

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 640 613 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.03.2006 Patentblatt 2006/13

(51) Int Cl.:
F04C 18/12 (2006.01)

F04C 29/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 04022170.7

(22) Anmeldetag: 17.09.2004

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL HR LT LV MK

(71) Anmelder: Aerzener Maschinenfabrik GmbH
31855 Aerzen (DE)

(72) Erfinder:

- Düwel, Norbert
32683 Barntrup (DE)
- Fleige, Hans-Ulrich
31785 Hameln (DE)

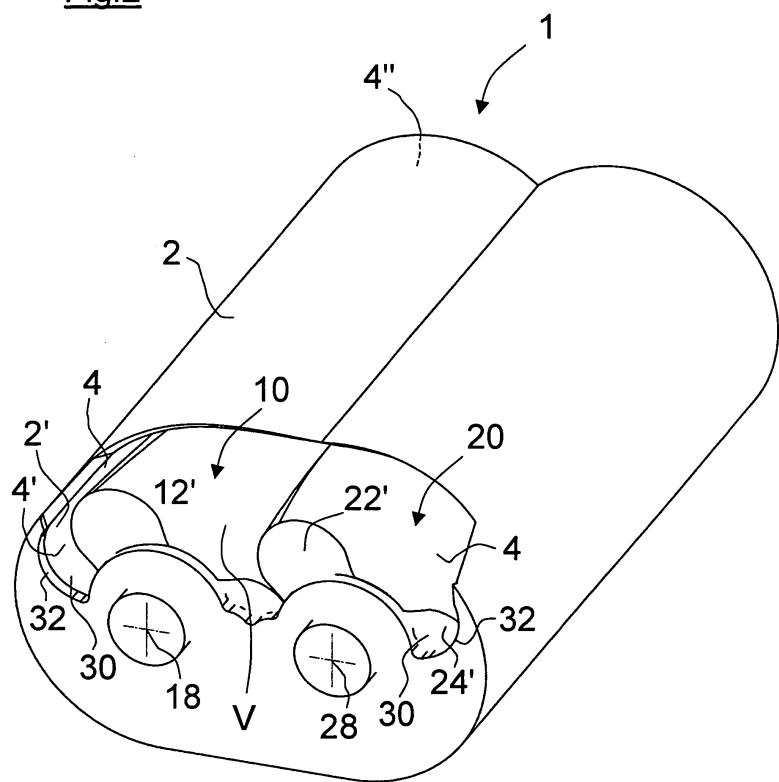
(74) Vertreter: HOFFMANN EITLE
Patent- und Rechtsanwälte
Arabellastrasse 4
81925 München (DE)

(54) Drehkolbenverdichter und Verfahren zum Betreiben eines Drehkolbenverdichters

(57) Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Betreiben eines Drehkolbenverdichters (1) mit verwundenen Rotoren (10, 20) zum Verdichten gasförmiger Medien bereit, bei dem in der jeweils von einer Zuströmseite (4') zu einer Auslassseite (4'') in Förderkammerlängsrichtung durchströmten Förderkammer (4) durch schnelles Abtrennen von einem Bereich der Volumenvergrößerung (V) ein

gasdynamischer Stoß erzeugt wird, und eine Schließzeit (tS) vom Abtrennen der betreffenden, in Förderkammerlängsrichtung durchströmten Förderkammer (4) vom Bereich der Volumenvergrößerung (V) bis zum Schließen der betreffenden Förderkammer (4) auf der Zuströmseite (4') derart bemessen wird, dass die Füllung der Förderkammer (4) durch Stoßaufladung erhöht wird.

Fig.2



EP 1 640 613 A1

BeschreibungTechnisches Gebiet

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drehkolbenverdichter zum Verdichten von gasförmigen Medien, mit zwei verwundenen, von einem Gehäuse umschlossenen Rotoren mit jeweils mindestens drei Flügeln bzw. Zähnen zur Bildung einer Anzahl von Förderkammern zwischen den Flügeln bzw. Zähnen und der Innenwandung des Gehäuses, sowie eine Verfahren zum Betreiben eines derartigen Drehkolbenverdichters.

10 Stand der Technik

15 **[0002]** Drehkolben- oder Rootsverdichter der eingangs genannten Art sind seit langem bekannt und beispielsweise in DE 34 14 039 C2 oder DE 31 14 064 C2 offenbart. Aufgrund gestiegener Anforderungen werden Drehkolbenverdichter heutzutage mit hohen Drehzahlen betrieben, wodurch der Gasmassenstrom entsprechend gesteigert wird. Die erhöhten Drehzahlen haben jedoch zur Folge, dass für jeden einzelnen Ansaugvorgang zwangsläufig nur eine geringere Zeitspanne zur Verfügung steht. Dies hat den nachteiligen Effekt einer schlechteren Füllung (geringerer Liefergrad) und damit einer Verminderung der je Umdrehung geförderten Gasmasse. Die Steigerung des Massenstroms des kompressiblen, gas- bzw. fluidförmigen Mediums erfolgt somit nur in geringerem Maße als die Steigerung der Drehzahl. Hierdurch ergibt sich eine begrenzte bzw. abnehmende volumetrische Effizienz.

20 Darstellung der Erfindung

25 **[0003]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Drehkolbenverdichter der eingangs genannten Art sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Drehkolbenverdichters bereitzustellen, der bzw. das einen erhöhten Liefergrad ermöglicht.

30 **[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie durch einen Drehkolbenverdichter mit den Merkmalen von Anspruch 5 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

35 **[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, den Liefergrad des Drehkolbenverdichters dadurch zu erhöhen, dass in der jeweiligen Förderkammer ein fluidynamischer Stoß in dem zu verdichtenden Fluid erzeugt und gezielt genutzt wird. Hierdurch wird die Füllung in der jeweiligen Förderkammer deutlich erhöht und somit auch bei höheren Drehzahlen ein sehr guter Liefergrad erzielt. Dabei sind zur Erzielung eines Druckstoßes in bekannten Drehkolbenverdichtern häufig nur geringfügige konstruktive und/oder betriebliche Anpassungen bzw. Veränderungen erforderlich, so dass die Prinzipien der vorliegenden Erfindung wirtschaftlich einsetzbar sind.

40 **[0006]** Die Erzeugung eines Druckstoßes erfolgt erfindungsgemäß durch ein Durchströmen einer Förderkammer mit Geschwindigkeitskomponente in Förderkammerlängsrichtung und schnelles Abtrennen der betreffenden Förderkammer vom Bereich der Volumenvergrößerung. Hierbei ist für eine effiziente Nutzung des dadurch erzeugten fluidynamischen Stoßes erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Zuströmseite der betreffenden Förderkammer zunächst noch zum Ansaugbereich geöffnet ist und erst zu einem geeigneten Zeitpunkt, jedoch bevor eine Verbindung der betreffenden Förderkammer zur Druckseite besteht, derart geschlossen wird, dass sich die Füllung der Förderkammer durch Stoßaufladung erhöht.

45 **[0007]** Mit anderen Worten wird bzw. ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Schließzeit vom Abtrennen der betreffenden, in Förderkammerlängsrichtung durchströmten Förderkammer vom Bereich der Volumenvergrößerung bis zum Schließen der betreffenden Förderkammer auf der Zuströmseite derart bemessen, dass die Füllung der Förderkammer durch Stoßaufladung erhöht wird.

50 Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die gezielte Erzeugung und Nutzung eines gasdynamischen Stoßes ein verbesserter Liefergrad und eine entsprechend erhöhte volumetrische Effizienz erzielt werden. Hierdurch wird die Drehzahlbandbreite von Drehkolbenverdichtern deutlich erhöht, da nun auch hohe Drehzahlen effizient eingesetzt werden können, was die Gesamtleitung erhöht und die Wirtschaftlichkeit verbessert.

