



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 649 975 A5

⑤① Int. Cl.4: C 01 D 1/42  
B 01 D 1/22

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 5326/80

⑫② Anmeldungsdatum: 11.07.1980

⑫④ Patent erteilt: 28.06.1985

⑫⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 28.06.1985

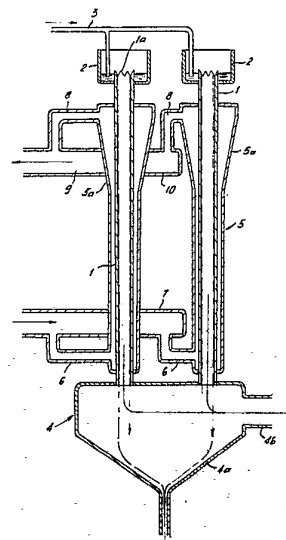
⑫③ Inhaber:  
Bertrams AG, Basel

⑫⑦ Erfinder:  
Kühnlein, Hans, Füllinsdorf  
Küng, Hans Rudolf, Frenkendorf  
Molnar, Georg, Füllinsdorf

⑫④ Vertreter:  
Anton J. Willi, Thalwil

⑫④ **Verfahren und Vorrichtung zum Konzentrieren von Alkalilauge.**

⑫⑦ Beim Konzentrieren von Alkalilauge wird der in Fallfilm-Verdampferrohren (1) von oben nach unten fließende Alkalilaugenfilm durch eine Wärmeträgerflüssigkeit, die in einem engen Heizmantel (5) von unten nach oben strömt, beheizt. Da im oberen beheizten Teil des Verdampferrohres (1) im Gegensatz zum unteren Teil, besonders bei der in einem engen Heizmantel (5) auftretenden grossen Strömungsgeschwindigkeit, grosse Temperaturdifferenzen zwischen Wärmeträgerflüssigkeit und Laugenfilm auftreten, kann dort die Wärmestromdichte zu einer Entzettelung des Verdampferrohres führen. Um solch kritische Wärmestromdichten zu vermeiden, wird der obere Abschnitt (5a) des Heizmantels (5) konisch erweitert und damit die Strömungsgeschwindigkeit in diesem Abschnitt derart herabgesetzt, dass dort keine kritische Wärmestromdichte erreicht wird.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Konzentrieren von Alkalilauge, bei welchem ein an der Innenseite mindestens eines Verdampferrohres nach unten fallender Laugenfilm durch eine an der Rohraussenseite hochgeführte Wärmeträgerflüssigkeit beheizt wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vermeidung kritischer Wärmestromdichten an der Verdampferfläche die Strömungsgeschwindigkeit der Wärmeträgerflüssigkeit in einem oberen Heizabschnitt niedriger gewählt wird als in den darunter liegenden Abschnitten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im genannten oberen Abschnitt die Strömungsgeschwindigkeit kontinuierlich vermindert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im genannten oberen Abschnitt die an der Wärmeübertragung an den Laugenfilm teilnehmende Menge der Wärmeträgerflüssigkeit vermindert wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der das zylindrische Fallfilm-Verdampferrohr (1) koaxial umschliessende Heizmantel (5, 15), ausgehend von einem unteren an den Wärmeträgereinlass (6) angeschlossenen zylindrischen engen Teil, in einem oberen zum Wärmeträgerauslass (8) hin führenden Abschnitt (5a, 15a) radial erweitert ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erweiterte Abschnitt (5a, 15a) des Heizmantels mindestens teilweise zylindrisch oder konisch verläuft.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in den erweiterten Abschnitt (15a) des Heizmantels (15) ein die Verlängerung des unteren zylindrischen Teils des Heizmantels bildender, gelochter (16) Mantelenteil (15b) hineinragt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenseite des gelochten Mantelendteils (15b) mit über den Umfang gleichmässig verteilten Noppen (17) versehen ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Konzentrieren von Alkalilauge, bei welchem ein an der Innenseite mindestens eines Verdampferrohres nach unten fallender Laugenfilm durch eine an der Rohraussenseite hochgeführte Wärmeträgerflüssigkeit beheizt wird.

