



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 30 824 T2 2008.07.17**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 136 353 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 30 824.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 302 497.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.09.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **10.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.07.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B64C 11/14 (2006.01)**

F02C 7/04 (2006.01)

B29C 70/24 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
535923 24.03.2000 US

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

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

(72) Erfinder:
**Chou, Chen-Yu Jack, Cincinnati, Ohio 45241, US;
Pauley, Gerald Alexander, Hamilton, Ohio 45011,
US; Xu, Yiping, West Chester, Ohio 45069, US**

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: **Nasenhaube aus Faserverbundwerkstoff und Verfahren zu ihrer Herstellung**

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] Diese Erfindung betrifft im Wesentlichen rotierende kalottenförmige Strukturen und insbesondere Nasenhauben, die in Turbobläsertriebwerken mit hohem Nebenstromverhältnis verwendet werden.

[0002] Es gibt zahlreiche Anwendungen für Turbo-maschinen, wie z. B. Gasturbinentreibwerke, die zum Antrieb einer Vielzahl von Luftfahrzeugen verwendet werden. Ein derartiges Gasturbinentreibwerk ist das Turbobläsertriebwerk mit hohem Nebenstromverhältnis, welches ein großes Mantelgebläse enthält, das üblicherweise vor dem Triebwerk angeordnet ist. Der Bläser dient dazu, größeren Schub zu erzeugen und den spezifischen Brennstoffverbrauch zu reduzieren. Typischerweise enthält der Bläser in einem Turbobläsertriebwerk mit hohem Nebenstromverhältnis eine Bläsernabe oder Scheibe, die angetrieben mit einer Welle verbunden ist, die von der Niederdruckturbine des Triebwerks angetrieben wird, und eine Anzahl von auf der Scheibe befestigten Bläserlaufschaufern. Ein als Nasenhaube bekanntes kalottenförmiges Element ist an dem vorderen Ende der Bläserscheibe befestigt, um einen aerodynamischen Strömungspfad für die in den Bläser eintretende Luft zu erzeugen. Aufgrund ihrer Lage an der Vorderseite des Triebwerks kann die Nasenhaube während des Flugs von Fremdobjekten getroffen werden. Demzufolge müssen die Nasenhauben in der Lage sein, derartigen Aufprallereignissen zu widerstehen, während sie gleichzeitig nur minimales zusätzliches Gewicht zu dem Triebwerk beitragen.

[0003] Um dieses zu erreichen, bestehen herkömmliche Nasenhauben aus Materialien mit hohen Festigkeits/Gewichts-Verhältnissen wie z. B. Aluminium. Laminierte Verbundstoffmaterialien wurden bereits ebenfalls für Nasenhaubenanwendungen vorgeschlagen. Herkömmliche laminierte Verbundstoffe haben jedoch eine geringere Zwischenschicht-Scherungsfestigkeit und Aufprallbeständigkeit als Metall. Wenn ein Fremdobjekt auf eine laminierte Verbundstoffnasenhaube auftrifft, haben die Verbundstoffschichten die Tendenz, sich entlang der Harzmatrix zu trennen. Um die Aufprallbeständigkeit zu verbessern, muss die Verbundstoffstruktur dicker als ein Metallgegenstück ausgelegt werden. Die Folge ist, dass der Gewichtsvorteil der Verwendung des Verbundstoffmaterials verringert und die Kosten für die Herstellung der dickeren Struktur prohibitiv werden können.

[0004] Dieselben Probleme liegen für Nasenhauben oder andere rotierende Kalottenelemente vor, die in anderen Anwendungen als Turbobläsertriebwerken mit hohem Nebenstromverhältnis eingesetzt werden. Beispiele umfassen Propellernasenhauben in Turbo-prop-Triebwerken, die Nasenhaube oder Verkleidung auf der Spitze eines Helikopterrotors und ähnliche bei

Schiffstriebwerken zu findende Strukturen.

[0005] Zur Verwendung als Nasenhauben geeignete Verbundstoffstrukturen und dergleichen sind beispielsweise in US-A-4 147 822, GB-A-547 433 und US-A-4 624 820 beschrieben.