55 **[0008]** Der Begriff "gasdynamischer Stoß" bezeichnet dabei ein Phänomen, wie es beispielsweise auch in Rohrleitungen bei einem schlagartigen Schließen eines Schiebers stromaufwärts des Schiebers auftritt. Hierbei entsteht eine Druckfront, die sich näherungsweise mit Schallgeschwindigkeit stromauf durch das Medium bewegt. Dieser dynamische Vorgang fügt dem statischen Druck in dem Medium eine weitere Komponente hinzu, so dass der Druck und - bei kompressiblen Medien - der Füllgrad zunehmen.

60 **[0009]** Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Betrieb des Drehkolbenverdichters durch Verändern geometrischer Einflussgrößen und/oder der Drehzahl des Drehkolbenverdichters unter Berücksichtigung der Temperatur und der Art des gasförmigen Mediums gesteuert. Die Temperatur und die Art des gasförmigen Mediums bestimmen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines gasdynamischen Stoßes innerhalb des Mediums und

werden daher erfindungsgemäß beim Betreiben des Drehkolbenverdichters gezielt berücksichtigt. Die Drehzahl des Drehkolbenverdichters wirkt sich unmittelbar auf die Schließzeit und die im nachfolgenden noch zu diskutierende Trennzeit aus und ist daher ein wichtiger Parameter beim erfindungsgemäßen Betrieb eines Drehkolbenverdichters. Auf die einzelnen geometrischen Größen wird im folgenden noch detaillierter eingegangen werden.

5 [0010] Um ein wirksames Erzeugen eines gasdynamischen Stoßes sicherzustellen, ist gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass das schnelle Abtrennen innerhalb einer Trennzeit erfolgt, in der die Rotoren jeweils einen Drehwinkel vom Betrag des Verwindungswinkels durchlaufen, und die geringer ist als das 2,0-fache der Laufzeit des gasdynamischen Stoßes für das Durchlaufen der betreffenden Förderkammer in Förderkammerlängsrichtung. Generell ist festzustellen, dass sich bei einer fortschreitenden Verkürzung der Trennzeit ein immer ausgeprägterer

10 gasdynamischer Stoß ergibt. Daher ist im Hinblick auf die angestrebte Verbesserung des Liefergrades in bevorzugten Ausführungsformen, die Trennzeit schrittweise auf das 1,5-fache, 1,0-fache, 0,75-fache bzw. 0,5-fache zu begrenzen.

15 [0011] Neben einer wirksamen Erzeugung eines Druckstoßes kommt es erfindungsgemäß jedoch auch darauf an, dass der Druckstoß auch effizient für eine erhöhte Füllung der betreffenden Förderkammer und somit für eine Steigerung des Liefergrades genutzt wird. Zu diesem Zweck ist gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgesehen,

20 dass die Schließzeit geringer ist als das 1,75-fache der Laufzeit. Hierdurch wird sichergestellt, dass der in der Förderkammer erzeugte Druckstoß nicht "verpufft", wobei ein optimales Ausnutzen des Druckstoßes erzielt wird, wenn die Schließzeit näherungsweise der Laufzeit entspricht. Dementsprechend ist es besonders bevorzugt, wenn sich das Verhältnis zwischen Schließzeit und Laufzeit möglichst weitgehend einem Verhältnis von 1,0 annähert und in folgenden Bereichen liegt:

- $0,25 < t_S/t_L < 1,75$;
- bevorzugt $0,50 < t_S/t_L < 1,50$;
- besonders bevorzugt $0,75 < t_S/t_L < 1,25$.

25 [0012] Bei dem allgemein in Anspruch 5 definierten Drehkolbenverdichter gemäß der vorliegenden Erfindung ist bevorzugt eine Zuströmöffnung vorgesehen, die zumindest phasenweise eine Zuströmung in Förderkammerlängsrichtung ermöglicht. Ausgangspunkt dieser bevorzugten Ausführungsform ist die Tatsache, dass der in der betreffenden Förderkammer erzeugte Druckstoß eine Ansaugwirkung erzeugt. Diese Ansaugwirkung wird erfindungsgemäß zur Erhöhung der Füllung der betreffenden Förderkammer genutzt, wobei das zur Erhöhung der Füllung erforderliche Medium über die Zuströmöffnung in die betreffende Förderkammer eintritt.

30 [0013] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die Zuströmöffnung zumindest abschnittsweise durch eine Steuerkante begrenzt, deren Form sich bevorzugt derjenigen eines Flügel- bzw. Zahnabschnitts annähert, der im Betrieb des Drehkolbenverdichters die Steuerkante vorlaufend passiert. Durch diese Maßnahme kann die Zuströmung von Medium in die betreffende Förderkammer zeitlich und mengenmäßig exakt gesteuert werden, sodass der Füllgrad erhöht und ein "Verpuffen" des Druckstoßes verhindert werden kann. Dabei muss die Form der Steuerkante nicht genau derjenigen des Flügel- bzw. Zahnabschnitts entsprechen, sondern kann auch abgeflacht sein und sich einer linearen Form annähern.

35 [0014] Im Hinblick auf einen möglichst variablen Betrieb des Drehkolbenverdichters ist es ferner besonders bevorzugt, dass die Zuströmöffnung eine verstellbare Geometrie besitzt, und insbesondere die Steuerkante verstellbar ist. Durch diese Maßnahme ist es beispielsweise möglich, die Zuströmverhältnisse an der Zuströmöffnung an die Betriebsdrehzahl des Drehkolbenverdichters, die Temperatur bzw. Art des zu fördernden Mediums, etc. anzupassen, um so den Wirkungsgrad und die Wirtschaftlichkeit des Drehkolbenverbinders in einem breiten Drehzahlspektrum zu gewährleisten.

40 [0015] Die oben genannten, geometrischen Einflussgrößen beziehen sich allgemein auf die Ausgestaltung der Bauteile des erfindungsgemäßen Drehkolbenverdichters. Erfindungsgemäß ist es jedoch besonders bevorzugt, dass die geometrischen Einflussgrößen zumindest eine oder mehrere folgender Größen umfassen:

- Länge der jeweiligen Förderkammer (4) in Förderkammerlängsrichtung,
- Ausbildung und/oder Anordnung der Zuströmöffnung in die jeweilige Förderkammer (4),
- Verwindungswinkel (β) der Rotoren (10, 20),
- Anzahl (n) der Flügel bzw. Zähne (12, 14, 16, 22, 24, 26) pro Rotor.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016]

55 Fig. 1 zeigt eine schematische Perspektivansicht zweier verwundener Rotoren für einen erfindungsgemäßen Drehkolbenverdichter;

- Fig. 2 zeigt eine schematische Perspektivansicht eines Drehkolbenverdichters 1 als bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- 5 Fig. 3 bis 6 zeigen jeweils eine schematische Schnittansicht des in Fig. 2 gezeigten Drehkolbenverdichters 1 in verschiedenen Betriebsphasen, wobei der Schnitt entlang der in Fig. 2 dem Betrachter zugewandten Kante der Rotoren 10 und 20 geführt ist;
- 10 Fig. 7 zeigt eine schematische Schnittansicht einer modifizierten Ausführungsform des Drehkolbenverdichters 1 in der Betriebsphase entsprechend Fig. 4.

Ausführliche Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

[0017] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend ausführlich unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

[0018] Fig. 1 zeigt eine schematische Perspektivansicht zweier verwundener Rotoren 10, 20 für einen Drehkolbenverdichter gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Rotoren 10, 20 sind in der vorliegenden Ausführungsform mit jeweils drei Flügeln bzw. Zähnen 12, 14, 16, 22, 24, 26 ausgestattet und sind miteinander kämmend angeordnet. An ihren jeweiligen Enden besitzen die Rotoren 10, 20 nur angedeutet dargestellte Wellen 18, 28, mittels derer die Rotoren drehbar in einem Gehäuse oder dergleichen gelagert und angetrieben werden können. Die Rotoren 10, 20 sind um ihre Längsachse verwunden, wobei der Grad der Verwindung durch einen Winkel β angegeben werden kann, der den Verwindungswinkel zwischen den jeweiligen Enden der Rotoren 10, 20 angibt. Der Verwindungswinkel β beträgt in der vorliegenden Ausführungsform 40° , obgleich die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt ist. Vielmehr darf der Verwindungswinkel β prinzipiell beliebige Werte annehmen, solange er nicht so groß wird, dass sich ein Kurzschluss zwischen Druckseite und Saugseite ergibt.

