KTA 3102.2

Auslegung der Reaktorkerne von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren

Teil 2: Wärmeübergang im Kugelhaufen

Diese Regel wurde veröffentlicht im BAnz. Nr. 194 vom 14.03.83.

Der KTA hat auf seiner 47. Sitzung beschlossen, diese HTR-Regel nicht mehr in die Überprüfung gemäß Abschnitt 5.2 der Verfahrensordnung des KTA einzubeziehen.

Inhalt

Vorbemerkung

Das Regelvorhaben KTA 3102 "Auslegung der Reaktorkerne von gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren" umfaßt den Gesamtbereich der Kernauslegung. Innerhalb des Bereiches der thermodynamischen und strömungstechnischen Kernauslegung gasgekühlter Hochtemperaturreaktoren werden folgende Sachgebiete bearbeitet:

- Teil 1: Berechnung der Helium-Stoffwerte (liegt als Regel vor)
- Teil 2: Wärmeübergang im Kugelhaufen
- Teil 3: Reibungsdruckverlust im Kugelhaufen (liegt als Regel vor)
- Teil 4: Berechnungsmodell für Kugelhaufen (in Vorbereitung)
- Teil 5: Heißstellenanalyse (in Vorbereitung)

Der im Teil 2 betrachtete Reaktorkern eines gasgekühlten Hochtemperaturreaktors besteht aus einer ungeordneten Schüttung von Kugeln gleichen Durchmessers. Der Wärmeübergangskoeffizient ist Voraussetzung für die Berechnung der Moderator- und Brennstofftemperatur. Er beeinflußt damit sowohl die neutronenphysikalischen Berechnungen der Reaktivität des Kernes als auch die Berechnung des Brennelementverhaltens wie zum Beispiel Spaltproduktfreisetzung und Korrosion.

1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist anzuwenden bei der Berechnung des Wärmeübergangs von Kugeln an das eine ungeordnete Schüttung von Kugeln gleichen Durchmessers durchströmende Gas im folgenden Anwendungsbereich:

Reynolds-Zahl Re	$100 \le Re \le 10^5$
Lückengrad der Schüttung ε	$0{,}36 \le \varepsilon \le 0{,}42$
Durchmesserverhältnis D/d	$D/d \ge 20$
Höhe der Schüttung H	$H \ge 4\ d$

Die Einschränkung des Durchmesserverhältnisses D/d entfällt, wenn anstatt der über den Behälterquerschnitt gemittelten Werte für den Lückengrad ε und für die Reynolds-Zahl Re lokale Werte verwendet werden.

2 Verwendete Symbole

- A Behälterquerschnitt
- A_K Oberfläche einer Kugel in der Schüttung

d Durchmesser der die Schüttung bildenden Kugeln

DDurchmesser des umschließenden Behälters

H Höhe der Schüttung

$\dot{m}$ Gasmassenstrom in der Schüttung

$\dot{Q}$ von der Kugel an das Gas übertragene Wärmeleistung

T_G Temperatur des Gases

T_K mittlere Oberflächentemperatur der betrachteten Kugel

α mittlerer Wärmeübergangskoeffizient

ε Lückengrad der Schüttung, d. h. das Verhältnis von Leervolumen in der Schüttung zu Gesamtvolumen der Schüttung

η dynamische Viskosität des Gases

λ Wärmeleitfähigkeit des Gases

Nu Nusselt-Zahl

Pr Prandtl-Zahl

Re Reynolds-Zahl

3 Berechnungsgleichungen

Die von einer Kugel an däs strömende Gas übertragene Wärmeleistung $\dot{Q}$ ist zu berechnen nach

$$\dot{Q} = \alpha A_K (T_K - T_G) \tag{3-1}$$

Für die Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten ist zu verwenden

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} \tag{3-2}$$

wobei die Nusselt-Zahl nach der Beziehung

$$Nu = 1{,}27 \frac{Pr^{1/3}}{\varepsilon^{1{,}18}} Re^{0{,}36} + 0{,}033 \frac{Pr^{1/2}}{\varepsilon^{1{,}07}} Re^{0{,}86} \tag{3-3}$$

zu ermitteln ist. Für die Reynolds-Zahl ist folgende Gleichung zu verwenden:

$$Re = \frac{(\dot{m}/A)d}{\eta} \tag{3-4}$$

Den Verlauf der Nusselt-Zahl als Funktion der Re-Zahl bei einem Lückengrad von ε = 0,39 und Pr = 0,7 zeigt **Bild 3-l**.

