



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 20 875 T2 2007.01.18

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 201 878 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 20 875.7

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 307 084.2

(96) Europäischer Anmeldetag: 20.08.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 02.05.2002

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 21.06.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18.01.2007

(51) Int Cl.⁸: F01D 5/14 (2006.01)

F01D 5/02 (2006.01)

F02C 3/06 (2006.01)

F01D 5/22 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
702394 31.10.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(72) Erfinder:
**Goshorn, David Andrew, Erlanger, Kentucky
41018, US; Crall, David William, Loveland, Ohio
45140, US**

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: **Beschaufelter Rotor**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ganz allgemein einstückig mit Schaufeln ausgebildete Scheiben oder "Blisks" für Turbinentreibwerke, und insbesondere ein Blisk mit einem einstückig ausgebildeten Splitter.

[0002] Ein herkömmliches Gasturbinentreibwerk enthält einen Hochdruckverdichter, der dazu dient, durch das Triebwerk strömende Luft zu komprimieren, eine abstromseitig des Verdichters angeordnete Brennkammer zum Erhitzen der Druckluft und eine abstromseitig der Brennkammer angeordnete Hochdruckturbine, um den Hochdruckverdichter anzutreiben. Eine Bauart eines Triebwerks, das als Bypass-Zweikreistriebwerk bekannt ist, weist außerdem eine abstromseitig der Hochdruckturbine angeordnete Niederdruckturbine auf, die dazu dient, einen stromaufwärts des Hochdruckverdichters angeordneten Bläser anzutreiben. In einem Triebwerk mit variablem Zyklus ist die erste Stufe des Hochdruckverdichters eine durch den Triebwerkskern angetriebene Bläserstufe. Der Strömungspfad des Triebwerks mit variablem Zyklus ist an der durch den Triebwerkskern angetriebenen Bläserstufe so gesplittet, dass er konzentrische innere und äußere Kanäle aufweist. Die durch den äußeren Kanal strömende Luftmenge lässt sich einstellen, um den Schub und den Brennstoffverbrauch des Triebwerks zu ändern.

[0003] Wie in der US-Patentschrift 5 988 980 offenbart, enthält eine durch den Triebwerkskern angetriebene Bläserstufe innere und äußere Schaufeln, die in dem inneren bzw. äußeren Kanal positioniert sind. Ein zwischen den inneren und äußeren Schaufeln angeordneter, im Wesentlichen zylindrischer Splitter bildet einen Teil der inneren Strömungspfadoberfläche des äußeren Kanals und einen Teil der äußeren Strömungspfadoberfläche des inneren Kanals. Einige durch den Triebwerkskern angetriebene Bläser aus dem Stand der Technik sind aus einem einzigen Werkstoffstück gefertigt, so dass die inneren und äußeren Schaufeln, der Splitter sowie eine Scheibe einstückig ausgebildet sind. Eine derartige einstückig mit Schaufeln ausgebildete Scheibe wird allgemein als "Blisk" bezeichnet.

[0004] In der Vergangenheit wurden durch den Triebwerkskern angetriebene Blisks einer Bläserstufe mit einer übereinstimmenden Anzahl von inneren und äußeren Schaufeln hergestellt, so dass jede äußere Schaufel mit einer entsprechenden inneren Schaufel radial fluchtend ausgerichtet ist. Darüber hinaus weist jede äußere Schaufel von Blisks aus dem Stand der Technik eine spannweitenmittige Sehnenlänge auf, die nahezu ebenso lang ist wie die spannweitenmittige Sehnenlänge der inneren Schaufeln (d.h. mehr als 80 Prozent davon beträgt). Wie dem Fachmann klar, ist die spannweitenmittige Sehnen-

länge eine geradlinige Strecke, die ausgehend von einem an einer stromaufwärtigen Kante des Schaufelblatts auf halbem Wege längs dessen Spannweite (d.h. dessen radialer Höhe) angeordneten Punkt zu einem an einer stromabwärtigen Kante des Schaufelblatts auf halbem Wege längs dessen Spannweite angeordneten Punkt gemessen wird. Da die Sehnenlängen äußerer Schaufelblätter von Blisks aus dem Stand der Technik bezüglich der Sehnenlängen innerer Schaufelblätter so groß sind, treten an der stromaufwärtigen Kante und stromabwärtigen Kante der inneren Schaufeln, insbesondere an den Spitzen der inneren Schaufeln, hohe Spannungen auf. Herkömmliche Ansätze zum Reduzieren dieser Spannungen verwendeten, wie in der US-Patentschrift 5 988 980 offenbart, eine Nut in der stromaufwärtigen Kante und in der stromabwärtigen Kante des Splitters.

[0005] Die US-A-5 562 419 beschreibt ebenfalls im Wesentlichen den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 der Erfindung entsprechende Blisks für Turbinentreibwerke mit inneren und äußeren Schaufelreihen. Die US-A-1 263 473 offenbart eine Turbinenscheibe mit inneren und äußeren Schaufelreihen, wobei in der äußeren Reihe mehr Schaufeln vorhanden sind als in der inneren Reihe.