[0006] Demzufolge besteht ein Bedarf nach einer verbesserten Nasenhaube, um die Probleme in Verbindung mit herkömmlichen Nasenhauben zu lösen und dadurch eine erhöhte Aufprallbeständigkeit in einer kosten- und gewichtseffizienten Weise bereitzustellen.

[0007] Der vorstehend erwähnte Bedarf wird durch die vorliegende Erfindung befriedigt, welche ein Herstellungsverfahren für eine aus einem dreidimensionalen orthogonal verwebten Verbundstoffmaterial bestehende Nasenhaube gemäß ihrem Anspruch 1 bereitstellt. Die Nasenhaube definiert eine im Wesentlichen konische Umhüllung mit mehreren axialen Rippenversteifungen und wenigstens einer in einem Stück darin ausgebildeten um den Umfang verlaufenden Rippenversteifung. Die vorliegende Erfindung und ihre Vorteile gegenüber dem Stand der Technik werden mit dem Lesen der nachstehenden detaillierten Beschreibung und der beigefügten Ansprüche unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen ersichtlich, in welchen:

[0008] [Fig. 1](#) eine Längsquerschnittsansicht ist, welche ein herkömmliches Turbobläsertriebwerk mit hohem Nebenstromverhältnis darstellt.

[0009] [Fig. 2](#) eine teilweise aufgeschnittene Aufrissansicht der gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung hergestellten Nasenhaube ist.

[0010] [Fig. 3](#) eine Endansicht der Nasenhaube von [Fig. 2](#) ist.

[0011] [Fig. 4](#) eine vergrößerte perspektivische Teileansicht der Nasenhaube ist, die einen Abschnitt davon detaillierter darstellt.

[0012] [Fig. 5](#) eine Teilschnittansicht der Nasenhaube entlang der Linie 5-5 von [Fig. 4](#) ist.

[0013] In den Zeichnungen, in welchen identische Bezugszeichen dieselben Elemente durchgängig durch die verschiedenen Ansichten bezeichnen, stellt [Fig. 1](#) eine Längsquerschnittsansicht eines herkömmlichen Turbobläsertriebwerks **10** mit hohem Nebenstromverhältnis dar. Das Triebwerk **10** enthält in serieller axialer Strömungsverbindung um eine Längsmittellinienachse **12** herkömmliche Strukturen einschließlich eines Bläserrotors **4** und eines Boosters **16**. Die weiteren herkömmlichen Strukturen des Triebwerks **10**, wie z. B. Hochdruckverdichter, Brennkammer, Hochdruckturbine und Niederdruckturbine

sind zur Verdeutlichung der Darstellung nicht dargestellt. Der Bläserrotor **14** und der Booster **16** sind angetrieben mit der Niederdruckturbine über eine Rotorwelle **18** verbunden. Der Bläserrotor **14** weist mehrere sich radial erstreckende Laufschaufeln **20** (wo von nur eine in [Fig. 1](#) dargestellt ist) auf, die auf einer ringförmigen Scheibe **22** montiert sind, wobei die Scheibe **22** und die Laufschaufeln **20** um die Längsmittellinienachse **12** des Triebwerks **10** rotieren können. Eine kalottenförmige Nasenhaube **24** ist an der Vorderseite der Scheibe **22** befestigt und ragt aus der Reihe der Bläserlaufschaufeln **20** nach vorne.

[0014] In verschiedenen Triebwerken eingesetzte herkömmliche Nasenhauben haben eine breite Vielfalt von Formen. Typischerweise ist der Aufbau einer Nasenhaube entweder elliptisch oder konisch, wobei jede Form sowohl Vorteile als auch Nachteile hat. Die elliptisch geformte Nasenhaube tendiert dazu, Schmutz von dem Kerntriebwerk weg nach außen und in den Triebwerknebenstromkanal abzusondern oder abprallen zu lassen und somit dem Triebwerkskern einen gewissen Schutz gegenüber dem Eintritt von Eis, Hagel und anderen Fremdobjekten zu verleihen. Andererseits haben Tieftemperaturtests gezeigt, dass eine konische Nasenhaube generell weniger Eis als eine elliptische Nasenhaube für dieselben Betriebsbedingungen und Umgebungen aufbaut. Jedoch erzeugt die konische Nasenhaube wenig oder keinen nach außen geschleuderten Schmutz, und kann somit ermöglichen, dass eine große Menge von derartigem Schmutz in das Kerntriebwerk eintreten kann, wo eine erhebliche Beschädigung auftreten kann.

