

Ivanov, O.P.

Leningrader technologisches Institut für die Kälteindustrie

UNTERSUCHUNG DES WÄRMEÜBERGANGES BEIM SIEDEN VON FREON 12- UND  
22-GEMISCHEN

Übersetzung aus:

Cholodil'naja tehnika. Moskva, 43 (1966), Nr 4  
S. 27 - 29.

Russ.: ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ СМЕСЕЙ  
ФРЕОНА-12 И ФРЕОНА-22

Issledovanie teploobmena pri kipenii smesej freona-12  
i freona-22

Freongemische werden in letzter Zeit häufig als Arbeitsmittel in Kältemaschinen eingesetzt. In Anlagen auf der Basis von Freon-22 werden geringe Mengen Freon-12 beigemischt. Damit sinkt die Temperatur, bei der sich Kältemittel und Öl entmischen [1].

Bislang ist der Wärmeübergang beim Sieden eines Freon-12 und -22-Gemisches nicht untersucht worden. Daher wurden an einer vom Verfasser in einer anderen Arbeit beschriebenen Anlage [2] Versuche mit einem Freon-12- und -22-Gemisch unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

$$q = 2000 \div 25\,000 \text{ W/m}^2;$$
$$T = 243 \div 293^\circ;$$

der Massenanteil der leichtsiedenden Komponente wurden dabei variiert:  $\xi_1 = 1 \div 0$ .

Dadurch konnten Angaben über die Abhängigkeit der Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha$  von der Wärmestromdichte  $q$ , der Siedetemperatur  $T$  und dem Massenanteil  $\xi_1$  der leichtsiedenden Komponente in der Flüssigkeit ermittelt werden (Abb. 1).

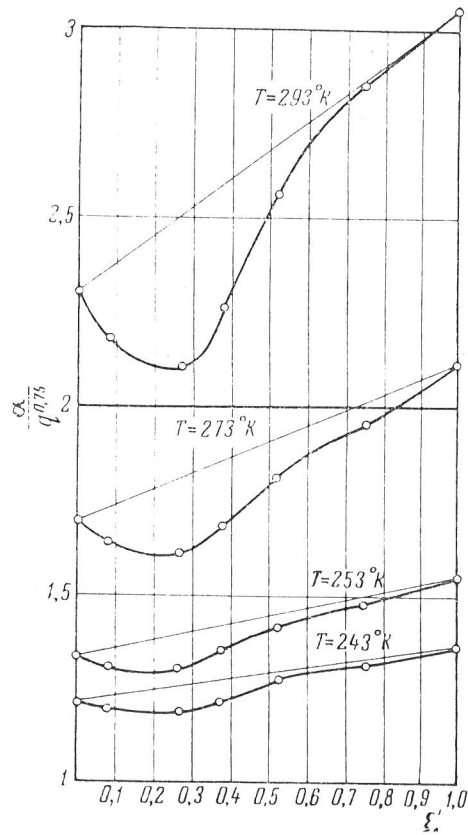


Abb. 1. Abhängigkeit  $\frac{\alpha}{q^{0.75}} = f(\xi_1; T)$  für das Freon-12 und 22-Gemisch.

Abb. 2 zeigt die Abhängigkeiten des Überschubanteils  $\Delta\xi$  der leichtsiedenden Komponente in der Dampfphase  $\xi_1'$  von deren Massenanteil in der Flüssigkeit. Wie aus Abb. 1 hervorgeht haben die Werte

$\frac{\alpha}{q^{0.75}} = f(\xi_1)$  stark ausgeprägte Minima und entsprechen den Maxima

der Werte

$$\Delta\xi = f(\xi_1).$$

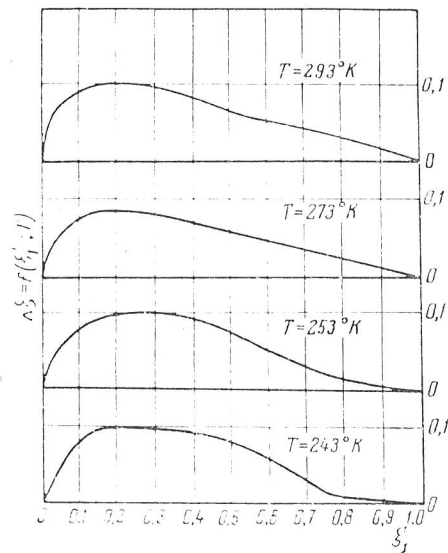


Abb. 2. Abhängigkeit  $\Delta \xi = f(\xi_1; T)$  für ein Freon-12 und -22-Gemisch.

