

Przepływ ciepła w zakrzywionej rurze

Marzena Bielecka
Zuzanna Szester
Magdalena Syrek

Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki
Politechnika Krakowska im. T.Kościuszki

21 styczeń 2018

Spis treści

- 1 Przepływ ciepła w zakrzywionej rurze
- 2 Przebieg doświadczenia
- 3 Wykres
- 4 Wyniki

Przepływy ciepła w zakrzywionej rurze

Przepływy ciepła

Proces wymiany ciepła między ciałami o różnej temperaturze pozostającymi ze sobą w bezpośrednim kontakcie. Polega on na przekazaniu energii kinetycznej bezwładnego ruczu cząstek podczas zderzeń.

Ciepło

Ciepło płynie tylko wtedy, gdy występuje różnica temperatur, w kierunku od temperatury wyższej do temperatury niższej. Z dobrym przybliżeniem dla większości substancji ilość energii przekazanej przez jednostkę powierzchni w jednostce czasu jest proporcjonalna do różnicy temperatur, co opisuje równanie różniczkowe Fouriera.

Równanie różniczkowe Fouriera

$$\frac{\partial Q}{\partial T} = -k \oint_S \nabla T \cdot dS \quad (1)$$

gdzie:

- Q - natężenie przepływu ciepła (ilość ciepła wymieniona w jednostce czasu)
- T - temperatura
- k - współczynnik przewodnictwa cieplnego

Równanie różniczkowe Fouriera

$$\frac{\partial Q}{\partial T} = -k \oint_S \nabla T \cdot dS \quad (1)$$

gdzie:

- Q - natężenie przepływu ciepła (ilość ciepła wymieniona w jednostce czasu)
- T - temperatura
- k - współczynnik przewodnictwa cieplnego

Równanie różniczkowe Fouriera

$$\frac{\partial Q}{\partial T} = -k \oint_S \nabla T \cdot dS \quad (1)$$

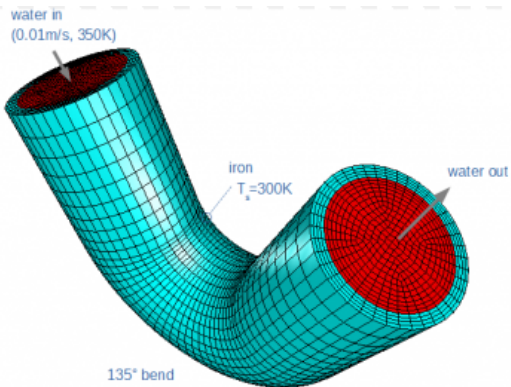
gdzie:

- Q - natężenie przepływu ciepła (ilość ciepła wymieniona w jednostce czasu)
- T - temperatura
- k - współczynnik przewodnictwa cieplnego

Pierwsze kroki

W programie Elmer przeprowadziłyśmy symulacje przepływu termicznego w zakrzywionej rurze o skończonej grubości. Należało rozwiązać równanie przepływu i ciepła. Wewnętrzna średnica rury wynosi 0,01 m, a zewnętrzna 0,012 m. Jest zagięta pod kątem 135 stopni o promieniu 0,02 m. Przez rurę przepływa woda o temperaturze początkowej 350 K. Zewnętrzna temperatura żelaznej rury wynosi 300 K, powodując stopniowe schładzanie wody. Przepływ jest traktowany jako stacjonarny i laminarny w celu ułatwienia analizy.

Rura



Pierwsze kroki

Pierwszą rzeczą po załadowaniu pliku z rozszerzeniem .grd jest ustawienie układu współrzędnych na kartezjańskie. Następnie dodajemy równania, które będą opisywały zachowanie modelu.

```
Model
  Equation
    Add
      Name = Just Heat
      Apply to Bodies = 2
      Heat Equation
        Active = on
        Convection = None
    OK
```

```
Model
  Equation
    Add
      Name = Heat and Flow
      Apply to Bodies = 1
      Heat Equation
        Active = on
        Convection = Computed
      Navier-Stokes
        Active = on
        Priority = 1
      Edit Solver Setting
        Linear System
          Preconditioning = ILU1
    OK
```

Pierwsze kroki

Kolejną czynnością było nadanie materiałów i ich własności poszczególnym częściom modelu.

```
Model
Material
  Add
  Material library
    Water (room temperature)
  Apply to Bodies = 1
  OK

  Add
  Material library
    Iron (generic)
  Apply to Bodies = 2
  OK
```

