

Thermodynamik II – Rechenübung 6

Aufgabe 1

Zur Produktion von Stahlblech wird die erhitze Stahlmasse durch eine Reihe von Druckwalzen geführt. Nach der letzten Druckwalze wird das noch heisse Stahlblech gekühlt und schliesslich auf eine Spule gewickelt. Die Kühlstrecke (siehe Abbildung 1) lässt sich in drei Abschnitte unterteilen: im ersten und letzten Abschnitt wird das Blech nur von der Umgebungsluft gekühlt, während man im mittleren Abschnitt Wasser auf das Blech spritzt. Wenn das Wasser mit dem heissen Blech in Berührung kommt, verdampft es teilweise.

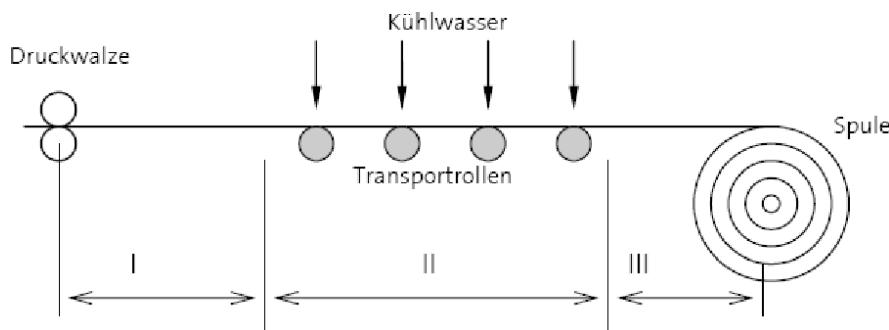


Abbildung 1: Kühlstrecke in der Stahlblechproduktion

- a) Für die Herstellung von Stahlblech mit niedrigem Chromanteil ($\rho = 7840 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 970 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$) sind folgende Betriebsdaten typisch:

$$\begin{array}{ll} \text{Temperatur des Stahls am Anfang der Kühlstrecke: } & T_A = 940^\circ\text{C} \\ \text{Temperatur des Stahls am Ende der Kühlstrecke: } & T_E = 540^\circ\text{C} \\ \text{Dicke des Stahlbleches: } & D = 4 \text{ mm} \\ \text{Breite des Stahlbleches: } & B = 2 \text{ m} \\ \text{Transportgeschwindigkeit des Stahlbleches: } & w = 10 \text{ m/s} \end{array}$$

Wie gross ist die aus diesen Betriebsdaten resultierende Kühlleistung \dot{Q} ?

- b) Nennen Sie Wärmeübergangsprozesse, die bei der Kühlung des Stahlbleches eine Rolle spielen.

Aufgabe 2

In Abbildung 2 ist die Temperaturverteilung innerhalb einer Wand zu einem Zeitpunkt t gegeben. Bestimmen Sie qualitativ den Wärmeübergang an beiden Oberflächen. Betrachten Sie zusätzlich die zwei folgenden Fälle:

- Das Profil ist stationär. Welche Art von internen Quellen ist notwendig um dieses Profil aufrechtzuerhalten?
- Das Profil ist instationär. Wie entwickelt sich das Profil weiter, wenn keine inneren Quellen in der Wand vorhanden sind?

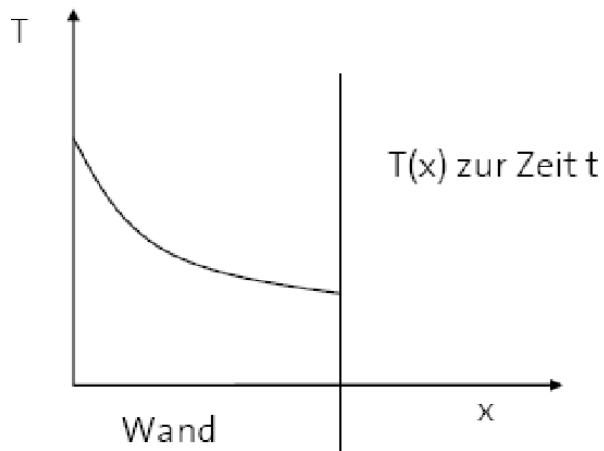


Abbildung 2: Temperaturprofil der Wand

Aufgabe 3

Als Beispiel eines simplen, stationären Sonnenkollektors kann eine geschwärzte Aluminiumplatte von 1 mm Dicke angenommen werden. Sie absorbiert netto (absorbierte Strahlung minus Verluste) 700 W/m^2 . Auf der Rückseite wird die Wärme von einem Fluid bei 60°C abtransportiert. Der Wärmeübergangskoeffizient α beträgt $35\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ($\lambda_{\text{Alu}} = 235\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$).

Skizzieren Sie die gesamte Temperaturverteilung und berechnen Sie die Oberflächentemperatur der Alu-Platte.

Aufgabe 4

Die ebene Wand einer ungekühlten Brennkammer besteht aus den folgenden Schichten (wo bei jedes Material eine höchstzulässige Betriebstemperatur besitzt).

Reihenfolge der Schichten von Innen nach Aussen:

$$\text{Gebrannte Tonziegel } \lambda = 1,07 \text{ W/(m} \cdot \text{K}); \quad T_{max} = 1200^\circ\text{C}$$

$$\text{Schaumglas} \quad \lambda = 0,048 \text{ W/(m} \cdot \text{K}); \quad T_{max} = 700^\circ\text{C}$$

$$\text{Steinwolle} \quad \lambda = 0,040 \text{ W/(m} \cdot \text{K}); \quad T_{max} = 200^\circ\text{C}$$

Der Wärmeübergangskoeffizient α aussen beträgt $18 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K})$. Beim Betrieb erreicht die innere Oberfläche eine Temperatur von 1150°C , die Oberflächentemperatur aussen darf bei einer Umgebungstemperatur von 20°C den Wert von 45°C nicht überschreiten.

- a) Bestimmen Sie die minimale Dicke der einzelnen Schichten, so dass keines der Materialien die zulässige Betriebstemperatur überschreitet.
- b) Diskutieren Sie qualitativ, was passiert, wenn die Schicht aus Steinwolle verdoppelt wird.

Tip: Benutzen Sie die konvektive Randbedingung aussen für die Bestimmung des Wärimestromes