[0019] Fig. 2 zeigt eine schematische Perspektivansicht eines Drehkolbenverdichters 1 als bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der in Fig. 2 gezeigte Drehkolbenverdichter 1 enthält die bereits unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschriebenen, verwundenen Rotoren 10, 20, die von einem Gehäuse 2 umschlossen und in diesem über die Wellen 18, 28 drehbar gelagert sind. Zwischen den Flügeln bzw. Zähnen 12, 14, 16, 22, 24, 26 der Rotoren 10, 20 und einer Innenwandung 2' des Gehäuses 2 sind Förderkammern 4 gebildet, die während des Betriebes des Drehkolbenverdichters von einem zu fördernden Medium durchströmt werden. Dabei ist zu beachten, dass während des Betriebes des Drehkolbenverdichters kontinuierlich durch beide Rotoren 10, 20 Förderkammern gebildet und aufgelöst werden, nachfolgend exemplarisch jedoch nur eine Förderkammer 4 diskutiert wird. Ferner ist im Bereich zwischen den Rotoren 10, 20 ein Bereich einer Volumenvergrößerung V gebildet, d.h. ein Bereich, in welchem sich bei einer Rotation der Rotoren 10, 20 das Volumen zwischen benachbarten Flügeln vergrößert und hierdurch Fördermedium angesaugt wird.

[0020] Die Zuströmung des Fördermediums in den Drehkolbenverdichter 1 erfolgt auf einer Zuströmseite 4' über Zuströmmöffnungen 30, die derart vorgesehen sind, dass die Zuströmung in den Drehkolbenverdichter zumindest teilaxial erfolgt. Die Zuströmmöffnungen 30 sind, wie in Fig. 2 zu erkennen ist, jeweils auf einer Seite durch eine Steuerkante 32 begrenzt, deren Form derjenigen eines Flügelabschnitts entspricht, der im Betrieb des Drehkolbenverdichters 1 die Steuerkante 32 vorlaufend passiert. Obgleich in der vorliegenden Ausführungsform eine feste Steuerkante 32 dargestellt ist, kann die Geometrie der Steuerkante 32 insbesondere auch während des Betriebes des Drehkolbenverdichters 1 verstellbar sein.

[0021] Während des Betriebes des Drehkolbenverdichters wird die jeweilige Förderkammer 4 von dem Fördermedium in Längsrichtung von einer Zuströmseite 4' zu einer Auslassseite 4" durchströmt, d.h. in Richtung von der dem Betrachter in Fig. 2 zugewandten Seite zu der in Fig. 2 dem Betrachter abgewandten Seite. Zur Verdeutlichung sind die auf der Zuströmseite liegenden Enden der Flügel bzw. Zähne mit 12', 14', 16', 22', 24', 26' bezeichnet, während die auf der gegenüberliegenden Seite angeordneten Enden der Flügel mit 12", 14", 16", 22", 24", 26" bezeichnet sind (siehe auch Fig. 1).

[0022] Der Betrieb des erfindungsgemäßen Drehkolbenverdichters 1 wird nachfolgend ausführlich unter Bezugnahme auf Figuren 3 bis 6 beschrieben, die jeweils eine schematische Schnittansicht des in Fig. 2 gezeigten Drehkolbenverdichters 1 in verschiedenen Betriebsphasen zeigen, wobei der Schnitt entlang der in Fig. 2 dem Betrachter zugewandten Kante der Rotoren 10 und 20 geführt ist. In den einzelnen Ansichten sind die Konturen der dem Betrachter zugewandten Enden der Rotoren 10, 12 mit durchgezogenen Linien dargestellt, während die Konturen der dem Betrachter abgewandten Enden der Rotoren 10, 20 mit gestrichelten Linien dargestellt sind.

[0023] Fig. 3 zeigt "Phase I", in welcher im Bereich der Volumenvergrößerung V Fördermedium in den Drehkolbenverdichter 1 angesaugt wird, das später auf der Druckseite im Bereich einer Ausstoßöffnung A ausgestoßen werden soll. Die Drehrichtung der Rotoren 10, 20 ist in Fig. 3 und den nachfolgenden Figuren 4 bis 6 durch zwei Pfeile angegeben, d.h. der Rotor 10 dreht sich entgegen des Urzeigersinns, während sich der Rotor 20 im Urzeigersinn dreht.

[0024] Der Beginn der sich anschließenden "Phase II" ist schematisch in Fig. 4 dargestellt. Die Phase II wird dadurch eingeleitet, dass die Förderkammer 4, die zwischen den Zähnen 12, 14 des Rotors 10 und der Innenwandung 2' des Gehäuses 2 gebildet ist, von dem Bereich der Volumenvergrößerung V abgetrennt wird. Dieses Abtrennen erfolgt dadurch, dass das hintere Ende 14" des Rotorzahns 14 an der in Fig. 4 durch einen saugseitigen Firstwinkel f_s angegebenen Stelle mit der Gehäuseinnenwandung 2' in Anlage bzw. Abdichtung gebracht wird, und somit die Förderkammer 4 vom Bereich der Volumenvergrößerung V abtrennt. Durch das schnelle Abtrennen der Förderkammer 4 vom Bereich der Volumenvergrößerung V wird etwa zu dem in Fig. 4 gezeigten Zeitpunkt in der Förderkammer 4 ein gasdynamischer Stoß erzeugt.

[0025] Das Abtrennen der Förderkammer 4 vom Bereich der Volumenvergrößerung V vollzieht sich in einer Zeitspanne, in welcher die Rotoren 10, 20 jeweils einen Drehwinkel vom Betrag des Verwindungswinkels β durchlaufen, die somit mit zunehmender Drehzahl abnimmt. Die Trennzeit lässt sich daher beispielsweise bei rein axialer Zuströmung wie folgt definieren:

$$Trennzeit t_T = \text{Verwindungswinkel } \beta / (6 * \text{Drehzahl } n).$$

[0026] Der in der Förderkammer 4 erzeugte, gasdynamische Stoß pflanzt sich nun in der Förderkammer 4 von der dem Betrachter abgewandten zu der dem Betrachter zugewandten Seite (Zuströmseite) fort, und zwar näherungsweise mit Schallgeschwindigkeit, die wiederum in Abhängigkeit von der Temperatur und den Eigenschaften des Fördermediums steht.

Eine Laufzeit t_L , die der gasdynamische Stoß zum Durchlaufen der Förderkammer 4 in Förderkammerlängsrichtung benötigt, beträgt dementsprechend:

$$Laufzeit t_L = \text{Förderkammerlänge } l / \text{Schallgeschwindigkeit } a$$

[0027] Während des weiteren Verlaufs von Phase II ist die Förderkammer 4 über die Zuströmöffnung 30 (siehe auch Fig. 2) weiterhin mit der Zuströmseite verbunden, sodass unter der Wirkung des gasdynamischen Stoßes weiterhin Fördermedium in die Förderkammer 4 eintritt und die Füllung der Förderkammer 4 kontinuierlich erhöht wird.

