

WÄRMEÜBERGANG BEIM SIEDEN AM WAAGERECHTEN DRAHT

von der Fakultät Energietechnik der
Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

vorgelegt von
Kehong Shi
aus Xian/VR China

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. E. Hahne
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. K. Stephan
Tag der mündlichen Prüfung: 12. 6. 1989

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
der Universität Stuttgart

KURZFASSUNG

SHI, Kehong

In der vorliegenden Arbeit wird der Wärmeübergang beim Blasensieden von Kältemitteln R13, R114 und R115 an einem horizontal eingespannten Platindraht ($d=0,1$ mm) untersucht. Die Wärmeübergangsmessungen werden im Druckbereich von $p^*=0,256$ bis $0,983$ für R13, $p^*=0,047$ bis $0,200$ für R114 und $p^*=0,071$ bis $0,500$ für R115 in einem großen Bereich der Wärmestromdichte ($q=10^3$ bis $1,8 \cdot 10^5$ W/m²) ausgeführt. Es wird festgestellt, daß in bestimmten Druckbereichen sowohl der Druckeinfluß auf den Exponenten der Wärmestromdichte als auch die relative Druckabhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten bei den eigenen Messungen am Draht die gleichen sind wie die an Rohren und Platten bei fremden Messungen. Für den Einfluß der Flüssigkeitseigenschaften auf den Wärmeübergang beim Blasensieden wird im Kapitel 5 eine Beziehung für Halogenkohlenwasserstoffe aufgestellt. Mit Hilfe dieser Beziehung kann bei gleichem Druck und gleicher Wärmestromdichte der Wärmeübergangskoeffizient für ein noch nicht untersuchtes Kältemittel näherungsweise aus dem bekannten Wärmeübergangskoeffizienten für ein anderes Kältemittel erhalten werden. Die absoluten Werte des Wärmeübergangskoeffizienten am Draht werden diskutiert und mit einer Reihe von Werten anderer Autoren verglichen.

Für die maximale Wärmestromdichte weisen die Meßergebnisse am Draht die gleiche relative Druckabhängigkeit auf wie die an Rohren. Auch die absoluten Werte von q_{\max} am Draht lassen sich mit einer für Rohre aufgestellten Beziehung gut wiedergeben.

ABSTRACT

SHI, Kehong

In this work the pool boiling heat transfer of refrigerants R13, R114 and R115 is investigated on a horizontal fixed platinum wire ($d=0.1$ mm). The heat transfer measurements are performed in the pressure range $p/p_c=0.256$ to 0.983 for R13, $p/p_c=0.047$ to 0.200 for R114 and $p/p_c=0.071$ to 0.500 for R115 for a large range of heat fluxes ($q=10^3$ to $1.8 \cdot 10^5$ W/m²). The experimental results indicate that within the proper range of pressure the influence of pressure on the exponent of the heat flux as well as the relative pressure dependence of heat transfer coefficients are the same as those for tubes and plates reported by other authors. A relation is established in Chapter 5 that describes the influence of fluid properties on the pool boiling heat transfer coefficients in the case of halogenated hydrocarbons. The heat transfer coefficients for an arbitrary fluid can be approximated with this relation using heat transfer coefficients found for another fluid at corresponding values of pressure and heat flux. The absolute values of the heat transfer coefficients found in this study are discussed and compared with the results reported by other authors.

The relative pressure dependence of the maximum heat flux on the wire is found to be the same as that on tubes. Also the absolute values of q_{max} can be well represented by a relation established for tubes.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Kurzfassung	5
Inhaltsverzeichnis	7
Formelzeichen	10
1. Einleitung und Aufgabenstellung	13
2. Stand der Forschung	14
3. Experimentelle Untersuchungen	20
3.1 Beschreibung der Versuchsanlage	20
3.2 Heizfläche	20
3.3 Versuchsflüssigkeiten	22
3.4 Versuchsvorbereitung	22
3.4.1 Reinigung der Versuchsanlage	22
3.4.2 Reinigung der Heizdrahtoberfläche	23
3.4.3 Befüllen der Versuchsanlage	23
3.4.4 Entgasung	24
3.4.5 Meßgrößen und ihre Erfassung	24
3.4.6 Ablagerungen am Heizdraht und ihre Vermeidung	25
3.5 Versuchsdurchführung und Auswertung	29
3.5.1 Kalibriermessung	29
3.5.2 Versuchsablauf	31
3.5.3 Auswertung der gemessenen Größen	32
3.6 Abschätzung der Meßgenauigkeit	33
3.7 Meßprogramm	38
4. Ergebnisse für den Wärmeübergang bei freier Konvektion	39
5. Ergebnisse für den Wärmeübergang beim Blasensieden	46
5.1 Darstellung und Diskussion der Meßergebnisse	46
5.2 Vergleich der eigenen Meßergebnisse mit denen anderer Autoren:	53
5.2.1 Feurstein (R13) und Abadzic (R13)	53
5.2.2 Tanes und Wickenhäuser (R115)	55
5.2.3 Ringversuch (R114)	57

5.4	Relative Druckabhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten	60
5.4.1	Relative Druckabhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten nach VDI-Wärmeatlas	60
5.4.2	Vergleich der relativen Druckabhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten	61
5.4.3	Diskussion der relativen Druckabhängigkeiten des Wärmeübergangskoeffizienten an Rohren und Drähten	69
5.5	Einfluß der Flüssigkeitseigenschaften	77
5.5.1	Aufstellung einer Korrelation	77
5.5.2	Überprüfung der Korrelation	80
5.6	Schlußfolgerung	85
6.	Korrelation der Messungen	86
6.0	Vorbemerkung	86
6.1	Vergleich mit Korrelationen aus dimensionsbehafteten Größen	86
6.1.1	Korrelation aus dem VDI-Wärmeatlas	86
6.1.2	Korrelation von Cooper	92
6.1.3	Korrelation von Nishikawa und Mitarbeiter	95
6.1.4	Vergleich der einzelnen Korrelationen untereinander	98
6.2	Vergleich mit Korrelationen aus dimensionslosen Kennzahlen	102
6.2.1	Korrelation von Müller	102
6.2.2	Korrelation von Borishanskij und Mitarbeiter	104
6.2.3	Korrelation von McNelly	107
6.2.4	Gegenseitiger Vergleich der einzelnen Korrelationen aus dimensionslosen Kennzahlen	109
7.	Die maximale Wärmestromdichte	115
7.1	Einleitung	115
7.2	Definition und Bestimmung der maximalen Wärmestromdichte	117
7.3	Relative Druckabhängigkeit der maximalen Wärmestromdichte	120
7.4	Vergleich der absoluten Werte von q_{max} mit der Gleichung aus dem VDI-Wärmeatlas	124
8	Zusammenfassung	127

9. Literaturverzeichnis	129
10. Anhang	137
10.1 Oberflächenstruktur des Platindrahtes	137
10.2 Stoffwerte von R13, R114 und R115	141
10.3 Temperaturabhängigkeit des Ohmschen Widerstandes von Platindrähten für unterschiedliche Temperaturbereiche in verschiedenen Flüssigkeiten	150
10.4 Zusammenstellung der Meßergebnisse	151