

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) **DD** (11) **223 642 A5**

4(51) B 01 F 7/16

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP B 01 F / 261 908 3

(22) 12.04.84

(44) 19.06.85

(31) P3313710.2

(32) 15.04.83

(33) DE

(71) siehe (73)

(72) Walzel, Peter, Dr.-Ing., AT; Muschelknautz, Edgar, Prof. Dr., DE

(73) Bayer AG, 5090 Leverkusen, DE

(54) Rührvorrichtung

(57) Bei der Rührvorrichtung sind die Enden der Rotorstacheln (5a) und der Statorstacheln (5b) – werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktslinien in Stachelrichtung reduziert und als Gerade angenähert – windschief zur Rotationsachse (2). Dadurch wird bei einer kurzen Bauweise die Mischwirkung verbessert, gegebenenfalls kann auch eine Förderwirkung erzeugt werden.

ISSN 0433-6461

23 Seiten

Berlin, den 31.7.1984

63 643/25/37

Rührvorrichtung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Rührvorrichtung, enthaltend in einem Gehäuse einen Rotor mit Stacheln und einen mit dem Rotor zusammenarbeitenden Stator mit Stacheln, sowie die Anwendung dieser Rührvorrichtung auf spezielle Mischprobleme.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Kontinuierliche Ströme viskoser Flüssigkeiten werden üblicherweise in statischen Mixern vermischt. Diese Mixer enthalten keine drehenden Teile und erreichen hohe Mischgüten. Dabei muß man aber einen relativ hohen Druckverlust und ein großes Mischervolumen in Kauf nehmen. Außerdem ist eine nachträgliche Korrektur der Mischgüte während des Betriebes unmöglich. Beim Vermischen von hoch- und niederviskosen Flüssigkeiten werden besonders lange Mixer benötigt. Diese Nachteile können durch den Einsatz von Rührern oder dynamischen Mixern vermieden werden. Bei vielen chemischen Reaktionen ist die rasche Vermischung der Ausgangsstoffe sehr oft eine notwendige Voraussetzung zum Erzielen der geforderten Qualität des Endproduktes.

Bei Rührern setzt sich im allgemeinen Fall die dem Produkt aufgezwungene Strömung aus einer Rotations-, einer Axial- und einer Radialkomponente zusammen. Es wird zwischen schnelllaufenden und langsamlaufenden Rührern unterschieden.

Bekannte Rührer (Lüger, Lexikon der Technik (1970), Bd. 16, 417 f.) sind der Schneidrührer, bei ihm befinden sich an der Welle in Strömungsrichtung schmale Bleche; der Impellerührer mit drei der Drehrichtung entgegengesetzt gewölbten Blättern; der Balkenrührer bzw. der Kreuzbalkenrührer und der Fingerrührer. Alle diese Rührer haben Arme, Träger, Balken, Blätter usw., die an einer meist zum Behälter koaxialen Rotationsachse befestigt sind. Bei dem im folgenden beschriebenen Rührer wird in der Größe dieser Elemente nicht das Erfindungswesentliche gesehen, und es wird für die an der Rotationsachse befestigten Elemente verallgemeinernd der Ausdruck Stachel gebraucht. Ähnlich verallgemeinernd wird die Mischvorrichtung als Stachelrührer bezeichnet. Gegebenenfalls wird auch für die Strombrecherelemente am Gehäuse ebenfalls der Ausdruck Stachel verwendet. Zur Beschreibung der Ausbildung eines Stachels kann man die Schwerpunktlinie in Stachelrichtung heranziehen und Teilbereiche dieser Linie durch Gerade annähern.

Bei allen bekannten Rührern bzw. Mischern verläuft der Stachel (ausgedrückt durch die oben definierte Schwerpunktlinie) zunächst radial auf die Rotationsachse bezogen, in den allermeisten Fällen sogar in einer Ebene senkrecht zur Rotationsachse. Bei langsamlaufenden Rührern ist dieser Verlauf gelegentlich auch an die gewölbte Form des Behälterbodens angepasst. Beim Schneidrührer ist beispielsweise bekannt, daß die geraden, radial verlaufenden Stacheln nicht in der Ebene senkrecht zur Rotationsebene liegen. Bei einem Fingerrührer hat man zusammengesetzte "Stacheln". Der an der Rotationsachse befestigte Trägerteil verläuft wie beim Anker- oder

Balkenrührer radial, näherungsweise in einer Ebene senkrecht zur Rotationsachse. An diesen Trägerteilen sind meist mehrere nach oben zeigende Finger befestigt. Die Finger - charakterisiert wiederum durch ihre Schwerpunktlinie in Finger- richtung, praktisch stets eine Gerade - verlaufen dabei parallel zur Rotationsachse, d. h., Finger und Rotations- achse liegen in einer Ebene, sie sind nicht windschief zu- einander.

Es ist auch bekannt, durch den Einbau meist an der Behälter- wand angebrachter Strombrecher die Rotationsströmung zu- gunsten einer verstärkten Radialströmung abzubremesen. Je- doch ist die Mischwirkung bekannter Vorrichtungen, bezogen auf die Länge oder die aufzuwendende Energie, nicht immer ausreichend.

In der DE-OS 29 31 782 sind ein Mischverfahren und eine Vor- richtung beschrieben, bei der die zu mischenden Komponenten auf eine in einem zylindrischen Gehäuse rotierende Scheibe aufgegeben und durch Zentrifugalwirkung nach außen bewegt werden. Zur Verstärkung der Förder- und Mischwirkung sind auf der Scheibe schräggestellte Schaufeln angebracht. Die Mischung erfolgt im wesentlichen beim Durchtritt zwischen dem Gehäuse und den Zähnen am Umfang der Mischscheibe. Ein Nachteil besteht darin, daß in den Ecken zwischen Schaufeln und Scheibe bei laminarer Strömung Zonen geringer Strömungs- geschwindigkeit entstehen. Außerdem tritt infolge Reibung zwischen Scheibe und Gehäuse eine beträchtliche Verlustlei- stung auf. Für Anwendungsfälle in der Faser- und Fototechnik ist die Mischgüte ungenügend.

