



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: B 01 D 3/00
B 01 D 1/16
F 28 C 3/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪ 642 860

⑳ Gesuchsnummer: 10267/78

㉔ Anmeldungsdatum: 03.10.1978

㉔ Patent erteilt: 15.05.1984

㉔ Patentschrift
veröffentlicht: 15.05.1984

㉔ Inhaber:
Alexandr Vladimirovich Shafranovsky,
Moskovskaya oblast (SU)
Viktor Markovich Olevsky, Moskau (SU)
Vladimir Kazimirovich Chubukov, Moskau (SU)
Jury Alexandrovich Baskov, Moskau (SU)

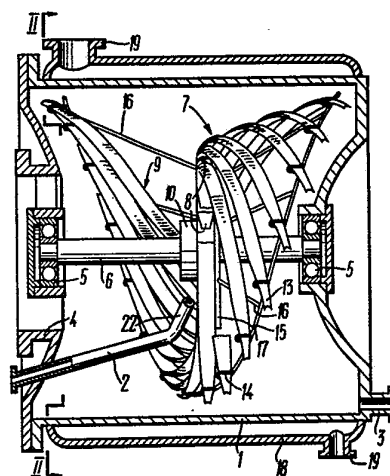
㉔ Erfinder:
Alexandr Vladimirovich Shafranovsky,
Moskovskaya oblast (SU)
Viktor Markovich Olevsky, Moskau (SU)
Vladimir Kazimirovich Chubukov, Moskau (SU)
Jury Alexandrovich Baskov, Moskau (SU)

㉔ Vertreter:
E. Blum & Co., Zürich

㉔ Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit.

㉔ Der Apparat enthält mindestens eine Sprüheinrichtung, die im Gehäuse drehbar um die eigene Achse angeordnet ist und aus Rinnen besteht, welche in Form einer von der Achse der Sprüheinrichtung aus divergierenden mehrgängigen Spirale gekrümmt sind. Die peripheren Abschnitte von mindestens zwei Rinnen (9) sind je nach der Entfernung der Abschnitte von der Achse der Sprüheinrichtung (7) in der zur Achse der Sprüheinrichtung (7) parallelen Richtung verschoben, derart, dass die peripheren Enden (13) der Rinnen (9) in verschiedenen, zur Achse der Sprüheinrichtung (7) senkrechten Ebenen liegen.

Der Apparat gewährleistet die Erhöhung der Effektivität des Stoffaustausches und die Vergrößerung der Wärmeübertragungszahl zwischen dem Flüssigkeitsfilm und der zu benetzenden Oberfläche.



PATENTANSPRÜCHE

1. Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit, der ein Gehäuse (1; 23; 56) mit Mitteln (2, 3, 4; 27, 28, 29; 57 bis 60) zur Einführung in dasselbe von am Prozess beteiligten Ausgangsprodukten und Abführung aus ihm von Endprodukten enthält und in dem mindestens eine Sprüheinrichtung (7; 25; 63) vorhanden ist, die drehbar um die eigene Achse angeordnet ist und aus Rinnen (8, 9; 30 bis 33; 64, 65) besteht, welche in Form einer von der Achse der Sprüheinrichtung aus divergierenden mehrgängigen Spirale mit Zwischenräumen zwischen ihren Windungen gekrümmt sind, sowie ein Mittel (2; 27; 57, 58) für die Zuführung der Flüssigkeit zum zentralen Teil der Sprüheinrichtung vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die peripheren Abschnitte von mindestens zwei Rinnen (8, 9; 30 bis 33; 64, 65) im Abstand von der Achse der Sprüheinrichtung (7; 25; 63) parallel zur Achse der Sprüheinrichtung versetzt sind, derart, dass die peripheren Enden (12, 13; 34 bis 37; 71, 72) der Rinnen (8, 9; 30 bis 33; 64, 65) in verschiedenen, zur Achse der Sprüheinrichtung (7; 25; 63) senkrechten Ebene liegen.

2. Apparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abflussabschnitte der peripheren Enden (13) der Rinnen (9) verengt und unter verschiedenen Winkeln zu der zur Achse der Sprüheinrichtung (7) senkrechten Ebene orientiert sind (Fig. 1, 2).

3. Apparat nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass seine Sprüheinrichtung (7) Rinnen (8, 9) enthält, die sich durch den Grad der Entfernung ihrer peripheren Enden (12, 13) von der Achse der Sprüheinrichtung (7) unterscheiden und um die Achse in einer sich periodisch wiederholenden Reihenfolge angeordnet sind, wobei die peripheren Enden (12) der Rinnen (8), die näher zur Achse der Sprüheinrichtung (7) liegen, ungefähr an die mittleren Abschnitte der benachbarten Rinnen (9) herangeführt sind, die von der Achse der Sprüheinrichtung (7) weiter entfernte periphere Enden (13) haben (Fig. 1, 2).