[0028] Mit dem Schließen der Förderkammer 4 auf der Zuströmseite ist der Beginn von "Phase III" erreicht, der in Fig. 5 schematisch dargestellt ist. Zu diesem Zeitpunkt hat das zuströmseitige Ende 14' des Flügels 14 die Steuerkante 32 soweit passiert, dass die Zuströmöffnung 30 vollständig geschlossen ist. Die Förderkammer ist nun vollständig geschlossen und wird zusammen mit dem angesaugten Fördermedium in Drehrichtung weitergeführt, um das Fördermedium zu der Ausstoßöffnung A auszustoßen. Die Zeitspanne, die vom Abtrennen der Förderkammer-4 vom Bereich der Volumenvergrößerung V bis zum vollständigen Schließen der Förderkammer 4 erforderlich ist, hängt von dem in Fig. 4 angegebenen Schließwinkel α_s und der Drehzahl n ab und berechnet sich wie folgt:

$$Schließzeit t_s = \text{Schließwinkel } \alpha_s / 6 * \text{Drehzahl } n$$

[0029] In "Phase IV" wird schließlich das in der Förderkammer 4 enthaltene Fördermedium auf der Druckseite zu der Ausstoßöffnung A ausgestoßen. Die Phase IV wird dadurch eingeleitet, dass der zuströmseitige Stirnschnitt 14' des Zahns 14 die Linie des druckseitigen Firstwinkels f_D überstreicht, sodass die betrachtete Förderkammer 4 mit der Druckseite und der Ausstoßöffnung A verbunden ist. Ein Zustand der Drehkolben während Phase IV ist in Fig. 6 schematisch dargestellt. Dabei ist die Förderkammer 4 mit der Ausstoßöffnung A verbunden und das Fördermedium wird durch die fortschreitenden Drehung der Rotoren 10, 20 kontinuierlich ausgestoßen. Gleichzeitig finden selbstverständlich in den übrigen Förderkammern analoge Vorgänge zu den obigen Ausführungen statt.

[0030] Die Geometrie und die Betriebsparameter des erfindungsgemäßen Drehkolbenverdichters 1 sind nun derart ausgelegt, dass der oben beschriebene gasdynamische Stoß wirksam erzeugt und anschließend zur Erhöhung des Füllgrades der jeweiligen Förderkammer ausgenutzt wird. Zu diesem Zweck erfolgt das schnelle Abtrennen der betrachteten Förderkammer 4 innerhalb einer Trennzeit t_T , die geringer ist als das 2,0-fache der Laufzeit t_L und beispielsweise das 1,50-fache der Laufzeit t_L beträgt. Darüber hinaus sind auch die Trennzeit t_T und die Laufzeit t_L derart aufeinander abgestimmt, dass sie in folgenden bevorzugten Bereichen liegen:

- $0,25 < t_s/t_L < 1,75$;
- bevorzugt $0,50 < t_s/t_L < 1,5$

- besonders bevorzugt $0,75 < t_s/t_L < 1,25$

[0031] Wie anhand der obigen Ausführungen ersichtlich ist, umfassen die geometrischen Einflussgrößen, welche die Betriebseigenschaften des erfindungsgemäßen Drehkolbenverdichters beeinflussen, folgende Größen:

- 5
- Länge der jeweiligen Förderkammer (4) in Förderkammerlängsrichtung,
 - Ausbildung und/oder Anordnung der Zuströmöffnung in die jeweilige Förderkammer (4),
 - Verwindungswinkel (β) der Rotoren (10, 20),
 - Anzahl (n) der Flügel bzw. Zähne (12, 14, 16, 22, 24, 26) pro Rotor.

10

[0032] Eine modifizierte Ausführungsform des Drehkolbenverdichters 1 ist in Fig. 7 in einer schematischen Schnittansicht gezeigt, und zwar in einer Fig. 4 entsprechenden Betriebsphase. Die in Fig. 7 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der vorherigen Ausführungsform dadurch, dass die Steuerkante 32 eine Kontur besitzt, deren Form sich derjenigen eines Flügelabschnitts annähert, welcher im Betrieb des Drehkolbenverdichters die Steuerkante 32 vorlaufend passiert. Durch diese Konfiguration kann die Zuströmung von Medium in die jeweilige Förderkammer 4 wirksam gesteuert werden, indem bis zum Ablauf der Schließzeit t_s noch große Mengen von Medium in die Förderkammer 4 strömen, während bei Ablauf der Schließzeit t_s die Förderkammer 4 schnellstmöglich abgetrennt wird, um auf diese Weise ein "Verpuffen" des in der Förderkammer 4 erzeugten, gasdynamischen Stoßes besonders wirksam zu verhindern und eine möglichst gute Füllung der Förderkammer 4 zu erzielen. Dabei kann die Steuerkante 32 auch eine etwas abgeflachtere Form als in Fig. 7 gezeigt annehmen und kann in einer bevorzugten Ausführungsform auch in Abhängigkeit von den Betriebsparametern des Drehkolbenverdichters 1 verstellbar sein, beispielsweise in Abhängigkeit von der Betriebsdrehzahl, etc..

15

20

25

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Drehkolbenverdichters (1) mit verwundenen Rotoren (10, 20) zum Verdichten gasförmiger Medien, bei dem in der jeweils von einer Zuströmseite (4') zu einer Auslassseite (4'') in Förderkammerlängsrichtung durchströmten Förderkammer (4) durch schnelles Abtrennen von einem Bereich der Volumenvergrößerung (V) ein gasdynamischer Stoß erzeugt wird, und eine Schließzeit (t_s) vom Abtrennen der betreffenden, in Förderkammerlängsrichtung durchströmten Förderkammer (4) vom Bereich der Volumenvergrößerung (V) bis zum Schließen der betreffenden Förderkammer (4) auf der Zuströmseite (4') derart bemessen wird, dass die Füllung der Förderkammer (4) durch Stoßaufladung erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb des Drehkolbenverdichters (1) durch Verändern geometrischer Einflussgrößen und/oder der Drehzahl des Drehkolbenverdichters (1) unter Berücksichtigung der Temperatur und der Art des gasförmigen Mediums gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das schnelle Abtrennen innerhalb einer Trennzeit (t_T) erfolgt, in der die Rotoren (10, 20) jeweils einen Drehwinkel vom Betrag des Verwindungswinkels (β) durchlaufen, und die geringer ist als das 2,0-fache der Laufzeit (t_L) des gasdynamischen Stoßes für das Durchlaufen der betreffenden Förderkammer (4) in Förderkammerlängsrichtung.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schließzeit (t_s) geringer ist als das 1,75-fache der Laufzeit (t_L).
5. Drehkolbenverdichter (1) zum Verdichten von gasförmigen Medien, mit zwei verwundenen, von einem Gehäuse (2) umschlossenen Rotoren (10, 20) mit jeweils mindestens drei Flügeln bzw. Zähnen (12, 14, 16, 22, 24, 26) zur Bildung einer Anzahl von Förderkammern (4) zwischen den Flügeln bzw. Zähnen und der Innenwandung (2') des Gehäuses (2), und mindestens teilaxialer, einseitiger Zuströmung des gasförmigen Mediums in eine betreffende, in Förderkammerlängsrichtung durchströmte Förderkammer (4) und einen von Förderkammern gebildeten Bereich einer Volumenvergrößerung (V), wobei die geometrischen Einflussgrößen und die Drehzahl des Drehkolbenverdichters (1) unter Berücksichtigung der Temperatur und der Art des gasförmigen Mediums derart aufeinander abgestimmt und bemessen sind, dass ein schnelles Abtrennen der betreffenden Förderkammer (4) vom Bereich der Volumenvergrößerung (V) zur Erzeugung eines gasdynamischen Stoßes erfolgt, und

eine Schließzeit (t_S) vom Abtrennen der betreffenden Förderkammer (4) vom Bereich der Volumenvergrößerung (8) bis zum Schließen der betreffenden Förderkammer (4) auf der Zuströmseite (4') derart eingestellt ist, dass die Füllung der betreffenden Förderkammer (4) durch Stoßaufladung erhöht wird.