Zur Konzentrierung von Alkalilaugen, die üblicherweise als 50%ige Lösung anfallen und zu praktisch wasserfreier Schmelze aufkonzentriert werden sollen, sind relativ hohe Temperaturen erforderlich. Als Wärmeträgerflüssigkeit hat sich deshalb eine Salzsäure als besonders zweckmässig erwiesen, die mit z.B. etwa 450°C der unteren Partie des das Verdampferrohr umschliessenden Heizmantels zugeführt wird und dort bei einer Siedetemperatur der Lauge von 430°C eine etwa 99% betragende Konzentration erreichen lässt. Wird die z.B. 50%ige Lauge mit etwa 140°C der oberen Verdampferpartie zugeführt und verlässt dort die Salzsäure den Heizmantel mit z.B. etwa 380°C, so ergibt sich, dass im unteren Teil des Fallfilmverdampferrohres zwischen siedender Flüssigkeit und Salzsäure eine Temperaturdifferenz von z.B. 20°C, im Oberteil des Verdampferrohres hingegen eine Temperaturdifferenz von 240°C besteht. Diese grosse Temperaturdifferenz zwischen Wärmeträgerflüssigkeit und siedender Alkalilösung im Rohroberteil führt nun zwangsläufig zu einer sehr hohen Wärmestromdichte und dabei entsteht stellenweise eine vollständige Entnetzung an der Verdampferfläche. Es handelt sich hier um eine bekannte Erscheinung, (Leidenfrost'scher Effekt) wenn die Wärmestromdichte an Verdampferflächen eine bestimmte Grösse überschreitet.

Unter der oben geschilderten Betriebsbedingung ergibt sich eine Wärmestromdichte von mehr als 250 000 kcal/hm<sup>2</sup>, und unter diesen Umständen ist es nicht zu vermeiden, dass die Verdampferfläche stellenweise «trocken läuft».

Es ist bekannt, dass sich für das Konzentrieren von Alkalilaugen zu praktisch wasserfreier Schmelze Verdampferrohre aus Reinnickel- oder Hochnickellegierungen als recht gut korrosionsbeständig erweisen. Voraussetzung ist jedoch, dass sich auf allen von der Lösung beaufschlagten Flächen ein geschlossener Nickel-Oxyd-Film ausbilden kann. Es wurde gefunden, dass dies in einem Fallfilmverdampferrohr der Fall ist, solange der Flüssigkeitsfilm die Verdampferfläche gleichmässig bedeckt. Die oben erwähnten hohen und damit für die Entnetzung der Verdampferoberfläche kritischen Wärmestromdichten führen jedoch nicht nur zur Zerstörung des Nickeloxydfilms, sondern gleichzeitig zu intermittierenden thermischen Spannungen in der Verdampferrohrwand. Dies in Kombination kann zur raschen Zerstörung der Verdampferrohre führen.

Es ist nun Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der genannten Art und eine Vorrichtung zu dessen Durchführung zu schaffen, welche die oben geschilderten Nachteile nicht mehr aufweisen. Zu diesem Zweck ist das erfindungsgemässe Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass zur Vermeidung kritischer Wärmestromdichten an der Verdampferfläche die Strömungsgeschwindigkeit der Wärmeträgerflüssigkeit in einem oberen Heizabschnitt niedriger gewählt wird als in den darunter liegenden Abschnitten. Die zur Durchführung dieses Verfahrens dienende Vorrichtung ist erfindungsgemäss dadurch gekennzeichnet, dass der das zylindrische Verdampferrohr koaxial umgebende, enge Heizmantel für die Wärmeträgerflüssigkeit in einem oberen, zum Flüssigkeitsauslass führenden Abschnitt radial erweitert ist. Der erweiterte Heizmantelabschnitt kann konisch oder zylindrisch sein; es können auch mehrere nach oben hin zunehmend erweiterte Zylinderabschnitte oder ein an eine konische Partie sich anschliessender Zylinderabschnitt vorgesehen sein. In jedem Fall führt die Erweiterung zu einer Herabsetzung der Strömungsgeschwindigkeit der Wärmeträgerflüssigkeit, so dass man es durch geeignete Wahl der Grösse dieser Erweiterung ohne weiteres in der Hand hat, die Durchflussgeschwindigkeit im oberen, eine hohe Temperaturdifferenz zwischen Wärmeträgerflüssigkeit und Alkalilauge aufweisenden Bereich, ohne unerwünschte Beeinflussung der Verhältnisse im unteren, nur geringe Temperaturdifferenzen zeigenden Bereich derart niedrig zu halten, dass bei entsprechend vermindertem Wärmeübertragungskoeffizienten eine unterkritische (also nicht zur Entnetzung führende) Wärmestromdichte resultiert.