4. Apparat nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenräume (20) zwischen den benachbarten Rinnen (8, 9) in der Ebene, die zur Achse der Sprüheinrichtung (7) senkrecht steht, im zentralen Teil derselben kleiner sind als die Zwischenräume (21) an ihrem Umfang (Fig. 2).

5. Apparat nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel für die Zuführung der Flüssigkeit zum zentralen Teil der Sprüheinrichtung (7) in Form eines Stutzens (2) ausgeführt ist, der unter einem Winkel zur Innenfläche der Rinnen (8, 9) gerichtet ist, welche die Drehung der Sprüheinrichtung (7) unter der Wirkung des Strahls der aus dem Stutzen (2) ausströmenden Flüssigkeit gewährleistet (Fig. 1, 2).

6. Apparat nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Achse der Sprüheinrichtung (25) vertikal orientiert ist und die peripheren Abschnitte der Rinnen (30, 31, 32, 33) nach unten versetzt sind (Fig. 4).

7. Apparat nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Rinnen (30, 31, 32, 33) Unterbrechungen aufweisen, die die Rinnen (30, 31, 32, 33) in eine Reihe von aufeinanderfolgend angeordneten Abschnitten (42, 43) aufteilen, wobei die Abschnitte (42) der Rinnen (30, 31, 32, 33), die näher zur Achse der Sprüheinrichtung (25) angeordnet sind, sich in einer gemeinsamen, zur Achse der Sprüheinrichtung (25) senkrechten Ebene befinden, indem sie eine ebene Spirale bilden, und Abläufe auf den, von der Achse der Sprüheinrichtung (25) weiter entfernten, benachbarten Abschnitten (43) der Rinnen (30, 31, 32, 33) aufweisen (Fig. 3, 4).

8. Apparat nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass seine Sprüheinrichtung (63) gesonderte Gruppen von Rinnen (64, 65), die sich durch den Grad der Entfernung ihrer zentralen Enden (66, 67) von der Achse der Sprüheinrichtung (63) unterscheiden, enthält, und dass Mittel für die Zuführung der Flüssigkeit zum zentralen Teil der Sprüheinrichtung in Form von Verteilungsvorrichtungen vorhanden sind, die den Ablauf der Flüssigkeit auf die gesonderten Gruppen der Rinnen (64, 65) gewährleisten (Fig. 5, 6).

Die Erfindung bezieht sich auf eine Ausrüstung zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen, die mit Beteiligung einer Flüssigkeit verlaufen, beispielsweise zur Dünnschichtverdampfung einer Flüssigkeit, Destillation, Rektifikation, zu chemischen Reaktionen, die von einer Wärmeentwicklung begleitet werden, zur Kühlung und Vorwärmung von Gasen und Flüssigkeiten, zur Absorption und zur Befeuchtung von Gasen. Das besonders bevorzugte Anwendungsgebiet der Erfindung ist die Verdampfung und Destillation von Stoffen, die gegenüber erhöhten Temperaturen empfindlich sind, z. B. von Laktamen, Fettsäuren, mehrwertigen Alkoholen, Äthanolaminen, schwersiedenden Estern, verschiedenen Ölen, Nahrungsmitteln und pharmazeutischen Produkten.

Bekannt ist ein Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit (UdSSR-Urheberschein Nr. 203 621), der ein Gehäuse mit Mitteln zur Einführung in denselben von am Prozess beteiligten Produkten und zur Abführung von Endprodukten aus ihm enthält, in welchem Gehäuse mehrere Sprüheinrichtungen, die um die eigene Achse drehbar angeordnet sind, sowie mit dem Gehäuse verbundene Mittel für die Zuführung der Flüssigkeit zu den zentralen Teilen der Sprüheinrichtungen vorhanden sind. Jede der Sprüheinrichtungen ist aus untereinander verbundenen Rinnen ausgeführt, die in Form einer von der Achse der Einrichtung divergierenden mehrgängigen Spirale gekrümmt sind. Die Rinnen jeder Sprüheinrichtung sind zwischen horizontal angeordneten Radialstangen eingespannt, die mit einer zentralen Sitzbuchse starr verbunden sind. Die peripheren Enden der Rinnen der Sprüheinrichtung sind verengt und in ein und derselben Ebene gelegen, die senkrecht zur Achse der Sprüheinrichtung orientiert ist. Der bekannte Apparat besitzt eine Vertikalwelle, an der die genannten Sprüheinrichtungen übereinander befestigt sind. Ausserdem ist der bekannte Apparat mit Mitteln zum Überströmen der Flüssigkeit von einer Einrichtung zur anderen versehen. Diese Mittel stellen an der inneren Seitenwand des Gehäuses befestigte Ringtaschen dar, die zur Aufnahme der von den Sprüheinrichtungen abgeworfenen Flüssigkeit dienen, sowie Überlaufmulden, die sich im Raum zwischen den Sprüheinrichtungen befinden. Die Aufnahmeenden der Mulden stehen mit den Ringtaschen zur Aufnahme der von den darüberliegenden Sprüheinrichtungen ablaufenden Flüssigkeit in Verbindung. Die Abflüssen der Mulden befinden sich über den darunterliegenden Sprüheinrichtungen. Somit erfüllen diese Mulden die Funktion von Mitteln für die Flüssigkeitszuführung zu den zentralen Teilen der Sprüheinrichtungen.