[0015] In den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) ist eine bevorzugte Ausführungsform einer Nasenhaube **30** dargestellt. Es sei angemerkt, dass die Nasenhaube **30** als die Nasenhaube in einem Turboläsertriebwerk mit hohem Nebenstromverhältnis beispielsweise als ein Ersatz für die herkömmliche Nasenhaube **24** von [Fig. 1](#) verwendet werden könnte. Die Nasenhaube **30** könnte auch in anderen Anwendungen, wie z. B. als Propellernasenhaube in Turboprop-Triebwerken, Nasenhaube für Helikopterrotoren oder Schiffsantriebe und andere rotierende kalottenförmige Strukturen eingesetzt werden. So wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff "Nasenhaube" auf alle derartigen rotierenden kalottenförmigen Strukturen.

[0016] Die Nasenhaube **30** ist eine kalottenförmige Struktur, welche eine Außenwand **32** besitzt, die eine im Wesentlichen konische Hülle mit einer konvexen Außenoberfläche **34** und einer konkaven Innenoberfläche **36** definiert. Wie vorstehend diskutiert haben Nasenhauben normalerweise eine elliptische oder konische Form. Somit könnte, obwohl sie in [Fig. 2](#) im Wesentlichen konisch dargestellt ist, die Nasenhaube **30** auch elliptisch sein oder eine ähnliche Kuppelform haben. So wie hierin verwendet, bezieht sich der

Begriff "im Wesentlichen konisch" auf eine konische, elliptische und andere derartige kuppelartige Formen. Die Nasenhaube **30** erstreckt sich von einer geschlossenen Nase **38** zu einer offenen Hinterkante **40**, und die Außenoberfläche **34** ist so konfiguriert, dass sie eine aerodynamische Oberfläche bereitstellt, die einer Eisbildung widersteht. Die Nasenhaube **30** ist mit einem ringförmigen Flansch **42** um die Hinterkante **40** zur Befestigung der Nasenhaube **30** an seiner Haltestruktur, wie z. B. einem Bläserrotor in einem Turboläsertriebwerk in einer herkömmlichen Weise zu ermöglichen.

[0017] Um ihre strukturelle Festigkeit zu erhöhen, ist die Nasenhaube **30** mit mehreren axialen Rippenversteifungen **44** versehen, die sich axial von der Nase **38** aus bis zu der oder wenigstens nahe bis an die Hinterkante **40** erstrecken. Obwohl sie auf der konvexen Außenoberfläche **34** ausgebildet werden könnten, werden die axialen Rippenversteifungen **44** bevorzugt auf der konkaven Innenoberfläche **36** ausgebildet, um somit nicht die Aerodynamik oder Vereisungsbeständigkeit der Nasenhaube **30** zu verschlechtern. Bevorzugt, jedoch nicht notwendigerweise, werden etwa 18 bis 24 axiale Rippenversteifungen **44** vorgesehen, und diese sind gleichmäßig um die Nasenhaube **30** herum so beabstandet, dass benachbarte davon einen Winkel A von etwa 15 bis 20 Grad gemäß Darstellung in [Fig. 3](#) bilden.

[0018] Die Nasenhaube **30** enthält auch wenigstens eine in Umfangsrichtung verlaufende Rippenversteifung **46**, die sich in Umfangsrichtung (d. h., senkrecht zu den axialen Rippenversteifungen **44**) um die Nasenhaube **30** herum und die axialen Rippenversteifungen verbindend erstreckt. Obwohl nur eine derartige Umfangsrippenversteifung **46** in den Figuren dargestellt ist, dürfte es sich verstehen, dass zusätzliche Umfangsrippenversteifungen eingefügt werden könnten, wenn zusätzliche Torsionssteifigkeit in der Umfangsrichtung erforderlich ist.