Möchte man, wie Robin vorschlägt [3], die Versuchsangaben anhand der Gleichungssysteme von Kružilin und Kutateladze unter Hinzunahme eines zusätzlichen Konzentrationskriteriums verallgemeinern, ergeben sich einige Schwierigkeiten, weil keine Angaben über die physikalischen Eigenschaften der Gemische vorliegen. Deshalb zogen wir es vor, diese Angaben durch Anwendung der Ähnlichkeitstheorie mit dem Siedevorgang von Gemischen zu verallgemeinern. Für reine Flüssigkeiten wurde von Borišanskij eine Ähnlichkeitsmethode ausgearbeitet [4].

Um diese Methode auf Gemische anwenden zu können, muß man die Abhängigkeit des kritischen Druckes des Gemisches von der Zusammensetzung der flüssigen Phase kennen. Karapetjanc [5] hat folgende Gleichung zur Berechnung des kritischen Druckes von Kohlenwasserstoff-Gemischen vorgeschlagen:

$$p_{kr} = (p_{kr})_2 + \xi_1 [(p_{kr})_1 - (p_{kr})_2] + \Delta p,$$

wobei  $\Delta p$  die Abweichung der Werte des kritischen Druckes eines Gemisches von der Additivitätsregel bezeichnet; der Index "1" ist auf die leichter flüchtige Komponente bezogen.

Weil es für Kältemittel keine Angaben über  $\Delta p$  gibt, mußten wir, um  $p_{kr}$  bestimmen zu können, den Koeffizienten für die relative Flüchtigkeit verwenden:

$$\psi = \frac{\xi_1'' (1 - \xi_1')}{\xi_1' (1 - \xi_1'')}.$$

Für Gemische, die idealen nahekomen, gilt:

$$\psi_{id} = \frac{p_1^0}{p_2^0} ;$$

dieser Wert hängt nicht von der Konzentration ab. Hier bezeichnen  $p_1^0$  und  $p_2^0$  den Dampfdruck der reinen Komponenten bei der jeweiligen Siedetemperatur. Für reale Gemische ändert sich  $\psi$  in Abhängigkeit von der Zusammensetzung. Deshalb kann die Abweichung von  $\psi_{id}$  als Maß dafür dienen, wie ideal der Zustand eines Gemisches ist.

Ausgehend von dem o.g. wählten wir folgende Formel für den von uns als "pseudokritisch" bezeichneten Druck:

$$p_{kr}^p = (p_{kr})_2 + \psi [(p_{kr})_1 - (p_{kr})_2].$$

Diese Abhängigkeit ist bei Mischungen sinnvoll, bei denen der kritische Druck der leichtsiedenden Komponente größer ist als bei der schwersiedenden.

Als Normierungsdruck wurde  $p^* = 0,03 p_{kr}^p$ , und für die reinen Komponenten  $p^* = 0,03 (p_{kr})_1$  und  $p^* = 0,03 (p_{kr})_2$  gewählt.

Ferner wurde die Abhängigkeit

$$\frac{\frac{\alpha}{q^{0,75}}}{\frac{\alpha^*}{q^{0,75}}} = f\left(\frac{p}{p^*}\right),$$

berechnet und als Kurve dargestellt, wobei  $\alpha^*$  den Wärmeübergangskoeffizienten des Gemisches im Normalzustand bezeichnet.