Das Gehäuse des Apparates kann von aussen mit einem Mantel für Heiz- oder Kühlmittel versehen sein.

Bei der Arbeit des bekannten Apparates strömt die Flüssigkeit dem zentralen Teil jeder Sprüheinrichtung zu, die sich

um die eigene Achse dreht. Unter der Wirkung von Zentrifugalkräften gelangt die Flüssigkeit in die Vertiefungen der spiralförmig gekrümmten Rinnen. Des weiteren strömt die Flüssigkeit in der Vertiefung längs der Rinne entlang einer Spiralbahn vom Zentrum zum Umfang der Sprüheinrichtung. Vom Umfang der rotierenden Sprüheinrichtung wird die Flüssigkeit auf die Innenfläche des Apparategehäuses in Form von Tropfen und Strahlen abgeworfen. Bei der vertikalen Anordnung des Apparategehäuses und der Achse der Sprüheinrichtung läuft die Flüssigkeit unter der Schwerkraft in Form eines Films an der Innenfläche des Gehäuses ab. Hierbei wird der Film intensiv am engen ringförmigen Streifen der Innenwand des Gehäuses verwirbelt, der den Umfang der Sprüheinrichtung unmittelbar umfasst.

Der Apparat kann zum Kontaktieren zwischen Gas und Flüssigkeit verwendet werden, was zur Durchführung solcher Prozesse wie Rektifikation, Absorption, Befeuchtung und Abkühlung von Gasen, Abkühlung von Flüssigkeiten durch teilweise Verdampfung in den Gasstrom notwendig ist. In diesem Fall gelangt das Gas in den Apparat durch einen Stutzen im unteren Teil seines Gehäuses, überquert alle Sprüheinrichtungen, indem es in den Spalten zwischen den Rinnen strömt, und wird aus dem Apparat durch einen Stutzen im oberen Teil seines Gehäuses entfernt. Die Flüssigkeit wird durch einen Stutzen im oberen Teil des Gehäuses der obersten Sprüheinrichtung zugeführt. Die von der untersten Sprüheinrichtung abgeworfene Flüssigkeit wird aus dem Apparat durch einen Stutzen im unteren Teil des Gehäuses abgeführt. Der Wärme- und Stoffaustausch zwischen Gas und Flüssigkeit in der Säule findet in den Spalten zwischen den Rinnen, in der den Raum zwischen den Sprüheinrichtungen und den Gehäusewänden füllenden Spritzerwolke sowie an der Oberfläche des die Innenfläche des Gehäuses benetzenden Filmes statt.

Falls das Gehäuse von aussen mit einem Mantel versehen ist, in dem ein Heiz- oder Kühlmittel zirkuliert, so können an der Innenfläche des Gehäuses die Prozesse der Abkühlung, Erwärmung oder Verdampfung des Flüssigkeitsfilmes durchgeführt werden. Hierbei können Mittel zur Ein- und Abführung der Gasphase aus dem Apparat fehlen, wenn der Apparat nur zur Anwärkung der Flüssigkeit eingesetzt wird. Wird der Apparat zur Verdampfung der Flüssigkeit verwendet, so muss er mit einem Stutzen zur Abführung der Gasphase (Dampfphase) versehen sein, wobei die Notwendigkeit, über einen Stutzen zur Einführung der Gasphase in den Apparat zu verfügen, naturgemäss entfällt.

Ein Nachteil des bekannten Apparates zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit ist ein eng lokalisierter Zerstäubungsstrahl der von der Sprüheinrichtung abgeworfenen Flüssigkeit. Bei der Verwendung des Apparates während des Kontaktierens von Gas und Flüssigkeit zeigt sich das in einer unzureichend entwickelten dispersen Kontaktfläche, die von der Sprüheinrichtung formiert wird.

Beim Einsatz des Apparates als Verdampfer führt der eng lokalisierte Zerstäubungsstrahl der Flüssigkeit zu einem ungenügend hohen Verwirbelungsgrad des Films der an der beheizten Innenfläche des Gehäuses ablaufenden Flüssigkeit. Der Flüssigkeitsfilm wird nur an dem engen ringförmigen Streifen der Innenfläche des Gehäuses intensiv verwirbelt, der den Umfang der Sprüheinrichtung unmittelbar umfasst. Der beträchtliche Teil der Gehäusewände des Apparates ist von einem ruhig ablaufenden unverwirbelten Flüssigkeitsfilm bedeckt. Dies hat eine Verminderung der lokalen Intensität des Wärmeaustausches zwischen der heissen Gehäusewand und dem Flüssigkeitsfilm zur Folge.

Das Ziel der Erfindung ist die Erhöhung der Effektivität des Wärme- und Stoffaustauschprozesses.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen solchen Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit zu schaffen, in dem die Sprüheinrichtung einen breiteren Zerstäubungsstrahl gewährleisten würde, wodurch es möglich wäre, die Effektivität des Wärme- und Stoffaustauschprozesses zu erhöhen.

