Przenoszenie ciepła studia stacjonarne

Zadania /przewodzenie –przenikanie, geometria ścianki płaskiej , cylindrycznej, kulistej/

1. Gęstość strumienia strat ciepła przewodzonego przez ceglaną ścianę kotła o grubości delta 350 mm wynosi 1634W/m2. Temperatura lewej zewnętrznej strony (okładki) wynosi 900oC, prawej okładki wynosi 20oC a współczynnik przewodzenia lambda. Podaj odległość od lewej okładki, gdzie temperatura osiągnie 800oC ? [ 39mm]. Narysuj rozkład temperatury w przekroju ściany[linia prosta]

1.b/ Ściana ma geometrię jak wyżej. Zmierzono temperaturę medium omywających ją z jednej i z drugiej strony. Temperatura powietrza od str. wyższej temperatury wynosiła 1000oC, a od str. niższej temperatury : 15oC. Proszę określić współczynniki alfa wnikania i przejmowania ciepła po obu str. ściany.

1. Rurociąg parowy ma średnicę wewnętrzną oraz średnicę zewnętrzną odpowiednio Dw=120mm i Dz=130mm [Dz/Dw=120mm/130mm].Jest on pokryty izolacją o grubości delta izol=80mm. Współczynniki przewodzenia dla odpowiednio stali i izolacji wynoszą 45W/(mK) oraz 0,06 W/(mK).Temperatura na skrajnej wewnętrznej powierzchni ścianki wynosi teta1=500oC, a na skrajnie zewnętrznej izolacji teta3=60oC. Obliczyć liniową gęstość strumienia ciepła przewodzonego przez rurę z izolacją, temperaturę na styku izolacji ze stalą oraz, gdzie temperatura osiągnie wartość 400oC?. [206,7 W/m; 499oC; 0,005m]. Narysuj rozkład temperatury w przekroju rury.[f-cja logarytmiczna]

2b/ Ściana rury ma geometrię jak wyżej. Zmierzono temperaturę medium omywających ją od wewnątrz i od zewnątrz. Temperatura powietrza od str. wewnętrznej wynosiła 530oC, a od str. zewnętrznej : 30oC. Proszę określić współczynniki alfa wnikania i przejmowania ciepła od wewnątrz i na zewnątrz rurociągu.

1. Stalowy rurociąg o średnicy Dw/Dz= 150mm/180mm pokryty jest warstwami izolacji o grubości delta2= delta3= 40mm. Temperatura wewnętrznej powierzchni rurociągu teta1 wynosi 400oC, a najbardziej zewnętrznej powierzchni izolacji teta4= 30oC. Określić liniową gęstość strumienia ciepła oraz temperaturę na styku stali z izolacją gdy warstwy przylegają do siebie kolejno warstwa stali o współczynniku przewodzenia lambda 40W/(mK); izolacja pierwsza o współczynniku przewodzenia lambda1= 0,02 W/(mK) oraz izolacja 2 o współczynniku przewodzenia lambda 2= 0,01W/(mK). Podać jak zmieni liniowa gęstość ciepła oraz temperatura na zewnętrznej okładce izolacji, jeśli warstwy izolacyjne zmienią swoją kolejność. Podpowiedź - temperatura na styku stali z izolacją będzie jedyną temperaturą która pozostanie niezmieniona , poza temperaturą na wewnętrznej ściance rury stalowej [dla pierwszego przypadku 136W/(m), 159,3oC]
2. Stalowy zbiornik w kształcie kuli o średnicy wewnętrznej D=800 mm ma grubość ścianki delta = 5mm . Materiał zbiornika ma współczynnik przewodzenia lambda= 50W/(mK). Zbiornik został zaizolowany izolacją o grubości delta iz.= 250mm. Temperatura wewnętrznej ścianki kuli ma być zadaniowo utrzymywana na poziomie nie niższym teta1= 450oC a temperatura skrajna na powierzchni izolacji ma wynosić teta2= 25oC . Podać minimalną wydajność grzałki oraz temperaturę na styku stal-izolacja. [Q=680W]

4b/Ściana kuli ma geometrię jak wyżej. Zmierzono temperaturę medium omywających ją od wewnątrz i od zewnątrz. Temperatura powietrza od str. wewnętrznej wynosiła 500oC, a od str. zewnętrznej : 20oC. Proszę określić współczynniki alfa wnikania i przejmowania ciepła od wewnątrz i na zewnątrz kuli.