[0006] Unter den unterschiedlichen Merkmalen der vorliegenden Erfindung ist zu beachten, dass ein Blisk geschaffen ist, das die Merkmale nach Anspruch 1 für den Einsatz in einem Turbinentreibwerk aufweist. Zu dem Blisk gehören eine ringförmige Scheibe mit einer Nabe, die eine Zentralöffnung umgibt, wobei sich ein Steg von der Nabe im Wesentlichen radial nach außen erstreckt und ein Rand den Steg umgibt. Darüber hinaus weist das Blisk eine innere Schaufelreihe auf, die eine Anzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Schaufeln umfasst, die mit der Scheibe einstückig ausgebildet sind. Jede Schaufel der inneren Schaufelreihe erstreckt sich im Wesentlichen von einem Fuß, der dem Rand der Scheibe benachbart angeordnet ist, radial nach außen zu einer Spitz, die dem Fuß gegenüber liegt. Weiter gehört zu dem Blisk ein ringförmiger Splitter, der mit der inneren Schaufelreihe einstückig ausgebildet ist und die Spitzen der vielen Schaufeln umgibt. Der Splitter weist eine Innenfläche, die den Spitzen der vielen Schaufeln der inneren Schaufelreihe zugewandt ist, sowie eine Außenseite auf, die der Innenseite gegenüber liegend angeordnet ist. Weiter gehört zu dem Blisk eine äußere Schaufelreihe, die eine Anzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Schaufeln aufweist, die mit dem Splitter einstückig ausgebildet sind. Jede Schaufel der äußeren Schaufelreihe erstreckt sich von einem Fuß, der zu der Außenfläche des Splitters benachbart angeordnet ist, im Wesentlichen radial nach außen zu einer Spitz, die dem Fuß gegenüber liegend angeordnet ist. Die äußere Schaufelreihe weist mehr Schaufeln auf als

die innere Schaufelreihe. Jede Schaufel in der äußeren Schaufelreihe weist eine spannweitenmittige Sehnenlänge auf, die geringer als 75% einer spannweitenmittigen Sehnenlänge der Schaufeln der inneren Schaufelreihe ist.

[0007] Im Folgenden wird nun ein Ausführungsbeispiel der Erfindung exemplarisch anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben:

[0008] [Fig. 1](#) zeigt einen partiellen vertikalen Querschnitt eines Gasturbinentreibwerks mit einem Blisk der vorliegenden Erfindung;

[0009] [Fig. 2](#) zeigt einen Querschnitt des Blisks;

[0010] [Fig. 3](#) zeigt einen Sektor eines Blisks der vorliegenden Erfindung in einer perspektivischen Ansicht von hinten;

[0011] [Fig. 4](#) zeigt den Sektor des Blisks in einer perspektivischen Ansicht von vorne; und

[0012] [Fig. 5](#) zeigt in einer schematischen Darstellung ein Profil einer inneren Schaufel und ein Profil einer äußeren Schaufel des Blisks.

[0013] Einander entsprechende Bezugszeichen bezeichnen entsprechende Teile über die unterschiedlichen Ansichten der Zeichnungen hinweg.

[0014] Mit Bezugnahme auf die Zeichnungen und insbesondere mit Bezug auf [Fig. 1](#) ist ein (teilweise dargestelltes) Gasturbinentreibwerk mit variablem Zyklus allgemein mit dem Bezugszeichen **10** bezeichnet. Das Triebwerk **10** weist einen (allgemein mit **12** bezeichneten) Stator und einen (allgemein mit **14** bezeichneten) drehbar auf dem Stator gelagerten Hochdruck- oder Kerntriebwerksrotor auf. Der Kerntriebwerksrotor **14** enthält eine allgemein mit **20** bezeichnete einstückig mit Schaufeln ausgebildete Scheibe bzw. ein "Blisk", das der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist.

[0015] Zu dem Stator **12** gehört ein allgemein mit **30** bezeichnetes stromaufwärts des Blisks **20** angeordnetes Gehäuse. Das Gehäuse **30** enthält einen allgemein mit **32** bezeichneten äußeren Kanal, der einen äußeren Strömungsdurchlasskanalpfad **34** definiert, und einen allgemein mit **36** bezeichneten inneren Kanal, der einen inneren Strömungsdurchlasskanalpfad **38** definiert. Mehrere in Umfangsrichtung beabstandete variable Steigung verwendende äußere Statorschaufeln **40** und eine Anzahl in Umfangsrichtung beabstandete variable Steigung verwendende innere Statorschaufeln **42** sind in dem äußeren Strömungsdurchlasskanalpfad **34** bzw. dem inneren Strömungsdurchlasskanalpfad **38** verschwenkbar montiert, um die Strömung stromaufwärts des Blisks **20** zu lenken. Mehrere in Umfangsrichtung beabstandete äußere

stationäre Statorschaufeln **44** sind abstromseitig des Blisks montiert, um die Strömung durch den äußeren Durchlasskanalpfad **34** zu lenken, und eine Anzahl in Umfangsrichtung beabstandete variable Steigung verwendende innere Statorschaufeln **46** sind abstromseitig des Blisks **20** verschwenkbar montiert, um die Strömung durch den inneren Durchlasskanalpfad **38** zu lenken. Die durch den äußeren Durchlasskanalpfad **34** strömende Luftmenge lässt sich einstellen, um den Schub und den Brennstoffverbrauch des Triebwerks **10** zu ändern. Da die Merkmale des Stators **12** herkömmlich sind, werden sie nicht im Einzelnen beschrieben.

