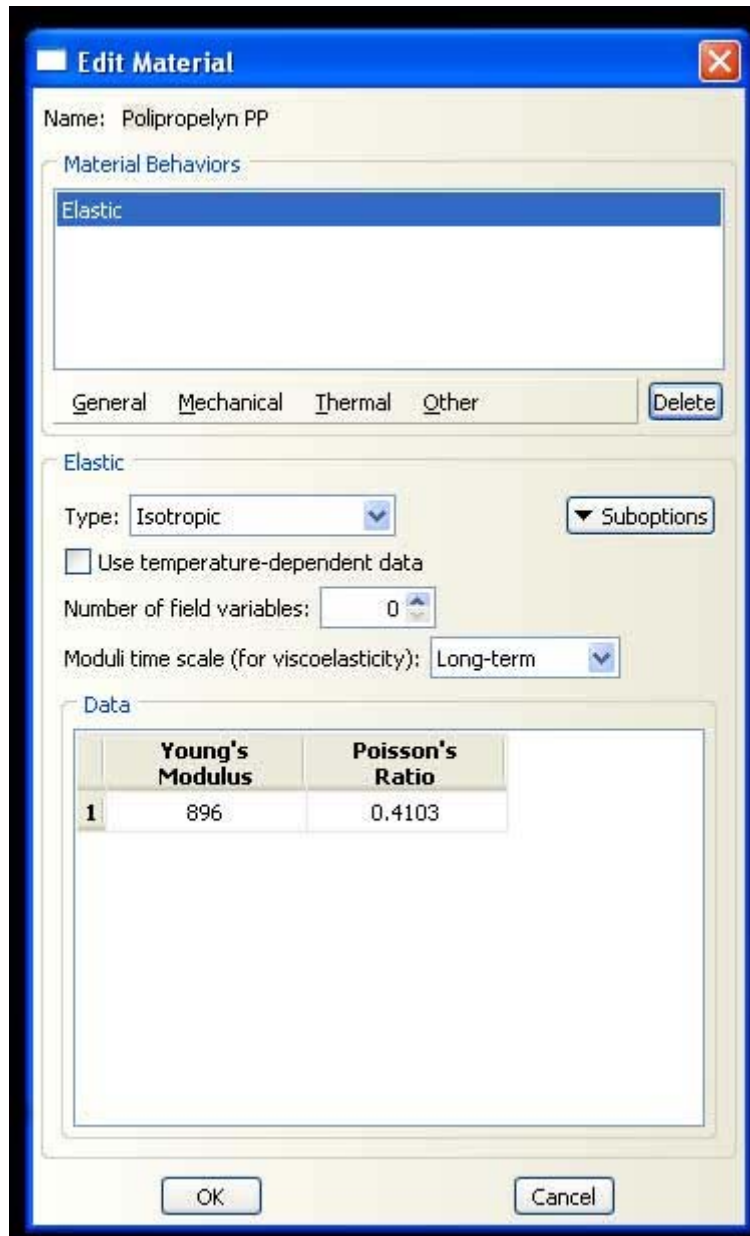
Aby zdefiniować materiał, w menu bocznym wybieramy *Create Material*



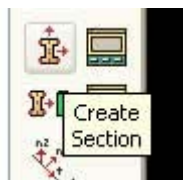
Następnie definiujemy materiał zgodnie z rysunkiem, gdzie za nazwę wpisujemy Polipropylen PP, następnie w środkowym menu wybrać należy *Mechanical->Elasticity->Elastic* i tam wpisać odpowiednie wartości:

Moduł Younga = 896

Współczynnik Poissona = 0.4103



Następnie należy stworzyć sekcję. Z menu bocznego wybrać *Create Section*

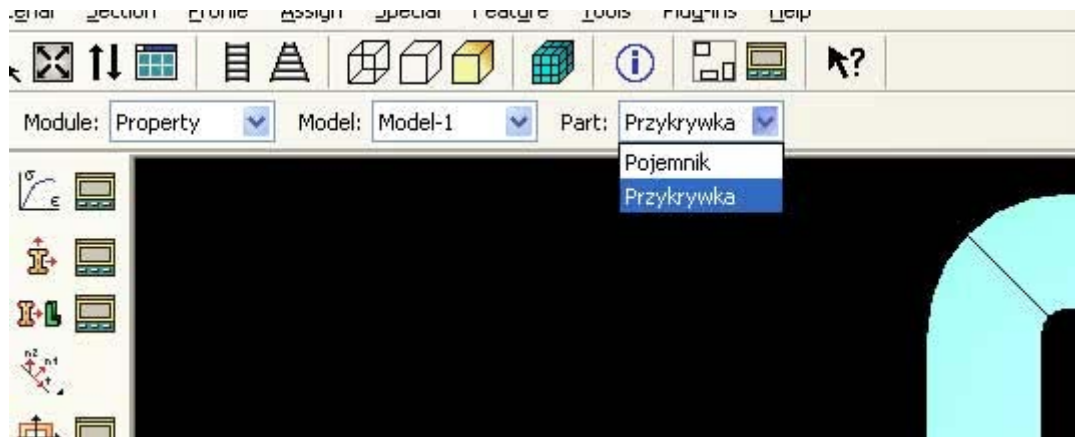


i w dwóch kolejnych oknach zaakceptować ustawienia domyślne.

Następnie, stworzoną sekcję przydzielić należy obu częściom, tj. Pojemnikowi i Przykrywce. W menu bocznym wybrać *Assign Section*,



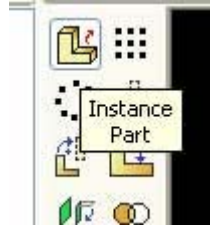
i zaznaczyć część, która aktualnie jest otwarta. Następnie korzystając z menu górnego wybrać drugą część i do niej także przydzielić sekcję.



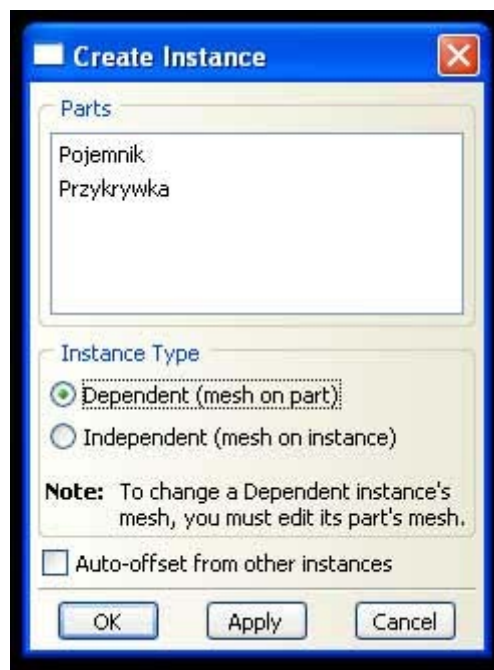


### 3. Moduł Assembly

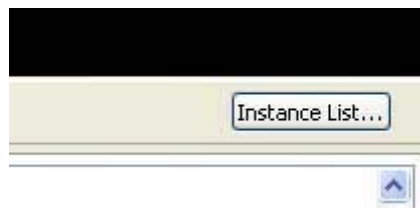
Moduł Assembly służy do wzajemnego ustawienia części złożenia względem siebie. Wpierw jednak należy dodać części do złożenia. W tym celu, po przejściu do modułu Assembly, z menu bocznego należy wybrać *Instance Part*



W oknie wyboru części wybieramy jedną część i zatwierdzamy ją do wstawienia.



