

(12)

(21)

(51)

(56)

(71

(72

(74

(54)

(57)



## Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zum Steuern einer Mischvorrichtung mit zwei parallelen, gleich- oder gegensinnig antreibbaren Rührwellen (1, 2), mit auf den Rührwellen (1, 2) mit axialem Abstand voneinander angeordneten, gegeneinander winkelfversetzten Rührwerkzeugen (a-d) und mit einer Steuereinrichtung zur Drehverstellung der Rührwellen (1, 2) aus einer Istdrehlage in eine Solldrehlage für den gleich- oder gegensinnigen Antrieb beschrieben. Um einfache Steuerungsbedingungen zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass die Umlaufbahnen (3, 4) der Rührwerkzeuge (a-d) in mehrere Winkelsektoren (u, v) unterteilt werden, dass die zur Überführung zweier Rührwerkzeuge (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>) aus je einem Winkelsektor (u, v) in eine vorgegebene Ausgangsdrehlage (5) erforderliche Reihenfolge der Drehung und der Drehrichtung der Rührwellen (1, 2) für alle Kombinationen der Winkelsektoren (u, v) in einem Steuerprogramm festgelegt werden und dass die Istdrehlagen mit den zugehörigen Winkelsektoren (u, v) der ausgewählten Rührwerkzeuge (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>) erfasst werden, die dann in der durch das Steuerprogramm festgelegten Reihenfolge und Drehrichtung in die Ausgangsdrehlage (5) gedreht werden.

(Fig. 2)

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Steuern einer Mischvorrichtung mit zwei parallelen, durch gesonderte Antriebe gleich- oder gegensinnig antreibbaren Rührwellen, mit übereinstimmend auf den beiden Rührwellen mit axialem Abstand voneinander angeordneten, paarweise im Bereich einander schneidender Umlaufbahnen zusammenwirkenden, gegeneinander in axialer Folge winkelfersetzten Rührwerkzeugen und mit einer Steuereinrichtung zur Drehverstellung der beiden Rührwellen aus einer Istdrehlage in eine Solldrehlage für den gleich- oder gegensinnigen Antrieb.

Um Rohstoffe wie Mehl oder Fleisch vorteilhaft mischen und rühren zu können, ist es bei Doppelwellenmischern bekannt (EP 3 900 816 A1), die beiden parallelen Rührwellen, die übereinstimmend mit axial und über den Umfang verteilt angeordneten Rührwerkzeugen versehen sind, je für sich über gesonderte Antriebe entweder gleichsinnig oder gegensinnig anzutreiben. Da bei einer für die Misch- und Rührwirkung vorteilhaften Überschneidung der Umlaufbahnen der paarweise zusammenwirkenden Rührwerkzeuge zwischen den beiden Rührwellen unterschiedliche Phasenwinkel für einen gleich- oder gegensinnigen Antrieb eingehalten werden müssen, um eine Kollision der Rührwerkzeuge zu unterbinden, müssen zum Umschalten zwischen einem gleich- und einem gegensinnigen Antrieb die beiden Rührwellen zur Einstellung des jeweils erforderlichen Phasenwinkels gegeneinander verdreht werden. Während für einen Gleichlauf ein Phasenwinkel in einem Toleranzbereich um  $0^\circ$  erforderlich ist, muss für einen gegensinnigen Drehantrieb der beiden Rührwellen ein Phasenwinkel im Toleranzbereich um  $90^\circ$  oder  $180^\circ$  eingestellt werden. Es bleibt jedoch offen, durch welche Steuerungsmaßnahmen diese Umstellung erreicht werden soll.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dessen Hilfe eine Mischvorrichtung mit zwei parallelen, durch gesonderte Antriebe gleich- oder gegensinnig antreibbaren Rührwellen so gesteuert werden kann, dass eine vergleichsweise einfache, automatische Einstellung des für die jeweilige Antriebsart erforderlichen Phasenwinkels zwischen den beiden Rührwellen ermöglicht wird.

