



Doctoral Thesis

Siedevorgang an porös beschichteten Rohren

Author(s):

Buser, Beat

Publication Date:

1986

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000472989> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Siedevorgang an porös beschichteten Rohren

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der

Eidgenössischen Technischen Hochschule
Zürich

vorgelegt von

BEAT BUSER

Dipl.Masch.-Ing.ETH

geboren am 9.September 1956

von Riehen (Basel-Stadt)

16. 1. 87.

Ch. Trepp

Angenommen auf Antrag von
Prof.Dr.Ch.Trepp, Referent
Prof.A.Buck, Korreferent

Zürich 1986

ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der heutigen Konstrukteure ist es, Apparate zu entwerfen, deren Leistungsdichte einem Vielfachen der bis anhin existierenden entspricht. Der Bau von Verdampfern mit Hochleistungsverdampferrohren, die eine poröse Oberfläche besitzen, entspricht diesem Trend. Neben der hohen Wärmeübertragungsleistung besitzen diese Apparate die Eigenschaft, Wärme bei weit geringerer Temperaturdifferenz übertragen zu können, so dass ein verbesserter exergetischer Wirkungsgrad resultiert.

Die physikalischen Vorgänge und die damit verbundenen Einflüsse auf den Verdampfungsvorgang sollten detailliert aufgelistet und analysiert werden, um so die Berechnung des Wärmeüberganges resp. der Beziehung zwischen Heizflächenbelastung und resultierender Temperaturdifferenz ermitteln zu können. Dabei galt es die Keimaktivierung beim Siedebeginn zu studieren. Mit Hilfe von Inertgasmessungen und der Erfassung der jeweiligen Siedestarttemperatur liess sich feststellen, dass Inertgas im allgemeinen nicht für einen frühzeitigen Siedebeginn verantwortlich ist. Ein gewisser Einfluss lässt sich nicht leugnen, doch muss man sagen, dass die Benetzung und somit das Grenzflächenverhalten der Mikrostruktur für den Siedebeginn bei geringer Ueberhitzung dominieren muss. Diese Vorgänge können wir leider mit den bis heute uns zur Verfügung stehenden Mitteln nicht untersuchen.

Die nötige Temperaturdifferenz beim ausgebildeten Siedevorgang wurde als Summe verschiedener Teilwiderstände dargestellt. Die einzelnen Druckverluste, die beim Durchströmen eines Gases durch eine poröse Schicht sich ergeben, wurden theoretisch berechnet und zusätzlich teilweise mit entsprechenden Messungen verglichen. Der Hauptwiderstand bei geringer Heizflächenbelastung liegt im kapillardruckbedingten Druckabfall. Die theoretische Betrachtung anderer Druckverlusteinflüsse ergab, dass der Beschleunigungsdruckverlust wie der Druckverlust in der Schicht eine untergeordnete Rolle spielen. Die Berechnung des Druckverlaufes an einer Porenöffnung zeigte, dass die Bewegung der Flüssigkeit den Blasenbildungsvor-

gang ausserhalb der Schicht begünstigt, was sich durch geringere Blasendurchmesser bemerkbar macht.

Mit Hilfe der Analogiebetrachtung, dass eine mit Luft durchströmte und mit Flüssigkeit bedeckte Sinterplatte sich strömungsdynamisch mit dem Siedezustand an einer Hochleistungsverdampferoberfläche vergleichen lässt, wurde der Druckverlust in Abhängigkeit des Gasvolumenstromes für verschiedene Flüssigkeiten und Sinterschichten gemessen. Durch Vergleich von aus Schliffbildern gemessenen Porenverteilungen mit dem aus Druckabfallmessungen berechneten Porendurchmesser wird gezeigt, dass der zu erwartende Druckverlust ohne vorherige Messungen direkt bestimmt werden kann.

Wie man durch Vergleich mit Messungen von Wärmeübergangswerten sehen kann, reichen die Angaben für eine vollständige Berechnung der Wärmeübergangswerte nicht aus, da sich in der porösen Struktur ein Wärmewiderstand infolge des erhöhten Gasanteils bemerkbar macht. Die Verteilung von Flüssigkeit und Dampf in der Schicht zu bestimmen, muss ein Ziel weiterer Untersuchungen sein, um auch diesen Einfluss quantifizieren zu können.

ABSTRACT

It is often the goal of contemporary designers to increase the energy density of their apparatuses substantially. The use of "high flux" tubes with a porous surface in evaporators is a good example of this trend. High flux tubes feature high heat transfer rates at very low driving temperature differences thus improving the exergetic efficiency of evaporators.

The physical basics and the influences governing the evaporation process have been analysed and quantified in order to be able to calculate heat transfer coefficients of evaporating fluids. Thereupon the relation between the heat transfer rates and the resulting driving temperature difference has also to be examined. The activation of the nuclei was studied in order to be able to obtain a reliable prediction of the starting temperature differences of evaporation. Measurements of preexisting gas, that was traced with radionuclides, and of the starting temperature differences showed, that preexisting gas by alone cannot be made responsible for the initiation of evaporation at low temperature differences. Characteristics of the surface and the wettability of the micropores are more likely to control the beginning of evaporation. Unfortunately investigations of this phenomena have not yet succeeded due to insufficient research equipment.

The resulting temperature differences at stable evaporation consists of several partial heat resistances. They were expressed as pressure drops. These pressure drops, which are the result of vapour streaming through the porous layer, were calculated theoretically and then compared with corresponding experiments. The main resistance at low heat transfer rates depends mainly on the capillary pressure drop. The theoretical investigation of several other pressure drop influences showed that the acceleration pressure drop or the pressure drop of the gas inside the porous layer are negligible. It could also be demonstrated, that the momentum force of the liquid outside the surface supports the growth of the vapour bubbles.

The behaviour of flow where a gas is streaming through a porous layer, which is flooded with liquid, is very similar to the evaporation process, so that a direct comparison was possible. The simulation of evaporation of a liquid on a high

flux surface can help us to understand, how the pressure drop of a capillary system depends on the gas rates. Therefore several sintered plates, where a air gas stream was penetrating the fluid covering the body, were measured. Different pore size distribution measurements of the sintered plates were taken from pictures of cuts of the different sintered layers. The calculated pressure drops were compared with the measured pressure drops of the sintered layers. It could be shown that the predicted pressure drop of the interpreted pictures is in good agreement with the experimental results. A further research upon the distribution of vapour and liquid in the porous layer will be necessary to predict the heat transfer coefficient of evaporation on high flux surfaces.