Die dynamische Viskosität η und die Wärmeleitfähigkeit λ des Gases sind bei dem arithmetischen Mittelwert aus der Oberf1ächentemperatur der Kugel und der Gastemperatur zu ermitteln.

Bei freier Anströmung der Kugelschüttung ist für die Kugeln in der ersten Lage nur die Hälfte des Wertes anzusetzen, der sich aus Gleichung (3-3) mit den über die Kugelschüttung gemittelten Werten ergibt.

Das Unsicherheitsband der Nusselt-Zahl gemäß Gleichung (3-3) beträgt im Anwendungsbereich ± 20 % mit einer statistischen Sicherheit von 95 %.

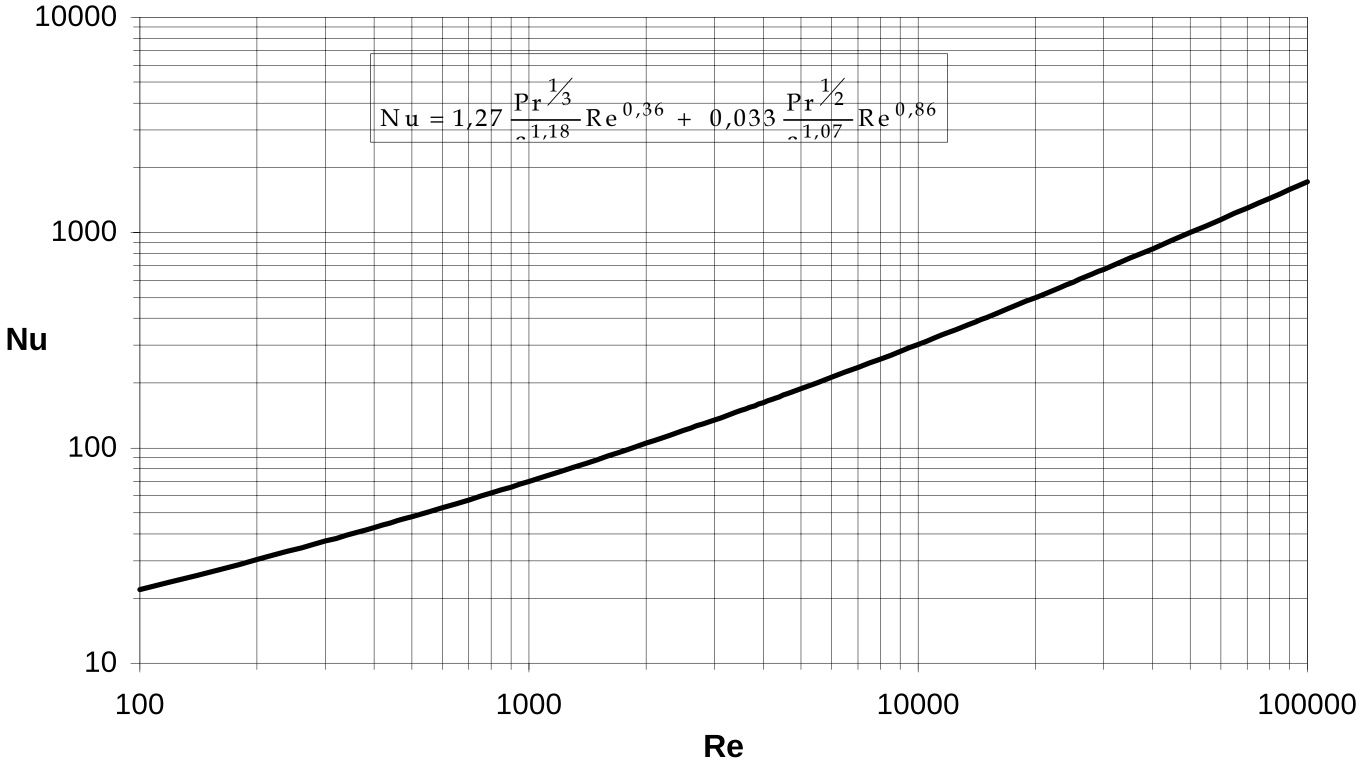

Bild 3-1: Nusselt-Zahl als Funktion der Reynolds-Zahl für ε = 0,39 und Pr = 0,7