Ausgehend von einem Verfahren der eingangs geschilderten Art löst die Erfindung die gestellte Aufgabe dadurch, dass die Umlaufbahnen in mehrere Winkelsektoren unterteilt werden, dass die zur Überführung zweier ausgewählter, zusammenwirkender Rührwerkzeuge aus je einem Winkelsektor in eine vorgegebene, übereinstimmende Ausgangsdrehlage erforderliche Reihenfolge der Drehung und der Drehrichtung der Rührwellen für alle Kombinationen der Winkelsektoren in einem Steuerprogramm festgelegt werden und dass vor einem gleich- oder gegensinnigen Antrieb der Rührwellen die Istdrehlagen mit den zugehörigen Winkelsektoren der beiden ausgewählten Rührwerkzeuge erfasst werden, die in der für die beiden erfassten Winkelsektoren durch das Steuerprogramm festgelegten Reihenfolge und Drehrichtung in die vorgegebene Ausgangsdrehlage gedreht werden, bevor die beiden Rührwellen aus dieser die Solldrehlage für einen gleichsinnigen Antrieb bildenden Ausgangsdrehlage gleichsinnig oder aus einer gegenüber dieser Ausgangsdrehlage einen Phasenwinkel aufweisenden Solldrehlage gegensinnig angetrieben werden.

Da zufolge dieser Maßnahmen die Winkelsektoren, in die die jeweiligen Istdrehlagen der beiden ausgewählten Rührwerkzeuge fallen, und nicht die Istdrehlagen selbst die Reihenfolge der Drehschritte und Drehrichtung für die beiden Rührwellen vorgeben, kann der Steuerungsaufwand vergleichsweise klein gehalten werden. Dazu kommt, dass unabhängig davon, ob ein gleich- oder gegensinniger Antrieb der beiden Rührwellen angestrebt wird, die beiden Rührwellen durch ihre Antriebe so gedreht werden, dass die beiden ausgewählten Rührwerkzeuge in eine übereinstimmende, vorgegebene Ausgangsdrehlage überführt werden, in der somit die beiden Rührwellen einen Phasenwinkel von  $0^\circ$  aufweisen. Diese

Ausgangsdrehlage entspricht der Solldrehlage der beiden Rührwellen für einen gleichsinnigen Antrieb, sodass für einen gleichsinnigen Antrieb keine weiteren Einstellungen erforderlich werden. Für einen gegensinnigen Antrieb der beiden Rührwellen ist allerdings eine zusätzliche gegenseitige Verdrehung der beiden Rührwellen um einen entsprechenden Phasenwinkel von beispielsweise  $90^\circ$  vorzunehmen, um die für einen gegensinnigen Drehantrieb erforderliche Solldrehlage der beiden Rührwellen einzustellen.

Die Rührwerkzeuge sind auf ihren Rührwellen nicht nur in einem gegenseitigen axialen Abstand, sondern auch in axialer Folge gegeneinander winkelfersetzt angeordnet. Da für eine kollisionsfreie Drehung der Rührwellen insbesondere die paarweise zusammenwirkenden Rührwerkzeuge zu berücksichtigen sind, die sich im Überschneidungsbereich ihrer Umlaufbahnen befinden, und die beiden ausgewählten Rührwerkzeuge, die die Drehlage der zugehörigen Rührwellen bestimmen bzw. durch die einfach erfassbare Drehlage der beiden Rührwellen in ihrer Drehlage bestimmt sind, häufig außerhalb des Überschneidungsbereichs ihrer Umlaufbahnen liegen, werden die Rührwellen entsprechend dem Steuerprogramm vorteilhaft zunächst so gedreht, dass die im Überschneidungsbereich ihrer Umlaufbahnen befindlichen Rührwerkzeuge die den beiden ausgewählten Rührwerkzeugen zugehörige Ausgangsdrehlage einnehmen, bevor die beiden ausgewählten Rührwerkzeuge aus der durch die Drehung der Rührwerkzeuge aus dem Überschneidungsbereich bedingten Zwischenstellung in diese Ausgangsdrehlage gedreht werden.

Ergibt die Erfassung der Drehlagen der beiden ausgewählten Rührwerkzeuge, dass sich der daraus ableitbare Phasenwinkel zwischen den beiden Rührwellen nur geringfügig von dem durch die Solldrehlagen bestimmten Phasenwinkel unterscheidet, bedeutet dies, dass beim gegenseitigen Verdrehen der beiden Rührwellen um den Differenzwinkel zwischen dem gemessenen Istwinkel und dem vorgegebenen Sollwinkel der Phase im Sinne einer Nachführung des Istwinkels an den Sollwinkel keine Gefahr einer Kollision zwischen den zusammenwirkenden Rührwerkzeugen besteht, sodass nach einer gegenseitigen Verdrehung der beiden

Rührwellen um den erfassten Differenzwinkel die beiden ausgewählten Rührwerkzeuge unter Beachtung des für den Soll-Phasenwinkel vorgegebenen Drehsinn in die für diese ausgewählten Rührwerkzeuge vorgegebene Ausgangslage gedreht werden können. Der hierfür maßgebliche, maximale Differenzwinkel ist vor allem von der Größe des Winkels abhängig über den sich die Rührwerkzeuge in einem Überdeckungsbereich erstrecken.