1. Nieliniowy współczynnik przewodzenia

Płaską powierzchnię izolującą należy zaprojektować tak by gęstość ciepła strat była nie niższa niż 600W/m2. Temperatura na lewej okładce wynosi teta1= 600oC a na prawej okładce teta2=40oC. Określić grubość tej ścianki jeśli wsp. przewodzenia zmienia się liniowo z temperaturą wg wzoru lambda=(0,08 + 0,000784\* teta) [0,308m]

1. Obliczyć gęstość strumienia ciepła przewodzonego przez ściankę płaską , której grubość wynosi 0,2 m oraz współczynnik przewodzenia λ=0,25W/(mK), jeśli temperatury na zewnętrznych powierzchniach wynoszą odpowiednio 300K i 275K. Wykreślić rozkład temperatury w przekroju prostopadłym do powierzchni zewnętrznych ścianek, oraz wyznaczyć punkt w którym temperatura powierzchni wyniesie: 310K, 280K, 270K, 150K.

[ Gęstość 31,5W/m2; x(280K)=0,16m od lewej krawędzi ściany]

1. Ekrany wodne kotła parowego wykonane są z rur stalowych λ=60W/(mK) o średnicach $\frac{d\_{1}}{d\_{2}}=\frac{87mm}{77mm}$. Podczas eksploatacji wewnątrz rur powstała warstwa kamienia kotłowego o grubości 0,002m(λ=0,8W/(mK)), zaś na zewnątrz powstał osad z popiołu grubości 0,005m i λ=1W/(mK). Temperatura spalin wynosi 10000C, a ciśnienie produkowanej pary to 1,6 MPa. Przyjmując współczynnik przejmowania ciepła od spalin $α=80\frac{W}{m^{2}K}$ oraz współczynnik przejmowania od pary 10000$\frac{W}{m^{2}K}$ , obliczyć współczynnik przenikania ciepła dla czystej rury i rury z osadem oraz gęstość strumienia ciepła w obu przypadkach.

[Odp. Dla czystej rury k=21,92 W/(mK), gęstość strumienia ciepła 17505 W/m; dla rury z osadem k=15,94 W/(mK), gęstość strumienia ciepła 12730 W/m]

1. W pomieszczeniu o temperaturze 283K przebiega stalowy rurociąg( λ=45,3W/(mK)), w którym płynie woda z prędkością 0,25 m/s. Temperatura początkowa wody to 353K. Promień wewnętrzny rurociągu to 0,051m, a jego grubość ścianki to 0,0035m oraz długości 100m. Rurociąg zaizolowano warstwą o grubości 0,06m. Współczynnik przejmowania ciepła wewnątrz rurociągu wynosi 3500 $\frac{W}{m^{2}K}$ , a na zewnątrz 20 $\frac{W}{m^{2}K}$ . Przyjmując spadek temperatury wody na długości rurociągu 5K , obliczyć współczynnik przewodzenia ciepła w izolacji.

[Odp. 1,35 W/(mK)]

1. Wyprowadzić wzór na średnicę krytyczną powierzchni cylindrycznej, podać jej znaczenie w przemyśle oraz policzyć przykładową średnicę krytyczną dla własnych danych.
2. Obmurze pieca wykonane jest z cegły szamotowej o współczynniku zmieniającym się wraz z temperaturą wg zależności λ=0,84(1+0,000695t)W/(mK) gdzie t- temperatura wyrażona w 0C. Grubość obmurza to 0,25m. Obliczyć gęstość strumienia ciepła przenikającego przez ściankę , temperatury na powierzchniach ściany, jeśli temperatura w piecu wynosi 12000C, temperatura w pomieszczeniu to 300C.Współczynniki przejmowania ciepła w piecu i w pomieszczeniu odpowiednio: 30$\frac{W}{m^{2}K}$ i 10$\frac{W}{m^{2}K}$.