[0019] Die Umfangsrippenversteifung **46** ist zwischen der Nase **38** und der Hinterkante **40** angeordnet und ist bevorzugt etwas vor der Mitte für optimale strukturelle Integrität angeordnet. Wie die axialen Rippenversteifungen **44** ist die Umfangsrippenversteifung **46** bevorzugt auf der konkaven Innenoberfläche **36** ausgebildet. Somit wird die konkave Innenoberfläche **36** in mehrere Innenfelder **48** durch die Axial- und Umfangsrippenversteifungen **44**, **46**, welche von den Innenfeldern **48** aus nach innen vorstehen, unterteilt. In [Fig. 4](#) ist zu sehen, dass die Umfangsrippenversteifung **46** breiter und dicker als die Axialrippenversteifungen **44** ist. Dieses beruht darauf, dass die Nasenhaube **30** generell weniger Umfangsrippenversteifungen **46** als Axialrippenversteifungen **44** aufweist.

[0020] Die Verwendung der Axial- und Umfangsrip-

penversteifungen **44, 46** ermöglicht es, dass die Nasenhaube **30** bestimmte Scherungssteifigkeitsverhältnisse sowohl in der axialen als auch Umfangsrichtung aufweist, um dadurch die Torsionsfrequenz der Nasenhaube **30** zu verbessern. Insbesondere können die Axial- und Umfangsrippenversteifungen **44, 46** für eine gegebene Anwendung so ausgelegt werden, dass sie die Schwingungsmodi verringern und/oder ändern, sowie die Aufprallfestigkeit der Nasenhauben verbessern.

[0021] Die Nasenhaube **30** ist eine einteilige Struktur, welche vollständig aus einem dreidimensionalen (3-D) orthogonal verwebtem Verbundmaterial besteht. Das Verbundmaterial weist eine in eine Harzmatrix eingebettete Faservorform auf. Die Faservorform weist mehrere Endlosfaserzüge auf, die in ein 3-D Orthogonalgewebe verwebt sind, welches eine nahezu netzförmige Form definiert, die sich der gewünschten Endform der Nasenhaube **30** annähert. (So wie hierin in Bezug auf die Fasern verwendet, bezieht sich der Begriff "endlos" auf ein Längen/Dicken-Verhältnis, das extrem groß ist, und sich sogar unendlich annähert. Bei der 3-D orthogonal verwebten Konfiguration erstrecken sich die Fasern in drei wechselseitig orthogonale Richtungen, welche typischerweise als die Ketten-, Schuss- und Vertikalrichtungen bezeichnet werden. Der Faservolumenanteil der Nasenhaube **30** ist bevorzugt 50 bis 70 Prozent des Gesamtnasenhaubenvolumens.

[0022] Wie in [Fig. 5](#) zu sehen, ist der sich ergebende Aufbau so, dass die Außenwand **32** der Nasenhaube **30** eine dickendurchgängige 3-D orthogonal verwebte Architektur aufweist. D. h., die Nasenhaube **30** weist Endlosfaserstränge auf, welche durch die Dicke hindurch oder in der vertikalen Richtung zusätzlich zu den in den Kett- und Schussrichtungen verwebten Endlosfaserzügen verwebt sind. Die dickendurchgängige 3-D orthogonal verwebte Architektur liegt in allen Strukturabschnitten der Nasenhaube **30** vor, d. h., in der Außenwand **32** einschließlich der Innenfelder **48**, der axialen Rippenversteifungen **44** und der Umfangsrippenversteifung **46**. Alle diese Elemente (die Außenwand **32**, die axialen Rippenversteifungen **44** und die Umfangsrippenversteifung **46**) sind somit in eine integrierte, einteilige Struktur durch die Faserstränge so integriert, dass die Axial- und Umfangsrippenversteifungen **44, 46** integriert mit der Außenwand **32** ausgebildet sind.

[0023] Die Faserstränge werden bevorzugt aus einem elastischen relativ hochfesten Material hergestellt. Beispiele geeigneter Fasermaterialien umfassen Graphit, Glas, Glasgraphithybrid und Aramidfasern, welche unter der Handelsbezeichnung KEVLAR® vertrieben werden. Die Harzmatrix kann jedes geeignete Harz aufweisen, das mittels RTM-Verfahren formbar ist. Beispiele geeigneter Harze umfassen Epoxidharze, wie z. B. die Harze PR-500 und

PR-520, welche im Handel von 3M Company beziehbar sind.