[0016] Wie in [Fig. 2](#) zu sehen, enthält das Blisk **20** eine allgemein mit **60** bezeichnete ringförmige Scheibe mit einer Nabe **62**, die eine Zentralöffnung **64** umgibt, einen Steg **66**, der sich von der Nabe im Wesentlichen radial nach außen erstreckt, und einen Rand **68**, der den Steg umgibt. Eine allgemein mit **70** bezeichnete innere Schaufelreihe mit mehreren in Umfangsrichtung beabstandeten Schaufeln **72**, ist mit der Scheibe **60** einstückig als Teil des Randes **68** ausgebildet. Jede der Schaufeln **72** der inneren Schaufelreihe **70** erstreckt sich von einem benachbart zu dem Rand **68** der Scheibe **60** angeordneten Fuß **74** im Wesentlichen radial nach außen zu einer dem Fuß gegenüber liegenden Spitze **76**. Das Blisk **20** enthält ferner einen allgemein mit **80** bezeichneten ringförmigen Splitter, der mit der inneren Schaufelreihe **70** einstückig ausgebildet ist und die Spitzen **76** der Schaufeln **72** umgibt. Der Splitter **80** weist eine den Spitzen **76** der Schaufeln **72** der inneren Schaufelreihe **70** nach innen zugewandte innere Oberfläche **82** und eine der Innenseite gegenüber liegend angeordnete Außenfläche **84** auf. Eine äußere Schaufelreihe **90** mit mehreren in Umfangsrichtung beabstandeten Schaufeln **92** ist mit dem Splitter **80** einstückig ausgebildet. Jede der Schaufeln **92** der äußeren Schaufelreihe **90** erstreckt sich von einem zu der Außenfläche **84** des Splitters **80** benachbart angeordneten Fuß **94** im Wesentlichen radial nach außen zu einer dem Fuß gegenüber liegenden Spitze **96**. Das Blisk **20** enthält ferner einen Fortsatz **98**, der sich nach hinten zu einem Flansch **100** erstreckt, der dazu eingerichtet ist, das Blisk mit einer Welle **102** zu verbinden, die sich axial durch das Triebwerk **10** zu der (nicht gezeigten) Hochdruckturbine erstreckt.

[0017] Wie in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt, ist die Anzahl der Schaufeln **92** der äußeren Schaufelreihe **90** größer, als die Anzahl der Schaufeln **72** in der inneren Schaufelreihe **70**. In einem Ausführungsbeispiel ist die Anzahl der Schaufeln **92** in der äußeren Schaufelreihe **90** doppelt so groß wie im Falle der inneren Schaufelreihe **70**. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel sind die Hälfte der Schaufeln **92** in der äußeren Schaufelreihe **90** radial außenseitig unmittelbar gegenüber den Schaufeln **72** in der inneren Schaufelreihe **70** angeordnet, und die andere

Hälften der Schaufeln in der äußeren Schaufelreihe sind auf halbem Wege zwischen der ersten Hälfte der Schaufeln angeordnet. Wie dem Fachmann klar ist, minimiert diese Konstruktion die Spannung in dem Splitter **80** und maximiert dessen Lebensdauer.

[0018] Wie in [Fig. 5](#) zu sehen, weist jede Schaufel **92** in der äußeren Schaufelreihe **90** eine spannweitenmittige Sehnenlänge **110** auf, die weniger als etwa 75 Prozent einer spannweitenmittige Sehnenlänge **112** der Schaufeln **72** in der inneren Schaufelreihe **70** beträgt. In einem Ausführungsbeispiel beträgt die spannweitenmittige Sehnenlänge **110** der äußeren Schaufeln **92** weniger als etwa 60 Prozent der spannweitenmittigen Sehnenlänge **112** der inneren Schaufeln **72**. In einem Ausführungsbeispiel beträgt die spannweitenmittige Sehnenlänge **110** der äußeren Schaufeln **92** etwa 54 Prozent der spannweitenmittigen Sehnenlänge **112** der inneren Schaufeln **72**. Wie dem Fachmann klar ist, werden die Spannungen in den inneren Schaufeln **72** durch eine Verringerung der Sehnenlänge **110** der äußeren Schaufeln **92** reduziert. Die Lebensdauer der Schaufeln wird durch eine Verringerung der maximalen Belastungen verlängert. Darüber hinaus schafft einer Erhöhung der Anzahl der äußeren Schaufeln einen größeren Ausfüllungsgrad an der Schaufelpitze, was die Leistung im Vergleich zu einem Blisk mit einer übereinstimmenden Anzahl von inneren und äußeren Schaufeln steigern kann.

[0019] Wie in [Fig. 2](#) zu sehen, ist der Splitter **80** an einer stromaufwärtigen Kante **122** mit einer Dicke **120**, an einer stromabwärtigen Kante **126** mit einer Dicke **124** und auf halbem Wege zwischen der stromaufwärtigen Kante und der stromabwärtigen Kante mit einer Dicke **128** bemessen. Um die auf die innere Schaufelreihe **70** ausgeübte Belastung weiter zu reduzieren, sind die Dicken **120**, **124** an der stromaufwärtigen Kante bzw. der stromabwärtigen Kante **122**, **126** dünner als die Dicke **128** des Splitters **80** unmittelbar gegenüber der äußeren Schaufelreihe **90** nach innen hin. Wie dem Fachmann klar ist, kann die von den Schaufeln **90** nach innen hin vorhandene Dicke **128** des Splitters **80** optimiert werden, um eine gewünschte Lebensdauer zu erhalten.