Dies wird dadurch erreicht, dass beim Apparat nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 erfindungsgemäss zumindest die peripheren Abschnitte von mindestens zwei Rinnen im Abstand von der Achse der Sprüheinrichtung parallel zur Achse der Sprüheinrichtung versetzt sind, derart, dass die peripheren Rinnenenden in verschiedenen, zur Achse der Sprüheinrichtung senkrechten Ebenen liegen.

Die Verwendung einer solchen Sprüheinrichtung im Stoffaustauschapparat gewährleistet eine entwickelte Kontaktfläche zwischen Flüssigkeit und Gas dank der Bildung einer Spritzerwolke im gesamten Arbeitsvolumen des Apparates. Als Ergebnis erhöht sich die Effektivität des Stoffaustausches.

Die Verwendung einer derartigen Sprüheinrichtung in dem Apparat, der mit einem Mantel versehen ist, in welchem ein Heiz- oder Kühlmittel zirkuliert, verbessert die Verteilung und Vermischung der Flüssigkeit an der benetzten Manteloberfläche. Dies führt zur Vergrösserung der Wärmeübertragungszahl zwischen dem Flüssigkeitsfilm und der benetzten Oberfläche.

Im folgenden wird die Erfindung durch Beschreibung ihrer Ausführungsbeispiele und durch Zeichnungen erläutert, in denen zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemässen Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit, im Längsschnitt;

Fig. 2 einen Schnitt nach Linie II-II der Fig. 1;

Fig. 3 einen erfindungsgemässen Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen, der mehrere Sprüheinrichtungen und Mittel zum Überströmen der Flüssigkeit zwischen den Sprüheinrichtungen aufweist, im Längsschnitt;

Fig. 4 einen Schnitt nach Linie IV-IV der Fig. 3;

Fig. 5 einen erfindungsgemässen Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit in einer Modifikation, der zur Durchführung von exothermen chemischen Reaktionen eingerichtet ist, im Längsschnitt;

Fig. 6 einen Schnitt nach Linie VI-VI der Fig. 5.

Der Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit in einer speziell zur Verdampfung der Flüssigkeit eingerichteten Modifikation besitzt ein waagrechtes zylindrisches Gehäuse 1 (Fig. 1) mit Mitteln zur Einführung in dasselbe von am Prozess beteiligten Ausgangsprodukten und zur Abführung aus ihm von Endprodukten. Diese Mittel schliessen einen Stutzen 2 für die Zuführung der zu verdampfenden Flüssigkeit in den Apparat, einen Stutzen 3 für den Austrag des nicht verdampften Flüssigkeitsrestes und einen Stutzen 4 für die Ableitung von sich bildenden Dämpfen ein. Im Gehäuse 1 ist koaxial mit Hilfe von Lagern 5 eine Horizontalwelle 6 drehbar angeordnet. Auf der Welle 6 ist eine Sprüheinrichtung 7 befestigt. Sie besteht aus Rinnen 8 und 9 (Fig. 1, 2) unterschiedlicher Länge, die mit einer zentralen Sitzbuchse 10 (Fig. 1) verbunden und in Form einer von ihr aus divergierenden mehrgängigen Spirale gekrümmt sind. Alle kurzen Rinnen 8 auf ihrer gesamten Länge, darunter auch ihre zentralen Enden 11 (Fig. 2) und die peripheren Enden 12, liegen in ein und demselben Querschnitt des Gehäuses 1, d.h. sie bilden eine ebene archimedische Spirale. Die peripheren Ab-

schnitte der Rinnen 9 sind je nach der Entfernung der peripheren Abschnitte von der Achse der Sprüheinrichtung 7 in der zur Achse der Sprüheinrichtung, d.h. zur Welle 6, parallelen Richtung verschoben, derart, dass sich die peripheren Enden 13 der Rinnen 9 in verschiedenen Ebenen befinden, die zur Achse der Sprüheinrichtung 7 senkrecht stehen. Bei der Drehung der Sprüheinrichtung 7 muss das einen breiten Zerstäubungsstrahl der Flüssigkeit gewährleisten.