[0024] Ein bevorzugter Prozess zur Herstellung der Nasenhaube **30** kombiniert 3-D Verwebung und das RTM-Verfahren. Somit besteht der erste Schritt in dem Verweben der Faserzüge in eine 3-D-Vorform bevorzugt unter Verwendung eines vollautomatisierten Webstuhls oder einer Webmaschine. Die Faservorform wird in eine nahezu netzförmige Form verwebt, welche sich der gewünschten Endform der Nasenhaube **30** annähert. Somit definiert die Vorform eine im Wesentlichen konische Form mit axialen Rippen und wenigstens einer dazwischen verwebten Umfangsrippe darin, die den Axial- und Umfangsrippenversteifungen **44, 46** entsprechen. Anschließend wird die Vorform in einer Form mit einem Formungshohlraum platziert, der der gewünschten Endform der Nasenhaube **30** entspricht. Die Form wird geschlossen und Harz darin unter mäßigem Druck eingespritzt, um somit die Faservorform vollständig zu durchtränken. Die mit Harz durchtränkte Faservorform wird dann in der Form auf eine ausreichende Temperatur für eine ausreichende Zeit erwärmt, um die mit Harz durchtränkte Faservorform auszuhärteten. Das sich ergebende gehärtete Verbundstoffmaterial entspricht der Form des Formhohlraums und bildet somit die Nasenhaube **30** aus.

[0025] Dieser Prozess führt zu einer nicht-geschichteten 3-D orthogonal verwebten Nasenhaube **30**, welche ein hohes Gewichts/Festigkeits-Verhältnis und eine hohe Aufprallfestigkeit gegenüber Fremdobjekten hat. Die Nasenhaube **30** ist auch deutlich leichter als Metallnasenhauben vergleichbarer Größe. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass mit dem vollständig automatisierten Webverbundstoff-Herstellungsprozess die Zykluszeit und Kosten für die Herstellung der Nasenhaube **30** wesentlich geringer als für herkömmliche Nasenhauben sind. Und im Gegensatz zu laminierten Verbundstoffen trennt sich der nicht-geschichtete 3-D orthogonal verwebene Verbundstoff, aus dem die Nasenhaube **30** hergestellt ist, aufgrund von Aufprallenergie nicht. Ferner führt die Verwendung der dickendurchgängigen Faserarchitektur und der Axial- und Umfangsrippenversteifungen zu einer Torsionssteifigkeit, die angenähert vier Mal größer als die Torsionssteifigkeit von laminierten Verbundstoffnasenhauben ist. Die Webverbundstoffarchitekturen können leicht angepasst werden, um Designanforderungen sowohl hinsichtlich Struktur als auch Dynamik zu erfüllen. Die Anordnung der Axial- und Umfangsrippenversteifungen **44, 46** kann strukturell ohne Gewichtsbeeinflussungen optimiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Nasenhaube (**30**) mit den Schritten:

Platzieren einer Vorform, die in einem Stück ausgebildete dreidimensional orthogonal verwebte axiale und um den Umfang verlaufende Rippenversteifungen aufweist, in einer Form;

Einspritzen von Harz in die Form, um so die Vorform vollständig zu durchtränken; und

Härten der vollständig durchtränkten Vorform, wobei die Vorform durch Verweben von Endlosfaserzügen in eine dreidimensionale Vorform mit einer im Wesentlichen konischen Form mit mehreren axialen Rippen und wenigstens einer in Umfangsrichtung verlaufenden dazwischen eingewebten Rippe erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Verwebens von Endlosfaserzügen in eine dreidimensionale Vorform auf einem vollautomatischen Webstuhl ausgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Form einen Formhohlraum besitzt, der mit der gewünschten Endform der Nasenhaube übereinstimmt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die wenigstens eine um den Umfang verlaufende Rippe breiter und dicker als die axiale Rippen ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei eine um den Umfang verlaufende Rippe etwas vor dem Mittelpunkt zwischen einem Spitzenabschnitt der Vorform und einem Hinterkantenabschnitt der Vorform für eine optimale strukturelle Integrität angeordnet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