- 5 6. Drehkolbenverdichter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geometrischen Einflussgrößen und die Drehzahl des Verdichters (1) unter Berücksichtigung der Temperatur des gasförmigen Mediums derart aufeinander abgestimmt und bemessen sind, dass
 die Schließzeit (t_S) geringer ist als das 1,75-fache einer Laufzeit (t_L) des gasdynamischen Stoßes für das Durchlaufen der betreffenden Förderkammer (4) in Förderkammerlängsrichtung, und
 10 eine Trennzeit (t_T), in der die Rotoren (10, 20) jeweils einen Drehwinkel vom Betrag des Verwindungswinkels (β) durchlaufen, geringer ist als das 2,0-fache der Laufzeit (t_L).
- 15 7. Drehkolbenverdichter nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zuströmöffnung (30) vorgesehen ist, die zumindest phasenweise und zumindest teilweise eine Zuströmung in Förderkammerlängsrichtung zu der betreffenden Förderkammer (4) ermöglicht.
- 20 8. Drehkolbenverdichter nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuströmöffnung (30) zumindest abschnittsweise durch eine Steuerkante (32) begrenzt ist, deren Form sich bevorzugt derjenigen eines Flügel- bzw. Zahnabschnitts annähert, der im Betrieb des Drehkolbenverdichters (1) die Steuerkante (32) vorlaufend passiert.
- 25 9. Drehkolbenverdichter nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuströmöffnung (30) eine verstellbare Geometrie besitzt, und insbesondere die Steuerkante (32) verstellbar ist.
- 30 10. Drehkolbenverdichter nach Anspruch 5 bis 9 oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennzeit (t_T) geringer ist als das 1,75-fache, bevorzugt das 1,5-fache, besonders bevorzugt das 1,0-fache, weiter besonders bevorzugt das 0,75-fache, höchst bevorzugt das 0,5-fache der Laufzeit (t_L).
- 35 11. Drehkolbenverdichter nach einem der Ansprüche 5 bis 10 oder Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis zwischen der Schließzeit (t_S) und der Laufzeit (t_L) in folgenden Bereichen liegt:
 - $0,25 < t_S/t_L < 1,75$;
 - bevorzugt $0,50 < t_S/t_L < 1,50$;
 - besonders bevorzugt $0,75 < t_S/t_L < 1,25$.
- 40 12. Drehkolbenverdichter nach einem der Ansprüche 5 bis 11 oder Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geometrischen Einflussgrößen zumindest eine oder mehrere folgender Größen umfassen:
 - Länge der jeweiligen Förderkammer (4) in Förderkammerlängsrichtung,
 - Ausbildung und/oder Anordnung der Zuströmöffnung in die jeweilige Förderkammer (4),
 - Verwindungswinkel (β) der Rotoren (10, 20),
 - Anzahl (n) der Flügel bzw. Zähne (12, 14, 16, 22, 24, 26) pro Rotor.