In der DE-OS 29 09 422 ist eine scheibenförmige Mischvorrichtung beschrieben, bei der die aufeinanderfolgenden Stator- und Rotorscheiben in Umfangsrichtung konzentrische Nuten aufweisen. Dabei passen die so gebildeten Ringe des Stators in die Nuten des Rotors und umgekehrt. Die Ringe haben Einfräsungen, die schräg zur Umfangsrichtung verlaufen. Dadurch kann gleichzeitig eine gute Förder- und Mischwirkung erzielt werden. Nachteilig ist, daß zwischen den zylindrischen Flächen der Nuten und Ringe eine erhöhte Reibleistung entsteht und die beim Mischen entstehende Wärme schlecht von den inneren Mischscheiben abtransportiert werden kann. Die Energiedissipation ist örtlich gut, jedoch nicht homogen über den ganzen Mischraum gleich. Die Mischwirkung ist also stellenweise besser und stellenweise schlechter.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Gebrauchswerteigenschaften von Rührvorrichtungen auf kostengünstige Weise zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einer Rührvorrichtung die Mischwirkung mit einfachen Mitteln gegenüber dem Stand der Technik beträchtlich zu erhöhen; besonders im Hinblick auf Aufgaben, wie sie vorzugsweise in der Fasertechnik oder z. B. bei der Herstellung von Fotoemulsionen benötigt wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Rotorstacheln oder Statorstacheln oder beide so ausgebildet

sind, daß - werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und als Geraden angenähert - die freien Enden der Stacheln windschief zur Rotationsachse verlaufen.

Erfindungsgemäß ist weiterhin, daß die freien Enden der Rotorstacheln oder der Statorstacheln oder beide - werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und als Gerade angenähert - in Ebenen senkrecht zur Rotationsachse liegen und beim Schnitt des freien Endes des Stachels mit einem Radiusvektor ein Winkel von mindestens 15° gebildet wird. Ebenso ist erfindungsgemäß, daß die freien Enden der Stacheln - werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und durch eine Gerade angenähert - mit ihren Spuren in die Rotationsachse und den Endpunkten der Stachel enthaltenden Ebenen einen Winkel von mindestens 15° bilden. Erfindungsgemäß ist auch, daß die Rotor- oder Statorstacheln oder beide - werden die Stacheln auf ihre Schwerpunktlinie in Stachelrichtung reduziert - eine Krümmung aufweisen. Nach der Erfindung ist vorteilhaft, daß der Stachelquerschnitt rechteckig ist. Weiterhin ist erfindungsgemäß, daß sich Rotor- und Statorstacheln in Richtung der Rotationsachse gesehen kreuzen. Ebenso ist erfindungsgemäß, daß sich Rotor- und Statorstachelenden - werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und als Gerade angenähert - senkrecht zur Rotationsachse gesehen kreuzen. Erfindungsgemäß ist, daß die Rührvorrichtung als dynamischer Mischer in einem in Längsrichtung durchströmten Gehäuse, vorzugsweise bei laminaren Strömungsverhältnissen,

vorzugsweise auch zum Vermischen von Flüssigkeiten, Emulsionen oder Dispersionen mit hohen Viskositätsunterschieden oder bei extrem ungleichen Mengenverhältnissen, eingesetzt wird. Ebenso ist erfindungsgemäß, daß die Rührvorrichtung zur Vergleichmäßigung der Temperatur und Verbesserung des Wärmeaustausches eingesetzt wird. Weiterhin ist erfindungsgemäß, daß die Rührvorrichtung als Förderorgan eingesetzt ist. Erfindungsgemäß ist auch, daß die Rührvorrichtung an einem Extruder, wobei der Rotor mit dem Kopf der Extrudervelle verbunden ist, eingesetzt wird. Darüber hinaus ist erfindungsgemäß, daß die Rührvorrichtung zum Einmischen von Farbanätzen in Polyacryllösungen eingesetzt wird.

Durch die intensivere Mischwirkung kann die Baulänge verkürzt werden. Der Rührer ist besonders geeignet im laminaren Strömungsbereich, insbesondere auch bei hochviskosen Stoffen. Der Rührer ist besonders geeignet zum Mischen zweier Flüssigkeiten, deren Viskosität sich erheblich unterscheidet. Er eignet sich auch, wenn zwei Komponenten vermischt werden müssen, deren Mengenverhältnisse extrem sind, und zur Herstellung von Dispersionen und Emulsionen. Er eignet sich sowohl zum Konti- als auch zum Batch-Betrieb.

Eine besonders gute Radialvermischung wird dann erreicht, wenn Rotor- und Statorstacheln in Ebenen normal auf die Achse angeordnet sind. Je nach Neigungsrichtung der Rotor- und Statorstacheln zum Radiusreaktor kann außerdem eine radiale Förderwirkung erzielt werden, die zur Achse oder von der Achse weggerichtet ist. Trotz der bekannten Schwierigkeiten, daß im Inneren des Mischers auf kleinen Radien das

Schergefälle gering ist, schafft die Mischvorrichtung für alle Flüssigkeitsteilchen gleiche Bedingungen. Durch den Transport von außen nach innen und umgekehrt gelangen Flüssigkeitsteilchen aus dem an sich weniger wirksamen inneren Bereich in den äußeren Bereich. Es gibt deshalb keine Wandschicht. Im Vergleich zum statischen Mischer entsteht über die Drehzahl ein weiterer Freiheitsgrad, durch den die Mischwirkung beeinflusst werden kann. Im gleichen Volumen kann ein Vielfaches der Mischwirkung im Vergleich zu statischen Mixern erzielt werden.