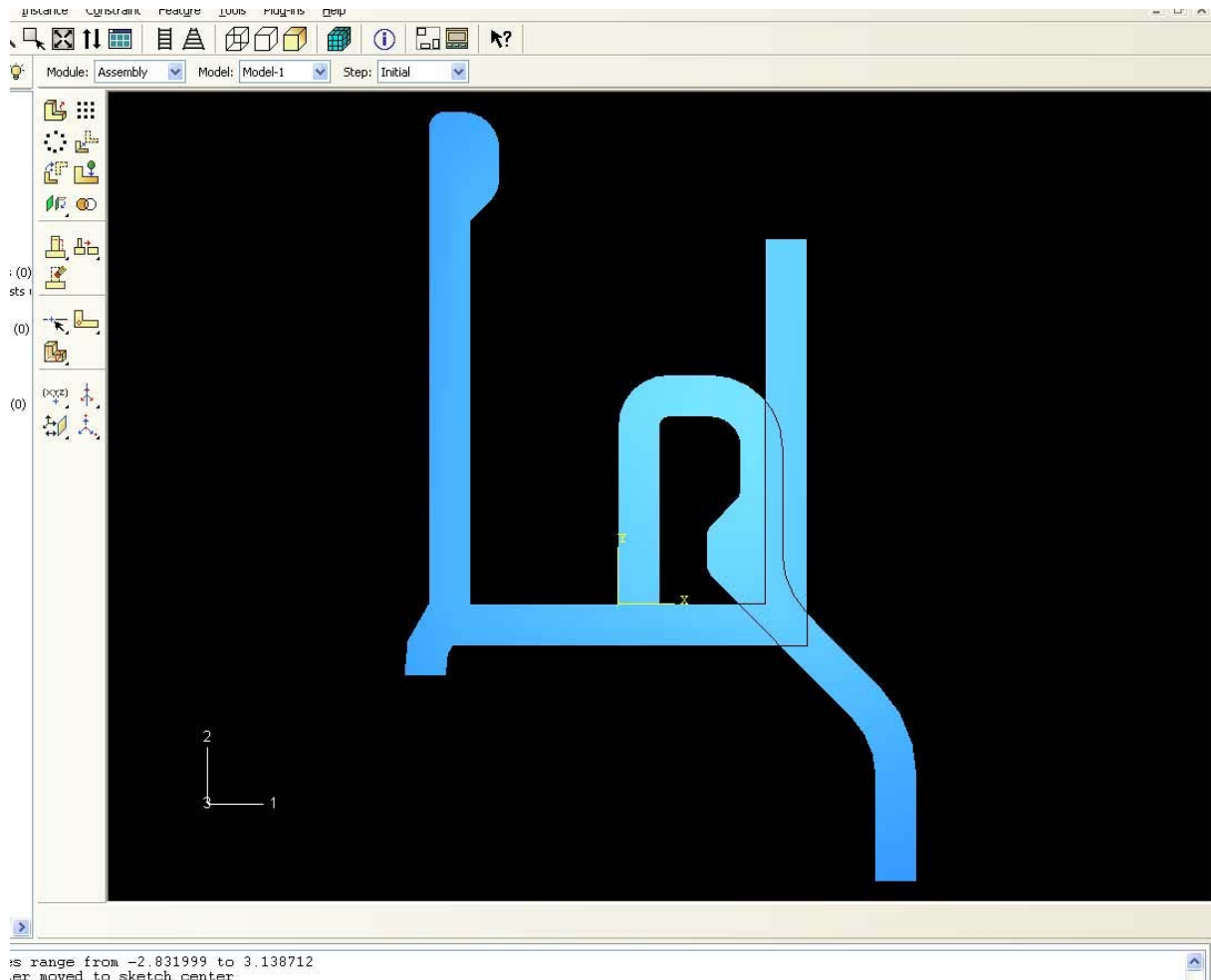
Część która została wstawiona jest na tyle mała i odległa od centrum układu współrzędnych, iż jest praktycznie niewidoczna. Należy ją teraz przesunąć do centrum układu współrzędnych. W tym celu z menu bocznego wybieramy *Translate Instance*. Abaqus poprosi o wskazanie punktu początkowego do przesunięcia. W prawym dolnym rogu ekranu znajduje się przycisk *Instance List*, który wybieramy.



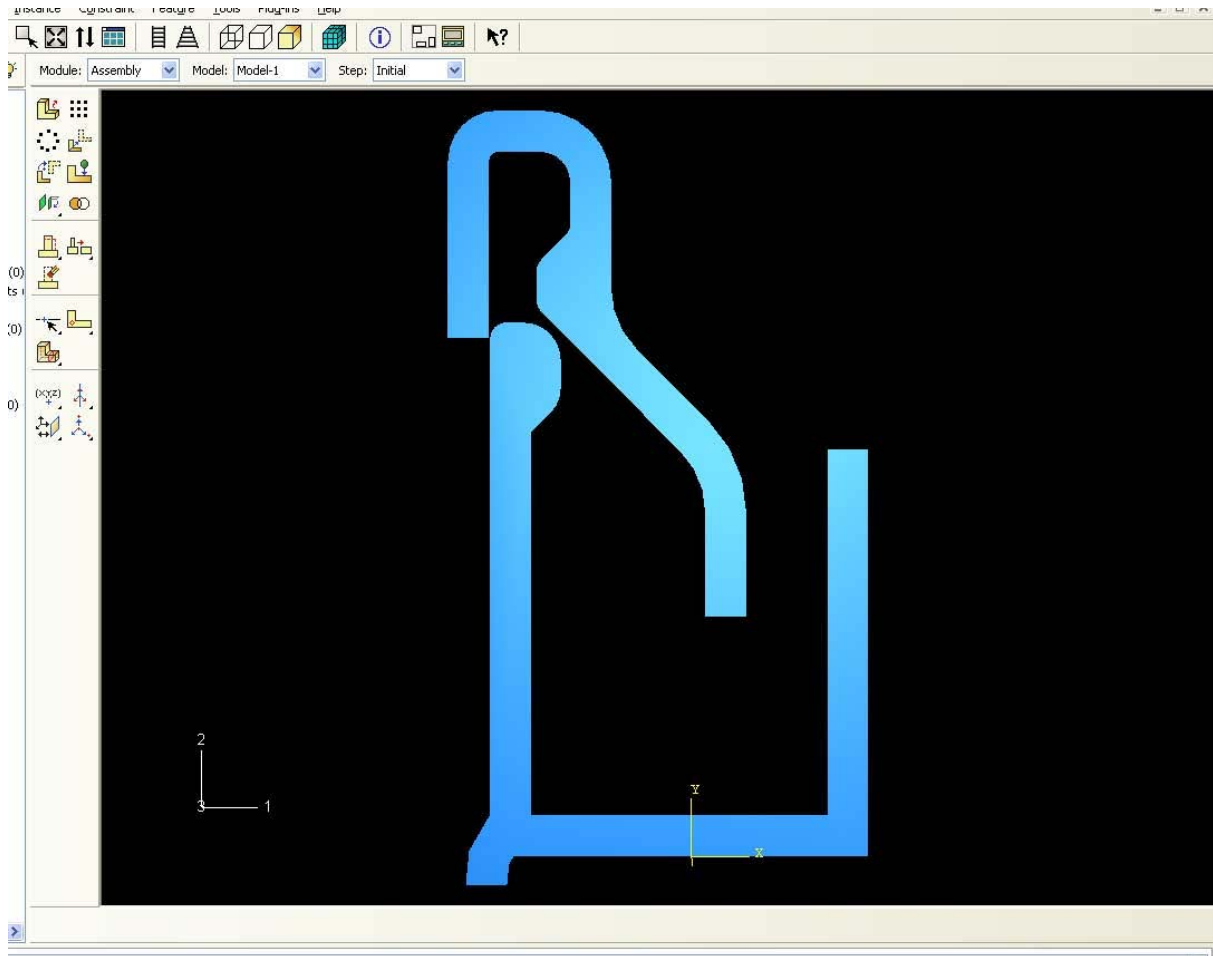
W nowo otwartym oknie wybieramy Pojemnik-1 i zatwierdzamy. W oknie roboczym pojawi się punkt, który należy nacisnąć (jest to dokładnie zbiór punktów charakterystycznych danej

geometrii). Po wybraniu punktu, u dołu ekranu wpisujemy docelowe współrzędne tegoż punktu – 0,0 i zatwierdzamy Enter'em. Następnie zatwierdzamy docelową pozycję części.