[0020] Obwohl das Blisk **20** durch andere Verfahren hergestellt werden kann, ohne von dem Schutzmfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen, ist das Blisk in einem Ausführungsbeispiel ausgehend von einem einzigen Werkstoffstück (z.B. durch Fräsen auf einer numerisch gesteuerten Maschine) hergestellt, so dass die inneren und äußeren Schaufeln, der Splitter und eine Scheibe miteinander einstückig ausgebildet sind. Darüber hinaus kann das Blisk **20** aus einem beliebigen zur Herstellung von Rotorkomponenten eines Gasturbinentreibwerks geeigneten herkömmlichen Material hergestellt sein (z.B. aus einer auf Titan oder Nickel basierenden Legierung),

ohne von dem Schutzmfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0021] Obwohl das oben beschriebene Blisk **20** in einem Verdichterabschnitt des Triebwerks als eine durch den Triebwerkskern angetriebene Bläserstufe verwendet wird, wird dem Fachmann einleuchten, dass die vorliegende Erfindung auch in anderen Bereichen eines Gasturbinentreibwerks **10**, beispielsweise in dem Bläserabschnitt oder dem Turbinenabschnitt verwendet werden kann.

[0022] Bei der Einführung von Elementen der vorliegenden Erfindung oder des bevorzugten Ausführungsbeispiels (bzw. der bevorzugten Ausführungsbeispiele) der Erfindung sollen die Artikel "eine(e)" bzw. "der/die/das" bedeuten, dass ein oder mehrere Elemente existieren. Die Begriffe "aufweisen", "beinhalten" und "dazu gehören" sind als einschließend zu verstehen und bedeuten, dass weitere Elemente vorhanden sein können, die sich von den aufgelisteten Elementen unterscheiden.

Patentansprüche

1. Schaufeltragendes Rad (**20**) zur Verwendung in einem Turbinenantrieb (**10**) mit:
einer ringförmigen Scheibe (**60**) mit einer Nabe (**62**), die eine Zentralöffnung (**64**) umgibt, wobei sich ein Steg (**66**) von der Nabe (**62**) im Wesentlichen radial nach außen erstreckt und ein Rand (**68**) den Steg (**66**) umgibt,
einer inneren Schaufelreihe (**70**), die eine Anzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Schaufeln (**72**) umfasst, die mit der Scheibe (**60**) einstückig ausgebildet sind, wobei jede Schaufel (**72**) der inneren Schaufelreihe (**70**) sich im Wesentlichen von einem Fuß (**74**), der dem Rand (**68**) der Scheibe (**60**) benachbart angeordnet ist, radial nach außen zu einer Spitze (**76**) erstrecken, die dem Fuß (**74**) gegenüber liegt,
einem ringförmigen Splitter (**80**), der mit der inneren Schaufelreihe (**70**) einstückig ausgebildet ist und die Spitzen (**76**) der vielen Schaufeln (**72**) umgibt, wobei der Splitter (**80**) eine Innenfläche, die den Spitzen der vielen Schaufeln (**72**) der inneren Schaufelreihe (**70**) zugewandt ist, sowie eine Außenseite (**84**) aufweist, die der Innenseite (**82**) gegenüber liegend angeordnet ist und mit
einer äußeren Schaufelreihe (**90**), die eine Anzahl von in Umfangsrichtung beabstandeten Schaufeln (**92**) aufweist, die mit dem Splitter (**80**) einstückig ausgebildet sind, wobei jede Schaufel (**92**) der äußeren Schaufelreihe (**90**) sich von einem Fuß (**94**), der zu der Außenfläche (**84**) des Splitters (**80**) benachbart angeordnet ist, im Wesentlichen radial nach außen zu einer Spitze (**96**) erstreckt, die dem Fuß (**94**) gegenüber liegend angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Schaufelreihe (**90**) mehr Schaufeln als die innere Schaufelreihe (**70**) aufweist

und dass jede Schaufel (92) in der äußereren Schaufelreihe (90) eine spannweitenmittige Sehnenlänge (110) aufweist, die geringer als 75% einer spannweitenmittigen Sehnenlänge (112) der Schaufeln (72) der inneren Schaufelreihe (70) ist.

2. Beschaufeltes Rad (20) nach Anspruch 1, bei dem die äußere Schaufelreihe (90) zweimal so viel Schaufeln aufweist wie die innere Schaufelreihe (70).

3. Beschaufeltes Rad (20) nach Anspruch 2, wobei die Hälfte der Schaufeln (92) der äußeren Schaufelreihe (90) in direkter radialer Verlängerung einer der Schaufeln (72) der inneren Schaufelreihe (70) angeordnet ist.