Die beiliegende Zeichnung zeigt schematisch Ausführungsbeispiele der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, das im folgenden beispielsweise erläutert ist. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 im Axialschnitt ein erstes Beispiel einer Konzentriervorrichtung nach der Erfindung, und

Fig. 2 in analogem Schnitt ein Teil eines zweiten Beispiels.

Beim Beispiel nach Fig. 1 sind zwei Fallfilm-Verdampferrohre 1 vorgesehen, die mit ihrem als Überlaufkante dienenden gezackten oberen Rand 1a je in einen Verteiler 2 ragen; die Verteiler 2 sind an eine gemeinsame Laugen-Zulaufleitung 3 angeschlossen. Es versteht sich, dass die Vorrichtung auch nur ein einziges oder mehr als zwei Verdampferrohre 1 aufweisen könnte. Die Verdampferrohre 1 sind unten an eine gemeinsame Sammelkammer 4 angeschlossen, die mit einem Auslassstrichter 4a für die konzentrierte Alkalischmelze und einem Brüdenauslass 4b versehen ist.

Jedes der beiden zylindrischen Verdampferrohre 1 ist von einem koaxialen Heizmantel 5 umschlossen. Unten sind die Heizmäntel 5 über Verbindungsrohre 6 an eine gemeinsame Zulaufleitung 7 für die über eine nicht gezeichnete Heizvorrichtung zirkulierende Wärmeträgerflüssigkeit angeschlossen, während sie oben über Verbindungsrohre 8 mit einer gemeinsamen Rücklaufleitung 9 verbunden sind. Der obere Abschnitt 5a jedes Heizmantels 5 ist gegenüber dem relativ engen, zylindrischen Hauptteil des Heizmantels 5 konisch erweitert.

Durch die beschriebene Erweiterung 5a des Heizmantels 5 im Oberteil wird nun erreicht, dass an dieser Stelle die Durchflussgeschwindigkeit der Wärmeträgerflüssigkeit zunehmend gesenkt wird. Damit wird nach den bekannten Regeln des Wärmeübertrages von strömenden Flüssigkeiten an eine Wand erreicht, dass der Wärmeübertragungskoeffizient ebenfalls entsprechend nach oben hin verringert wird, was schliesslich in einer verringerten Wärmestromdichte resultiert, bzw. in einer, trotz nach oben zunehmender Temperaturdifferenz, «unterkritischen» Wärmestromdichte.

Man hat es damit in der Hand, die Abmessungen des Wärmeträgermantels 5 in Abhängigkeit von der Wärmeträgerdurchflussmenge so zu wählen, dass an keiner Stelle eine unzulässig hohe Wärmestromdichte auftritt. Dies ist insofern von wirtschaftlicher Bedeutung, weil für die Konstruktion von Alkalilaugekonzentratoren sehr teure Materialien verwendet werden müssen. Umsomehr ist man darauf angewiesen, insgesamt gesehen pro m<sup>2</sup> beheizte Fläche im Mittel möglichst viel Wärme übertragen zu können und gleichzeitig eine hohe Lebensdauer zu gewährleisten.