Tą samą procedurę należy zastosować, aby przesunąć część drugą w okolice środka układu współrzędnych. Ułożenie obu części powinno wyglądać mniej więcej tak:



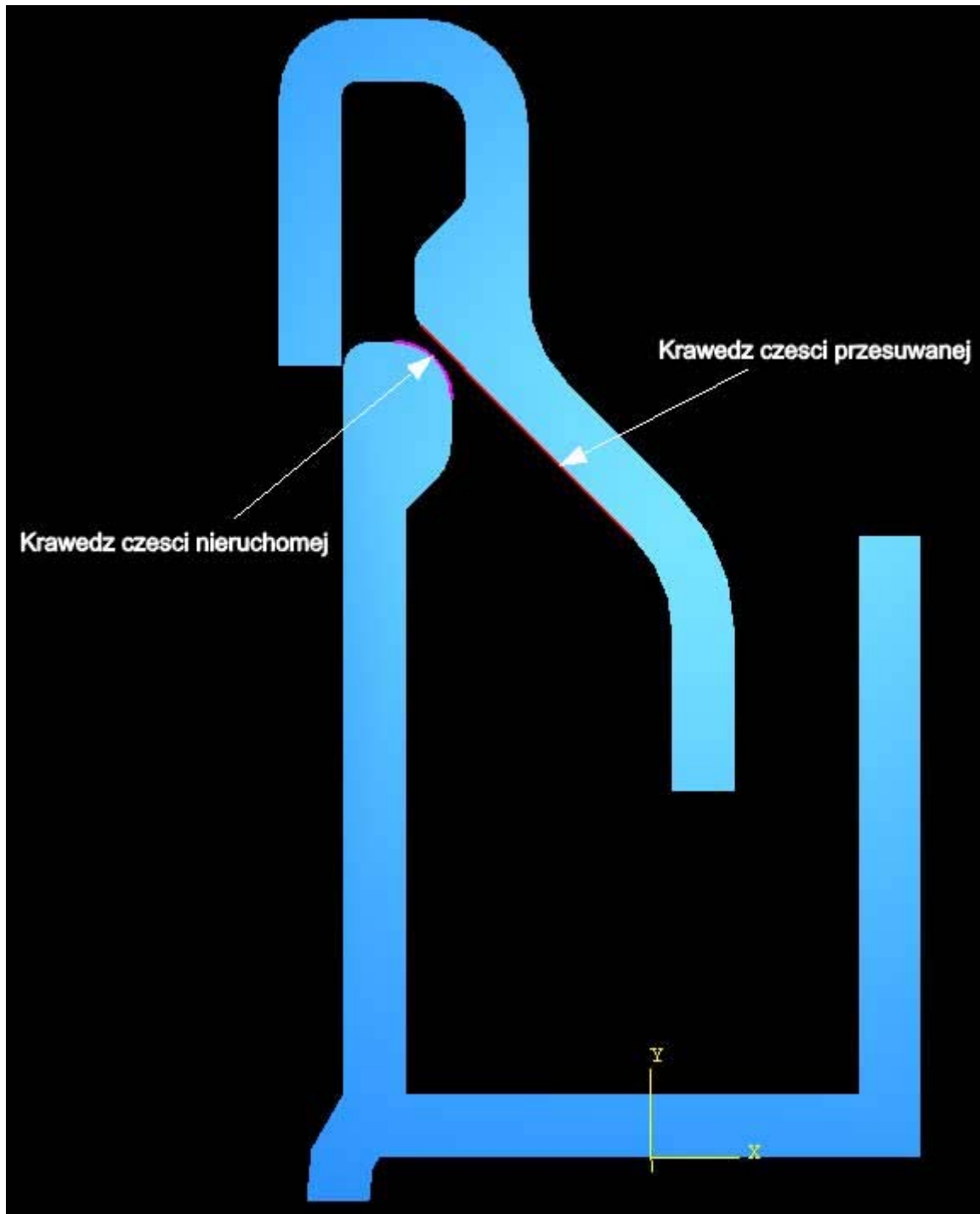
Kolejnym krokiem będzie wzajemne ustawienie obu współpracujących części. Posługując się jedynie komendą *Instance Part*, ustawiamy obie części tak jak przedstawiono poniżej:



Kolejnym krokiem jest doprowadzenie do kontaktu pomiędzy powierzchniami zamykającymi obu części. Wykorzystuje się do tego opcje *Translate To*:



Jako krawędź części przesuwanej zaznaczyć należy krawędź przykrywki, zatwierdzić przyciskiem Done u dołu ekranu. Następnie jako krawędź części nieruchomej zaznaczyć należy krawędź pojemnika i zatwierdzić przyciskiem Done – zgodnie z rysunkiem.



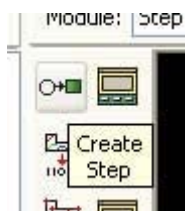
Następnie należy podać kierunek przesunięcia części ruchomej, tak aby weszła w kontakt z częścią nieruchomą. U dołu ekranu wpisujemy pierwszy punkt definiujący wektor kierunku: 0,0 – a następnie drugi punkt: 0,-1. Za odległość pomiędzy krawędziami wpisać należy 0.

Część ruchoma przesunie się wzdłuż osi Y, tak aby obie zaznaczone krawędzie weszły w kontakt.

#### 4. Moduł Step

Moduł Step służy do definiowania kroków analizy, oraz jakie rodzaje wyników są oczekiwane. Aby zaoszczędzić miejsca na dysku, oraz przyspieszyć analizę można część wyników wyłączyć. Przykładowo w analizach czysto termicznych niepotrzebne są wyniki obrazujące rozkład naprężeń.