Wegen der guten radialen Vermischung kann in einem Behälter, in dem ein solcher Rührer eingebaut ist, über den Querschnitt des Behälters eine recht gleichmäßige Temperatur aufrechterhalten werden. Durch Einbau des erfindungsgemäßen Rührers in einen Reaktor für endo- oder exotherme Reaktionen wird eine enge Temperaturleranz im Reaktionsmedium erleichtert.

Bei Mischaufgaben, bei denen neben der Mischwirkung auch eine axiale Förderwirkung erzielt werden soll, kann man einen Rührer einsetzen, bei dem die Stacheln aus Ebenen senkrecht zur Rotationsachse herausragen. Bei kreuzweiser (in Richtung senkrecht zur Rotationsachse gesehen) Anordnung von Rotor- und Statorstacheln kann eine Förderwirkung erzielt werden. Durch eine Kombination unterschiedlich geneigter Stacheln kann in einem Mischreaktor örtlich also jede Misch- und Förderwirkung erzeugt werden.

Bei statischen Mixern wurde beobachtet (Chemie-Ingenieur-Technik 51 (1979) 5, 347-364), daß Stege mit rechteckigem

Querschnitt eine gute Mischwirkung ermöglichen. Auch bei den Stacheln hat sich diese rechteckige Querschnittsform als besonders günstig herausgestellt. Sie bietet auch hinsichtlich der Herstellung Vorteile.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend in mehreren Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1: einen dynamischen Durchflußmischer im Längsschnitt;

Fig. 2: einen dynamischen Durchflußmischer nach Fig. 1
(Schnitt A/B) im Querschnitt;

Fig. 3: Meßergebnisse der Standardabweichungen am Austritt unterschiedlich erfindungsgemäß ausgebildeter Mischvorrichtungen;

Fig. 4: eine andere Ausführungsform eines Rührers im Querschnitt;

Fig. 5: einen Ring des Rotors nach Fig. 4, räumlich dargestellt;

Fig. 6: einen Ring des Gehäuses nach Fig. 4, räumlich dargestellt;

Fig. 7: Mischvorrichtung mit Rotor und Stator, bei dem sich die Stacheln senkrecht zur Rotationsachse gesehen kreuzen.

In Fig. 1 verläuft in dem zylindrischen Gehäuse 1 die Rotationsachse 2 koaxial. Der Mischraum 3 wird durch die Gleitringdichtung 4 nach außen hin abgedichtet. Die Stacheln 5 sind in Ebenen normal zur Achse angeordnet und teilen sich auf in Rotorstacheln 5a und Statorstacheln 5b. Es folgen Ebenen der an der Rotorachse befestigten Stacheln und Ebenen von Stacheln, die am feststehenden Gehäuse 1 angebracht sind, aufeinander. Die am Gehäuse angebrachten Stacheln bilden mit dem Gehäuse 1 den Stator der Mischvorrichtung. Durch die Paßfeder 6 sind die Stacheln auf der Welle gegen Verdrehen gesichert. Auf der einen Seite der Mischvorrichtung befinden sich die Eintrittsöffnungen 8 für die zu mischenden Flüssigkeiten. Der Austrittsstutzen 9 befindet sich am oberen Ende des Mixers im Deckelflansch 10, der mit den Schrauben 11 befestigt ist. Die Abdichtung erfolgt durch eine O-Ring-Dichtung 12. Am Gehäuse 1 befindet sich außen der Kühlmantel 13, über den die Mischwärme abgeführt werden kann. Selbstverständlich können auf diese Weise auch die zu mischenden Flüssigkeiten aufgeheizt werden.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch die in Fig. 1 dargestellte Mischvorrichtung. Rotor- und Statorstacheln sind schräg zur Umfangsrichtung gestellt. Es sind außerdem bei einem Stachel strichliert die Schwerpunktlinie und ein Radiusvektor eingezeichnet; gemäß der Erfindung soll der Winkel α zwischen diesen beiden Linien mindestens 15° betragen. Die Stacheln des Rotors sind tangential an Ringen angebracht, die die Drehbewegung von der Rotationsachse 2 auf die Stacheln übertragen. Durch die tangentielle Anordnung der Stacheln weisen diese auf kleinen Radien praktisch

in Umfangsrichtung. Zur Vermeidung eines hohen Drehmoments sind die Stacheln an ihren Enden durch eine Fase 14 abgeschrägt. Am Stachelansatz werden durch Hohlkehlen 15 langsam durchströmte Gebiete, sogenannte Totzonen, vermieden. Die Enden der Rotorstacheln sollen möglichst nahe an den zylindrischen Mantel heranreichen, gleiches gilt für die Statorstacheln, die möglichst nahe an die Rotationsachse 2 heranreichen sollen. Bei dieser Ausbildung der Stacheln kann der Rotor aus dem Stator herausgezogen werden. Es ist für die Mischwirkung ohne Bedeutung, ob die Welle in oder entgegen des Uhrzeigersins gedreht wird.

Die Mischgüte, die in Durchflußmischern erreicht wird, hängt bei vorgegebener Geometrie der Mischvorrichtung von deren Volumen V , der Drehzahl n und dem Durchsatz $\dot{V}$ ab. Diese Parameter werden üblicherweise zu der Kennzahl $nV/\dot{V}$ zusammengefaßt. Die erreichte Endmischgüte kann durch die Standardabweichung σ von Probenmessungen bestimmt werden. Die Ausgangsstandardabweichung σ_0 hängt nur vom Durchsatzverhältnis der eingespeisten Komponenten $\dot{V}_1$ und $\dot{V}_2$ nach der Beziehung $\sigma_0 = \sqrt{\dot{V}_1 \dot{V}_2} / (\dot{V}_1 + \dot{V}_2)$ ab. Die nach dem Mischvorgang erreichte Standardabweichung wird vorzugsweise auf die Ausgangsstandardabweichung σ_0 bezogen. Dadurch wird die erzielte Standardabweichung σ/σ_0 unabhängig vom Volumenstromverhältnis.