45

50

55

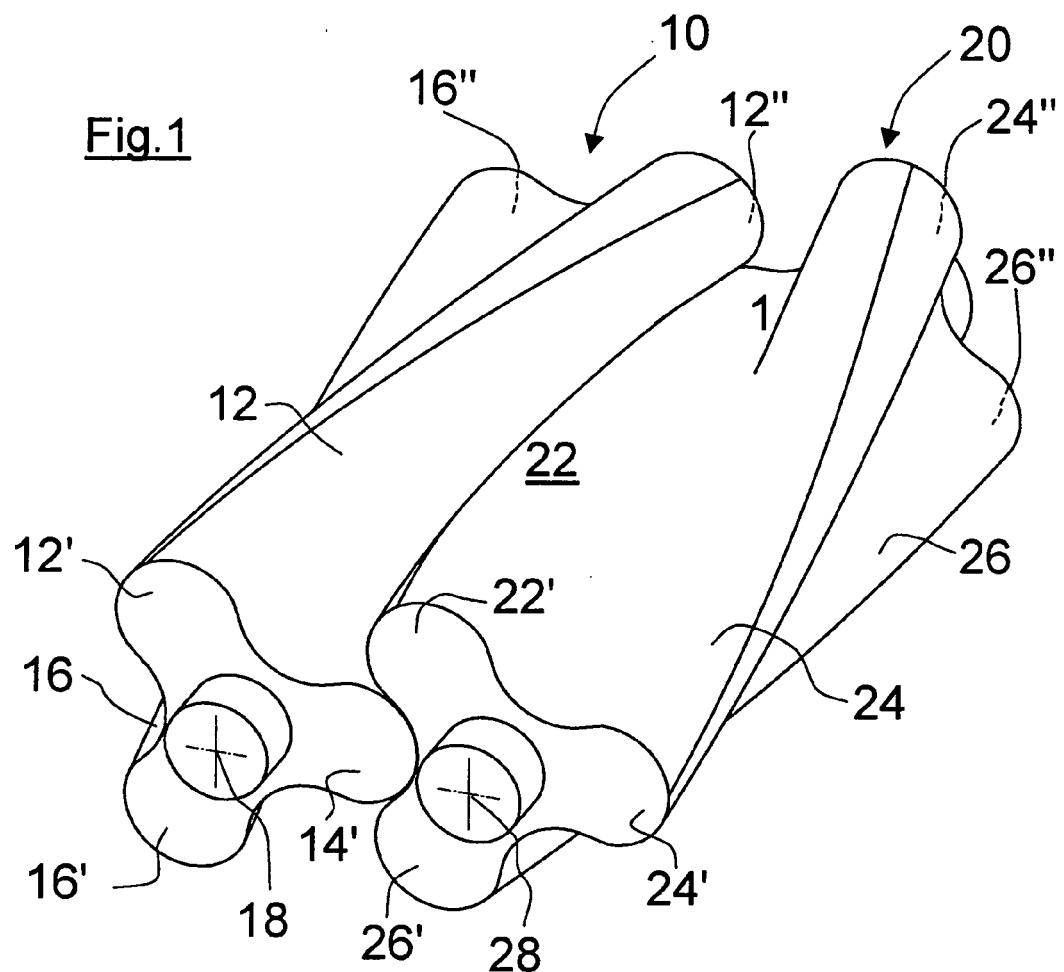
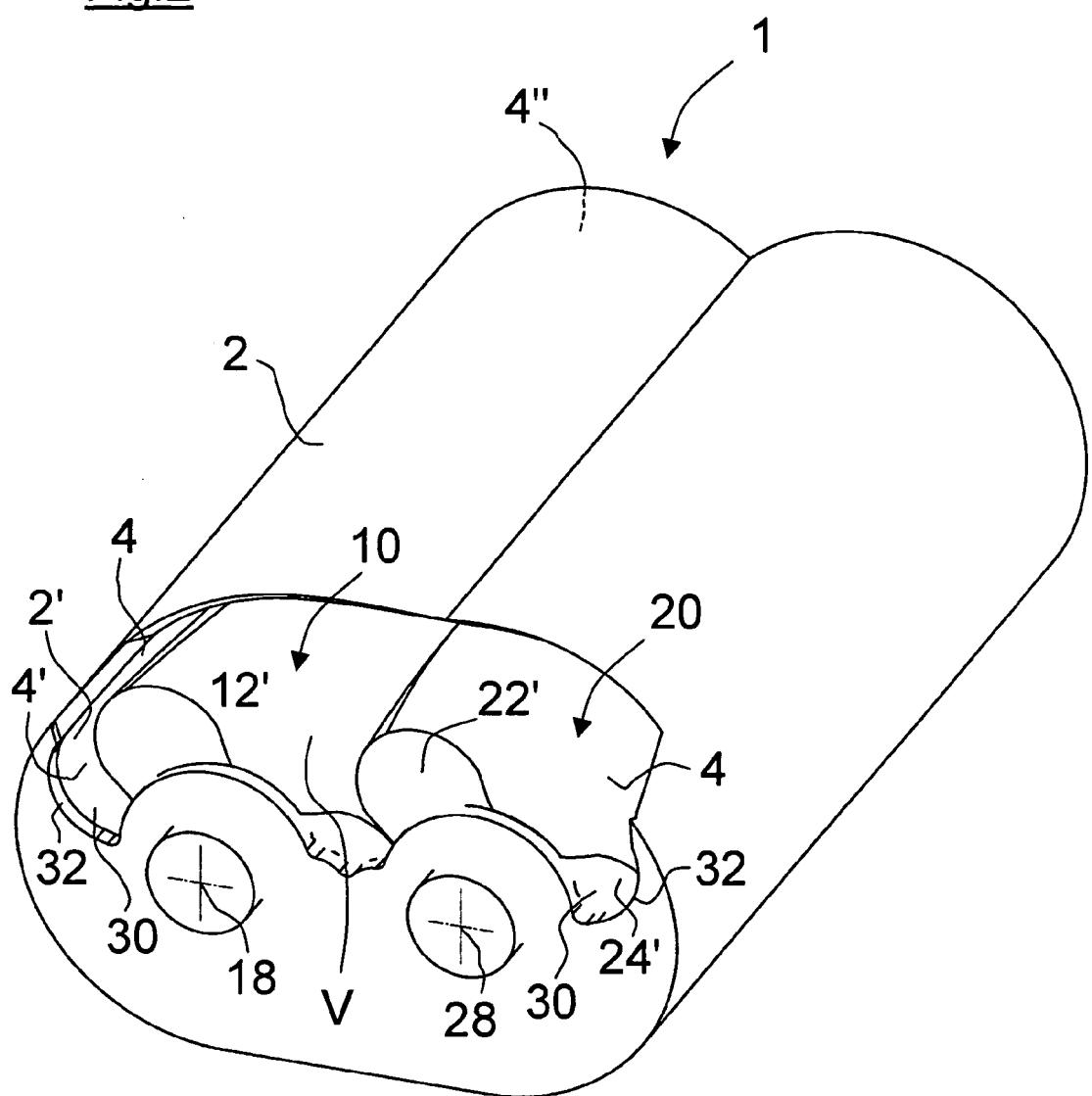