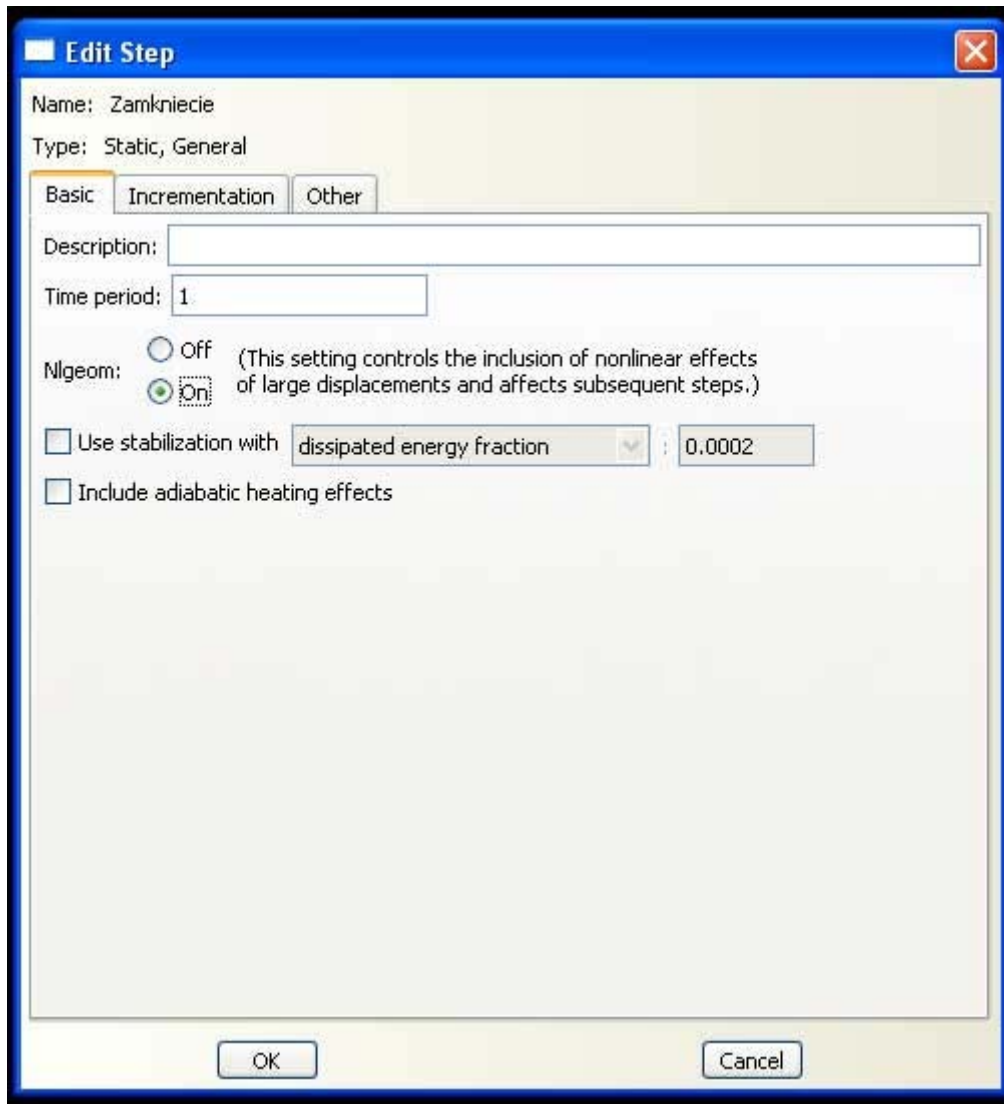
Z menu po lewej stronie wybieramy opcje *Create Step*



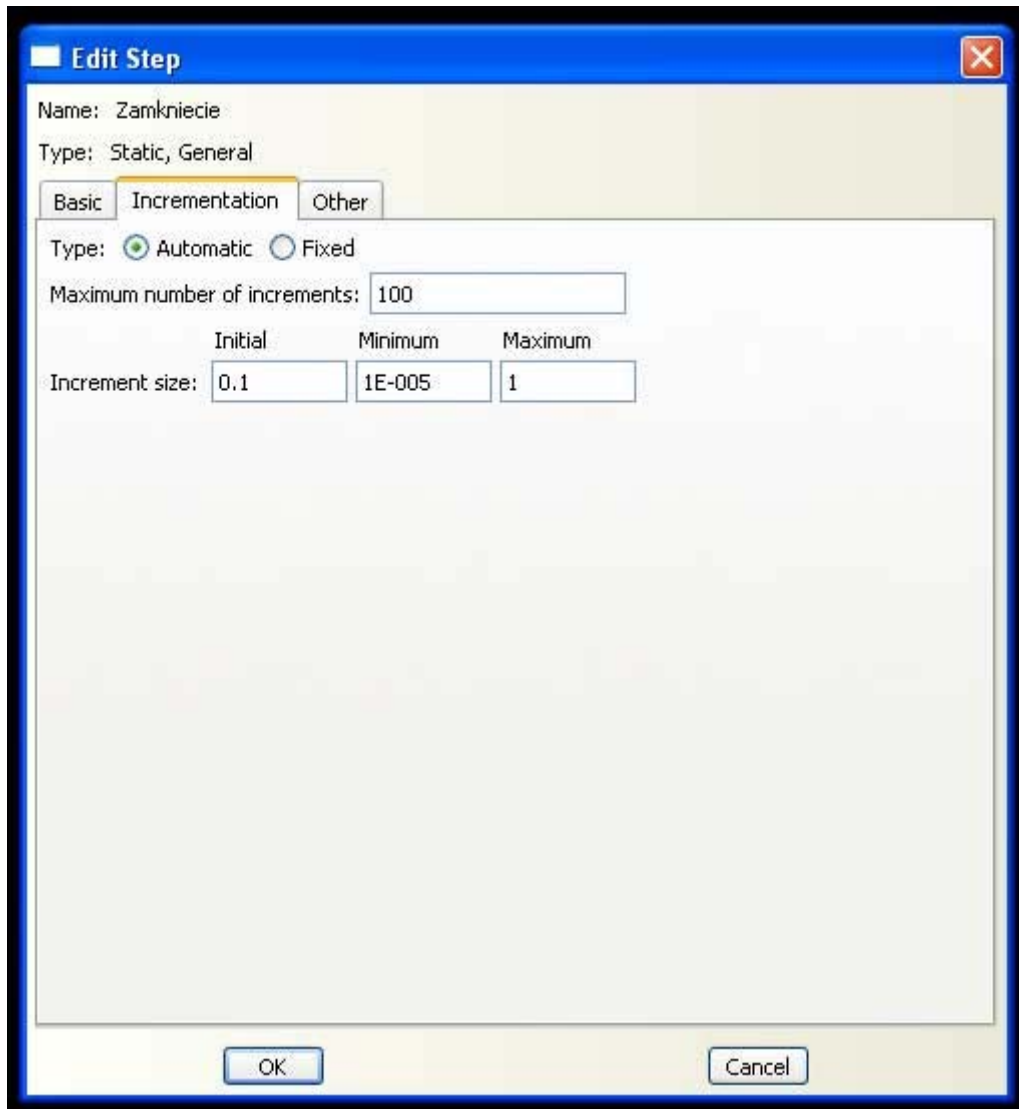
W otwartym oknie, definiuje się rodzaj kroku. Jako, iż analiza będzie wykonywana statycznie, definiuje się krok statyczny.



W oknie edycji parametrów kroku, włączyć opcję *Nlgeom*.



W zakładce Incrementation za Increment size – Initial należy wpisać 0.1. Opcja ta oznacza początkowy krok analizy, tj. 0.1s. Domyślna wartość ustawiona jest na 1.



Zmiany zatwierdzić należy przyciskiem OK.

## 5. Moduł Interactions

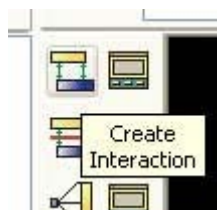
Moduł Interactions służy do definiowania kontaktu, i wszelkich innych relacji pomiędzy częściami będącymi w złożeniu. Istnieje także możliwość zdefiniowania tzw. Self Contact – czyli kontaktu pomiędzy krawędziami tej samej części.

W menu po lewej stronie, wybrać należy opcje *Create Interaction Property* aby zdefiniować parametry kontaktu.



W kolejnych dwóch oknach zaakceptować ustawienia domyślne. Ustawienia domyślne powodują, iż w strefie kontaktu, poza samym kontaktem, nie zachodzą inne zjawiska, takie jak np. poślizg, tarcie, wymiana ciepła, generowanie ciepła itp.