4. Beschaufeltes Rad (20) nach Anspruch 1, wobei die spannweitenmittige Sehnenlänge (110) jeder Schaufel (92) der äußeren Schaufelreihe (90) geringer als 60% der spannweitenmittigen Sehnenlänge (112) der Schaufeln (72) der inneren Schaufelreihe (70) ist.

5. Beschaufeltes Rad (20) nach Anspruch 4, wobei die spannweitenmittige Sehnenlänge (110) jeder Schaufel (92) der äußeren Schaufelreihe (90) ungefähr 54% der spannweitenmittigen Länge (112) der Schaufeln (72) der inneren Schaufelreihe (70) beträgt.

6. Beschaufeltes Rad (20) nach Anspruch 1, wobei der Splitter (80) an einer stromaufwärtigen Kante (122) eine Dicke (120), an einer stromabwärtigen Kante (126) eine Dicke (124) und auf halbem Wege zwischen der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Kante (122, 126) eine Dicke (128) aufweist, und wobei die auf halbem Wege zwischen der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Kante vorhandene Dicke (128) größer ist als die Dicken (120, 124) an der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Kanten (122, 126).

7. Beschaufeltes Rad (20) nach Anspruch 1, wobei die innere und die äußere Schaufelreihe (70, 90) dazu eingerichtet sind, als eine vom Triebwerkskern angetriebene Bläserstufe benutzt zu werden.

