Konrad Tabiś  
Metoda Elementów Skończonych  
Sprawozdanie

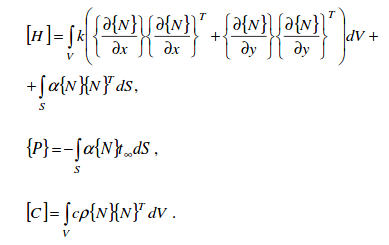
1. Wstęp teoretyczny

Korzystając z równania fouriera:

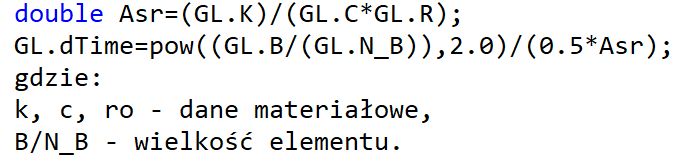
Z uwzględnieniem warunków brzegowych w postaci całek:

 oraz

Uzyskujemy układ równań:



Rozwiązaniu uzyskamy za pomocą rozwiązania powyższego układu równań.

Optymalny krok czasowy uzyskamy za pomocą równania:

1. Przedstawienie problemu

W tym sprawozdaniu mam zamiar sprawdzić jakie substancje najlepiej wykorzystać w łaźni chłodzącej.

Wykonuje się je z mieszanin różnych związków chemicznych, które mają tendencję do samorzutnego utrzymywania niskiej temperatury, jeśli tylko systematycznie uzupełnia się w nich medium chłodzące (np. lód wrzucany do wody).

W tym celu porównam trzy substancje, w których będzie zanurzona odpowiednio długa belka stalowa:

* Woda/lód
* Powietrze
* Olej

Dane wejściowe:  
Szerokość: 0,1 m

Wysokość: 0,1 m

Ilość elementów na szerokości: 11

Ilość elementów na wysokości: 11

Początkowa temperatura w węzłach: 200 °C

Temperatura wody, powietrza i oleju: 0°C

Alfa wody: 500 W/(K\*m^2)

Alfa powietrza: 30 W/(K\*m^2)

Alfa oleju: 900 W/(K\*m^2)

Ciepło właściwe stali: 460 J/(kg\*°C)

Gęstość stali: 7800 kg/m^3

Przewodność cieplna: 58 W/(m\*°C)

1. Uzyskane wyniki

Czas chłodzenia dla wszystkich ośrodków wynosi 500s. Temperatura początkowa jak i temperatura ośrodka chłodzącego także była taka sama.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 35,879 | 37,562 | 38,887 | 39,843 | 40,42 | 40,613 | 40,42 | 39,843 | 38,887 | 37,562 | 35,879 |
| 37,562 | 39,323 | 40,71 | 41,711 | 42,315 | 42,517 | 42,315 | 41,711 | 40,71 | 39,323 | 37,562 |
| 38,887 | 40,71 | 42,147 | 43,183 | 43,808 | 44,018 | 43,808 | 43,183 | 42,147 | 40,71 | 38,887 |
| 39,843 | 41,711 | 43,183 | 44,244 | 44,885 | 45,1 | 44,885 | 44,244 | 43,183 | 41,711 | 39,843 |
| 40,42 | 42,315 | 43,808 | 44,885 | 45,535 | 45,753 | 45,535 | 44,885 | 43,808 | 42,315 | 40,42 |
| 40,613 | 42,517 | 44,018 | 45,1 | 45,753 | 45,971 | 45,753 | 45,1 | 44,018 | 42,517 | 40,613 |
| 40,42 | 42,315 | 43,808 | 44,885 | 45,535 | 45,753 | 45,535 | 44,885 | 43,808 | 42,315 | 40,42 |
| 39,843 | 41,711 | 43,183 | 44,244 | 44,885 | 45,1 | 44,885 | 44,244 | 43,183 | 41,711 | 39,843 |
| 38,887 | 40,71 | 42,147 | 43,183 | 43,808 | 44,018 | 43,808 | 43,183 | 42,147 | 40,71 | 38,887 |
| 37,562 | 39,323 | 40,71 | 41,711 | 42,315 | 42,517 | 42,315 | 41,711 | 40,71 | 39,323 | 37,562 |
| 35,879 | 37,562 | 38,887 | 39,843 | 40,42 | 40,613 | 40,42 | 39,843 | 38,887 | 37,562 | 35,879 |