Kolejnym krokiem jest stworzenie kontaktu pomiędzy częściami. Z menu po lewej stronie należy wybrać *Create Interaction*

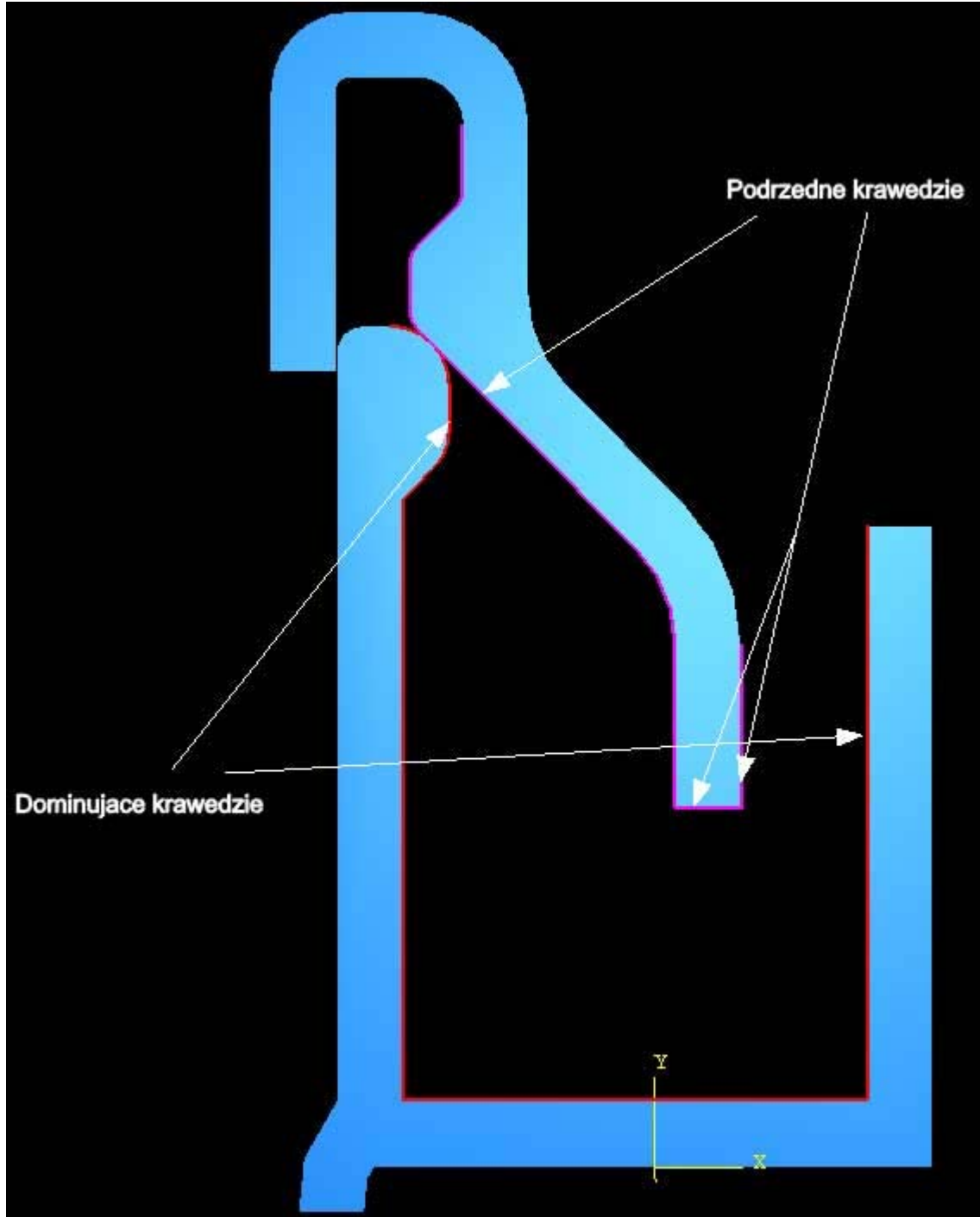


W nowo otwartym oknie, należy wpisać nazwę dla kontaktu (można zostawić domyślną), w rozwijanym menu *Step->Initial*. Rodzaj kontaktu to *Surface-to-surface*.





Po zaakceptowaniu, należy wybrać krawędzie kontaktu zgodnie z rysunkiem poniżej. Kilka krawędzie zaznacza się przytrzymując klawisz SHIFT. Master surface to krawędzie dominujące, natomiast Slave surface to krawędzie podrzędne. Najpierw zaznacza się krawędzie dominujące, zatwierdza przyciskiem Done u dołu ekranu, a następnie zaznaczyć należy krawędzie podrzędne, także zatwierdzając przyciskiem Done.

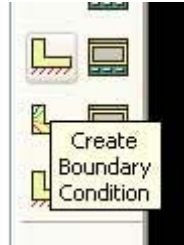


Po zatwierdzeniu wyboru pojawia się okno edycji parametrów kontaktu. Zatwierdzamy tam ustawienia domyślne.

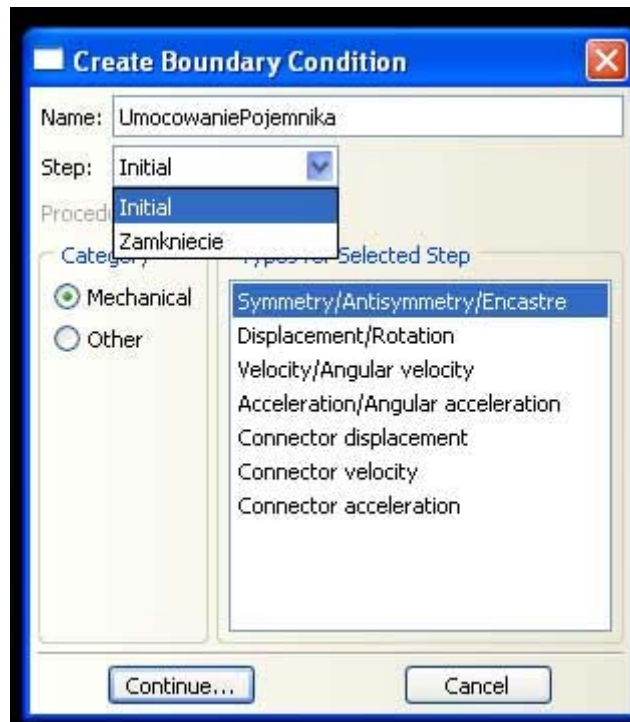
## 6. Moduł Load

W Module Load, definiuje się warunki brzegowe oraz warunki początkowe analizy.

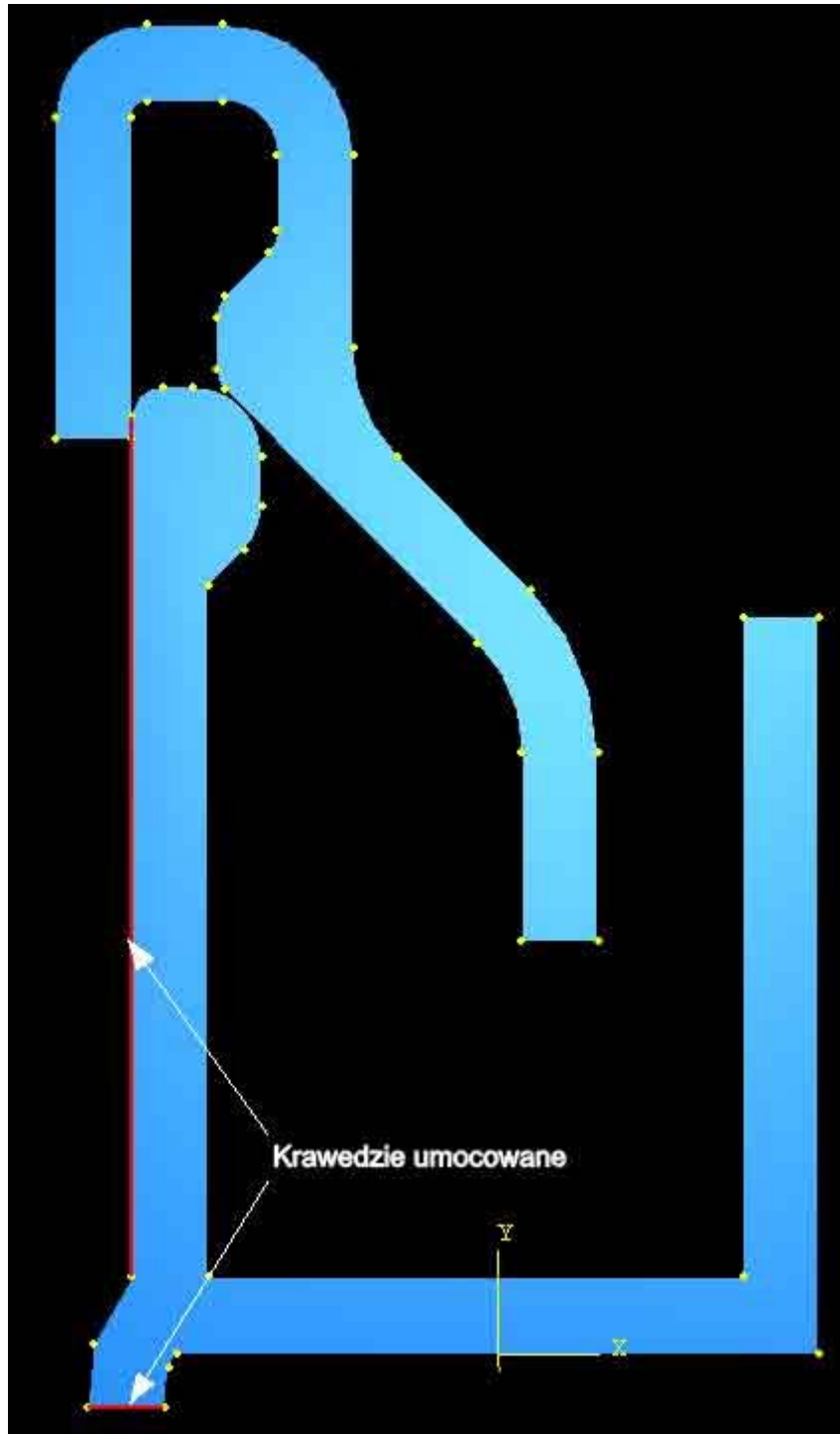
Z menu po lewej stronie należy wybrać *Create Boundary Condition*, aby odebrać odpowiednie stopnie swobody pojemnikowi.



