

1. Podać definicję ciepła właściwego, omówić związek ciepła właściwego z entalpią i energią wewnętrzną

Ciepłem właściwym $[kJ/(kg \cdot K)]$ nazywamy ilość energii, jaka jest niezbędna do podgrzania jednostki masy (1 kg) o 1K.

Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu jest większe od ciepła właściwego przy stałej objętości, dla gazów doskonałych obowiązuje równanie

$$C_p = C_v + R, \quad R - \text{uniwersalna stała gazowa}$$

Entalpia (oznaczana jako H) to funkcja stanu układu, która jest definiowana jako suma jego energii wewnętrznej i iloczynu ciśnienia i objętości.

Energia wewnętrzna (oznaczana jako U) to suma wszystkich form energii wewnątrz układu.

$$H = U + pV, \quad V - \text{objętość}, \quad p - \text{ciśnienie absolutne (po odjęciu ciśnienia atmosferycznego)}$$

2. Podać i opisać pierwszą zasadę termodynamiki

“Zmiana całkowitej energii układu jest równa różnicy między energią dostarczoną do układu i energią wyprowadzoną z układu”

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{systemu}$$

Pierwsza zasada termodynamiki jest znana w postaci reguły zachowania energii. W myśl tej zasady energia w dowolnym procesie nie może być wytworzona ani zniszczona, może jedynie zmieniać formę.

Energia może być transportowana w wyniku: transportu ciepła; transportu masy; pracy wykonanej na układzie

3. Opisać bilans energii układów zamkniętych, układów stacjonarnych oraz bilans energii powierzchni

Układy zamknięte i stacjonarne W systemach zamkniętych masa nie ulega zmianie. W przypadku takich systemów całkowita energia jest równa energii wewnętrznej U . Dotyczy to zwłaszcza układów stacjonarnych, ponieważ w ich przypadku nie występuje zmiana prędkości lub położenia układu.

Zamknięty układ stacjonarny: $E_{in} - E_{out} = \Delta U = m \cdot C_v \cdot \Delta T$

System zamknięty (bez pracy) bilans się upraszcza: $Q = m \cdot C_v \cdot \Delta T$

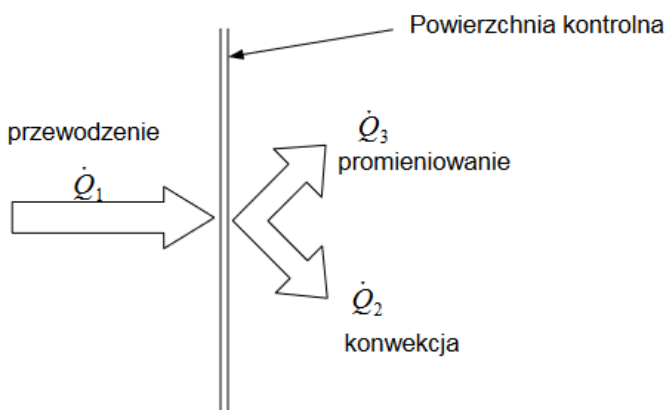
-W systemach stacjonarnych w objętości kontrolnej energia całkowita nie zmienia się. W takim przypadku energia całkowita dostarczona do układu musi być równa energii opuszczającej układ.

Jeśli rozważymy przykładowo przepływ przez przewód, wtedy strumień masy jest proporcjonalny do powierzchni przekroju przewodu A_c , gęstości płynu i prędkości przepływu:

$$\dot{m} = \rho v A_c$$

\dot{m} - strumień masy ρ - gęstość v - prędkość A_c - przekrój przewodu

Bilans dla powierzchni kontrolnej



Rysunek przedstawia przykładowy bilans energii cieplnej dla powierzchni kontrolnej, która jest zewnętrzną ścianą budynku

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3$$

Powierzchnia kontrolna nie posiada masy, więc nie może gromadzić energii. Bilans energii:

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

4. Opisać podstawy wymiany ciepła przez przewodzenie

Przewodzenie ciepła zachodzi od cząsteczek substancji o wyższej temperaturze do cząsteczek o niższej temperaturze, w wyniku ich wzajemnego oddziaływania na siebie. Przewodzenie ciepła ma miejsce w ciałach stałych i płynach.

-W płynach przewodzenie zachodzi w wyniku zderzeń molekuł i ich niezorganizowanego przemieszczania się w wyniku przypadkowych ruchów. W płynach przekazywana jest energia kinetyczna atomów i molekuł.

-W ciałach stałych przewodzenie zachodzi w wyniku drgań atomów i ruchu swobodnych elektronów.

-Wyłącznie przez przewodzenie zachodzi wymiana ciepła w ciałach stałych nieprzenikliwych i nieodkształcalnych.

Strumień przewodzonego ciepła wyznaczyć ze wzoru:

$$\dot{Q}_{cond} = \lambda \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad [W]$$

możemy

λ - współczynnik ciepła $[W/(m \cdot K)]$

A - powierzchnia przewodzenia $[m^2]$

Δx - grubość materiału

przewodzenia

Prawo Fouriera:

$$\dot{q} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}$$

Gęstość przewodzonego strumienia ciepła q jest proporcjonalna do pochodnej temperatury w kierunku prostopadłym do powierzchni izotermicznej. Znak minus oznacza, że ciepło płynie zgodnie ze spadkiem temperatury.