[Odp. 3530W/m2]

Wewnętrzne Źródła Ciepła

1. Współczynnik przewodzenia materiału płyty wynosi Lambda =15W/(mK). Wyznaczyć max. temperaturę płyty, gdy temperatury na lewej i prawej okładce wynoszą odpowiednio:1800oC oraz 2500oC. Gęstość mocy cieplnej $\dot{q}\_{V}=10^{9}\frac{w}{m^{3}}$

[Odp.3020oC, w odległości 6,05 mm od lewej krawędzi]

1. Grzałka elektryczna z drutu CrNi o średnicy=2 mm i długości l=15 m jest omywana strumieniem powietrza o temperaturze 20oC. Określić liniową gęstość strumienia ciepła odbieranego od grzałki a także temperaturę w osi drutu i na jego powierzchni , jeśli natężenie prądu przepływającego przez grzałkę wynosi I=20A. Opór Właściwy CrNi wynosi $ρ=1,1Ωmm^{2}/m$ , współczynnik przewodzenia $λ=15W/(mK)$, a współczynnik wnikania ciepła od pow. grzałki do powietrza wynosi$α=45,5 W/(m^{2}K)$ [Odp. Temp. na pow. drutu 510oC, temperatura w osi 510,75oC]

Pręty

1. Na skutek tarcia stalowego wału ($λ=46 W/(mK)$ temperatura u nasady pręta jest wyższa o 40 K od temperatury otoczenia ($t\_{ot}$=$20^{0}$C). Średnica wału wynosi d=100mm, długość wystającej części wynosi L-0,5m, zaś współczynnik przejmowania ciepła ma wartość $α=6\frac{W}{Km^{2}}$. Oblicz nadwyżkę temperatury na końcu pręta oraz strumień ciepła przekazany otoczeniu dla trzech wariantów:

a/ traktując pręt jak nieskończenie długi

b/ traktując pręt jak o skończonej długości , izolowany na końcu

c/ traktując pręt jak o skończonej długości , nieizolowany na końcu

d/ określić stałe $C\_{1}$ i $C\_{2}$ dla warunków rzeczywistych

e/określić ilość ciepła przewodzonego w przekroju na końcu pręta i w dowolnej odległości od miejsca utwierdzenia dla dowolnego podpunktu a/ lub b/ lub c /lub d/

f/określić ilość ciepła która jest rozpraszana przez pobocznicę pręta od miejsca utwierdzenia do dowolnego przekroju określonego w punkcie e/

1. Pręt mosiężny ($λ=100 W/(mK)$) o średnicy 25mm tkwi jednym końcem w kąpieli o temperaturze 320 0 C a drugim końcem -w temperaturze 4200 C . Na długości L= 395mm pomiędzy kąpielami pręt omywany jest powietrzem o temperaturze 200 C , a współczynnik przejmowania ciepła wynosi $α=16\frac{W}{Km^{2}}$. Oblicz najniższą temperaturę pręta oraz strumień ciepła przekazany do powietrza . Narysuj rozkład temperatury wzdłuż pręta.

Odp: / 241,60 C dla x=0,118mm od lewej krawędzi pręta; $Q\_{0}=$52,4W , $Q\_{L}=-$64,6 czyli Q=117W./

1. Lutownica ma temperaturę przy końcówce 100oC. Długość pręta metalowego do uchwytu wynosi 30 cm i ma średnicę 10 mm i jest pełny w środku. Współczynnik lambda =50W/(mK). Współczynnik przejmowania ciepła od lutownicy do powietrza wynosi 10W/(m2K). Podać temperaturę przy nasadzie.