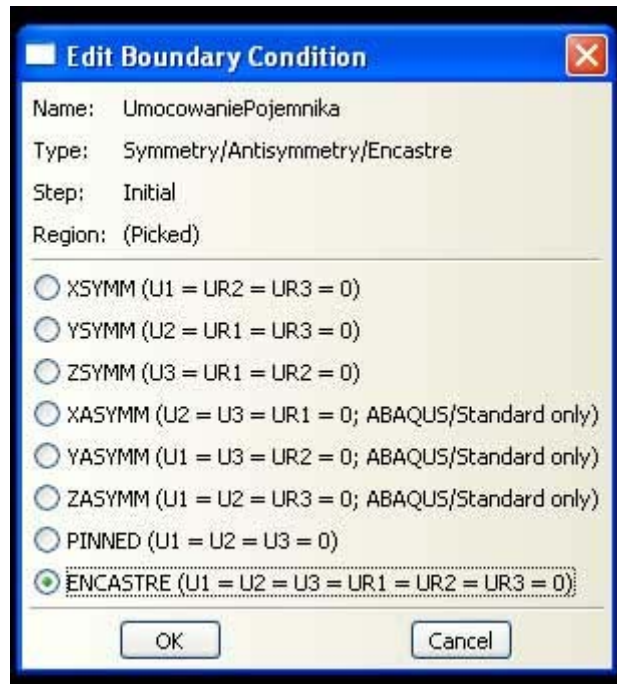
W oknie *Create Boundary Condition* wpisać nazwę umocowania, wybrać krok *Initial*, oraz rodzaj stosowanego umocowania – *Symmetry/Antisymmetry/Encastre*.



Zaznaczyć krawędzie, którym mają zostać odebrane stopnie swobody (przytrzymując klawisz SHIFT), oraz zatwierdzić przyciskiem Done u dołu ekranu.

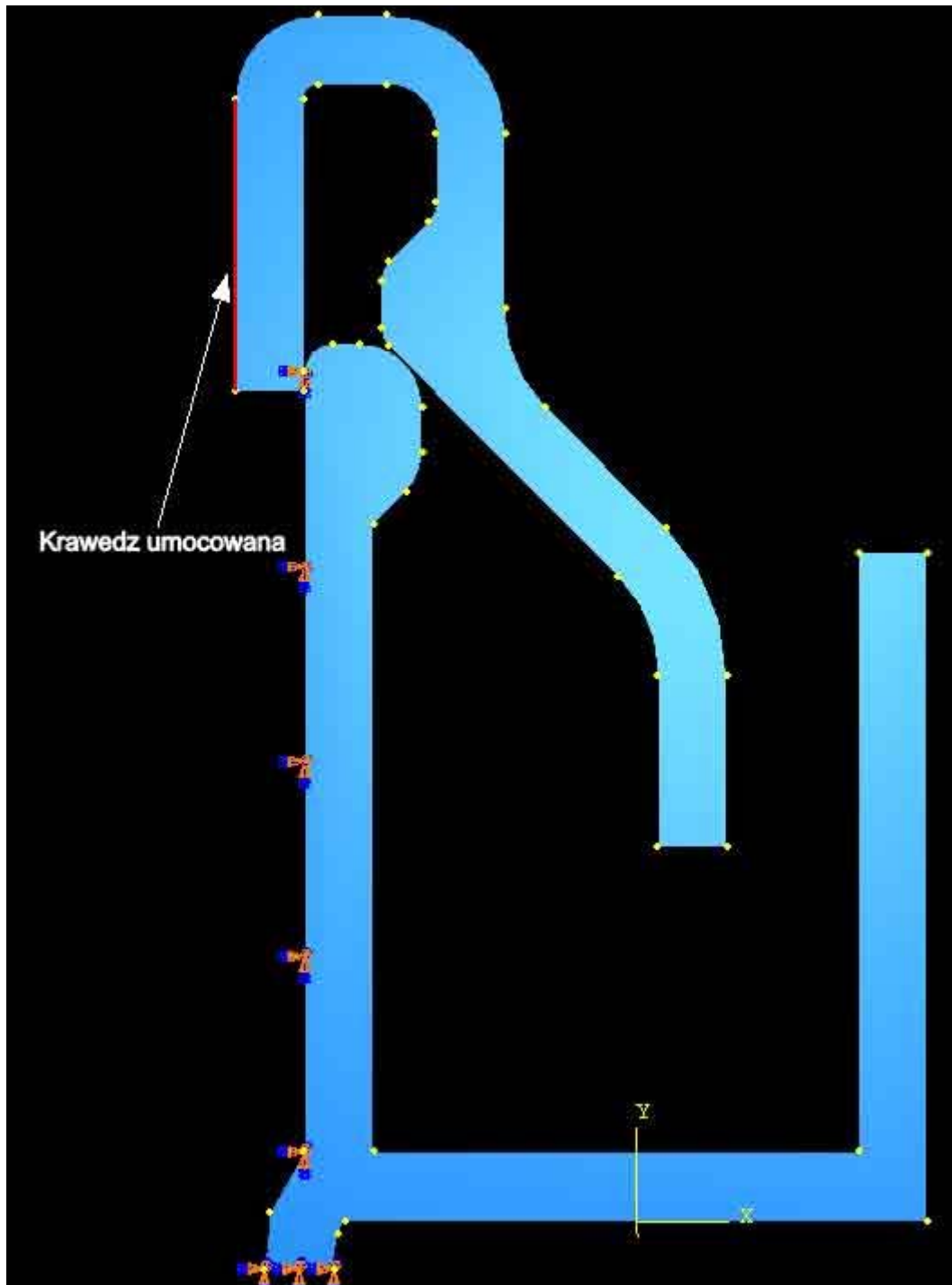


W nowo otwartym oknie wybrać *ENCASTRE* – czyli odebranie wszystkich stopni swobody, zatwierdzić przyciskiem OK.



Następnie należy przesunąć przykrywkę tak, aby zamknęła się z pojemnikiem.