Die peripheren Enden 13 der langen Rinnen 9 sind mittels Bügeln 14 an einer schraubenförmigen Rippe 15 befestigt. Die letztere ist über Speichen 16 mit einer unter den Rinnen 8, 9 befindlichen Scheibe 17 verbunden. Die Scheibe 17 steht mit der zentralen Sitzbuchse 10 der Sprüheinrichtung 7 in Verbindung. Mittels der Scheibe 17 sind mit der zentralen Sitzbuchse 10 auch die Rinnen 8, 9 verbunden. Die peripheren Enden 13 der Rinnen 9 sind im Abflussabschnitt verengt und unter verschiedenen Winkeln zu der zur Welle 6 senkrechten Ebene orientiert. Dies muss einen kontrollierbaren Abwurf der Flüssigkeit von den Rinnen 9 der Sprüheinrichtung 7 auf die Wände des Gehäuses 1 gewährleisten, das von aussen mit einem beheizten Mantel 18 mit Stützen 19 für die Ein- und Abführung eines Wärmeträgers versehen ist. Die peripheren Enden 12 (Fig. 2) der kurzen Rinnen 8 befinden sich in einem kleineren Abstand von der Welle 6 als die peripheren Enden 13 der langen Rinnen 9. Die kurzen Rinnen 8 und die langen Rinnen 9 sind um die Sitzbuchse 10 in einer sich periodisch wiederholenden Reihenfolge angeordnet. Hierbei sind die peripheren Enden 12 der kurzen Rinnen 8 ungefähr an die mittleren Abschnitte der benachbarten langen Rinnen 9 herangeführt. Die Gangzahl der Spirale im Zentrum der Sprüheinrichtung 7, die in Fig. 1 dargestellt ist, ist gleich vierundsechzig, am Umfang derselben aber sechzehn. Hierbei sind die Zwischenräume 20 (Fig. 2) zwischen den benachbarten Rinnen 8, 9 im zentralen Teil der Sprüheinrichtung 7 kleiner als die Zwischenräume 21 am Umfang derselben.

Der Stutzen 2 (Fig. 1) für die Zuführung der Flüssigkeit in den Apparat dient auch als Mittel für die Flüssigkeitszuführung zum zentralen Teil der Sprüheinrichtung 7. Das Ende 22 des Stutzens 2 ist dicht an das Zentrum der Sprüheinrichtung 7 herangeführt. Dabei ist das Ende 22 des Stutzens 2 unter einem spitzen Winkel zur Querschnittsebene des Gehäuses 1 angeordnet und unter einem Winkel zur Innenfläche der Rinnen 8, 9 gerichtet. In bezug auf die Achse der Sprüheinrichtung 7 ist das Ende 22 des Stutzens 2 so gerichtet, dass die Bahn des Strahls der unter Druck aus dem Stutzen 2 ausströmenden Flüssigkeit die genannte Achse nicht schneidet. In diesem Fall wird die kinetische Energie des Strahls der aus dem Stutzen 2 ausströmenden Flüssigkeit in die Drehbewegung der Sprüheinrichtung 7 umgewandelt.

Ein anderer gemäss der Erfindung ausgeführter Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen unter Beteiligung einer Flüssigkeit, der mehrere Sprüheinrichtungen enthält, die gleichachsig übereinander angeordnet sind, besitzt ein lotrechtes zylindrisches Gehäuse 23 (Fig. 3), in dem koaxial eine Vertikalwelle 24 mit an ihr befestigten Sprüheinrichtungen 25 drehbar angeordnet ist. In der Zeichnung ist bedingt nur ein Teil des Apparates gezeigt, weshalb die Mittel zur Einführung in denselben von am Prozess beteiligten Ausgangsprodukten und zur Abführung aus ihm von Endprodukten in der Zeichnung nicht dargestellt sind. Zur Überströmung der Flüssigkeit von einer Sprüheinrichtung 25 zur anderen werden im Apparat Mittel verwendet, die aus Ringtaschen 26 und Überlaufmulden 27, 28, 29 (Fig. 4) bestehen. Die letzteren sind ebenfalls Mittel für die Zuführung der Flüssigkeit zum zentralen Teil der Sprüheinrichtungen 25.

Die Sprüheinrichtung 25 besteht aus Rinnen 30, 31, 32, 33, die um die Welle 24 in Form einer mehrgängigen Spirale verdreht sind.