Żebra

1. Grzejnik powietrza wykonano w postaci żeliwnej rury( $λ=55 W/(mK)$) o średnicy zewnętrznej d=60mm i wysokości H=1,2m , posiadającej na obwodzie n=20 żeber wzdłużnych , prostokątnych o wysokości h=50mm i grubości $δ=3mm.$ Temperatura powierzchni rury/ podstawy żebra/ wynosi 80C , a średnia temperatura podgrzewanego powietrza to 200 C . Współczynnik przejmowania ciepła od gładkiej rury wynosi $α\_{1}=10\frac{W}{m^{2}K}$, a od żeber i powierzchni międzyżebrowej wynosi $α\_{2}=7\frac{W}{m^{2}K}$. Obliczyć:

a/ strumień ciepła przekazywany przez gładką rurę/ 136W/

b/ sprawność żebra /$ε=0,93$/

c/ temperaturę końcówki żebra /73,80 C /

d/ strumień ciepła przekazany przez rurę po ożebrowaniu / powierzchnię ożebrowaną / 1029 W/

1. Wykonać obliczenia w punktach a-d jak w zadaniu 5, dla przypadku ożebrowania tej samej rury żebrami okrągłymi, płaskimi o tej samej grubości $δ=3mm$, o średnicy zewnętrznej żebra D=160mm i podziałce s=6,4mm , wiedząc że zebro płaskie okrągłe można potraktować jak żebro prostokątne, przy czym poprawkę $Ψ$, można odczytać z wykresu poniżej. Sprawność dla żebra okrągłego , płaskiego o stałej grubości jest pokazana z zależnościami jak we wzorze poniżej:



Odp: /$ε=0,92 , 72 C, Q=1479W/$



1. W celu intensyfikacji chłodzenia płaskiej ściany stalowej o współczynniku przewodzenia 50W/(mK), zastosowano zebra stalowe o przekroju prostokątnym . Obliczyć gęstość strumienia ciepła przejmowaną przez ściankę , jeśli współczynnik wnikania ciepła od żeber do otoczenia wynosi 120W/(m2K), grubość żeber wynosi 10mm, ich wysokość h=150mm. Podziałka s=30mm. Temperatura ścianki 5000 C , a temperatura otoczenia 250 C
2. W celu zmniejszenia oporu przenikania ciepła przez płaską ściankę, po stronie mniejszego współczynnika wnikania ciepła zastosowano żebra płaskie o grubości 5mm, wysokości h=40mm, i podziałce s=15mm. przyjmując $α\_{1}=120$ W/m2K, $α\_{2}=20$ W/m2K, współczynnik przewodzenia przez ściankę 320W/m K oraz grubość samej ścianki/przegrody/ 20mm, temperatury t1=2500 C , t2=250 C , obliczyć gęstość strumienia ciepła, temperaturę ścianki u nasady, oraz wyznaczyć ile razy zmniejszy się opór cieplny ścianki w wyniku zastosowania żeber.

Konwekcja

1. Wlewek w kształcie sześcianu (walec o średnicy d=1m) o wysokości 1 m stygnie na powietrzu ( w wodzie, oleju) o temperaturze t ot =20oC. Temperatura powierzchni bocznej wlewka wynosi 220 oC. Oblicz strumień strat z powierzchni bocznej wlewka
2. Poziomy rurociąg o średnicy d=25mm, jest omywany przez powietrze o temperaturze 30oC. Oblicz konwekcyjny współczynnik wnikania ciepła , jeśli temperatura rurociągu wynosi 70oC, a powietrze omywające rurociąg jest spokojne
3. Długim prostokątnym kanałem o przekroju prostokątnym o bokach a=0,5 m b=0,6 m przepływa powietrze o temperaturze tp=250oC ze średnią prędkości w=20m/s. Temperatura ściany kanału tk=200oC. Oblicz konwekcyjny wsp. wnikania ciepła i jednostkową stratę ciepła. Wykorzystaj wzór na średnicę efektywną def oraz wzór na jednostkową stratę ciepła. Q=3,14\* def\*alfa\* (tp - tk)
4. Kanałem kwadratowym o a=0,25m przepływa powietrze o temperaturze tp=300oC z prędkością 20m/s. Obliczyć konwekcyjny współczynnik wnikania ciepła oraz jednostkową stratę ciepła.( pytanie – co z radiacją)
5. Rurą o średnicy wewnętrznej d=100mm płynie strumień masy qm=0,2 kg/s powietrza o ciśnieniu p=4 bary w temperaturze 300oC. Obliczyć konwekcyjny wsp. wymiany ciepła alfa. Uwaga parametry powietrza w zakresie 1-20 bar mało zależą od ciśnienia (jest to do pominięcia), natomiast zależą od temperatury. W zakresie ciśnień 1-20 bar spełnine jest równanie Clapeyrona. Wykorzystać wzór na konwekcje wymuszoną Nu=0,023Re0,8Pr0,4. Podać wartość strat jednostkowych z rurociągu.
6. Poziomym rurociągiem o średnicy d1=100mm i d2=150mm, przepływa woda o temperaturze t1=60 oC z prędkością w1=0,5m/s. Prostopadle do rury wieje wiatr z prędkością w2=8m/s , powietrze ma temperaturę t2=10 oC. Współczynnik przewodzenia dla materiału rury lambda=75W/(mK). Obliczyć współczynniki wymiany ciepła po obu stronach ścianki rury i jednostkowy strumień strat z jej powierzchni. Zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz traktować wymianę ciepła jak w warunkach konwekcji wymuszonej : wewnątrz zastosować wzór Nu=0,023Re0,8Pr0,4 , a na zewnątrz dla powietrza przy opływie z kierunkiem prostokątnym do rury Nu=0,26Re0,6Pr0,3