Z menu po lewej stronie należy wybrać *Create Boundary Condition*. W oknie *Create Boundary Condition* wpisać nazwę umocowania - *UmocowaniePrzykrywki*, wybrać krok *Initial*, oraz rodzaj stosowanego umocowania – *Displacement/Rotation*. Wybrać krawędź przykrywki, która ma zostać umocowana, jak na rysunku, i zatwierdzić przyciskiem *Done*.



W oknie definicji umocowania, zaznaczyć odebranie wszystkich stopni swobody.



Następnie, z menu po lewej stronie, wybrać *Boundary Condition Manager*, aby wejść do menedżera umocowań.



Wybrać w nim pozycje dla kroku Zamknięcie i umocowania UmocowaniePrzykrywki i przycisnąć przycisk *Edit* – aby edytować umocowanie.



W otwartym oknie edycji umocowania, dla przesunięcia w kierunku osi 2 (oś rzędnych – Y), wpisać przesunięcie przykrywki względem pojemnika, tj. wartość  $-1.857e-3$ . Zatwierdzić przyciskiem OK.



Przyciskiem *Dismiss* – zamknąć edytora umocowań.

## 7. Module Mesh

Moduł Mesh służy do zarządzania podziałem na elementy skończone. W module tym definiuje się rodzaj siatki, rodzaj elementów skończonych, ilość elementów, miejscowe zagęszczenia siatki itp.

Wprawdzie Abaqus posiada rozbudowane możliwości tworzenia siatki, które można byłoby wykorzystać także i w tym przykładzie, to jednak, ponieważ jest to analiza 2D, znacznie więcej czasu poświęci się na tworzenie „estetycznej” siatki, niż na analizę z siatką mniej „estetyczną” za to bardziej zagęszczoną. Aby więc zaoszczędzić czas przygotowania analizy, wykorzystane zostanie narzędzie do automatycznego tworzenia siatki.

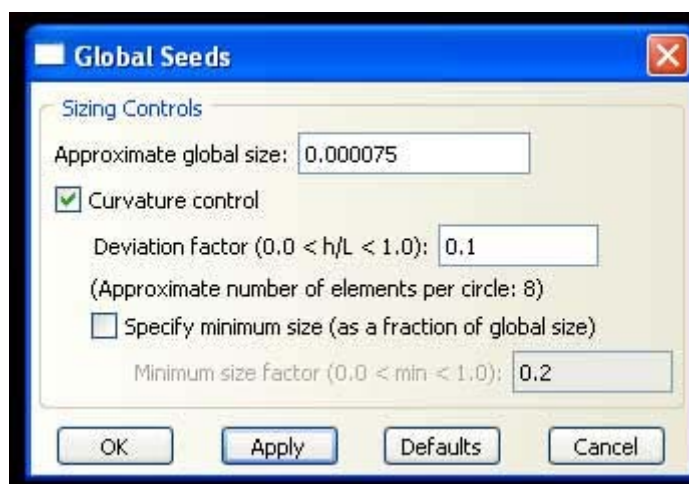
Ponieważ, Abaqus nie obsługuje mesh’owania (dzielenia na elementy skończone) części będących w złożeniu, należy każdą część mesh’ować oddzielnie. Aby wybrać część Pojemnik do mesh’owania, należy w górnym menu wybrać opcje *Part*, oraz z menu rozwijanego część *Pojemnik*.



Następnie, z menu po lewej stronie wybrać należy *Seed Part*, aby określić przybliżony rozmiar elementu skończonego dla całej części.



W oknie *Global Seeds*, w okienku *Approximate global size* wpisać wartość  $7.5e-5$ . Zatwierdzić przyciskiem OK.



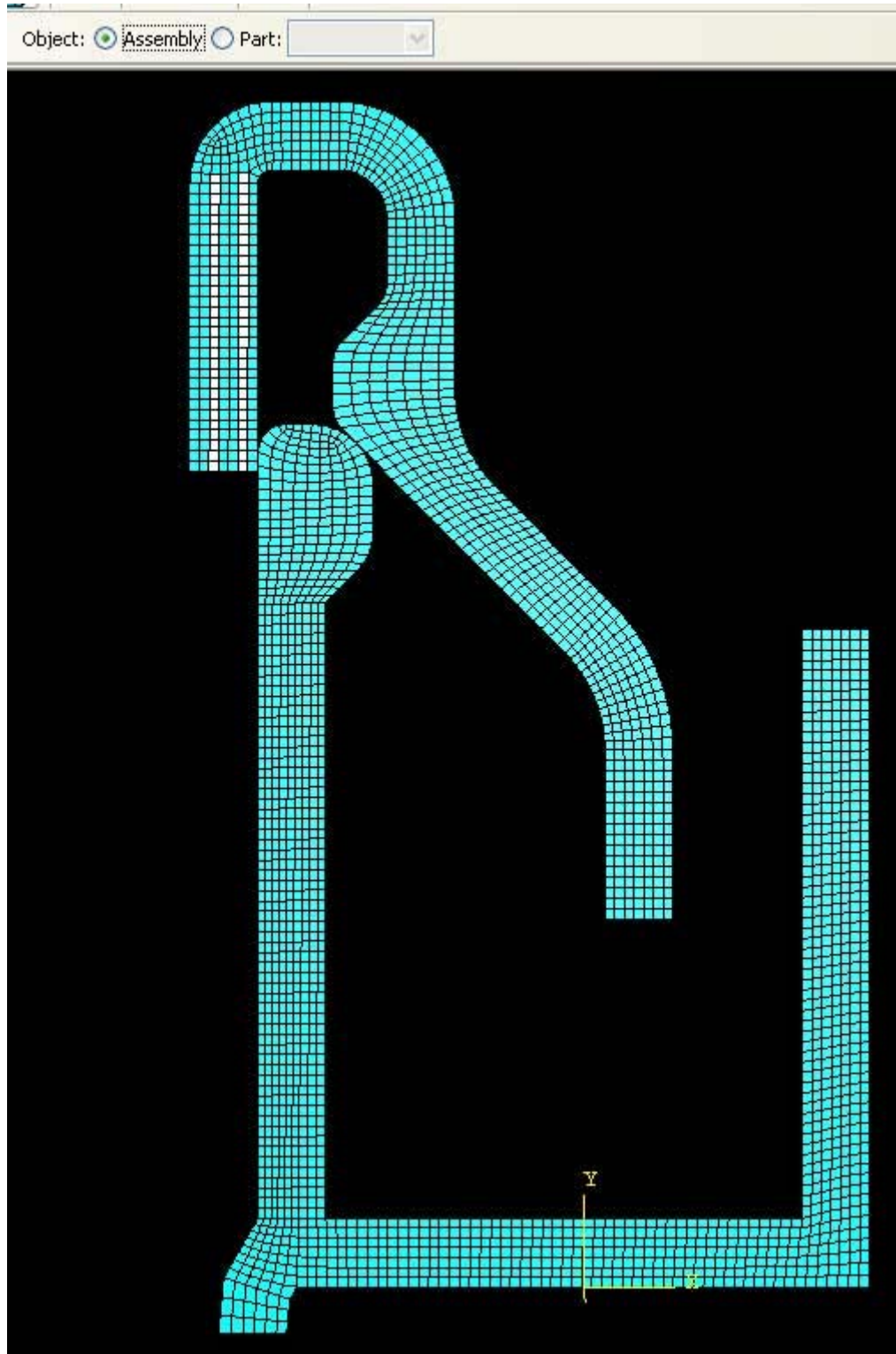


Następnie z menu bocznego, wybrać opcje *Mesh Part*, i zatwierdzić przyciskiem *Yes* u dołu ekranu.



Następnie należy powtórzyć całą procedurę dla części Przykrywka, zaczynając od wybrania tej części w menu rozwijanym u góry ekranu.