Es wurden mit einem Mischer nach Fig. 1 Versuche mit Glucosesirup durchgeführt. Zur Mischgütebestimmung wurde einer der Volumenströme mit Farbstoff eingefärbt. Am Austritt des Mixers wurde die Farbstoffkonzentration in einem 1 mm³-Probenkörper an verschiedenen Stellen des Austritts jeweils

während einer Rotorumdrehung durch Extinktion eines Laserstrahls gemessen. Aus diesen Werten kann der Quotient $\bar{c}/\bar{c}_0$ bestimmt werden. Es wurden zwei erfindungsgemäße Rührer (a und b) mit einem Rührer (c) mit geraden, radialen Stacheln verglichen. Bei dem Rührer a) waren Rotor- und Statorstachel gerade, sie haben sich in Richtung der Rotationsachse gesehen gekreuzt. Durch Wenden der am Rotor aufgesetzten Ringe wurde ein Rührer b) erzeugt. Die Mischwirkung ist unabhängig von der Drehrichtung des Rührers. Die Standardabweichung ist für den untersuchten Bereich näherungsweise identisch. Demgegenüber ist bei einem Rührer c), dessen Rotor- und Statorstacheln senkrecht zur Rotationsachse verlaufen, die Standardabweichung erheblich größer (Fig. 3).

Fig. 4 zeigt einen ähnlichen Mischer wie Fig. 1, jedoch mit kreuzförmig angeordneten und näherungsweise gleichmäßig gekrümmten Stacheln. Zur Montage dieses Mixers ist es zweckmäßig, wenn Rotor und Stator, d. h. auch das Gehäuse, aus Ringen zusammengesetzt sind; an jedem Ring ist ein Satz Stacheln befestigt. Fig. 5 zeigt einen Ring des Rotors, Fig. 6 einen Statorring. Bei einem in Längsrichtung teilbaren Statorgehäuse kann natürlich auf die ringförmige Ausbildung verzichtet werden.

In Fig. 7 ist ein Mischer abgebildet, bei dem sowohl die Rotor- als auch die Statorstachelenden - werden die Stachelenden auf ihren Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und als Geraden angenähert - mit ihren Spuren in der zur Rotationsachse und den Endpunkten der Stacheln enthal-

tenden Ebenen einen Winkel von mindestens 15° bilden. Er ist in dieser Figur mit dem Winkel β bezeichnet. Die Stacheln 5 des Rotors greifen in die Ringräume zwischen den Stachelreihen des Stators und umgekehrt. Der Stator wird in dem zylindrischen Gehäuse 1 durch die Madenschraube 17 festgehalten. Bei der hier eingezeichneten kreuzweisen Stachelanordnung und einer Drehrichtung des Rotors wie eingezeichnet, bewirken die Stacheln einen Transport der Flüssigkeit nach unten. Durch Umkehrung des Drehsinns wird in gleicher Weise die Flüssigkeit nach oben gefördert. Der Antrieb des Rotors erfolgt über die Rotationsachse 2, die durch den Stator durchgeführt ist. Hier wird durch die windschiefen Stachelenden insbesondere die axiale Mischung der Flüssigkeit verstärkt. Bei einem in Längsrichtung durchströmten Gehäuse ist es oft zweckmäßig, Mischelemente nach Fig. 7 mit Mischelementen nach Fig. 2 in Achsrichtung hintereinander zu schalten. Dadurch kann in einer Mischvorrichtung gleichzeitig eine hohe Axial- und eine hohe Radialmischwirkung erzielt werden.

Wegen der guten Förderwirkung eignet sich diese Ausführungsform gemäß Fig. 7 auch besonders gut zum Einmischen von Pulvern in Flüssigkeiten. Durch die an den Stachelflanken entstehende Scherung können Pulveragglomerate dispergiert werden. Die Vorrichtung hat eine Ähnlichkeit mit der Charakteristik von Förderschnecken (J. Pawlowski, Die Ähnlichkeitstheorie in der physikalisch technischen Forschung, Springer, Berlin-Heidelberg, (1971)). Das Förderverhalten bei laminarer Strömung kann durch zwei Kennzahlen A_1 und A_2 beschrieben werden. Bei vollständiger Drosselung erreicht man den

Förderdruck $\Delta P = A_2 \eta n^2 H/D$. Dabei bedeuten n Drehzahl, η Viskosität der Flüssigkeit, D Außendurchmesser der Mischvorrichtung, H die Mischlänge. Bei dem Gegendruck $\Delta P_3 = 0$ wird die größte Fördermenge erzielt: $\dot{V} = A_1 n D^3$. Die Werte $A_1 = 0,32$ und $A_2 = 1100$ wurden für eine Mischvorrichtung mit den folgenden Abmessungen mit 10 Pas Glykosesirup als Versuchsflüssigkeit bestimmt: Außendurchmesser des Stators $D = 94$ mm, Spaltbreite zwischen Rotor- und Statorstacheln $S = 1$ mm, Winkel eines Stachelendes mit seiner Spur in der die Rotationsachse und den Endpunkt des Stachels enthaltenden Ebene $\beta = 45^\circ$, bei kreuzweiser Anordnung von Rotor- und Statorstacheln, Breite der Stacheln am Rotor und am Stator $B = 6$ mm, Dicke der Stacheln am Rotor und Stator $D_S = 4$ mm, Anzahl der Stachelreihen am Rotor $n_R = 2$, Anzahl der Stachelreihen am Stator $n_S = 2$, Höhe des Rotors $H_R = 30$ mm, Höhe des Stators $H_S = 30$ mm, je 8 Stacheln in jeder Stachelreihe am Rotor und Stator. Die vollständige Kennlinie der Mischvorrichtung lautet

$$P = \frac{A_2 \eta H n}{D} - \frac{A_2 \eta H \dot{V}}{A_1 D^4}$$

Bei einer Flüssigkeit mit einer Viskosität von 50 Pas, einer Rührdrehzahl von $n = 2 \text{ s}^{-1}$ und einem Durchsatz von $\dot{V} = 200 \text{ l/h}$ ergibt sich ein Druck von $\Delta P = 0,31 \text{ bar}$. Durch Hintereinanderschalten mehrerer Rotor- und Statorkombinationen kann die Misch- und Druckwirkung natürlich verstärkt werden. Bei Hintereinanderschaltung von z. B. 5 Rotor-Statorkombinationen mit gleicher Geometrie und gleicher Durchflußmenge entsteht ein Druck von $\Delta P = 1,6 \text{ bar}$.