Die beschriebene Vorrichtung gestattet nun, diese Ziele zu erreichen, indem im unteren Abschnitt der Verdampferrohre 1, wo eine geringe Temperaturdifferenz zwischen siedender Alkalilösung und Wärmeträgerflüssigkeit gegeben ist, dennoch eine recht hohe Verdampferleistung erzielt werden kann, indem der Spalt zwischen Verdampferrohr 1 und Heizmantel 5 so eng gehalten wird, dass dort eine hohe Wärmeträgergeschwindigkeit und ein entsprechend hoher Wärmeübertragungskoeffizient herrscht. Dies sei an einem konkreten Beispiel erläutert:

Das Verdampferrohr 1 besitze einen Aussendurchmesser von 112 mm, der Heizmantel 5 einen Innendurchmesser von 127 mm und sei im Oberteil 5a auf 200 mm erweitert. Bei einer Wärmeträgerzirkulationsmenge von beispielsweise 10 m<sup>3</sup>/h ergibt sich so im unteren Teil des Heizmantels 5 eine Geschwindigkeit von 8 m/sec, in oberen Teil 5a eine kleinste Geschwindigkeit von 1,3 m/sec. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Temperaturdifferenzen zwischen siedender Flüssigkeit und Wärmeträger ergibt sich im unteren und mittleren Teil des Heizmantels 5 eine mittlere Wärmestromdichte von 40 000 kcal/hm<sup>2</sup> und im oberen Teil 5a eine mittlere Wärmestromdichte von 35 000 kcal/hm<sup>2</sup>, womit beobachtungsgemäss keine Entnetzungsgefahr beim Konzentrieren von Alkalilauge besteht.

Es gibt in der Praxis verschiedene andere Möglichkeiten, um die oben beschriebene Wirkung zu erzielen. Im we-

sentlichen basieren sie aber darauf, durch Veränderung des Durchflussquerschnittes im Wärmeträgermantel die Wärmeträgergeschwindigkeiten zweckmässig anzupassen und damit die Wärmestromdichte zu beeinflussen.

5 Eine weitere verfeinerte Technik zur Erreichung des selben Zieles besteht darin, nicht nur die Wärmeträgergeschwindigkeit gezielt zu vermindern, sondern gleichzeitig die Wärmeträgermenge, welche am Wärmeübergang teilhat, zu verringern. Damit besteht die Möglichkeit, den Wärmedurchgang nicht nur durch Verminderung des Wärmeübertragungskoeffizienten zu vermindern, sondern zusätzlich durch Verminderung der Temperaturdifferenz zwischen siedender Alkalilösung und Wärmeträgerflüssigkeit. Dies kann dadurch geschehen, dass die Wärmeträgerflüssigkeit entlang  
10 ihrem Fliessweg am Verdampferrohr im oberen Abschnitt schneller abgekühlt wird, z.B. dadurch, dass nicht mehr die ganze Wärmeträgermenge am Wärmeübertragungsvorgang in diesem Abschnitt teilnimmt.

In Fig. 2 ist eine solche Vorrichtung dargestellt (der Ein-  
20 fachheit halber ist nur ein Verdampferrohr 1 gezeigt). Das zylindrische Verdampferrohr 1, das mit seinem oberen gezackten Rand 1a analog dem ersten Beispiel in den Verteiler 2 ragt, der an die Zulaufleitung 3 für die Alkalilauge angeschlossen ist, ist von einem koaxialen Heizmantel 15 umschlossen. Der obere Endteil 15b dieses zylindrischen, relativ engen Heizmantels 15 ist, wie bei 16 angedeutet, gelocht und von einem radial erweiterten zylindrischen Mantelabschnitt 15a (dieser könnte auch konisch sein) umgeben, der über den gelochten Endteil 15b hinausragt und dort an  
25 das zur Rücklaufleitung für die Wärmeträgerflüssigkeit führende Verbindungsrohr 8 angeschlossen ist. Der gelochte Endteil 15b des Heizmantels 15 ist innen mit gleichmässig über den Umfang verteilten Vorsprüngen, sogenannten Noppen 17, versehen, die im Spalt zwischen Mantelendteil 15b  
30 und Verdampferrohr 1 als Strömungswiderstand wirken und eine gleichmässige Verteilung der Wärmeträgerflüssigkeit rund um das Verdampferrohr 1 gewährleisten.