8. Beschaufeltes Rad (20) nach Anspruch 1, in Kombination mit dem Turbinentreibwerk (10).

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

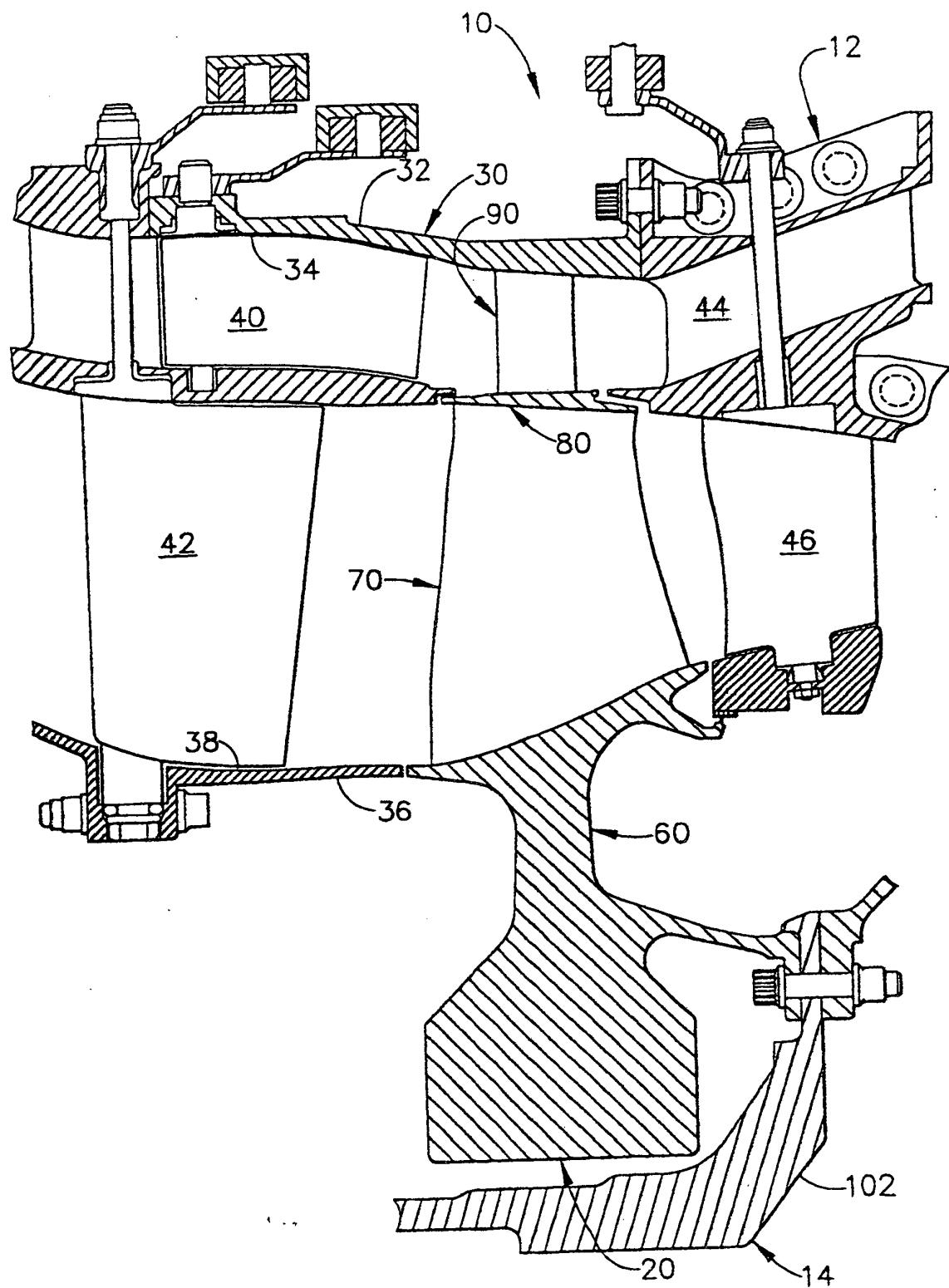
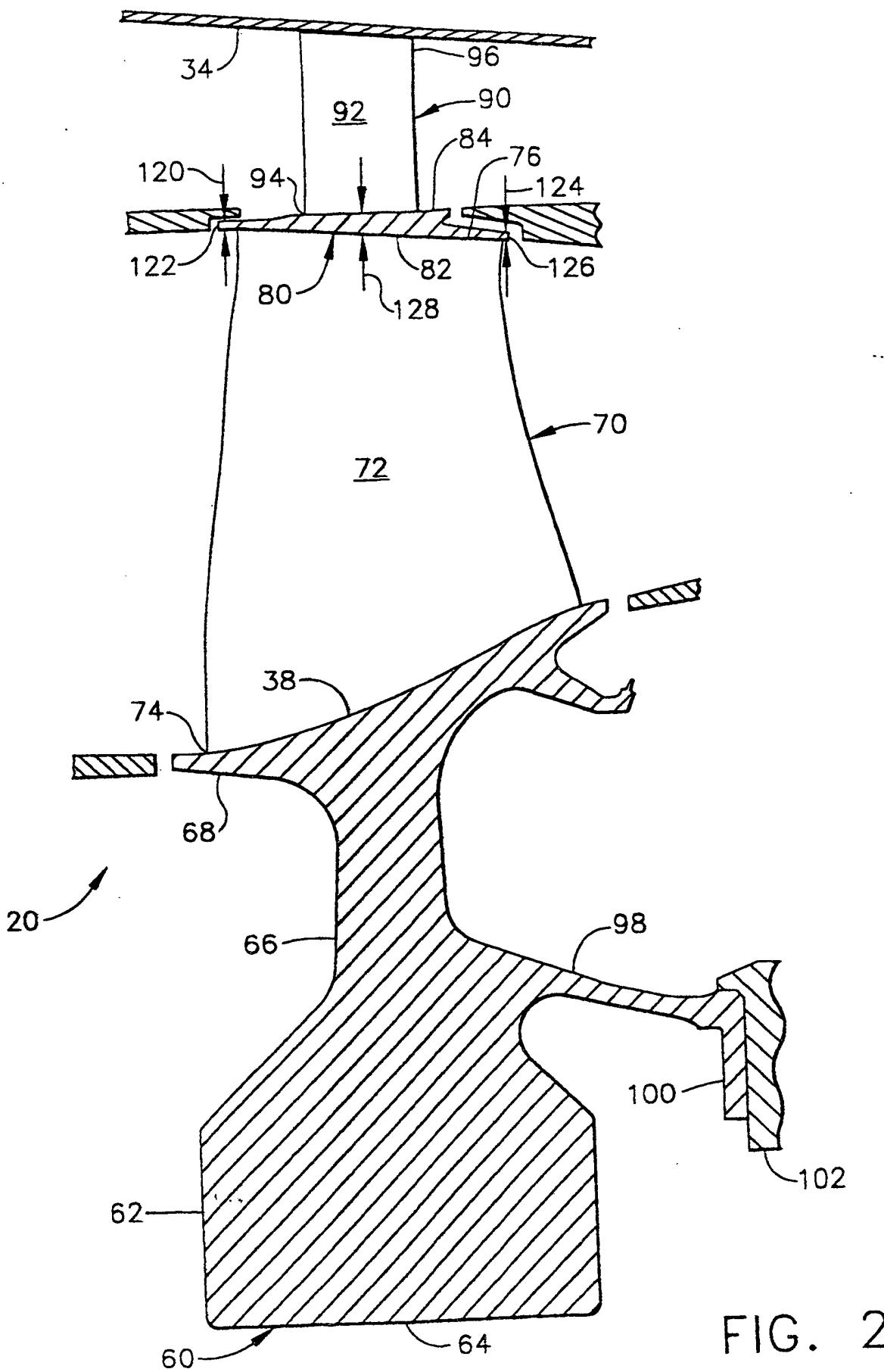