Die peripheren Enden 34, 35, 36, 37 der Rinnen 30, 31, 32, 33 sind in verschiedenen Höhenlagen angeordnet. Die zentralen Enden 38, 39, 40, 41 der Rinnen 30, 31, 32, 33 liegen auf ein und demselben Niveau. Ungefähr im mittleren Teil weisen die Rinnen 30, 31, 32, 33 Unterbrechungen auf, die sie in aufeinanderfolgende Abschnitte 42 und 43 aufteilen. Die Abschnitte 42 der Rinnen 30, 31, 32, 33 bilden in ihrer Gesamtheit eine viergängige Spirale, die in der Horizontalebene entfaltet, eine ebene Spirale ist. Die Abschnitte 43 der Rinnen 30, 31, 32, 33 bilden in ihrer Gesamtheit auch eine viergängige Spirale, aber sie sind nach unten solcherweise geneigt, dass bei der Drehung der Sprüheinrichtung 25 die Flüssigkeit sich nicht nur von der Welle 24 entfernt, sondern auch von der Horizontalebene, in der die Abschnitte 42 der Rinnen 30, 31, 32, 33 angeordnet sind, nach unten sinkt, d.h. die peripheren Abschnitte der Rinnen 30, 31, 32, 33 sind nach unten je nach ihrer Entfernung von der Achse der Sprüheinrichtung 25 verschoben. Eine derartige Form der Sprüheinrichtung 25 trägt dazu bei, dass zur Beschleunigung der Flüssigkeit auf den spiralförmig gekrümmten Rinnen 30, 31, 32, 33 nicht nur die Fliehkraft, sondern auch die Schwerkraft zur Beschleunigung der Flüssigkeit auf den Rinnen 30, 31, 32, 33 um so höher, je kleiner die Drehgeschwindigkeit der Welle 24 ist und je tiefer die peripheren Enden 34, 35, 36, 37 der Rinnen 30, 31, 32, 33 abgesenkt sind. Die Fallgeschwindigkeit von Flüssigkeitstropfen und -strahlen auf die zu benetzende Innenfläche des Gehäuses 23 ist gleich der geometrischen Länge der linearen Geschwindigkeit des peripherischen Endes 34, 35, 36, 37 der Rinne 30, 31, 32, 33 und der Geschwindigkeit der Flüssigkeit bezüglich der Rinne 30, 31, 32, 33 selbst, wobei die letztere Geschwindigkeitskomponente im Falle der geringen Winkelgeschwindigkeiten der Sprüheinrichtung 25 ausschlaggebend ist. Die ebene Spirale, die aus den Abschnitten 42 der Rinnen 30, 31, 32, 33 besteht, ist an einer ringförmigen Hülse 44 (Fig. 3) mit äusserer Seitenwand 45 (Fig. 4) und zentraler Sitzbuchse 46 mit Hilfe von radialen Rippen 47, 48 (Fig. 3) befestigt. Eine der Mulden 27 (Fig. 4) ist zur Flüssigkeitszufuhr zum Inneren der ringförmigen Hülse 44 bestimmt. Die Mulden 28, 29 sind zur Flüssigkeitszufuhr unmittelbar zu den Abschnitten 42 der Rinnen 30, 31, 32, 33 bestimmt. Somit erfüllen die Überströmmulden 27, 28, 29 die Funktionen eines Mittels für die Zuführung der Flüssigkeit zum zentralen Teil der Sprüheinrichtung 25. Zur Befestigung der Abschnitte 43 der Rinnen 30, 31, 32, 33 werden Längsstäbe 49 (Fig. 3) und Radialleisten 50 verwendet, die mit den Stäben 49 verbunden sind. An der Stossstelle sind die Abschnitte 42 und 43 mit den radialen Rippen 48 verbunden. Die genannten Stossstellen gewährleisten die Überströmung der Flüssigkeit von den Abschnitten 42 auf die Abschnitte 43 der Rinnen 30, 31, 32, 33 (Fig. 4). Die Längsstäbe 49 (Fig. 3) sind mittels der radialen Rippen 48 mit der ringförmigen Hülse 44 und mittels der radialen Rippen 51 mit der Sitzbuchse 52 verbunden. Mit Hilfe der ringförmigen Hülse 44 und der Sitzbuchse 52 wird die Sprüheinrichtung 25 an der Welle 24 montiert. Wenn das Gehäuse 23 des Apparates mit einem Aussenmantel 53 versehen ist, in dem ein Wärmeträger zirkuliert, so kann man im Apparat neben dem Stoffaustausch auch die Verdampfung der Flüssigkeit an der Innenfläche des Gehäuses 23 durchführen. Falls der Apparat hauptsächlich als Verdampfer eingesetzt wird, besteht keine Notwendigkeit, die Zwischenräume zwischen den Rinnen 30, 31, 32, 33 (Fig. 4) in der zur Welle 24 senkrechten Ebene gleich beizubehalten. Beispielsweise überschreiten die Zwischenräume 54 zwischen den peripheren Enden 34, 35, 36, 37 der Rinnen 30, 31, 32,

33 grössenmässig die Zwischenräume 55 zwischen den zentralen Enden 38, 39, 40, 41 derselben Rinnen beträchtlich.

Ein weiterer Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit, ausgeführt gemäss der Erfindung, besitzt in der speziell zur Durchführung von exothermen Reaktionen eingerichteten Modifikation ein lotrechtes Gehäuse 56 (Fig. 5) mit Stützen 57, 58 für die Einführung von verschiedenen flüssigen Reagenzien, mit einem Stutzen 59 für die Abführung des Reaktionsgemisches und einem Stutzen 60 für die Ableitung von im Verlaufe der chemischen Reaktionen sich bildenden Gasen und Dämpfen aus dem Apparat. Im Gehäuse 56 ist coaxial mit Hilfe von Lagern 61 eine Vertikalwelle 62 drehbar angeordnet. An der Welle 62 ist eine Sprüheinrichtung 63 befestigt. Die für die Flüssigkeitszufuhr zum Apparat verwendeten Stützen 57, 58 gehören zugleich zum Mittel für die Zuführung der Flüssigkeit zum zentralen Teil der Sprüheinrichtung 63. Die Sprüheinrichtung 63 besteht aus Rinnen 64 und 65 (Fig. 5, 6), die in einer sich periodisch wiederholenden Reihenfolge um die Welle 62 angeordnet sind.