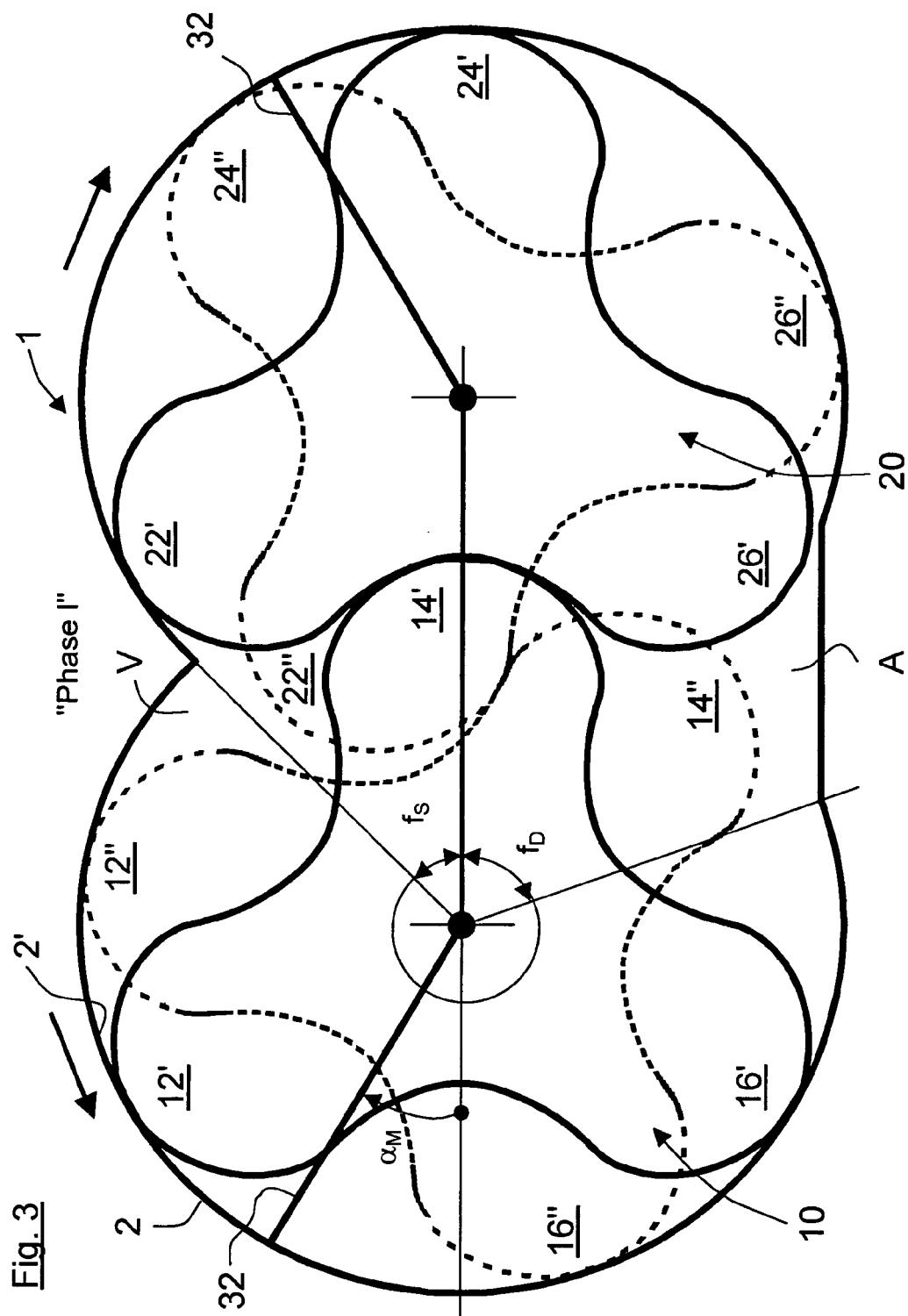
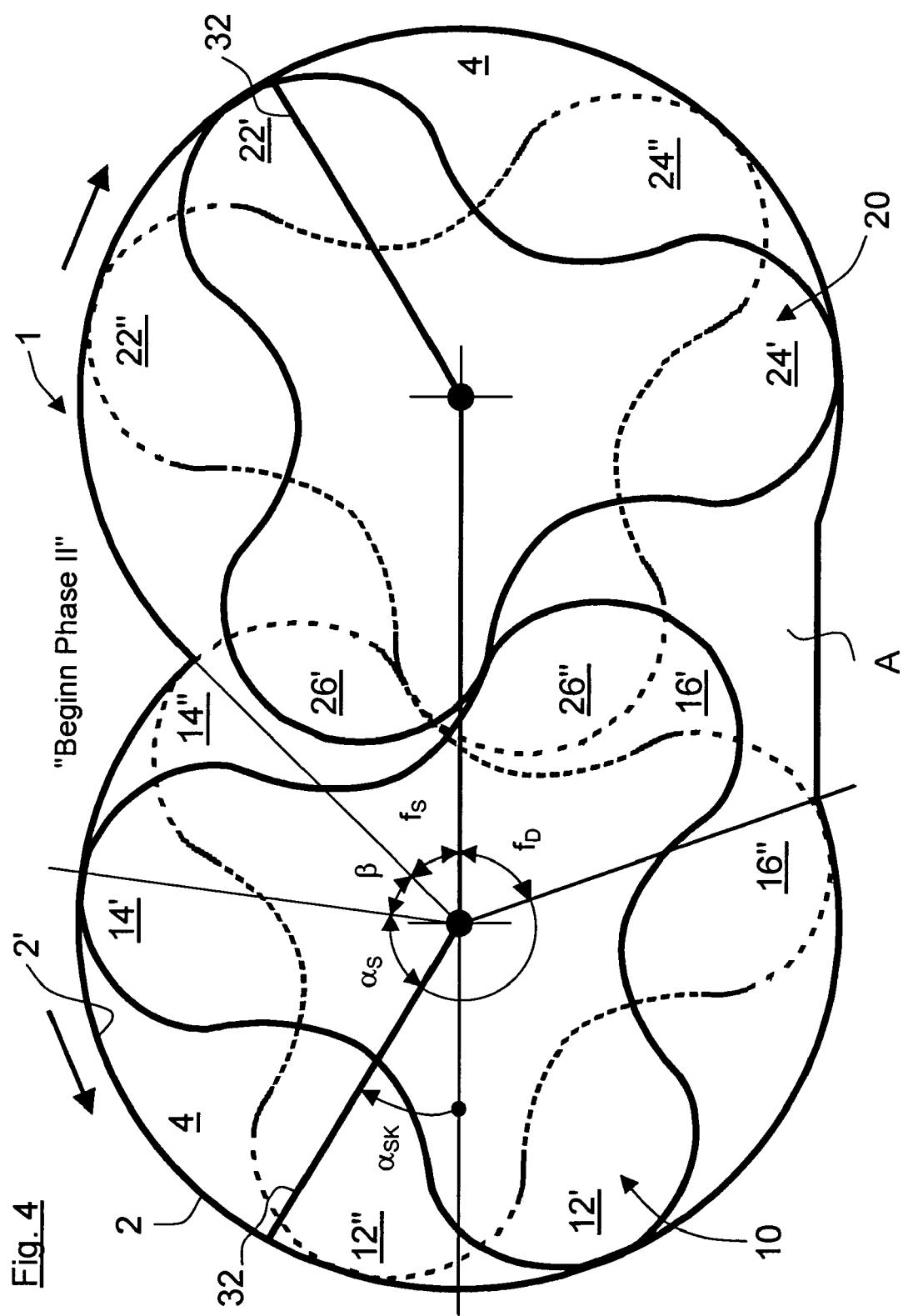
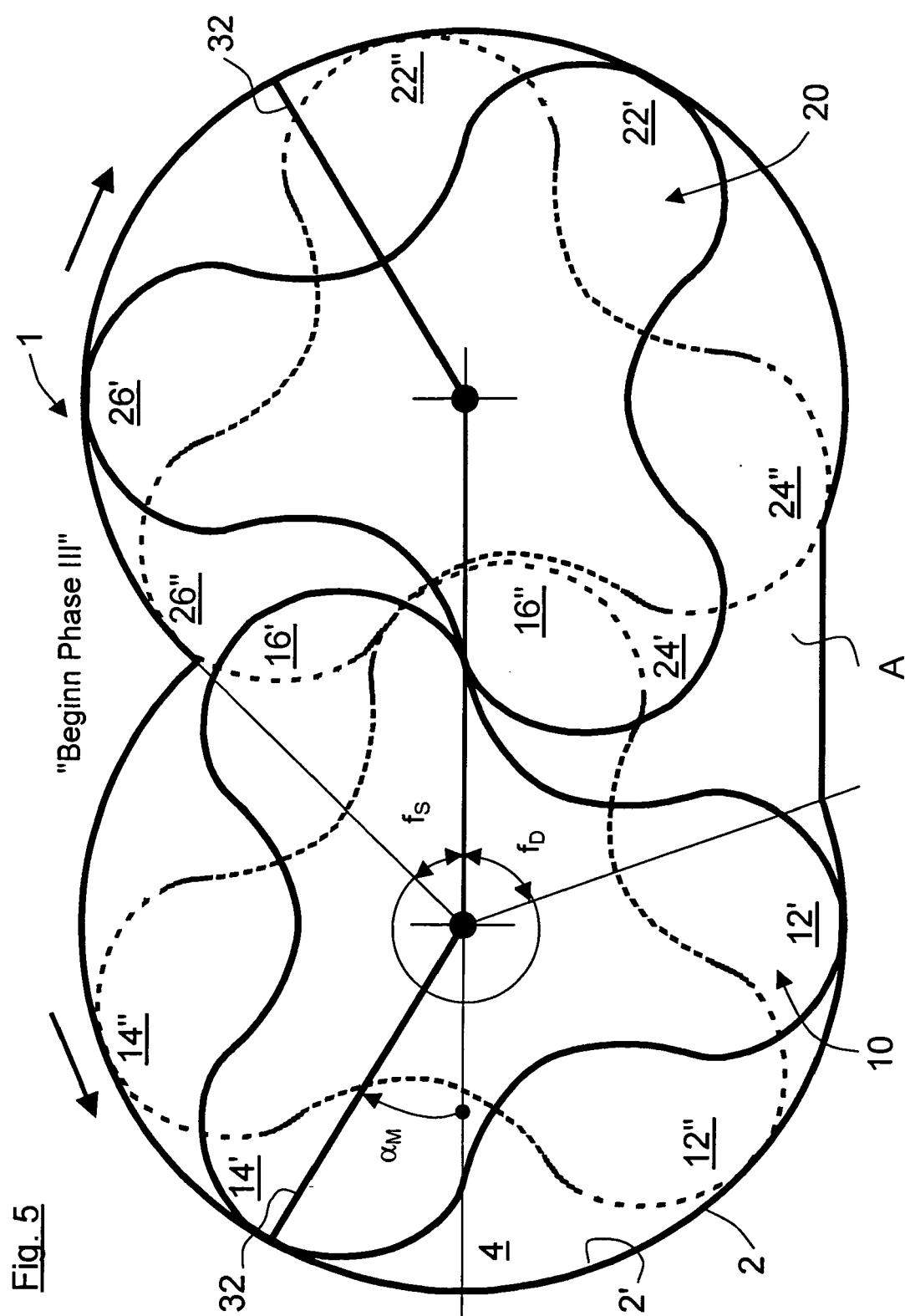