Eine besondere Verwendung des erfindungsgemäßen Rührers ergibt sich bei einem Extruder. Ein Stachelrührer wie in Fig. 1 oder 2 wird am Ausgang des Extruders befestigt und der Rotor auf das vordere Ende der Extruderwelle aufgesetzt. Es ist dabei ohne weiteres möglich, die gesamte Welle des Extruders nach vorn herauszuziehen, weil ihr Durchmesser kleiner ist als der von den Statorstacheln beanspruchte Raum. Versuchsweise wurde diese Vorrichtung bei der Polyamidextrusion verwendet. Durch den Rührer wird eine Vergleichmäßigung der Temperatur im Kern und den Außenzonen erreicht. Mit der Vorrichtung gelingt es, dünnflüssige Additive in die hochviskose Perlonschmelze einzumischen.

Zur Einmischung von Farbstammansätzen ($\eta = 0,1 - 0,5$ Pas) in Polyacryllösung ($\eta = 20 - 30$ Pas) wurde bisher ein statischer Mischer mit 100 mm Innendurchmesser und einer Länge von 3,1 m verwendet. Der Durchsatz der Spinnlösung ist 500 bis 1200 l/h, die Stammansatzmenge beträgt 1 bis 5 % der Lösungsmenge. Bei einigen Farbmischungen stellte sich die Mischgüte als ungenügend heraus. Deshalb wurde versuchsweise ein dynamischer Durchflußmischer nach Fig. 1 eingebaut. Der Mischer hat eine wirksame Mischlänge von 380 mm und einen Innendurchmesser von 180 mm. Bei einer Drehzahl von 50 min^{-1} und einem Lösungsdurchsatz von 1000 l/h erreicht der Mischer praktisch die gleiche Mischgüte wie der Statikmischer. Durch Verstellen der Drehzahl, z. B. auf 150 min^{-1} wird eine bedeutend höhere Mischgüte ermöglicht. Die im dynamischen Mischer auftretende hohe Scherwirkung begünstigt das Einmischen des niederviskosen Ansatzes ganz entscheidend und stellt eine ausreichende

Homogenität sicher. Falls die zugesetzte Farbmenge noch geringer wird und der Schwierigkeitsgrad der Mischaufgabe daher zunimmt, kann die Drehzahl noch weiter erhöht werden.

Erfindungsanspruch

1. Rührvorrichtung, enthaltend in einem Gehäuse einen Rotor mit Stacheln und einen mit dem Rotor zusammenarbeitenden Stator mit Stacheln, gekennzeichnet dadurch, daß die Rotorstacheln (5a) oder Statorstacheln (5b) oder beide so ausgebildet sind, daß - werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und als Geraden angenähert - die freien Enden der Stacheln (5) windschief zur Rotationsachse (2) verlaufen.
2. Rührvorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die freien Enden der Rotorstacheln (5a) oder der Statorstacheln (5b) oder beide - werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und als Gerade angenähert - in Ebenen senkrecht zur Rotationsachse (2) liegen und beim Schnitt des freien Endes des Stachels (5) mit einem Radiusvektor ein Winkel (α) von mindestens 15° gebildet wird.
3. Rührvorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die freien Enden der Stacheln (5) - werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und durch eine Gerade angenähert - mit ihren Spuren in die Rotationsachse (2) und den Endpunkten der Stachel enthaltenden Ebenen einen Winkel (β) von mindestens 15° bilden.
4. Rührvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Rotor- oder Statorstacheln

oder beide - werden die Stacheln (5) auf ihre Schwerpunktlinie in Stachelrichtung reduziert - eine Krümmung aufweisen.

5. Rührvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß der Stachelquerschnitt rechteckig ist.
6. Rührvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß sich Rotor- und Statorstacheln in Richtung der Rotationsachse gesehen kreuzen.
7. Rührvorrichtung nach Punkt 1 oder 3, gekennzeichnet dadurch, daß sich Rotor- und Statorstachelenden - werden die Stachelenden auf ihre Schwerpunktlinien in Stachelrichtung reduziert und als Gerade angenähert - senkrecht zur Rotationsachse gesehen kreuzen.
8. Verwendung der Rührvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß sie als dynamischer Mischer in einem in Längsrichtung durchströmten Gehäuse, vorzugsweise bei laminaren Strömungsverhältnissen, vorzugsweise auch zum Vermischen von Flüssigkeiten, Emulsionen oder Dispersionen mit hohen Viskositätsunterschieden oder bei extrem ungleichen Mengenverhältnissen eingesetzt wird.
9. Verwendung der Rührvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß sie zur Vergleichmäßigung der Temperatur und Verbesserung des Wärmeaustausches eingesetzt wird.

