



Wärmeübertragung I

4. Übung (ΔT_{LM} (Rührkessel, Gleich-, Gegenstrom))

1. Aufgabe

Um kontinuierlich anfallendes heißes Öl abzukühlen, soll ein Rührkessel mit eingebauter Rohrschlange benutzt werden, durch die Kühlwasser strömt.

- Welcher Kühlwassermassenstrom $\dot{M}_{2,\min}$ ist mindestens erforderlich, um die gewünschte Abkühlung des Öls im stationären Betrieb zu erreichen?
- Wie groß muss der innere Rohrdurchmesser der Rohrschlange mindestens sein, wenn man mit dem 1,5-fachen Wert des minimalen Kühlwasserstroms $\dot{M}_2 = 1,5 \cdot \dot{M}_{2,\min}$ fährt und wenn die Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrschlange den Wert von $u = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ nicht überschreiten soll?

Wählen Sie den nächstgrößeren Durchmesser aus der Reihe der folgenden Rohre:

d_a	30	35	40	45	50	mm
s	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0	mm
d_i	27	31	36	40	44	mm

- Welche äußere Oberfläche A und welche Länge muss die Rohrschlange haben, um die gewünschte Austrittstemperatur zu erreichen, wenn der Wärmedurchgangskoeffizient zwischen Kühlwasser und Kesselinhalt $k = 800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$ beträgt? (Siehe auch VDI-Wärmeatlas Cc1 – Cc4)

Gegebene Daten:

Massenstrom Öl

$$\dot{M}_1 = 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

spez. Wärmekapazität Öl

$$c_{p,1} = 2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Eintrittstemperatur Öl

$$T_{1,\text{ein}} = 100 \text{ °C}$$

gewünschte Austrittstemperatur (= Temperatur des Kesselinhalts)

$$T_{1,\text{aus}} = 40 \text{ °C}$$

spez. Wärmekapazität Kühlwasser

$$c_{p,2} = 4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Eintrittstemperatur Kühlwasser

$$T_{2,\text{ein}} = 10 \text{ °C}$$

Dichte Kühlwasser

$$\rho_2 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Beachten Sie bei der Berechnung, dass die Öltemperatur T_1 im Kessel konstant und gleich der Austrittstemperatur des Öles ($T_{1,aus}$) ist, während die Wassertemperatur T_2 sich von Eintritt zum Austritt der Rohrschlange kontinuierlich ändert.

Anmerkung:

Wärmeverluste und der Einfluss der Rührerleistung können vernachlässigt werden.

2. Aufgabe

Wie groß ist die erforderliche Wärmeübertragungsfläche für die gleiche Kühlaufgabe (Aufgabe 1) in einem Wärmeübertrager, den die beiden Ströme \dot{M}_1 und \dot{M}_2 unvermischt parallel zueinander

- a) im Gleichstrom
- b) im Gegenstrom

durchlaufen. Vergleichen Sie die erforderlichen Übertragungsflächen für den Rührkessel, den Gleichstrom- und den Gegenstromwärmeübertrager miteinander. Nehmen Sie dabei an, dass der Wärmedurchgangskoeffizient für die beiden Wärmeübertrager gleich und um 25% niedriger sei als für den Rührkessel.

$$k_{WUT} = 600 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \quad k_{RK} = 800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Skizzieren Sie den Temperaturverlauf $T_1(z)$, $T_2(z)$ für die drei Fälle (z = Koordinate in Strömungsrichtung, beim Kessel in der Rohrschlange gemessen).

Anmerkung:

Wärmeverluste und der Einfluss der Rührerleistung können vernachlässigt werden.