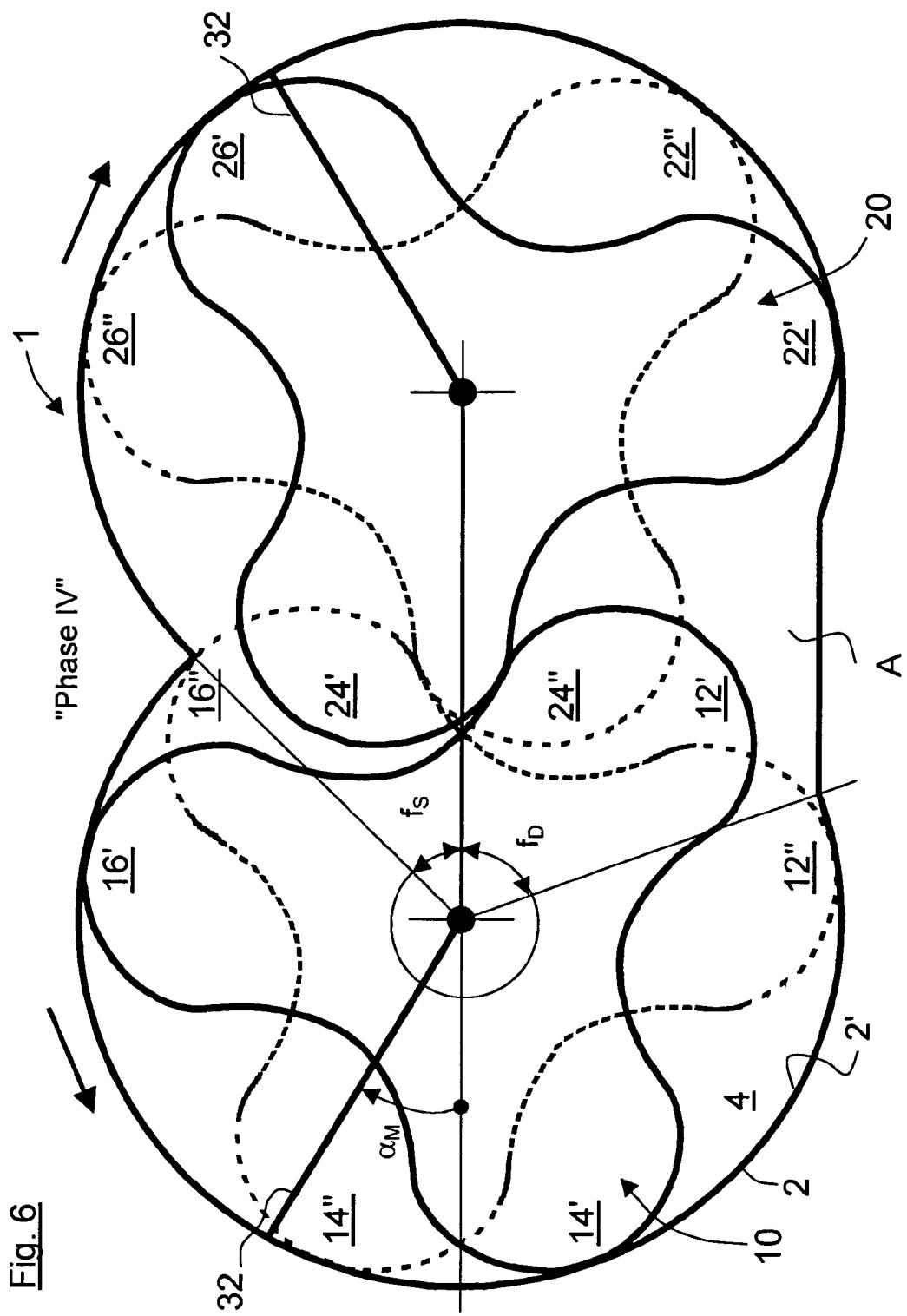
Fig.2

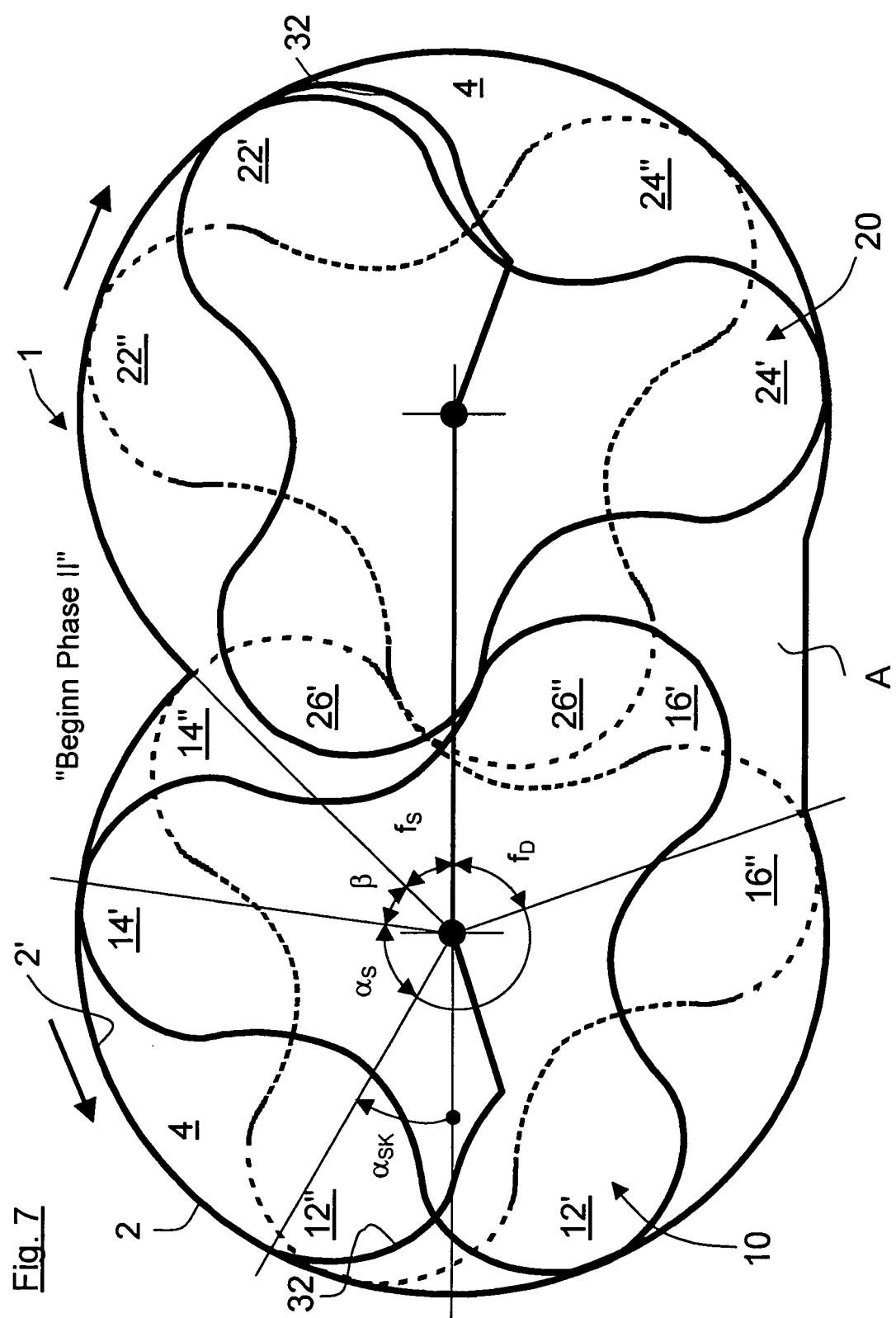














EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	DE 33 21 992 A1 (VEB KOMBINAT LUFT- UND KÄLTETECHNIK) 1. März 1984 (1984-03-01) * Seite 4, Zeile 9 - Seite 5, Zeile 4; Abbildungen 1,2 * -----	1-12	F04C18/12 F04C29/08
A	DE 198 19 538 A1 (WERNER RIETSCHLE GMBH + CO. KG) 11. November 1999 (1999-11-11) * Spalte 2, Zeile 44 - Spalte 3, Zeile 14; Abbildungen 2,3 *	1-12	
A	US 3 141 604 A (WILLIAMS RAYMOND F) 21. Juli 1964 (1964-07-21) * Spalte 3, Zeile 22 - Spalte 4, Zeile 19; Abbildungen 1-3 *	1-12	
A	US 4 923 374 A (LUNDIN ET AL) 8. Mai 1990 (1990-05-08) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	1-12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F04C
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
	München	25. Januar 2005	Descoubes, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 02 2170

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-01-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 3321992	A1	01-03-1984	DD SE SE	209880 A1 454906 B 8304635 A		23-05-1984 06-06-1988 28-02-1984
DE 19819538	A1	11-11-1999	CN CN DE DE WO WO EP EP JP JP US US	1128935 B 1105820 B 59902761 D1 59906193 D1 9957419 A1 9957439 A1 1075601 A1 1076760 A1 2002513880 T 2002513887 T 6364642 B1 6439865 B1		26-11-2003 16-04-2003 24-10-2002 07-08-2003 11-11-1999 11-11-1999 14-02-2001 21-02-2001 14-05-2002 14-05-2002 02-04-2002 27-08-2002
US 3141604	A	21-07-1964	DE GB	1428103 A1 992141 A		28-11-1968 19-05-1965
US 4923374	A	08-05-1990	SE AT DE EP SE WO	457822 B 53102 T 3762906 D1 0302899 A1 8605104 A 8803995 A1		30-01-1989 15-06-1990 28-06-1990 15-02-1989 29-05-1988 02-06-1988