Um unter Berücksichtigung der Toleranzverhältnisse hinsichtlich der Zuteilung der Istlagen der Rührwerkzeuge zu einzelnen Winkelsektoren ausreichend klare Verhältnisse schaffen zu können, empfiehlt es sich, die Anzahl der Winkelsektoren größer als die Anzahl der sich aus einer axialen Projektion einer Rührwelle ergebenden Rührwerkzeuge zu wählen.

Anhand der Zeichnung wird das erfindungsgemäße Verfahren zum Steuern einer Mischvorrichtung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 zwei parallele, je für sich antreibbare Rührwellen mit übereinstimmend verteilt angeordneten, paarweise im Bereich einander schneidender Umlaufbahnen zusammenwirkenden Rührwerkzeugen einer Mischvorrichtung in einer axonometrischen Darstellung,

Fig. 2 diese Rührwellen in übereinstimmender Drehlage in einer schematischen, stirnseitigen Ansicht und die

Fig. 3 und 4 eine stirnseitige Ansicht der beiden Rührwellen in unterschiedlichen gegenseitigen Drehstellungen.

Eine mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens zu steuernde Mischvorrichtung weist zwei in einem Mischbehälter gelagerte, parallel nebeneinanderliegende, je für sich durch einen Motor in beiden Drehrichtungen antreibbare Rührwellen 1, 2 auf, die mit axialem Abstand voneinander angeordneten, paarweise im Bereich einander überschneidender Umlaufbahnen 3, 4 zusammenwirkenden, radial abstehenden Rührwerkzeugen  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  und  $d_1$ ,  $d_2$  versehen sind. Diese in axialer Folge gegeneinander beispielsweise um  $90^\circ$  winkelfversetzten Rührwerkzeuge a-d bilden mehrere axial aufeinanderfolgende Werkzeuggruppen aus je über  $360^\circ$

verteilten Rührwerkzeugen, also gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus vier Werkzeugpaaren a-d, wie dies insbesondere der Fig. 2 entnommen werden kann.

Um eine einfache kollisionsfreie Drehung der Rührwellen 1, 2 in eine vorgegebene Ausgangsdrehlage zu ermöglichen, ist zunächst eine für die beiden Rührwellen 1, 2 übereinstimmende Drehlage als Ausgangsdrehlage zu bestimmen, wie sie beispielsweise in der Fig. 2 dargestellt ist und durch die übereinstimmende Drehlage eines ausgewählten Paares von zusammenwirkenden Rührwerkzeugen erfasst wird. Gemäß dem Ausführungsbeispiel wird diese Ausgangsdrehlage 5 durch die beiden Rührwerkzeuge  $a_1$  und  $a_2$  in ihrer übereinstimmenden, gegenüber der gemeinsamen Axialebene der beiden Rührwellen 1, 2 senkrechten Ausrichtung bestimmt, die durch den beiden Rührwellen 1, 2 zugeordnete Drehlagegeber genau vorgegeben werden kann. Obwohl die gewählte Ausgangslage 5 vergleichsweise einfach überschaubare Zusammenhänge mit sich bringt, ist sie keinesfalls zwingend.

Die steuerungstechnische Aufgabe besteht nun darin, die beiden Rührwellen 1, 2 aus einer beliebigen Istdrehlage kollisionsfrei in die vorgegebene Ausgangsdrehlage 5 zu drehen, die die gegenseitige Solldrehlage mit einem Phasenwinkel von  $0^\circ$  zwischen den beiden Rührwellen 1, 2 für einen gleichsinnigen Antrieb der beiden Rührwellen 1, 2 darstellt. Für einen gegensinnigen Antrieb sind die beiden Rührwellen 1, 2 noch um einen Phasenwinkel von  $90^\circ$  oder allenfalls  $180^\circ$  gegeneinander zu verdrehen, bevor mit dem kollisionsfreien gegensinnigen Antrieb der beiden Rührwellen 1, 2 begonnen werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden die Umlaufbahnen 3, 4 der Rührwerkzeuge a-d in Winkelsektoren u und v unterteilt, wobei die Anzahl der Winkelsektoren u bzw. v größer als die Anzahl der in einer Werkzeuggruppe zusammengefassten Rührwerkzeuge a-d einer Rührwelle 1, 2 sein soll. Gemäß dem Ausführungsbeispiel umfasst eine Werkzeuggruppe vier Rührwerkzeuge a-d, während die Umlaufbahnen 3, 4 in fünf Winkelsektoren  $u_1$ - $u_5$  bzw.  $v_1$ - $v_5$  unterteilt sind. Zur Vorgabe der für eine

