

DKV-Forschungsbericht Nr. 82

Olaf Kruck

Blasensieden von Propan und R134a an glatten
und strukturierten Rohren

2010

978-3-932715-85-3



Kurzfassung

Die Wärmeübertragung durch Verdampfung wird in vielen technischen Anwendungsbereichen eingesetzt und ermöglicht eine kompakte und ökonomische Bauweise wärmeübertragender Apparate. Aufgrund dieser Bedeutung wird die Verdampfung an technischen Oberflächen seit vielen Jahrzehnten erforscht. Trotzdem sind die Mechanismen der Blasenbildung beim Sieden nicht ausreichend bekannt, um den Wärmeübergang an glatten oder strukturierten Heizflächen analytisch vorher zu sagen. Es werden daher empirische oder halbempirische Korrelationen verwendet, die den Wärmeübergang als Funktion von Druck und Wärmestromdichte abbilden und stets an neue Siedeoberflächen anzupassen sind. Zur Effizienzsteigerung werden industriell gefertigte Hochleistungsverdampferrohre verwendet, in deren Oberfläche stark hinterschnittene Kanäle eingewalzt sind. In diesen Kanälen dominieren spezielle kaum untersuchte Blasenbildungsmechanismen den Wärmeübergang.

In der vorliegenden Arbeit wird der Wärmeübergang von siedendem Propan und R134a in einem weiten Druck- und Wärmestromdichtebereich an glatten und strukturierten Rohren aus Baustahl analysiert. Die Blasenbildungsmechanismen werden identifiziert, wodurch die gezielte Optimierung der Oberflächenstruktur ermöglicht wird. Zur Vorhersage des Wärmeübergangs wird eine halbempirische Korrelation auf Basis einer bereits gebräuchlichen Korrelation gebildet und an die Messergebnisse angepasst.

Der Vergleich beider Versuchsstoffe belegt die Eignung von Propan als Ersatzkältemittel für das treibhausrelevante Tetrafluorethan (R134a), da Propan in allen Blasenbildungsbereichen gleiche oder bessere Wärmeübergangskoeffizienten als R134a aufweist.

Stichworte:

Blasensieden, Propan, R134a, Hochleistungsverdampferrohre, Baustahl

Abstract

Heat transfer by evaporation is used in many technical applications, enabling a compact and thereby economic design of heat exchangers. In spite to this importance and many research efforts the heat transfer coefficient can not be predicted by analytical correlations. Thus, empiric or semi-empiric correlations are used, calculating the heat transfer coefficient as function of pressure and heat flux. These correlations always need to be fitted to newly designed kinds of heating surfaces. Improvements in efficiency are achieved by enhanced heating surfaces with reentrant cavities

forming sub surface tunnels. Inside these tunnels, special bubble formation mechanisms dominate the heat transfer.

This thesis deals with the heat transfer of propane and R134a boiling at plain and enhanced mild steel tubes. The bubble formation mechanisms are analyzed and identified in a broad range of pressure and heat flux. This enables the direct optimization of the surface structure. To predict the heat transfer coefficient of propane boiling at the enhanced surfaces, a semi-empiric correlation is presented and fitted to the measurement results. The correlation bases on common used correlations in the literature.

The comparison of both test fluids shows the ability of propane to be used as a replacement refrigerant for R134a, since propane shows same or higher heat transfer coefficient as R134a, in all bubble formation regimes.

Keywords:

Pool Boiling, Propane, R134a, enhanced finned surfaces, mild steel