Die Rinnen 64 und 65 unterscheiden sich vor allem dadurch, dass ihre zentralen Enden 66 bzw. 67 (Fig. 6) sich in verschiedener Entfernung von der Welle 62 befinden. Die Zwischenräume zwischen den Rinnen 64 und 65 sind zumindest von oben her durch Ablenker 68 (Fig. 5, 6) teilweise überdeckt. Im Zentrum der Sprüheinrichtung 63 (Fig. 5) ist eine ringförmige Hülse 69 vorgesehen. Die Ablenker 68 bilden gemeinsam mit der ringförmigen Hülse 69 und den Stützen 57, 58 Verteilungsvorrichtungen, die den Ablauf der Flüssigkeit auf zwei gesonderte Gruppen der Rinnen 64, 65 gewährleistet (die eine Gruppe vereinigt die Rinnen 64, die andere aber die Rinnen 65).

Und in der Tat gewährleistet das Abflussende des Stutzens 57, da es über der ringförmigen Hülse angeordnet ist, die Zuführung der Flüssigkeit nur zu den Rinnen 64, die eine gesonderte Rinnengruppe bilden. Der andere Stutzen 58 aber ist von oben an die Ablenker 68 herangeführt, so dass der Ablauf der Flüssigkeit aus ihm nur auf die zentralen Enden 67 (Fig. 6) der Rinnen 65 möglich ist, die ebenfalls eine gesonderte Rinnengruppe bilden.

Die Verteilungsvorrichtungen, die aus den Ablenkern 68, der ringförmigen Hülse 69 (Fig. 5) und den Stützen 57, 58 bestehen und den Ablauf der Flüssigkeit auf die gesonderten Rinnengruppen gewährleisten, erfüllen die Funktion eines Mittels für die Flüssigkeitszuführung zum zentralen Teil der Sprüheinrichtung 63. Das Gehäuse 56 ist von aussen mit einem Mantel 70 versehen, in dem ein Kühlmittel, z. B. Wasser, zirkuliert, damit die von den peripheren Enden 71, 72 der Rinnen 64, 65 abgeworfene Flüssigkeit momentan abgekühlt wird. Die peripheren Enden 71, 72 der benachbarten Rinnen 64, 65 sind paarweise so vereinigt, dass die Abflusskanten irgendeines Paares der Rinnen 64, 65 gegen ein und denselben zu benetzenden Abschnitt der Innenfläche des Gehäuses 56 gerichtet sind. Zur selben Zeit haben verschiedene Paare der Rinnen 64, 65 die peripheren Enden 71, 72, die sich in verschiedenen Querschnitten des Gehäuses 56 befinden. Dadurch werden Flüssigkeiten unterschiedlicher chemischer Natur unmittelbar an der zu kühlenden Wand und dabei an der gesamten Oberfläche derselben vermischt. Die zentralen Enden 66 (Fig. 6) der Rinnen 64 stehen mit der ringförmigen Hülse 69 (Fig. 5) in Verbindung. Die Rinnen 64, 65 sind an einem unteren Ring 73 befestigt, der mittels radialen Rippen 74 mit einer Sitzbuchse 75 in Verbindung steht, die in eins mit der ringförmigen Hülse 69 ausgeführt ist. Die peripheren Enden 71, 72 der Rinnen 64, 65 sind mit einer schraubenförmigen Zwischenwand 76 verbunden, die ihrerseits mittels Speichen 77 und der Sitzbuchse 75 befestigt ist.

Zur Realisierung der vorliegenden Erfindung sind weder die Form noch die Anordnung des Apparategehäuses wesentlich, welches zylindrisch, konisch, hemisphärisch oder von einer beliebigen anderen Gestalt sein kann.

Die Rinnen können in der Planansicht eine mehrgängige Spirale beliebiger Art bilden: die archimedische, logarithmische, hyperbolische Spirale u.ä. Genauso kann die Drehrichtung der Sprüheinrichtung als diese oder jene in Abhängigkeit von der konkreten Ausführung des erfindungsgemässen Apparates gewählt werden. Das Verfahren der Befestigung der Rinnen ist gleichfalls nicht wesentlich bei der Realisierung der vorliegenden Erfindung ebenso wie die Form des Querschnitts der Rinne, die trogförmig, halbrund u.ä. sein kann, wie auch die Orientierung der Seitenränder der Rinnen in bezug auf die Achse der Sprüheinrichtung für die Realisierung der Erfindung unwesentlich ist.

Der Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit, der in Fig. 1, 2 dargestellt ist, arbeitet folgenderweise.