Promieniowanie

1. W kanale płynie gorący gaz. W ustalonym przepływie termopara wskazuje temperaturę t1=400oC, a temperatura ścianki t3=300oC. Określić błąd pomiaru temperatury gazu powstały w wyniku promieniowania między końcówką termopary i ścianką kanału. Wyznaczyć rzeczywistą temperaturę gazu. Emisyjność termopary epsilon 1= 0,8, współczynnik wnikania ciepła od gazu do powierzchni końcówki termopary alfa =55W/(m2K). Rys. poniżej.



1. Prosty drut o średnicy d= 2 mm, tworzy prosty grzejnik elektryczny o mocy 600W. Temperatura drutu wynosu T1= 1000K, jego emisyjność epsilon1=0,8. Temperatura pomieszczenia T2= 300K, i epsilon2=1. Oblicz długość drutu i radiacyjny współczynnik wnikania ciepła.
2. Stalowy pręt nagrzewany jest w piecu o temperaturze ścianek t2=1200oC. Emisyjność powierzchni pręta epsilon 1= 0,8. Współczynnik emisyjności szamotowej ścianki pieca epsilon2= 0,8. Wyznaczy strumień ciepła od temperatury ( dla 1 m drutu i dla 1m2 powierzchni drutu w zakresie temperatur w oC : 20, 100,300,500,800,1000, 1200)
3. Bardzo długi kanał ma przekrój trójkąta prostokątnego o bokach a=6m, b=8m, c=10m. i temperaturach Ta=Tb=800K, Tc=400K i emisyjnościach epsilon a=epsilon b=0,8; epsilon c=0,5. Obliczyć strumień ciepła otrzymywany przez ścianę c o długości 1m przez promieniowanie.

Wymienniki

31. Oblicz powierzchnię przekazywania ciepła w przeciwprądowym i współprądowym wymienniku ciepła jeśli są dane : dla pierwszego czynnika – strumień masy gazu $\dot{m\_{1}}=220 t/h$ , temperatura początkowa dla gazu 4200C ich pojemność cieplna $c\_{1}=1,045\frac{kJ}{Kkg}$. Dla drugiego czynnika : natężenie przepływu – strumień masy wody $m ̇\_{2}=120 t/h$ , jej temperatura początkowa to105 0C. Strumień przekazanego ciepła / moc wymiennika/ 13,5 MW , a współczynnik przenikania ciepła k=79 W/(m2K).

$ Odp.F\_{w}$**=**1930 m2, $F\_{p}$**= 1109** m2.