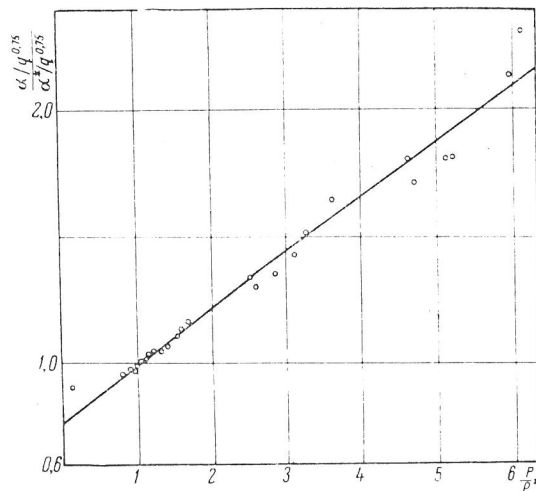


Abb. 3. Ergebnisse nach Auswertung der Versuchangaben nach der thermodynamischen Ähnlichkeitsmethode.

Diese Abhängigkeit ist in Abb. 3 dargestellt. Die Angaben, die für die Berechnung des Koeffizienten der relativen Flüchtigkeit notwendig sind, wurden den Arbeiten [6] und [7] entnommen.

Es wurden auch Versuche mit einem Gemisch aus 85 % Freon-22 und 15 % Freon in einer Lösung mit ChF-12-Öl angestellt. Der Öl-Massenanteil variierte zwischen 0 und 10 %. Die Versuche wurden bei  $T = 243^\circ\text{K}$  durchgeführt, wobei die Wärmestromdichte zwischen 2 000 und 25 000  $\text{W/m}^2$  geändert wurde. Die Versuche ergaben, daß sich Öl und Freongemische gut mischen lassen. Bei Erhöhung des Ölanteils auf 25 % bei gegebener Temperatur kam es zu einer Entmischung des Öles.

Die Versuchsergebnisse sind in Abb. 4 dargestellt. Der Einfluß des Öles auf das Sieden des Freongemisches entspricht in etwa dem von reinen Kältemitteln [2].

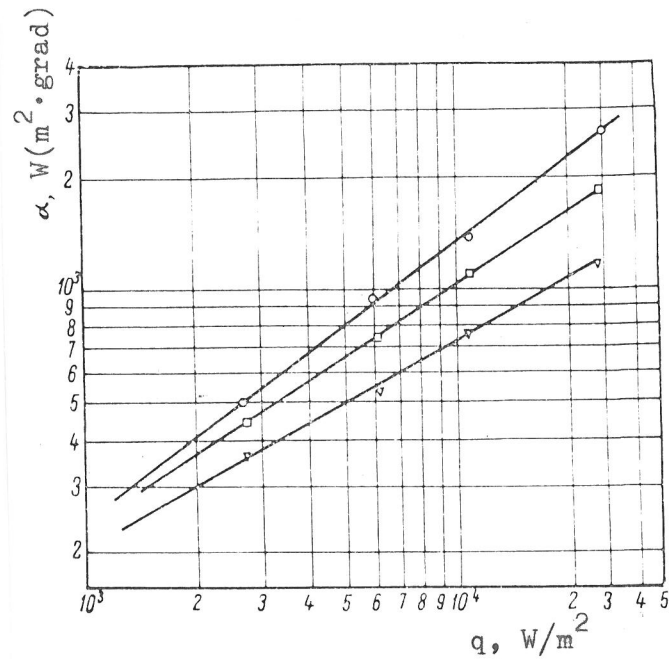


Abb. 4. Abhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten von der Wärmestromdichte für ein Gemisch aus 85 % Freon-22 und 15 % Freon-12 mit ChF-12-Öl bei einem Druck von  $p = 1,7$  bar.

### Schlußfolgerungen

Beim Sieden eines Freon-12 und -22-Gemisches stellt man ein klar ausgeprägtes Minimum der Abhängigkeit  $\alpha = f(\xi'_1)$  fest, das dem Maximum der Abhängigkeit

$$\Delta \xi = f(\xi'_1)$$

entspricht.

Den Einfluß des Drucks auf den Wärmeübergang beim Sieden von Gemischen kann man nach der Ähnlichkeitsmethode bestimmen.

Wenn Freon-12 in Freon-22 gelöst ist, sinkt die Temperatur, bei der sich Kältemittel und Öl entmischen. Der Einfluß des Öls auf das Sieden eines Gemisches ist ähnlich dem beim Sieden reiner Kältemittel.

