

知能・機能創成工学：輸送現象論

必要とされる知識、能力

材料製造プロセスなどの基礎となる運動量、物質、エネルギーの輸送現象に関する基礎的知識、ならびにそれらの知識を応用した各種の現象に対する洞察力を問う。具体的には、流動（層流と乱流、等温系流体に関する連続の式、運動量保存の法則、エネルギー保存の法則）、物質輸送（拡散、自己拡散、相互拡散、固体中の拡散機構、フィックの第1、2法則）、熱輸送（熱伝導、熱伝達、熱放射、定常熱伝導、非定常熱伝導）に関する問題が出題される。

Candidates are examined on transport phenomena of momentum, mass and energy as fundamentals of materials processing. Knowledge on fluid flow (laminar and turbulent flow, equation of continuity, conservation of momentum, conservation of energy), mass transport (diffusion, self-diffusion, interdiffusion, Fick's laws, mechanism of diffusion in solids) and energy transfer (heat conduction, heat transfer between interface steady conduction analysis. unsteady conduction analysis) is required.

教科書、参考書など

1. Transport Phenomena

Chapter 1,2,3,8,9,10,13,14,16,17,18

2. 材料の科学と工学 [3] 材料の物理的・化学的性質、W.D.キャリスター著、入戸修監訳、培風館

3. 熱的性質

3. 輸送現象論、大中逸雄・高城俊美・大川富雄・平田好則・岡本達幸・山内勇著、大阪大学出版会

第1, 2, 3, 7, 8, 10章

4. 輸送現象、水科篤郎、荻野文丸著、産業図書

1. 輸送現象序説、2. 流動論、3. 伝熱論、4. 拡散論

5. 材料工学のための移動現象論

ただし、上記で示した教科書、参考書の範囲はあくまで参考であり、出題範囲を保証するものではない。

模擬問題

問題 1

無限に広い平行平板間の定常状態における熱移動について考える。以下の設定を理解した上で、各設問に応えよ。

ケース 1：平板 1 と 2 に不透明な媒質 A が満たされている。ただし、媒質の流動は無視できる。

ケース 2：平板 1 と平板 2 の中間に遮蔽板 B が挿入されている。ただし、平板 1、遮蔽板 B、平板 2 の間は真空とする。

平板 1 の温度： T_1

平板 2 の温度： T_2 ただし、 $T_1 > T_2$

平板 1 と 2 の距離： d [10^{-1} m]

遮蔽板 B の厚さ： d_b [10^{-3} m]

媒質 A の熱伝導率： λ_A [2 W/mK]

板 1 と媒質 A 間の熱伝達係数： h_1 [10^3 W/m²K]

板 2 と媒質 A 間の熱伝達係数： h_2 [10^3 W/m²K]

板 1 の放射率： ε_1 [0.2]

板 2 の放射率： ε_2 [0.2]

遮蔽板 B の放射率： e_B [0.2]

ステファン・ボルツマン定数： σ [5.667×10^{-8} W/m²K⁴]

- (1) ケース 1 の場合、板 1 から板 2 への熱流束を求めよ。ただし、上記の記号を使って解答すること。
- (2) ケース 2 の場合、板 1 から板 2 への熱流束を求めよ。ただし、上記の記号を使って解答すること。
- (3) 今、板 1 から板 2 への熱流速をできるかぎり小さくしたい。ケース 1、2 のいずれが有利か、論ぜよ。 T_1, T_2 の値を変えて、いろいろな条件で考えること。また、いろいろな要因も考慮して、議論してもよい。

Problem 1

Consider heat transfer between the two plates (plate 1 and plate 2) that are parallel to each other. The area of the plates is infinity. Answer the following problems.

Case 1:

An opaque material (material A) is filled between the two plates. We can ignore any fluid flow in the material.

Case 2:

A shielding plate (plate B) is placed between plate 1 and plate 2. The three plates are in a vacuum.

Temperature of plate 1: T_1

Temperature of plate 2: T_2 Here $T_1 > T_2$

Distance between plate 1 and plate 2: d [10^{-1} m]

Thickness of plate B : d_b [10^{-3} m]

Thermal conductivity of material A : λ_A [2 W/mK]

Heat transfer coefficient between plate 1 and material A: h_1 [10^3 W/m²K]

Heat transfer coefficient between plate 2 and material A: h_2 [10^3 W/m²K]

Emissivity of plate 1: ε_1 [0.2]

Emissivity of plate 2: ε_2 [0.2]

Emissivity of plate B : ε_B [0.2]

Stefan-Boltzmann constant: σ [5.667×10^{-8} W/m²K⁴]

- (1) Answer heat flux from plate 1 to plate 2 in “case 1”. Use the above symbols (do not use numerical values).
- (2) Answer heat flux from plate 1 to plate 2 in “case 2”. Use the above symbols (do not use numerical values).
- (3) We need to reduce the heat transfer from plate 1 to plate 2. Which of the cases has advantages for the reduction? Consider various conditions by changing T_1 and T_2 . Other conditions can be included.