kollisionsfreie Überführung der beiden Rührwellen 1, 2 aus einer beliebigen Istdrehlage in die vorgegebene Ausgangsdrehlage 5 erforderliche Reihenfolge und Richtung der Drehschritte der beiden Rührwellen 1, 2 ist entscheidend, in welche der Winkelsektoren  $u_1$ - $u_5$  und  $v_1$ - $v_5$  die Istdrehlage der hierfür ausgewählten Rührwerkzeuge  $a_1$  und  $a_2$  fallen, weil mit diesen Vorgaben die Reihenfolge der Drehschritte und deren Richtung für die beiden Rührwellen 1, 2 bestimmt und in einem Steuerprogramm abgespeichert werden können, um die Steuereinrichtung zur Drehverstellung der beiden Rührwellen 1, 2 entsprechend dem Steuerprogramm ansteuern zu können.

Anhand der Fig. 3 und 4 wird dieses Steuerungsverfahren näher erklärt. Liegen gemäß der Fig. 3 die durch das ausgewählte Rührwerkzeug  $a_1$  bestimmte Istdrehlage der Rührwelle 1 im Bereich des Winkelsektors  $u_4$  und die durch das Rührwerkzeug  $a_2$  bestimmte Istdrehlage der Rührwelle 2 im Bereich des Winkelsektors  $v_1$ , so ist wegen des gegenüber dem Winkel  $\alpha_1$  zwischen dem Rührwerkzeug  $a_1$  und der Ausgangsdrehlage 5 kleineren Winkels  $\alpha_2$  zwischen dem Rührwerkzeug  $a_2$  und der Ausgangsdrehlage 5 zunächst das Rührwerkzeug  $a_2$  um den Winkel  $\alpha_2$  im Uhrzeigersinn in die Ausgangsdrehlage 5 zu drehen, bevor das Rührwerkzeug  $a_1$  um den Winkel  $\alpha_1$  entgegen dem Uhrzeigersinn in die Ausgangsdrehstellung 5 gebracht werden kann. Die Winkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  sind durch die erfassten Istdrehlagen der beiden Rührwellen 1, 2 aufgrund der geometrischen Zuordnungen der Rührwerkzeuge a-d und der vorgegebenen Ausgangsdrehlage 5 eindeutig bestimmt.

Da gemäß der Fig. 4 aufgrund der Istdrehlage des Rührwerkzeugs  $a_1$  im Winkelsektor  $u_5$  und der Istdrehlage des Rührwerkzeugs  $a_2$  im Winkelsektor  $v_2$  der Winkel  $\alpha_2$  zwischen dem Rührwerkzeug  $a_2$  und der Ausgangsdrehlage 5 größer als der entsprechende Winkel  $\alpha_1$  des Rührwerks  $a_1$  ist, muss aus diesen Istdrehlagen der Rührwellen 1, 2 zunächst die Rührwelle 1 um den Winkel  $\alpha_1$  entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht werden, bevor die Rührwelle 2 im Uhrzeigersinn um den Winkelschritt  $\alpha_2$  in die Ausgangsdrehlage 5 gedreht werden kann.



Kollisionsstellungen im Überschneidungsbereich der Umlaufbahnen 3, 4 sind naturgemäß nicht nur bei den ausgewählten Rührwerkzeugen a, sondern auch bei allen anderen Werkzeugpaaren möglich und müssen durch das Steuerprogramm berücksichtigt werden. Für den Beispielsfall, dass sich die zusammenwirkenden Rührwerkzeuge  $b_1$  und  $b_2$  in der in der Fig. 3 für die Rührwerkzeuge  $a_1$  und  $a_2$  gezeichneten Istdrehlage befinden, was durch die in Runde Klammern gesetzten Bezugszeichen  $(b_1)$  und  $(b_2)$  angedeutet ist, ergibt sich für die ausgewählten Rührwerkzeuge  $(a_1)$  und  $(a_2)$  eine Istdrehlage in den Winkelsektoren  $u_1$  und  $v_2$ .

