

Detaillierte numerische Untersuchung des Kondensatfilms bei der Kondensation an niedrig berippten Rohren

Thomas Kleiner, Sebastian Rehfeldt, Harald Klein

Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen, Lehrstuhl für Anlagen- und Prozesstechnik, Garching

Um der rapiden Erderwärmung entgegenzuwirken, muss nach dem IPCC-Sonderbericht (www.ipcc.ch/report/sr15) der weltweite CO₂ Ausstoß schnellstmöglich eingedämmt werden. Für eine verbesserte Wärmeintegration und die dadurch bedingte Reduzierung des CO₂ Ausstoßes von chemischen Prozessen können niedrig und eng berippte Rohre in Rohrbündelkondensatoren verwendet werden. Diese weisen nach REIF ET AL. 2019 einen deutlich höheren Wärmeübergangskoeffizienten im Vergleich zu Glattrohren auf.

Aufgrund der kleinen Dimensionen der Oberflächenstrukturen und der Oberflächenspannung des Kondensates ergibt sich im oberen Bereich des Rohres ein sehr dünner Kondensatfilm entlang der Rippenflanken. Im unteren Bereich des Rohres wird das Kondensat bedingt durch die Oberflächenspannung im Rippental zurückgehalten. Neben der Oberflächenvergrößerung steigt der Wärmeübergangskoeffizient bedingt durch das veränderte Kondensatabfließverhalten deutlich an.

Da die Messung der Kondensatfilmdicke durch die geringen Abmessungen nicht möglich ist, soll die Kondensation mittels numerischer Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics – CFD) untersucht werden. Hierfür wurde ein Phasenübergangsmodell basierend auf der *Volume-of-Fluid*-Methode entwickelt, in OpenFOAM implementiert und mithilfe des Stefan Problems und der Kondensation am Glattrohr validiert [KLEINER ET AL. 2019].

Um den Kondensatfilm entlang der Rippenflanke genau darzustellen, werden hochaufgelöste CFD-Simulationen am Rippenrohr durchgeführt. Relevante Kenngrößen, wie Flutungswinkel und äußerer Wärmeübergangskoeffizient stimmen sehr gut mit Modellen und Messungen überein. Die Kondensatfilmdicke entlang der Rippenflanke ist durch die CFD-Simulation zum ersten Mal zugänglich. Die Filmdicke bei der Kondensation von n-Pentan entlang der Rippenflanke eines GEWA-K30 Rippenrohres bei einer abgeführten Wärmestromdichte von 25 kW beträgt im Durchschnitt etwa 7 µm.

Weiterführend wurde zum ersten Mal der Einfluss einer geometrischen Größe der Oberflächenstruktur mittels CFD-Simulationen untersucht. Hierbei wurde der Anstellwinkel der Rippenflanke variiert und dessen Einfluss auf die Kondensatfilmdicke, den Flutungswinkel und den Wärmeübergang betrachtet.

REIF ET AL. 2019: A. Reif, A. Büchner, S. Rehfeldt, H. Klein, *Outer heat transfer coefficient for condensation of pure components on single horizontal low-finned tubes*, Heat and Mass Transfer, (2019) 55: 3. DOI: 10.1007/s00231-017-2184-3

KLEINER ET AL. 2019: T. Kleiner, S. Rehfeldt, H. Klein, *CFD model and simulation of pure substance condensation on horizontal tubes using the volume of fluid method*, International Journal of Heat and Mass Transfer, (2019) 138. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.04.054