Die Flüssigkeit wird durch den Stutzen 2 (Fig. 1) unter dem Druck einer in der Zeichnung nicht abgebildeten Pumpe in Form eines dichten Geschwindigkeitsstrahls auf die Innenfläche der Rinnen 8, 9 im zentralen Teil der Sprüheinrichtung 7 geleitet. Als Resultat wird die letztere in Drehbewegung versetzt. Die Drehrichtung der Sprüheinrichtung 7 ist so, dass die peripheren Enden 13 der Rinnen 9 nach der Seite orientiert sind, die ihrer Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist. Unter der Wirkung von Fliehkraften wird die Flüssigkeit längs der Rinnen 8, 9 verschoben und dann auf die Innenfläche des von aussen beheizten Gehäuses 1 abgeworfen. Hierbei erweist sich die genannte Innenfläche als bedeckt mit einem ununterbrochenen Flüssigkeitsfilm, der durch Tropfen und Strahlen der Flüssigkeit stets verwirbelt wird. Ein Teil der Flüssigkeit verdampft dabei teilweise. Der unverdampfte Flüssigkeitsrest wird aus dem Gehäuse 1 durch den Stutzen 3 abgeführt. Die gebildeten Dämpfe werden aus dem Gehäuse 1 durch den Stutzen 4 entfernt. Der Apparat kann z. B. zur Verdampfung aus Kaprolaktam bei einem Restdruck von 1,3 bis 4 mbar der Spuren von Wasser und leichtsiedenden Gemischen eingesetzt werden, die in einer geringen Menge (2–5%) im Ausgangsprodukt, in Roh-Kaprolaktam, enthalten sind.

Der Apparat zur Durchführung von Wärme- und Stoffaustauschprozessen mit Beteiligung einer Flüssigkeit, der in Fig. 3, 4 dargestellt ist, arbeitet folgenderweise.

Mittels eines in der Zeichnung nicht abgebildeten Antriebs wird die Welle 24 in Drehung versetzt. Hierbei sind die peripheren Enden 34, 35, 36, 37 (Fig. 4) der Rinnen 30, 31, 32, 33 in der Bewegungsrichtung derselben orientiert. Die Flüssigkeit gelangt über die Überlaufmulden 27, 28, 29 zum zentralen Teil der Sprüheinrichtung 25 entweder unmittelbar von oben her (Mulden 28, 29) oder durch die ringförmige Hülse 44 (Mulde 27). Unter der Wirkung von Fliehkraften strömt dann die Flüssigkeit über die Rinnen 30, 31, 32, 33, wird bezüglich dieser Rinnen beschleunigt und wird darauf auf die Innenwände des Gehäuses 23 mit einer absoluten Geschwindigkeit abgeworfen, die die Umfangsgeschwindigkeit an der Peripherie der Sprüheinrichtung 25 übersteigt. Von den Wänden des Gehäuses 23 läuft die Flüssigkeit in die Ringtasche 26 und gelangt von dort in die darunterliegenden Überlaufmulden 27, 28, 29. Von den letzteren wird die Flüssigkeit auf der anderen Sprüheinrichtung 25 verteilt. Der Dampf bewegt sich im Gehäuse 23 von unten nach oben, indem er mit der Flüssigkeit kontaktiert. Im Falle der Rektifikation findet der Wärme- und Stoffaustausch auf den Rinnen 30, 31, 32, 33 selbst, in der Spritzerwolke und an der zu benetzenden Wand des Gehäuses 23 statt. Falls dem Mantel 63 (Fig. 3) ein Wärmeträger zugeführt wird, kann der Ap-

parat als Verdampfer verwendet werden. Hierbei verdampft die Flüssigkeit an den beheizten Wänden des Gehäuses 23. Der Apparat kann beispielsweise zur Rektifikationsreinigung von Kaprolaktam unter Vakuum oder zur Destillation von Kaprolaktam eingesetzt werden.

Die Arbeitsweise des in Fig. 5, 6 dargestellten Apparates zur Durchführung von exothermen Reaktionen kann am Beispiel einer Reaktion der Umlagerung von Zyklohexanonoxim in Kaprolaktam illustriert werden. Diese Reaktion verläuft unter Wärmeentwicklung, wobei die Reaktion, wenn die Wärme nicht gleich aus dem reagierenden flüssigen Gemisch abgeleitet wird, zu stürmisch und sogar mit einer Explosion ablaufen kann. Folglich ist diese Reaktion zweckmäßigerweise in dem zu verwirbelnden Film an der gekühl-

ten Oberfläche durchzuführen. Das Kühlmittel, z. B. Wasser, zirkuliert im Mantel 70 (Fig. 5). Der Druck innerhalb des Gehäuses 56 ist der atmosphärische. Konzentrierte Schwefelsäure gelangt durch den Stutzen 58 auf die Rinnen 65. Die konzentrierte Lösung von Zyklohexanonoxim wird durch den Stutzen 57 und die ringförmige Hülse 69 den Rinnen 64 zugeführt.

An den gekühlten Wänden des Gehäuses wird die Oximlösung mit der Schwefelsäure vermischt. Das flüssige Reaktionsgemisch bildet einen Film an den Wänden des Gehäuses 56. Dieser Film wird durch Spritzer und Strahlen verwirbelt und abgekühlt. Hierbei bildet sich ein Produkt der Umlagerung von Zyklohexanonoxim, dessen Lösung durch den Stutzen 59 aus dem Apparat abgeführt wird.