Damit die Rührwerkzeuge  $(a_1)$ ,  $(a_2)$  durch eine kollisionsfreie Drehung der Rührwellen 1, 2 in die vorgegebene Ausgangslage 5 gedreht werden können, müssen demnach zunächst die Rührwerkzeuge  $(b_1)$ ,  $(b_2)$  in der vorher für die Rührwerkzeuge  $a_1$  und  $a_2$  beschriebenen Drehschrittfolge und Richtung um die Winkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  in die Ausgangstellung 5 gedreht werden, wobei die Rührwerkzeuge  $(a_1)$  und  $(a_2)$  die gegenüber der erfassten Istdrehlage um die Winkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  versetzten, strichpunktiert angedeuteten, übereinstimmenden Zwischenlagen 6 einnehmen, aus denen sie dann ohne Kollisionsgefahr auch für die übrigen zusammenwirkenden Rührwerkzeuge a-d gleichsinnig in die Ausgangsdrehlage 5 gedreht werden können, und zwar gemäß dem Ausführungsbeispiel vorzugsweise im Uhrzeigersinn.

In analoger Weise ergibt sich auch für eine Istdrehlage der ausgewählten Rührwerkzeuge  $(a_1)$ ,  $(a_2)$  gemäß der Fig. 4, in der sich beispielsweise die Rührwerkzeuge  $(c_1)$  und  $(c_2)$  im Überschneidungsbereich ihrer Umlaufbahnen 3, 4 befinden, eine im Steuerprogramm abgelegte Vorgabe der Drehschrittfolgen und Drehrichtungen für eine kollisionsfreie Drehung der Rührwellen 1, 2 in die für die Rührwerkzeuge  $(a_1)$ ,  $(a_2)$  vorgegebene Ausgangsdrehlage 5. Hierfür sind wiederum zunächst die sich im Überschneidungsbereich ihrer Umlaufbahnen 3, 4 befindlichen Rührwerkzeuge  $(c_1)$ ,  $(c_2)$  in die Ausgangsdrehlage 5 zu drehen, wobei zuerst das Rührwerkzeug  $(c_1)$  entgegen dem Uhrzeigersinn um den Winkel  $\alpha_1$  und dann das Rührwerkzeug  $(c_2)$  im Uhrzeigersinn um den Winkel  $\alpha_2$  gedreht werden, bevor die nunmehr in der gegenüber der Ausgangsdrehlage 5 um  $180^\circ$  versetzten

Zwischenlage 6 befindlichen Rührwerkzeuge ( $a_1$ ) und ( $a_2$ ) gleichsinnig in die Ausgangsdrehlage 5 gedreht werden, die für einen gleichsinnigen Drehantrieb der beiden Rührwellen 1, 2 bereits deren Solldrehlage bildet. Für einen gegensinnigen Drehantrieb der Rührwellen ist ausgehend von dieser übereinstimmenden Ausgangsdrehlage 5 eine der beiden Rührwellen 1, 2 gegenüber der anderen um  $90^\circ$  bzw. um  $180^\circ$  zu drehen, um aus diesen einen entsprechenden Phasenwinkel sicherstellenden Solldrehlagen den gegensinnigen Antrieb der beiden Rührwellen 1, 2 zu starten.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Mischvorrichtung mit zwei parallelen, durch gesonderte Antriebe gleich- oder gegensinnig antreibbaren Rührwellen (1, 2), mit übereinstimmend auf den beiden Rührwellen (1, 2) mit axialem Abstand voneinander angeordneten, paarweise im Bereich einander schneidender Umlaufbahnen (3, 4) zusammenwirkenden, gegeneinander in axialer Folge winkelfersetzten Rührwerkzeugen (a-d) und mit einer Steuereinrichtung zur Drehverstellung der beiden Rührwellen (1, 2) aus einer Istdrehlage in eine Solldrehlage für den gleich- oder gegensinnigen Antrieb, dadurch gekennzeichnet, dass die Umlaufbahnen (3, 4) in mehrere Winkelsektoren (u, v) unterteilt werden, dass die zur Überführung zweier ausgewählter, zusammenwirkender Rührwerkzeuge (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>) aus je einem Winkelsektor (u, v) in eine vorgegebene, übereinstimmende Ausgangsdrehlage (5) erforderliche Reihenfolge der Drehung und der Drehrichtung der Rührwellen (1, 2) für alle Kombinationen der Winkelsektoren (u, v) in einem Steuerprogramm festgelegt werden und dass vor einem gleich- oder gegensinnigen Antrieb der Rührwellen (1, 2) die Istdrehlagen mit den zugehörigen Winkelsektoren (u, v) der beiden ausgewählten Rührwerkzeuge (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>) erfasst werden, die dann in der für die beiden erfassten Winkelsektoren (u, v) durch das Steuerprogramm festgelegten Reihenfolge und Drehrichtung in die vorgegebene Ausgangsdrehlage (5) gedreht werden, bevor die beiden Rührwellen (1, 2) aus dieser die Solldrehlage für einen gleichsinnigen Antrieb bildenden Ausgangsdrehlage (5) gleichsinnig oder aus einer gegenüber dieser Ausgangsdrehlage (5) einen Phasenwinkel aufweisenden Solldrehlage gegensinnig angetrieben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bis zu einem vorgegebenen maximalen Differenzwinkel zwischen dem Sollwinkel und dem