5. Opisać podstawy konwekcyjnej wymiany ciepła Transport ciepła w płynach zwykle połączony jest z konwekcją, czyli ruchem makroskopowym płynu (lub odkształconego ciała stałego) połączonego z przewodzeniem ciepła do warstwy przyściennej. Zwiększanie prędkości przepływu płynu powoduje wzrost konwekcyjnej wymiany ciepła.

Konwekcja swobodna ma miejsce pod wpływem działania sił masowych wywołanych różnicą temperatury. Konwekcja wymuszona ma miejsce pod wpływem działania sił zewnętrznych (pompa, sprężarka, wentylator)

Procesy chłodzenia cieczą, które związane są ze zmianą stanu skupienia też zaliczamy do konwekcyjnej wymiany ciepła (powstanie pary wodnej na gorącej płycie chłodzonej wodą).

Przyjmuje się, że strumień ciepła przejmowanego przez konwekcję jest opisany prawem Newtona:

$$\dot{Q}_{conv} = \alpha_{conv} \cdot A_s (T_s - T_{\infty})$$

α_{conv} - współczynnik przejmowania ciepła [W/(m²K)]
 A_s - powierzchnia przejmowania ciepła [m²]
 T_s - temperatura powierzchni

T_{∞} - temperatura płynu w znacznej odległości od powierzchni

6. Podać definicję liczby Nusselta i omówić jej zastosowanie Nu [bezwymiarowa] - stosunek szybkości wymiany ciepła w wyniku konwekcji do szybkości wymiany ciepła w wyniku przewodnictwa cieplnego. Stosuje się ją najczęściej do wyznaczenia konwekcyjnego współczynnika wymiany ciepła.

$Nu = k \cdot d$ d - wymiar charakterystyczny [m]

$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^A$ C, A - stałe; Gr - liczba Grashofa; Pr - liczba Prandtla

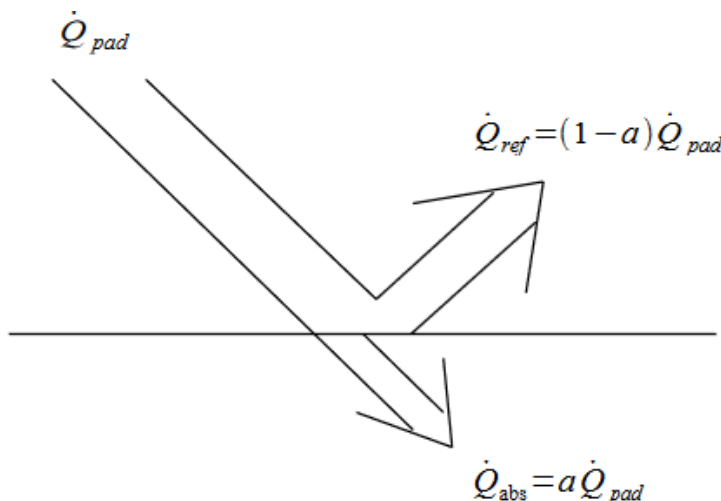
7. Podać definicję liczby Grashofa i omówić jej zastosowanie Gr [bezwymiarowa] - stosunek siły wyporu do sił lepkości danego płynu. Stosuje się ją do opisu konwekcji, wyznaczenia liczby Nusselta, a co za tym idzie wyznaczenia konwekcyjnego współczynnika wymiany ciepła.

$$Gr = \frac{g \cdot d^3 \cdot \beta \cdot (T_s - T_p)}{\nu^2}$$

$[1K]$ - współczynnik rozszerzalności objętościowej

$$\beta = \frac{1}{T_{sr}} \quad T_{sr} = \frac{T_s + T_p}{2}$$

8. Opisać podstawy wymiany ciepła przez promieniowanie Radiacyjna wymiana ciepła obejmuje emitowanie fal elektromagnetycznych przez ciało o temperaturze powyżej 0 K, w zakresie długości od 0 do ∞ , zarówno widzialnych, jak i niewidzialnych. Radiacyjna wymiana ciepła nie wymaga obecności medium pośredniczącego, jest bardzo szybka, zachodzi z prędkością światła, a w próżni nie ma strat ciepła.. Proces przenoszenia energii obejmuje konwersję energii wewnętrznej w falę elektromagnetyczną, jej emisję, a następnie absorpcję przez inne ciało.



Gdy promieniowanie pada na powierzchnię ciała to:

- część energii jest pochłonięta (a - absorpcyjność)
- część energii jest odbita (r - refleksyjność)
- część energii jest przepuszczona (p - przepuszczalność)

Obowiązuje zasada $a+r+p = 1$

$a=1$ ciało doskonale czarne

$r=1$ ciało doskonale białe

$p=1$ ciało przezroczyste

$p=0$ ciało nieprzezroczyste

$a<1$ ciało szare

-Absorpcyjność powierzchni (oznaczona jako α)

to stosunek energii promieniowania pochłoniętej przez powierzchnię do całkowitej energii promieniowania docierającego do niej.

-Różnica między strumieniem emitowanym a strumieniem pochłanianym przez powierzchnię nazywana jest bezwzględną wymianą ciepła przez promieniowanie.

-Jeśli strumień ciepła pochłanianego jest większy niż strumień ciepła emitowanego, to powierzchnia ciała absorbuje ciepło. Jeśli natomiast strumień energii emitowanej jest większy od energii pochłanianej, to powierzchnia traci ciepło przez promieniowanie.