Die Wärmeträgerflüssigkeit fliesst über das Verbindungsrohr 6 in den zylindrischen Wärmeträgermantel 15; durch  
40 die in seinem oberen Teil vorhandenen Öffnungen 16 gelangt ein Teil der Wärmeträgerflüssigkeit sukzessive in den erweiterten Mantelabschnitt 15a, während nur noch ein geringer Teil der Wärmeträgerflüssigkeit unmittelbar am Verdampferrohr 1 vorbei strömt. Über dem Endteil 15b verbinden sich die beiden Ströme wieder und verlassen die Vorrichtung über das Verbindungsrohr 8. Die Erweiterung im Abschnitt 15a bewirkt auch hier eine merkbare Herabsetzung der Durchströmgeschwindigkeit, während der gelochte Endteil 15b als Abtrennwand wirkt, welche die an der Wärmeübertragung an das Verdampferrohr 1 teilnehmende  
50 Menge der Wärmeträgerflüssigkeit entsprechend herabsetzt. Dank der Noppen 17 bleibt aber eine gleichmässige Verteilung der Wärmeträgerflüssigkeit über den Rohrumfang erhalten, was entsprechend gleichmässigen Wärmeträgerfluss und Vermeidung von Rohrdeformationen bzw. Beschädigungen bedeutet.

Fig. 1

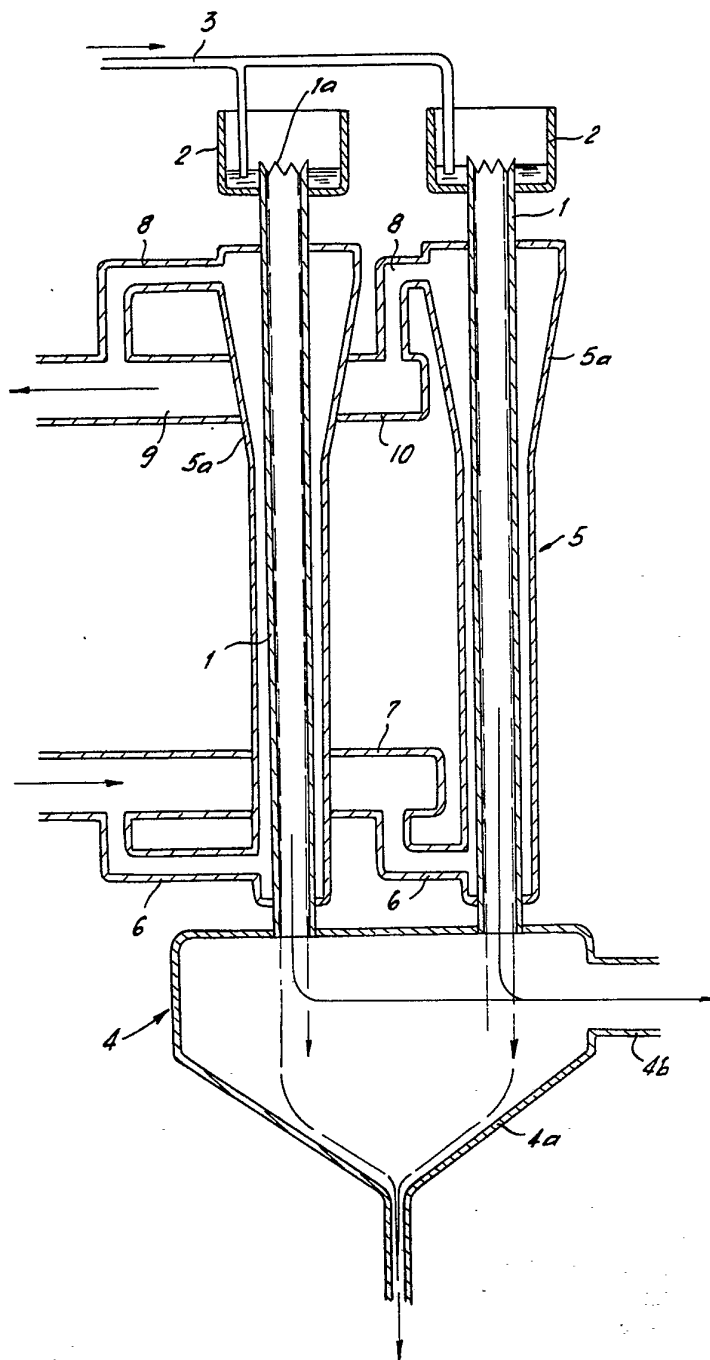


Fig. 2