10. Verwendung der Rührvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß sie als Förderorgan eingesetzt wird.
11. Verwendung der Rührvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß sie an einem Extruder, wobei der Rotor mit dem Kopf der Extruderwelle verbunden ist, eingesetzt wird.
12. Verwendung der Rührvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß sie zum Einmischen von Farbanätzen in Polyacryllösungen eingesetzt wird.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

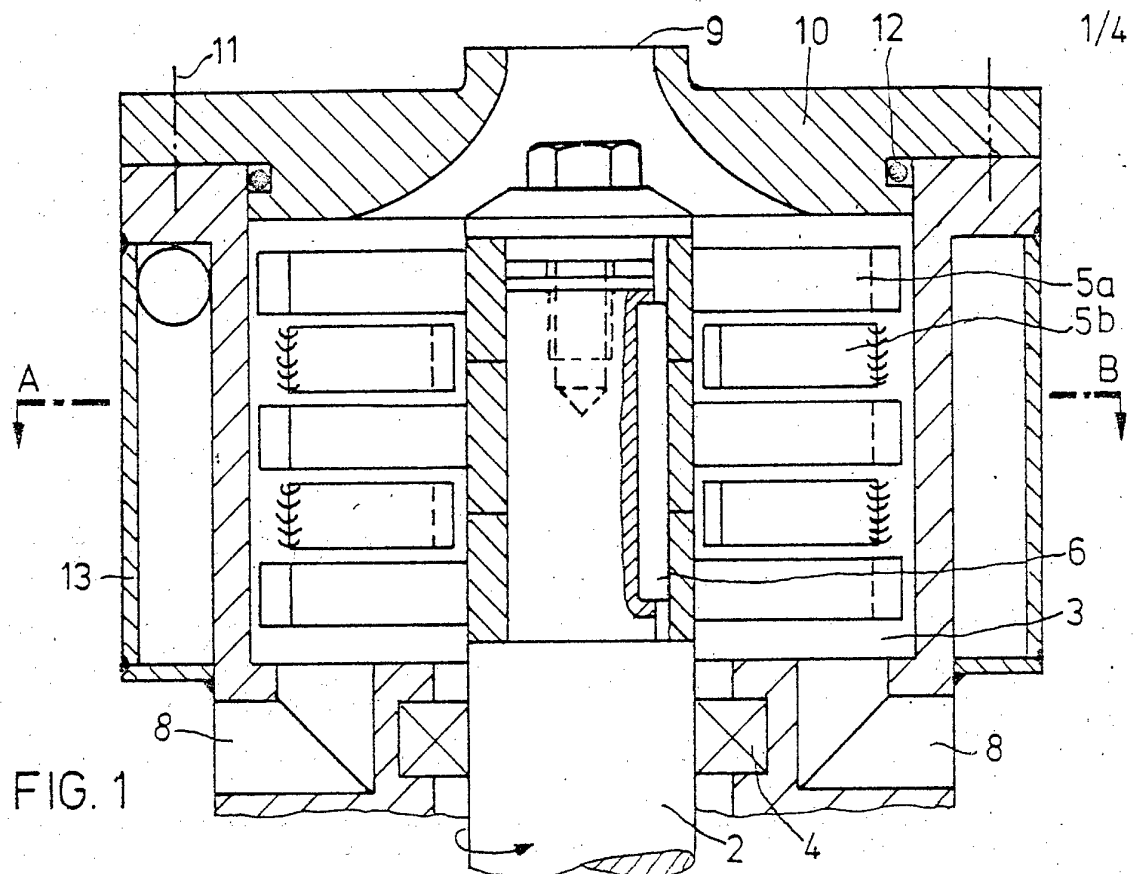
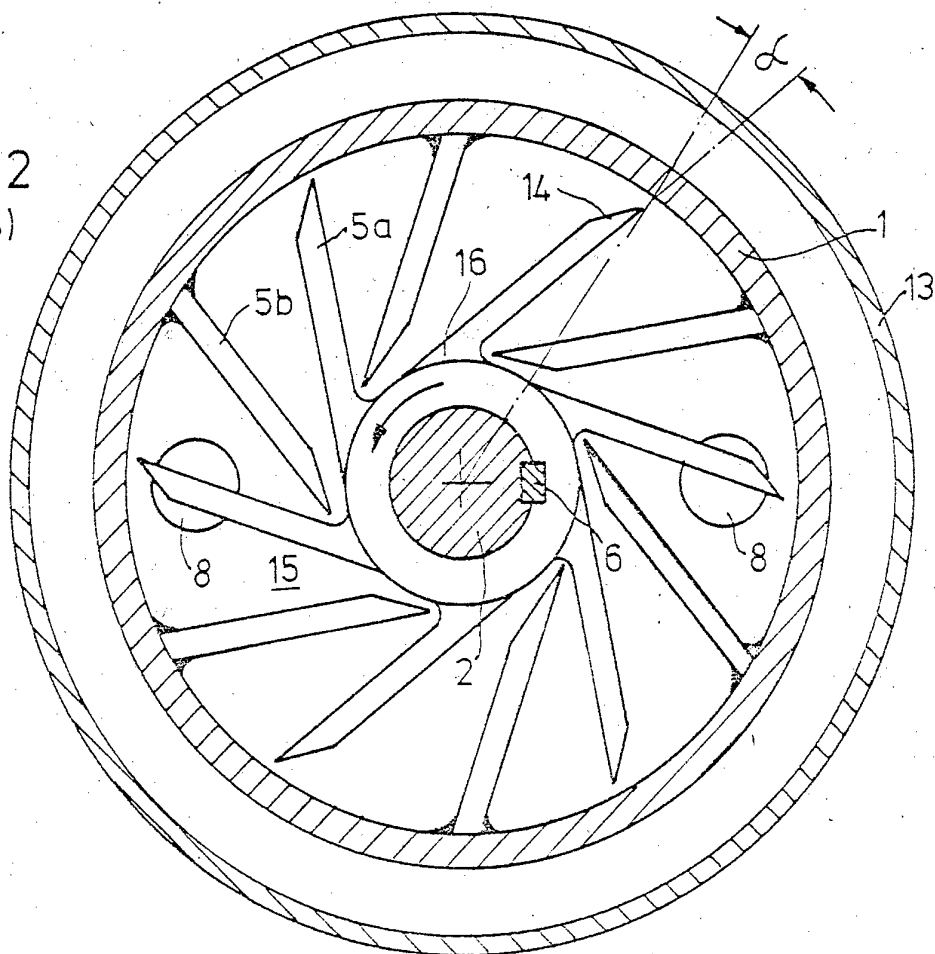