Po zmesh'owaniu części Przykrywka, w menu górnym można zpowrotem wybrać opcje *Assembly*. Obie zmesh'owane części powinny wyglądać następująco:



## 8. Module Job

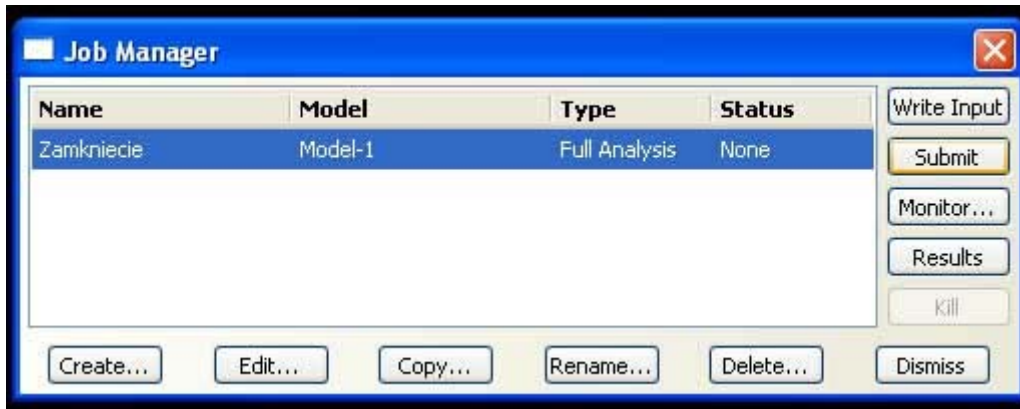
Moduł Job służy do definiowania analizy.

W menu bocznym, należy wybrać *Create Job*, wpisać nazwę Zamknięcie, i nacisnąć *Continue*.

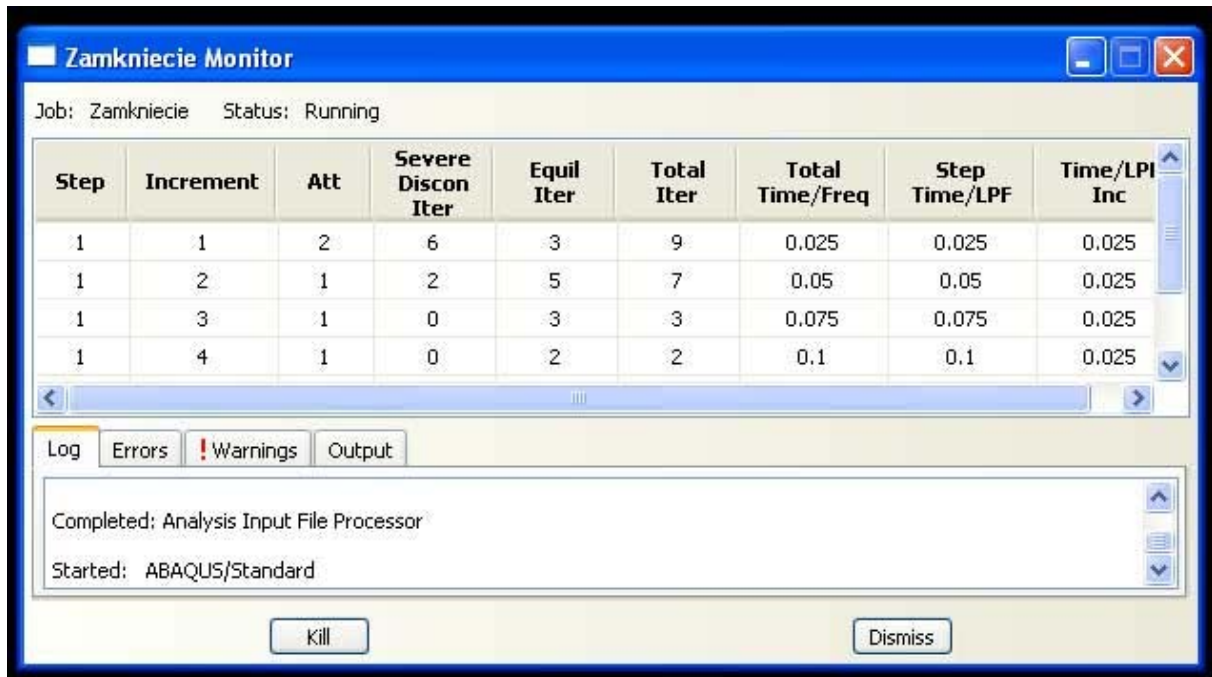


W otwartym oknie *Edit Job*, zaakceptować ustawienia domyślne poprzez naciśnięcie klawisza OK u dołu okna.

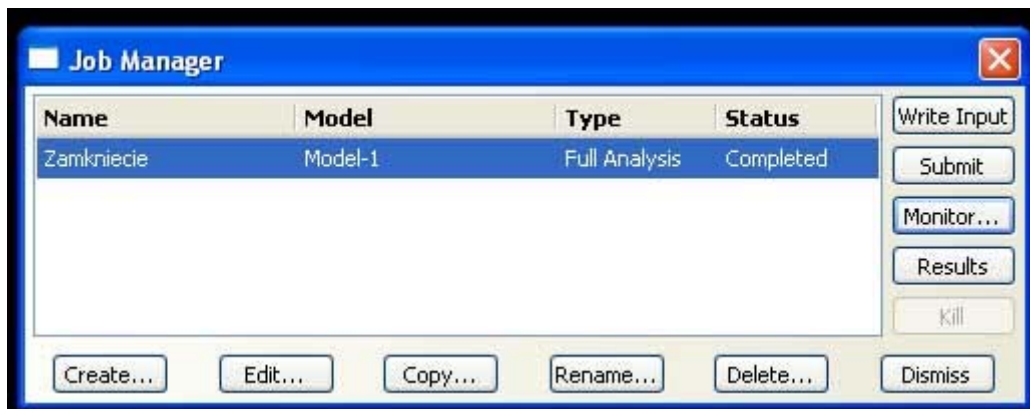
Następnie, w menu bocznym wybrać *Job Manager*, a w otwartym oknie Job Manager, rozpocząć analizę, poprzez naciśnięcie klawisza *Submit*.



Obliczenia, w zależności od szybkości komputera, mogą potrwać od 3 do 20 minut. Postęp obliczeń można podglądać w oknie *Monitor*.



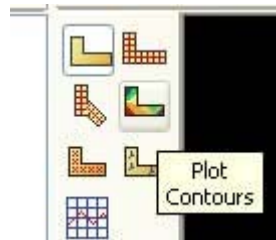
Po zakończeniu obliczeń, czyli po ukazaniu się w tabeli Status informacji Completed – aby zobaczyć wyniki analizy, należy wybrać opcję *Results*.



## 9. Module Visualisation

Moduł Visualisation służy do prezentacji wyników analizy. Można tu generować wszelkiego rodzaju wykresy, mapy rozkładów naprężeń, przemieszczeń, temperatury, energii itp., przekroje, wyrwania itp. Można także wstępnie obrabiać uzyskane wyniki obliczeń.

Aby zobaczyć rozkład naprężeń w obu częściach, z menu bocznego należy wybrać *Plot Contours*



Aby zobaczyć symulację zamykania pojemnika, z menu bocznego wybrać należy *Animate: Time History*



Jeżeli Animacja jest za szybka, można zmniejszyć jej szybkość wykorzystując do tego opcje ukryte pod przyciskiem *Animation Options* w prawym dolnym rogu ekranu.

---

Od Autora.

Zachęcam wszystkich którzy przeszli ten samouczek, do podzielenia się ze mną swoimi uwagami na jego temat. Która część była niejasna, co wymaga poprawienia, może ktoś się natknąć na jakieś błędy? Swoje uwagi można wysłać na adres: [info@cae.info.pl](mailto:info@cae.info.pl) bądź też pisać na forum serwisu CAE.info.