FIG. 1



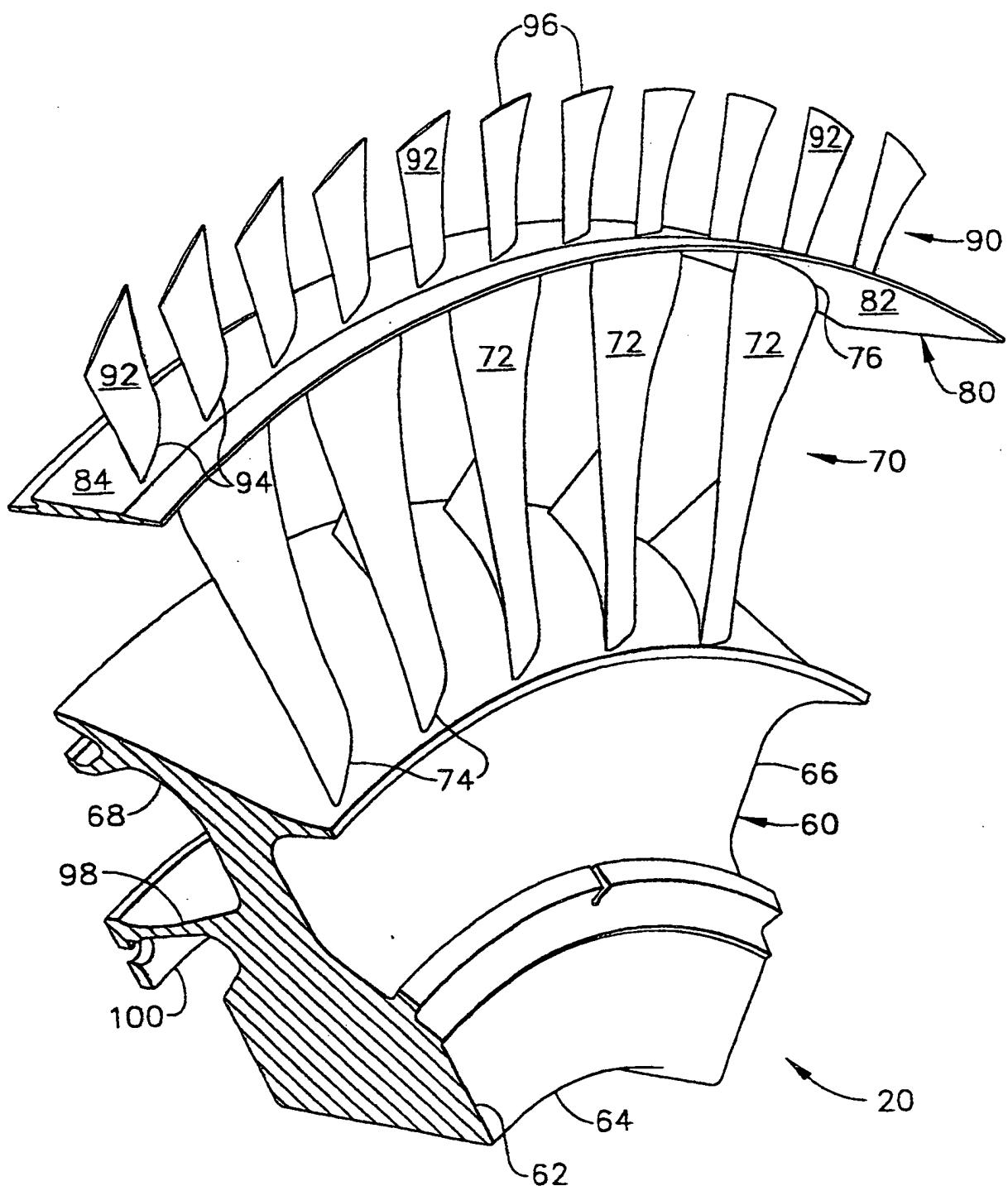


FIG. 3