Pierwsze kroki

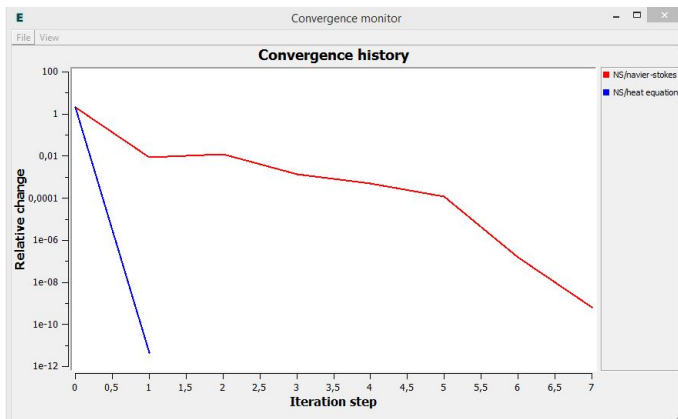
W późniejszym etapie nadajemy modelowi warunki brzegowe.

```
Model
  BoundaryCondition
    Name = HotInflow
    Heat Equation
      Temperature = 350.0
  Navier-Stokes
    Velocity 1 = 0.0
    Velocity 2 = 0.0
    Velocity 3 = Variable Coordinate
      Real MATC "100.0*(1.0e-4-tx(0)^2-tx(1)^2)"
  Add
  New
```

```
Navier-Stokes
  Use normal-tangential coordinate system = on
  Velocity 2 = 0.0
  Velocity 3 = 0.0
  Add
  New
  Name = NoSlip
  Navier-Stokes
    NoSlip Wall BC = on
  Add
  New
  Name = Troom
  Heat Equation
    Temperature = 300.0
  Add
```

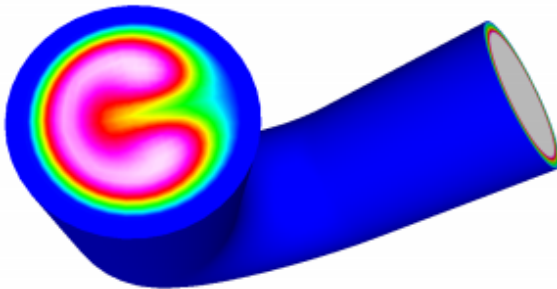
Wyniki

Po prawidłowym przeprowadzeniu kalibracji modelu otrzymaliśmy wykres względnej zmiany ciepła względem kroku iteracji.

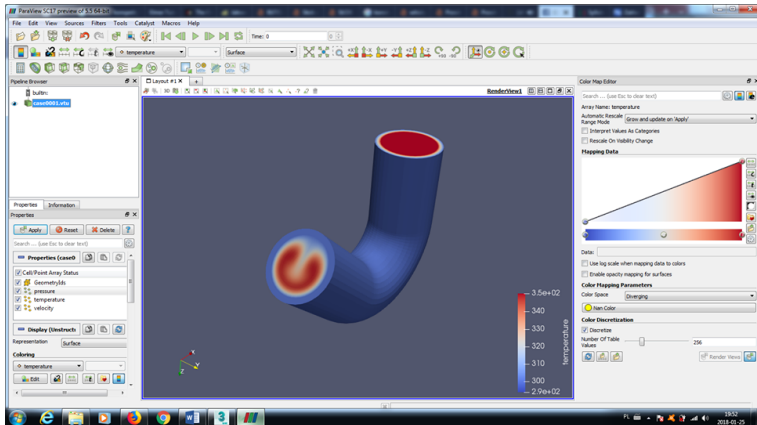


Wyniki

Rozkład temperatury na wylocie rury

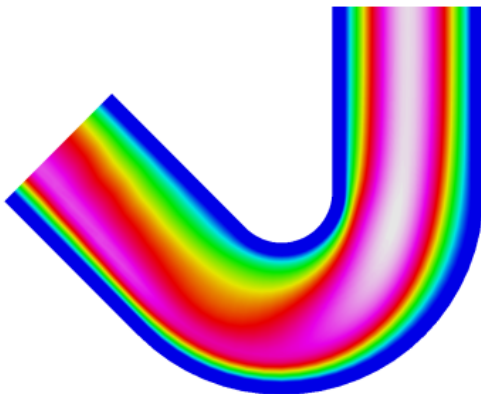


Rura

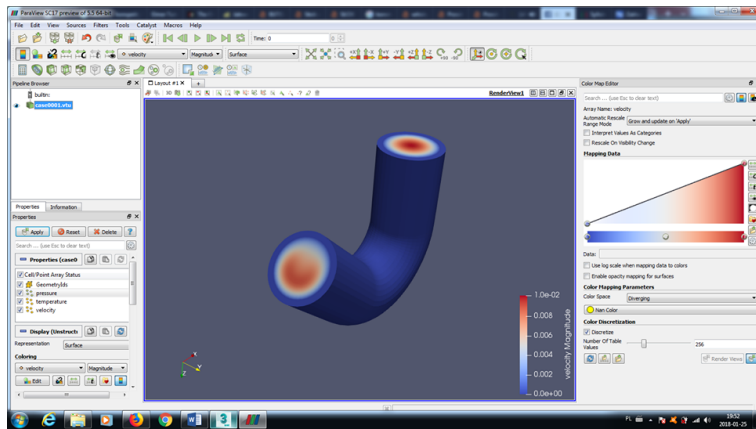


Wyniki

Rozkład prędkości na przekroju $y=0$



Wyniki



Wyniki

Rozkład temperatury na przekroju $y=0$