1. W instalacji centralnego ogrzewania zastosowano wymiennik typu „rura w rurze”. Woda gorąca przepływająca przez stalową /λ=45W/mK/ o średnicach $\frac{d\_{2}}{d\_{1} }$=$ \frac{35mm}{32mm}$ i jej strumień $\dot{m}\_{1}$=2130 kg/h. Jej temperatura początkowa wynosi 95 0C. Woda podgrzewana płynie w w przeciwprądzie w kanale pierścieniowym o średnicy średnicy D=48mm i podgrzewa cie od 150C do 450C. Natężenie przepływu zimnej wody wynosi 3200 kh/h. Długość jednej sekcji wymiennika L=1,9m. Straty ciepła do otoczenia pominąć . Oblicz powierzchnię wymiany ciepła oraz ilość sekcji. **Odp:** F=1,83m2, n=7

33. Rekuperator wykonano jako przeciwprądowy wymiennik ciepła. Temperatura wylotowa spalin wynosi $t\_{1k}$=400 0C , a ich strumiń kilo molowy $\dot{n\_{1}}$=1,1, kmol/s ; średnia kilomolowa pojemność cieplna wynosi M$c\_{p}$=34 Kj/(kmolK).Strumień powietrza wyn0si $\dot{V\_{p}}$=18 um3/s, jego temperatura początkowa 300C a jego średnie normalne / umowne/ ciepło właściwe $c\_{2}$=1,3 $\frac{kJ}{Kum^{3}}$ . Gazy rozdzielone są ścianką płaską ze stali żaroodpornej / λ=25W/mK/ o grubości 3mm i powierzchni F=1000m3. Współczynniki przejmowania ciepła wynoszą po stronie spalin i powietrza odpowiednio: $α\_{1}$=60W/(m2K), $α\_{2}$=40W/(m2K). Obliczyć temperaturę końcową podgrzanego powietrza , temperaturę początkową spalin i moc wymiennika. **Odp:** $t\_{2k}=345 $0C,$ t\_{1p}=597$0C,$\dot{Q}$=7,4MW.

34. Wymiennik ciepła z przeponą z blachy /$λ=50W/mK$/ o grubości 2 mm i powierzchni przepływu ciepła F=100m3 ma być użyty do podgrzewu powietrza , dla którego $W\_{2}=2kW/K$ dla których $W\_{1}=3kW/K$. Współczynnik przejmowania ciepła od strony spalin $α\_{1}$=70 $\frac{W}{Km^{2}}$, oraz $α\_{2}$=50 $\frac{W}{Km^{2}}$od strony powietrza . Temperatura początkowa spalin 6200C, temperatura początkowa powietrza 200C. Pomijając straty ciepła do otoczenia obliczyć dla współprądu i przeciwprądu:

1/ moc cieplną oraz temperatury końcowe gazów

2/ maksymalne temperatury ścianek

3/ narysować rozkłady temperatur.

**Odp:** $\dot{Q}\_{w}$=656 kW, $t\_{1k}$=4010C, $t\_{2k}$=3480C,$ t\_{ść mak}$=3790C; $\dot{Q}\_{p}$=782 kW, $t\_{1k}$=3590C, $t\_{2k}$=4110C; $t\_{ść mak}$=5330C

35. Podgrzewacz powietrza o krzyżowym przepływie gazów (powietrze płynie w rurkach, spaliny na zewnątrz, prostopadle do nich) ma podgrzać $\dot{V}\_{u2}=11\frac{um^{3}}{s}$ powietrza od $t\_{2p}$=00C do $t\_{2k}$=30000C. Temperatura początkowa spalin wynosi od $t\_{1p}$=5500C, stosunek równoważników wodnych wynosi $\frac{W\_{1}}{W\_{2}}$=0,7 , zaś współczynnik przenikania ciepła k=25$\frac{W}{m^{2}K}$. Pojemność cieplna spalin M$c\_{p1}$=33 kJ/(kmolK), a dla powietrza M$c\_{p2}$=29,5kJ/(kmolK). Pomijając straty ciepła do otoczenia oblicz:

1. Strumień i temperaturę końcową spalin,

 2. Moc cieplną i pole przepływu ciepła

 **Odp:** $\dot{n}\_{1}$=0,6186 kmol/s; $t\_{1k}$=3400C; $\dot{Q}$=4,29 MW; F=658,2 $m^{2}$.

.