Istwinkel der Phase zwischen den beiden Rührwellen (1, 2) eine der beiden Rührwellen (1, 2) im Sinne einer Nachführung des Istwinkels an den Sollwinkel um den Differenzwinkel gedreht wird, bevor die Rührwellen (1, 2) in die Ausgangsdrehlage (5) gedreht werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Winkelsektoren (u, v) größer als die Anzahl der sich aus einer axialen Projektion einer Rührwelle (1, 2) ergebenden Rührwerkzeuge (a-d) ist.

FIG.1

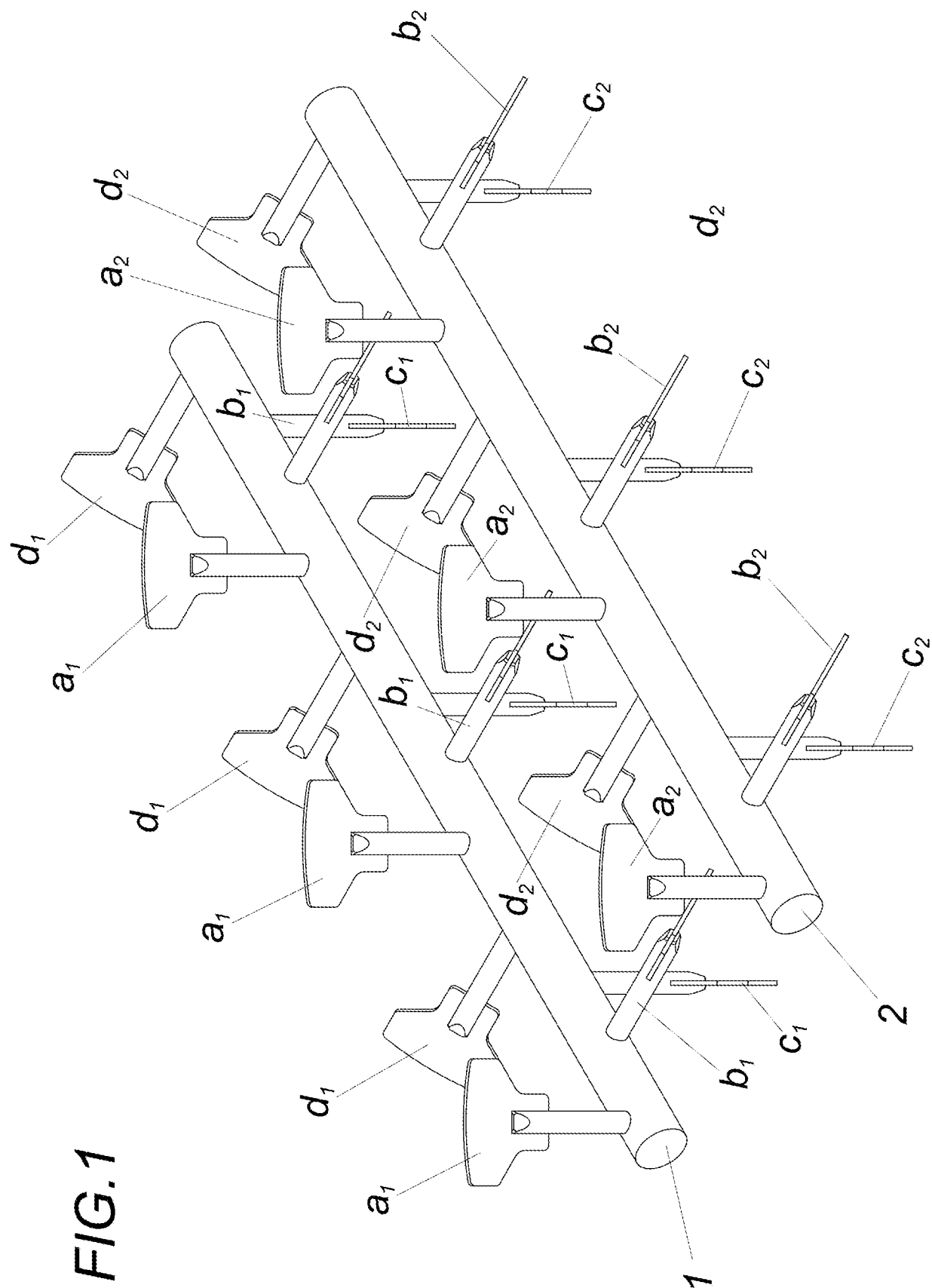


FIG.2

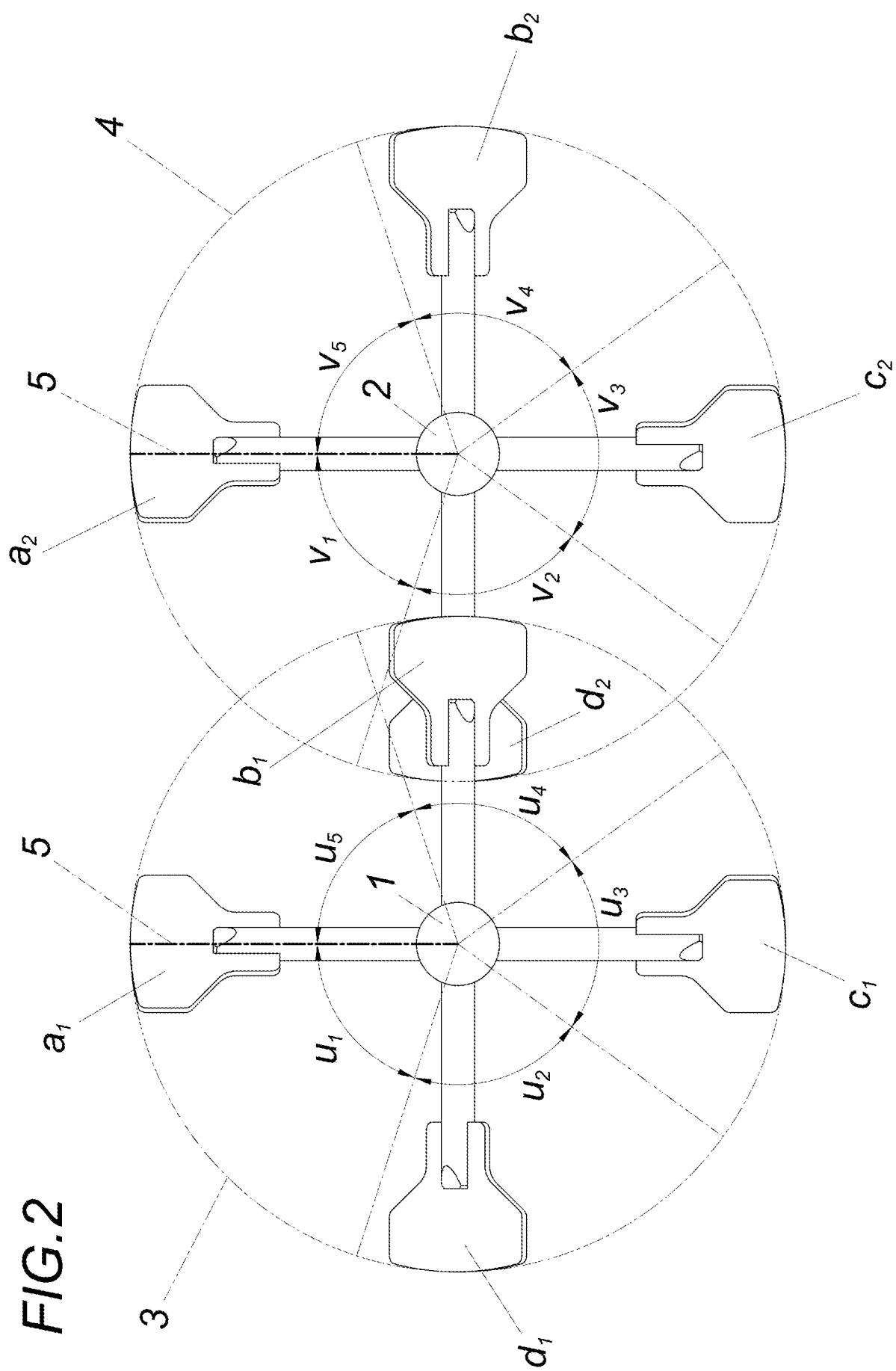


FIG.3

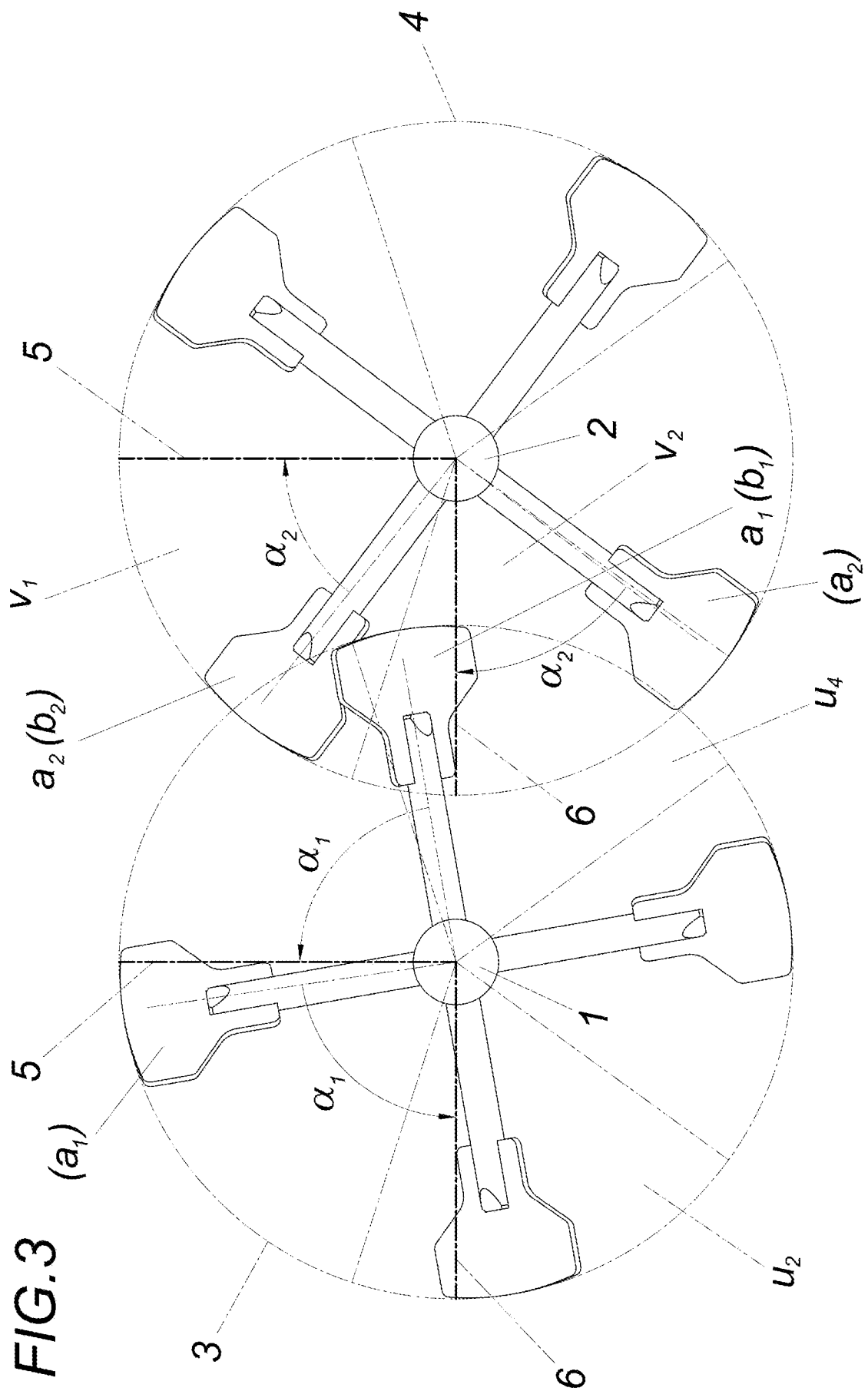


FIG.4