FIG. 2
(A-B)



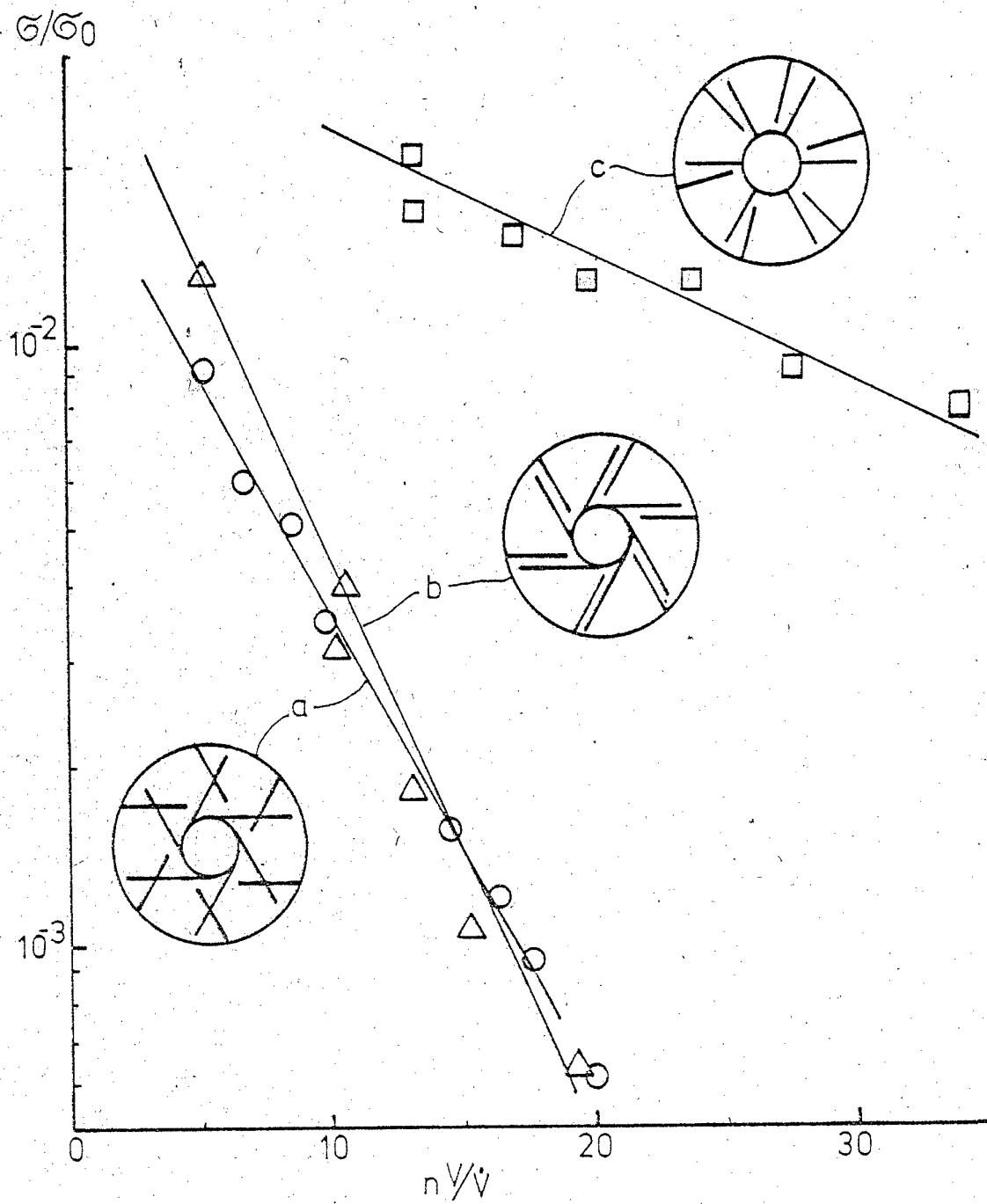


FIG. 3

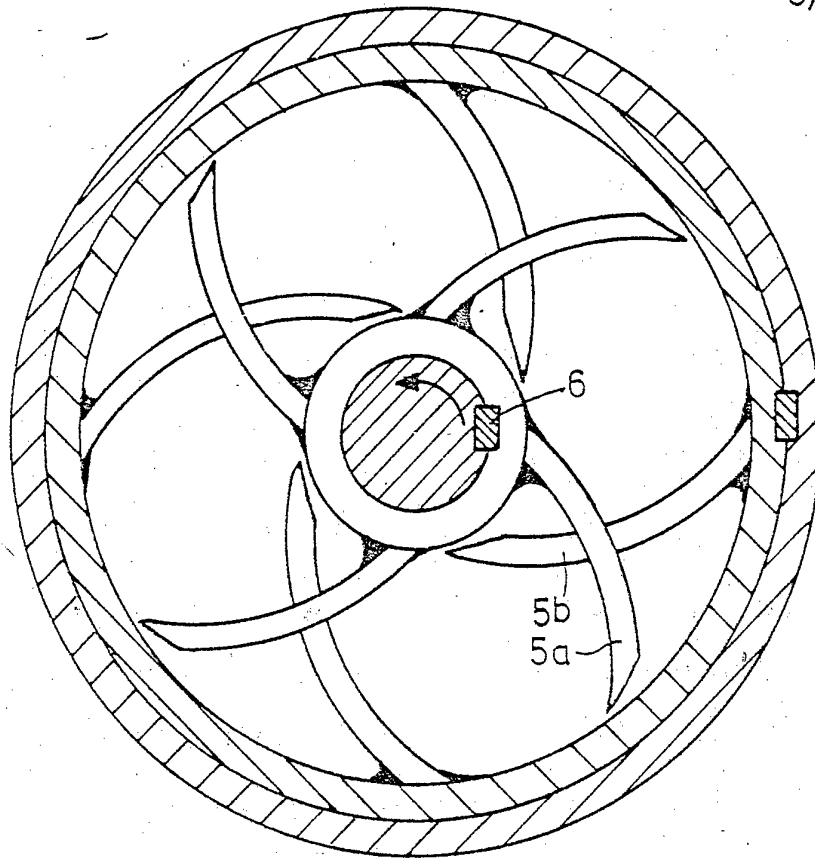


FIG. 4