L i t e r a t u r

1. Löffler, H.J.: Einige Eigenschaften des binären Systems Frigen 12 - Frigen 22 und des ternären Systems F 12 - F 22 - Naphthenbasisches Mineralöl.  
In: Kältetechnik. Karlsruhe, 12 (1960), Nr 9, S. 256 - 260.

2. Иванов О. П. Экспериментальное исследование теплообмена при кипении маслофреоновых растворов. «Холодильная техника», 1965, № 3.

Ivanov, O.P.: Eksperimental'noe issledovanie teploobmena pri kipeanii maslofreonovykh rastvorov.  
In: Cholodil'naja tehnika. Moskva, 42 (1965), Nr 3, S. 32 - 35.  
Deutsche Vollübersetzung aus dem Russischen:  
Experimentelle Untersuchung des Wärmeübergangs beim Sieden von Freon-Öl-Gemischen. - Übersetzungsstelle der Universitätsbibliothek Stuttgart, Nr 210, 8 Seiten.

3. Робин В. А. Теплообмен при кипении многокомпонентных жидкостей. Труды Центрального котлотурбинного института (Котлотурбостроение), Л., 1965.

Robin, V.A.: Teploobmen pri kipeanii mnogokomponentnykh zhidkostej.  
In: Trudy. Central'nyj naučno-issledovatel'skij i proektno-konstruktorskij kotloturbinnyj institut im. I.I. Polzunova. Leningrad, 1965, S. 116 - 121.  
<Der Wärmeübergang beim Sieden einer aus mehreren Komponenten bestehenden Flüssigkeit; russ.>

4. Боришанский В. М. Учет влияния давления на теплоотдачу и критические нагрузки при кипении на основе теории термодинамического подобия. Сб. «Вопросы теплоотдачи и гидравлики двухфазных сред». Госэнергоиздат, 1961.

Borišanskij, V.M.: Učet vlijanija davlenija na teplootdaču i kritičeskie nagruzki pri kipeanii na osnove teorii termodinamičeskogo podobija.  
In: Voprosy teplootdači gidravliki dvuchfaznykh sred. Moskva - Leningrad: Gosenergoizdat, 1961, S. 18 - 36.  
<Berücksichtigung des vom Druck ausgehenden Einflusses auf den Wärmeübergang und die kritischen Belastungen beim Sieden auf der Grundlage der thermodynamischen Ähnlichkeitstheorie; russ.>

5. Карапетянц М. Х. Химическая термодинамика. Госхимиздат, 1953.

Karapetjanc, M. Ch.  
Chimičeskaja termodinamika.  
Moskva: Goschimizdat, 1953.  
[Chemical Thermodynamics, 2. Auflage; russ.]

6. Whipple, G.H.: Vapor-Liquid Equilibria of Some Fluorinated Hydrocarbon Systems.  
In: Industrial and Engineering Chemistry. Washington, D.C., 44 (1952), Nr 7, S. 1664 - 1667.

7. Чайковский В. Ф., Кузнецов Л. П.,  
Лосев В. И., Черток В. Д. Диаграмма энтальпия—  
концентрация для смеси фреон-12 — фреон-22. Труды  
Одесского технологического института пищевой и хо-  
лодильной промышленности. Т. 12. Одесса, 1962.

Čajkovskij, V.F., Kuznecov, L.P., Losev, V.I., Čertok, V.D.:  
Diagramma ental'pija - koncentracija dlja smesi freon-12 -  
freon-22.

In: Trudy. Odesskij tehnologičeskij institut piščevoj i cholo-  
dil'noj promyšlennosti. Odessa, 12 (1962), S. 37 - 47.

<Enthalpie-Konzentrations-Diagramm für ein Freon-12-Freon-22-  
Gemisch; russ.>

---

Stuttgart, den 3. Juni 1980

übersetzt von

*Ottmar Pertschi*

(Ottmar Pertschi)  
Dipl.-Übersetzer

*Ulrike Frieß-Ehlers*

(Ulrike Frieß-Ehlers)  
Dipl.-Übersetzerin