Ośrodek chłodzący: woda

Ośrodek chłodzący: powietrze

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 146,895 | 148,037 | 148,926 | 149,563 | 149,945 | 150,073 | 149,945 | 149,563 | 148,926 | 148,037 | 146,895 |
| 148,037 | 149,187 | 150,083 | 150,725 | 151,11 | 151,238 | 151,11 | 150,725 | 150,083 | 149,187 | 148,037 |
| 148,926 | 150,083 | 150,985 | 151,63 | 152,018 | 152,147 | 152,018 | 151,63 | 150,985 | 150,083 | 148,926 |
| 149,563 | 150,725 | 151,63 | 152,278 | 152,668 | 152,798 | 152,668 | 152,278 | 151,63 | 150,725 | 149,563 |
| 149,945 | 151,11 | 152,018 | 152,668 | 153,058 | 153,188 | 153,058 | 152,668 | 152,018 | 151,11 | 149,945 |
| 150,073 | 151,238 | 152,147 | 152,798 | 153,188 | 153,318 | 153,188 | 152,798 | 152,147 | 151,238 | 150,073 |
| 149,945 | 151,11 | 152,018 | 152,668 | 153,058 | 153,188 | 153,058 | 152,668 | 152,018 | 151,11 | 149,945 |
| 149,563 | 150,725 | 151,63 | 152,278 | 152,668 | 152,798 | 152,668 | 152,278 | 151,63 | 150,725 | 149,563 |
| 148,926 | 150,083 | 150,985 | 151,63 | 152,018 | 152,147 | 152,018 | 151,63 | 150,985 | 150,083 | 148,926 |
| 148,037 | 149,187 | 150,083 | 150,725 | 151,11 | 151,238 | 151,11 | 150,725 | 150,083 | 149,187 | 148,037 |
| 146,895 | 148,037 | 148,926 | 149,563 | 149,945 | 150,073 | 149,945 | 149,563 | 148,926 | 148,037 | 146,895 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2,493 | 2,848 | 3,134 | 3,343 | 3,47 | 3,513 | 3,47 | 3,343 | 3,134 | 2,848 | 2,493 |
| 2,848 | 3,254 | 3,58 | 3,818 | 3,964 | 4,013 | 3,964 | 3,818 | 3,58 | 3,254 | 2,848 |
| 3,134 | 3,58 | 3,938 | 4,201 | 4,361 | 4,415 | 4,361 | 4,201 | 3,938 | 3,58 | 3,134 |
| 3,343 | 3,818 | 4,201 | 4,481 | 4,652 | 4,71 | 4,652 | 4,481 | 4,201 | 3,818 | 3,343 |
| 3,47 | 3,964 | 4,361 | 4,652 | 4,83 | 4,889 | 4,83 | 4,652 | 4,361 | 3,964 | 3,47 |
| 3,513 | 4,013 | 4,415 | 4,71 | 4,889 | 4,95 | 4,889 | 4,71 | 4,415 | 4,013 | 3,513 |
| 3,47 | 3,964 | 4,361 | 4,652 | 4,83 | 4,889 | 4,83 | 4,652 | 4,361 | 3,964 | 3,47 |
| 3,343 | 3,818 | 4,201 | 4,481 | 4,652 | 4,71 | 4,652 | 4,481 | 4,201 | 3,818 | 3,343 |
| 3,134 | 3,58 | 3,938 | 4,201 | 4,361 | 4,415 | 4,361 | 4,201 | 3,938 | 3,58 | 3,134 |
| 2,848 | 3,254 | 3,58 | 3,818 | 3,964 | 4,013 | 3,964 | 3,818 | 3,58 | 3,254 | 2,848 |
| 2,493 | 2,848 | 3,134 | 3,343 | 3,47 | 3,513 | 3,47 | 3,343 | 3,134 | 2,848 | 2,493 |

Ośrodek chłodzący: olej

1. Wnioski

Jak można było się spodziewać najpowolniejsze chłodzenie przebiega w powietrzu a najlepsze w oleju, gdyż olej ma najwyższy współczynnik wymiany ciepła. Czas 500s czyli 8 minut i 20 sekund pozwala na schłodzenie belki do średniej temperatury około 4°C, gdzie dla wody średnia wynosi około 42°C, a powietrza prawie 151°C. powietrze nie nadaje się jako ośrodek chłodzący, aby schłodzić tą belkę do temperatury 25°C potrzebowalibyśmy aż godziny czasu. Dlatego w profesjonalnych łaźniach chłodniczych wykorzystuje się ciekłe powietrze, ale także bardzo rzadko z powodu wysokich kosztów jakie generuje skraplanie powietrza. Można zauważyć także że rozkład temperatur wewnątrz belki jest dość równomierny. Dzieje się tak, ponieważ stal dobrze przewodzi ciepło.