



Doctoral Thesis

Die Tropfenabscheidung in vertikalen Entspannungsverdampfern bei unterkritischen und kritischen Strömungsverhältnissen

Author(s):

Paradissiadis, Iordanis

Publication Date:

1985

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000342744> →

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](#).

Die Tropfenabscheidung in vertikalen
Entspannungsverdampfern bei unterkritischen
und kritischen Strömungsverhältnissen

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der
EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZUERICH

vorgelegt von
IORDANIS PARADISSIADIS
dipl. Masch.-Ing. T.U. Athen
geboren am 13. Sept. 1957
von Griechenland

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. F. Widmer, Referent
Prof. A. Buck, Korreferent

Zürich 1985

8. ZUSAMMENFASSUNG

Die Brüdenverschmutzung bei Entspannungsverdampferanlagen, ein für den Betrieb wichtiger Aspekt, hängt sowohl von der konstruktiven Gestaltung sowie auch von den Betriebsverhältnissen der Anlagen ab.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Experimente zur Abklärung des Einflusses der konstruktiven Gestaltung auf die Brüdenverschmutzung durchgeführt. Der eingesetzte vertikale Einrohr-Entspannungsverdampfer wurde mit einer NaOH-Wasserlösung mit ca. 4 Massen-% NaOH betrieben. Mit Hilfe einer speziellen Konstruktion konnte der Durchmesser des Expansionsgefäßes von 350 bis 684 mm variiert werden. Der Durchmesser des Steigrohres betrug 50 mm und 68 mm, seine Länge 7,7 m. Durch die Versuche wurden folgende Erkenntnisse gewonnen:

1. Die Brüdenverschmutzung hängt vom Durchmesser des Expansionsgefäßes nur unwesentlich ab. Diese Tatsache ist unabhängig vom Steigrohrdurchmesser, von der Ausdampfbreite, vom Niveau der Flüssigkeit im Expansionsgefäß und vom Auftreten von kritischer Strömung.
2. Mit zunehmendem Steigrohrdurchmesser und damit steigendem Durchsatz vergrößert sich auch die Brüdenverschmutzung.
3. Der Einbau einer konischen Erweiterung am Steigrohraustritt verbessert die Brüdenreinheit wesentlich. Grund dafür sind die kleineren Geschwindigkeiten am Steigrohraustritt und das Fehlen der Restentspannung bei kritischer Strömung.
4. Die Brüdenreinheit kann hauptsächlich durch das Unterdrücken der Tropfenbildung verbessert werden. Letzteres ist beispielsweise durch einen konischen Steigrohraustritt, einen geeigneten Prallschirm oder durch das Verhindern der Schaumbildung im Expansionsgefäß zu erreichen.

5. Die konische Erweiterung am Steigrohraustritt bewirkt keine Veränderung der Durchsatzcharakteristik.
6. Die Brüdengeschwindigkeit im Expansionsgefäss weist zwar ein ungleichförmiges Profil auf, doch treten keine Wirbel auf. Dies gilt auch für kleinere Expansionsgefässdurchmesser.
7. Der Einsatz von Heissdraht- bzw. Heissfilmsonden bei tropfenbeladenen Strömungen ist nicht zu empfehlen. Flügelradanemometer bieten eine einfache Möglichkeit zur Geschwindigkeitsmessung.

Im theoretischen Teil der Arbeit wird ein Rechenzeit sparendes Verfahren zur Berechnung der Zweiphasenströmung im Steigrohr und somit des Zustands des Zweiphasengemisches am Steigrohraustritt vorgestellt. Dabei wird die dort häufig auftretende Ringströmung speziell erfasst und in das Rechenverfahren einbezogen. Die verschiedenen Vorgänge, die im Expansionsgefäss stattfinden und die Brüdenverschmutzung beeinflussen, werden eingehend analysiert und in ein Modell zur Abschätzung der Brüdenverschmutzung einbezogen, welches von der Erhaltung der Masse, Impuls und Energie am Steigrohraustritt und am Prallschirm ausgeht. Dieses Rechenmodell erlaubt einerseits die Abschätzung der Abhängigkeit der Brüdenverschmutzung von der Ausdampfbreite und vom Expansionsgefässdurchmesser und andererseits die Berechnung der Zweiphasenströmung im Steigrohr.

Die Brüdenverschmutzung ist ein komplizierter, von vielen Parametern abhängiger Vorgang und weist zudem statistischen Charakter auf, wodurch sowohl die experimentelle als auch die theoretische Erfassung nur näherungsweise möglich ist. Die vorliegende Arbeit ermöglicht die Erfassung der Brüdenverschmutzung bei Entspannungsverdampfern und liefert somit Grundlagen zur Dimensionierung von Dampfräumen.

SUMMARY

The entrainment of drops by the vapour in flash evaporators, generally affected by the operational conditions as well as by the design of the equipment, reduces their efficiency and it may cause operational problems.

This work investigates the influence of the design parameters on the liquid entrainment in vertical flash evaporators with a single impingement separator. Liquid entrainment was quantified by the decontamination factor DF (kg vapour per kg entrained liquid). The diameter of the vapour vessel varied, due to a special construction, from 350 to 684 mm. Two risers (vertical rising tubes) of 50 mm and 68 mm diameter and of 7,7 m length were used. The experiments, carried out with an approximately 4 % soda caustic solution, showed that:

1. There is only a small dependence of the DF on the vapour vessel diameter under all the investigated conditions.
2. The DF decreases with increasing riser diameter if the temperature difference between the autoclave and the vapour vessel is kept constant.
3. A conical diffusor at the riser exit increases the DF.
4. The formation of droplets at the riser exit, especially for critical two phase flow in the riser, is more important than the gravity separation in the vapour vessel. Thus, in order to increase the DF more attention should be paid on restricting the droplet formation. This can be achieved by:
 - a conical diffusor at the riser exit
 - a suitable impingement separator
 - restriction of foaming in the vapour vessel.

5. The conical riser at the riser exit does not affect the flow rates through the riser.
6. The measured vapour profiles in the vapour vessel are not uniform. Though, no vortices were observed.
7. The use of hot wires and films in dropladen gases should be avoided. Vane anemometers are a simple and efficient alternative.

A computer time saving calculation procedure of the two-phase flow in the riser is presented in the theoretical part of the work, with special attention on the annular two-phase flow. The various mechanisms which affect the liquid entrainment in the vapour vessel are further analysed. By combining these theoretical aspects a model is developed for the prediction of the DF dependance on the vapour vessel diameter and on the temperatur difference between the autoclav and the vapour vessel. The DF dependancies predicted by this model are in good agreement with the measured ones.