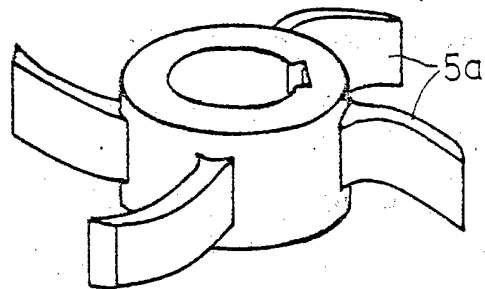


FIG. 5

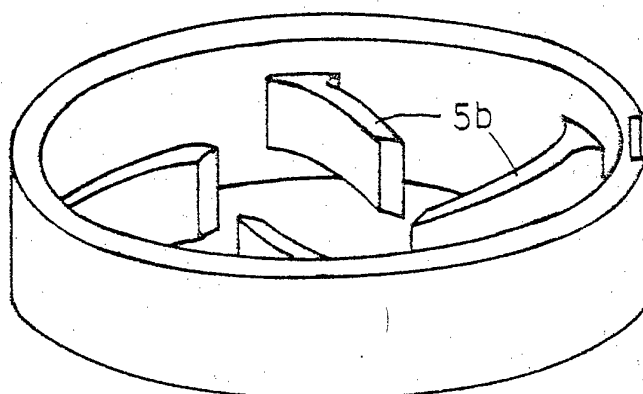


FIG. 6

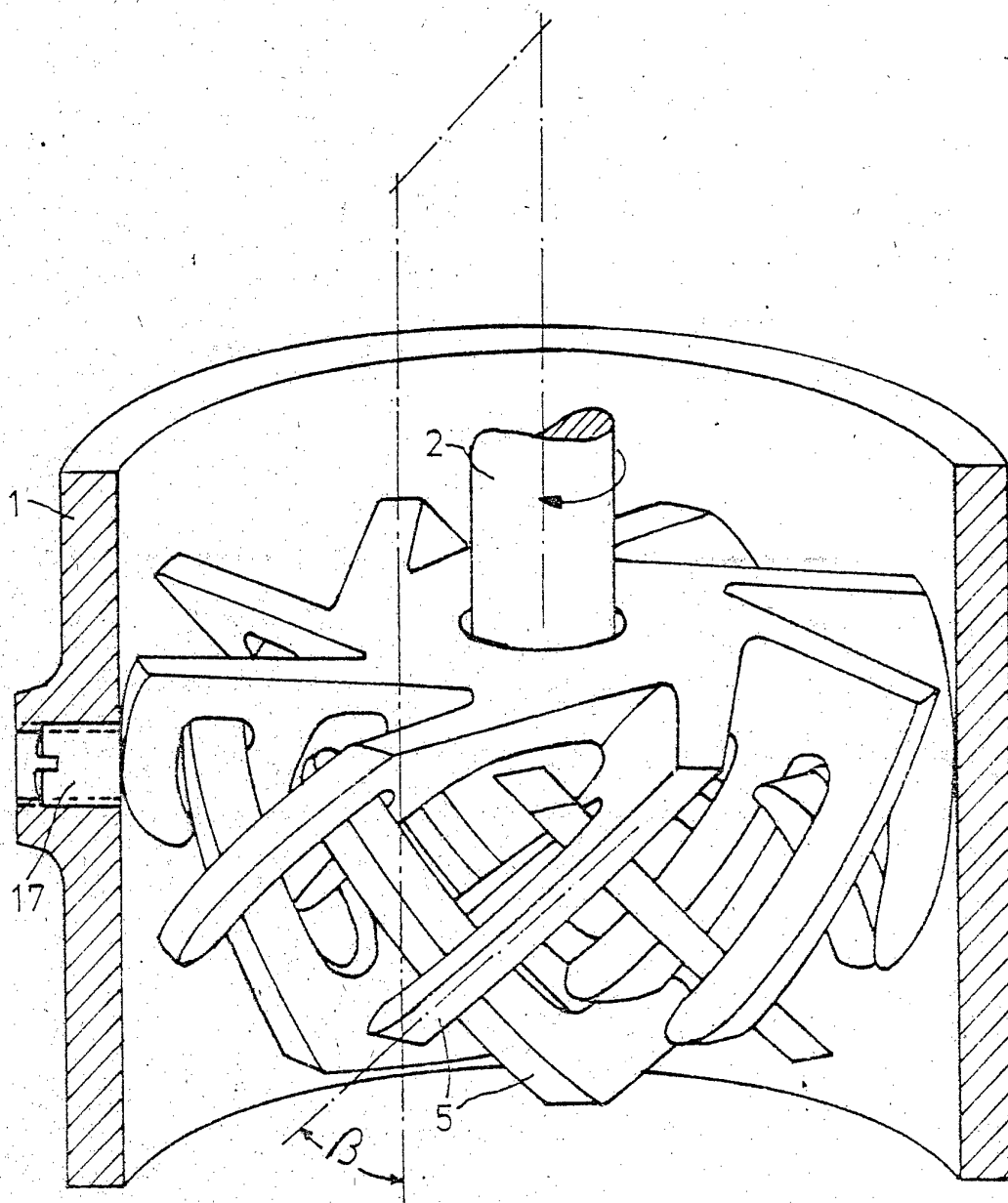


FIG. 7