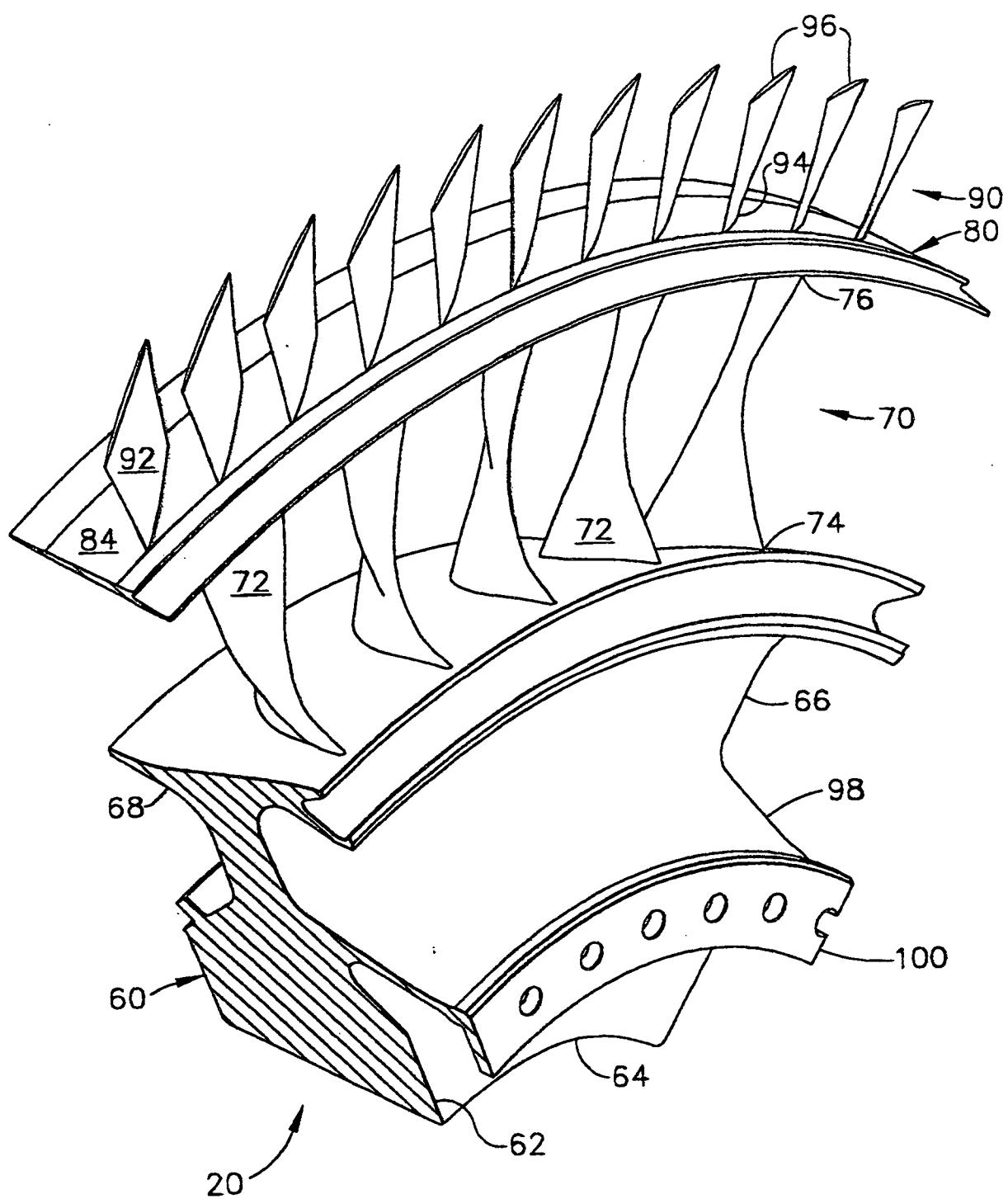


FIG. 4

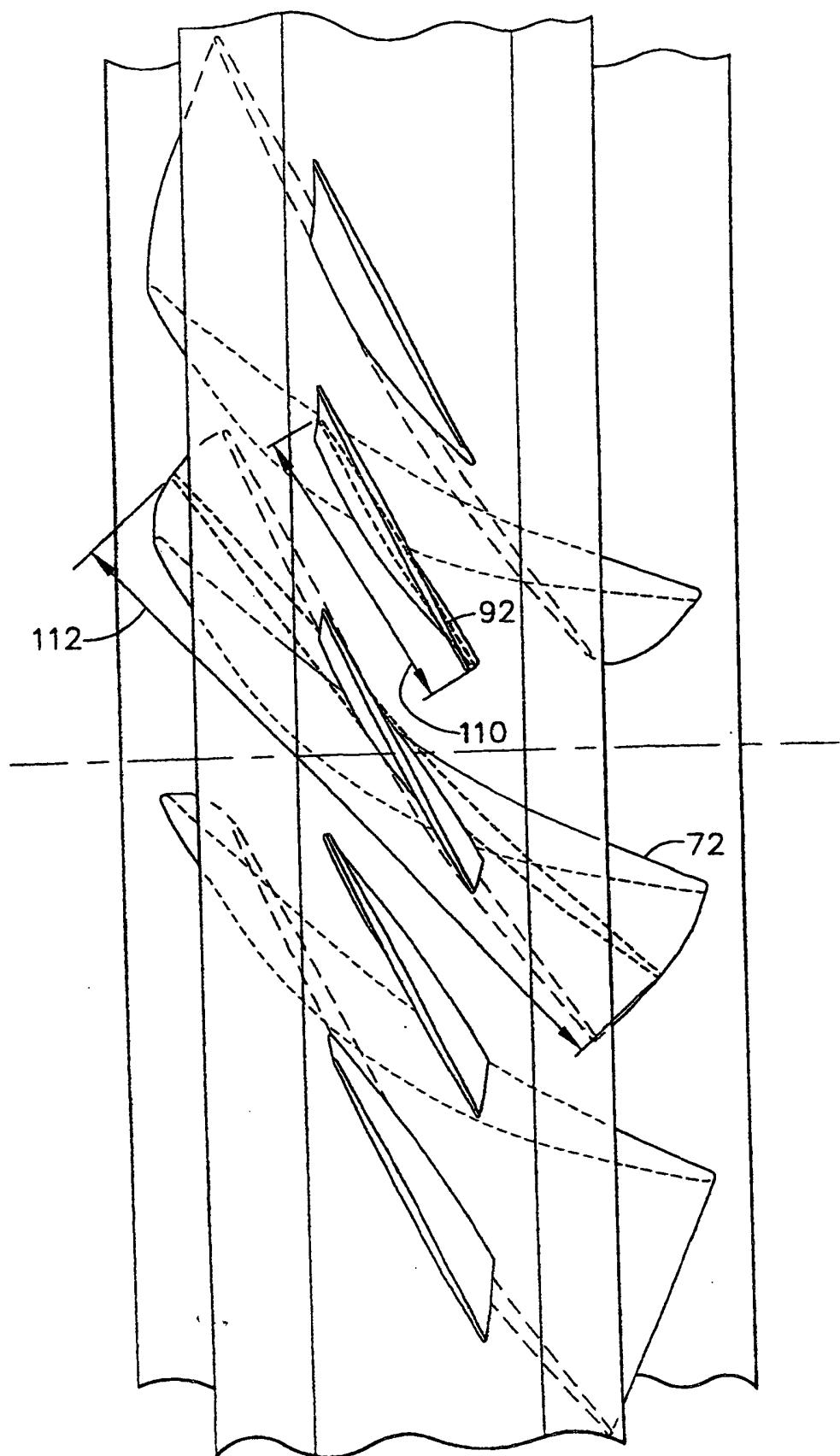


FIG. 5