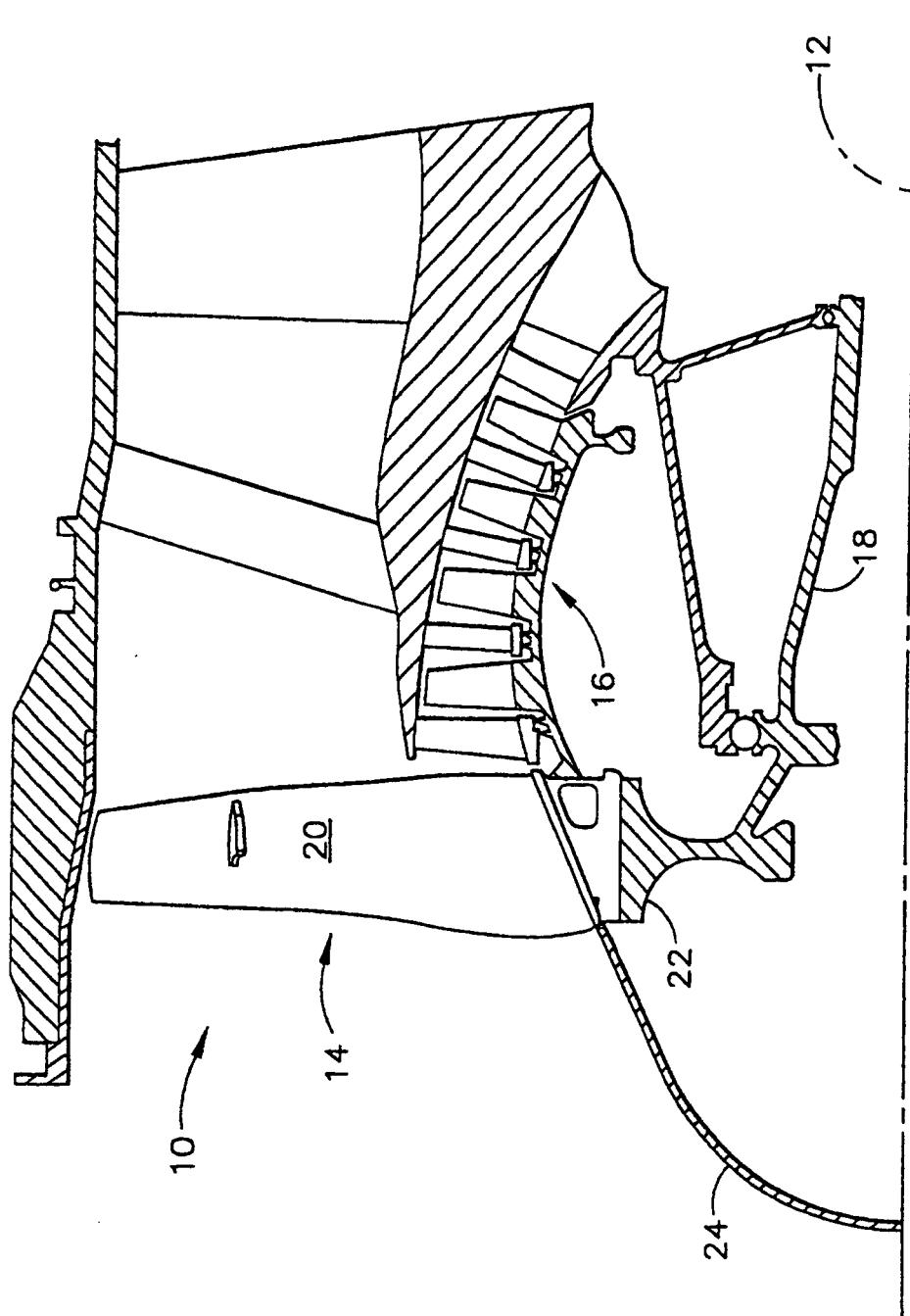


FIG. 1 (Stand der Technik)

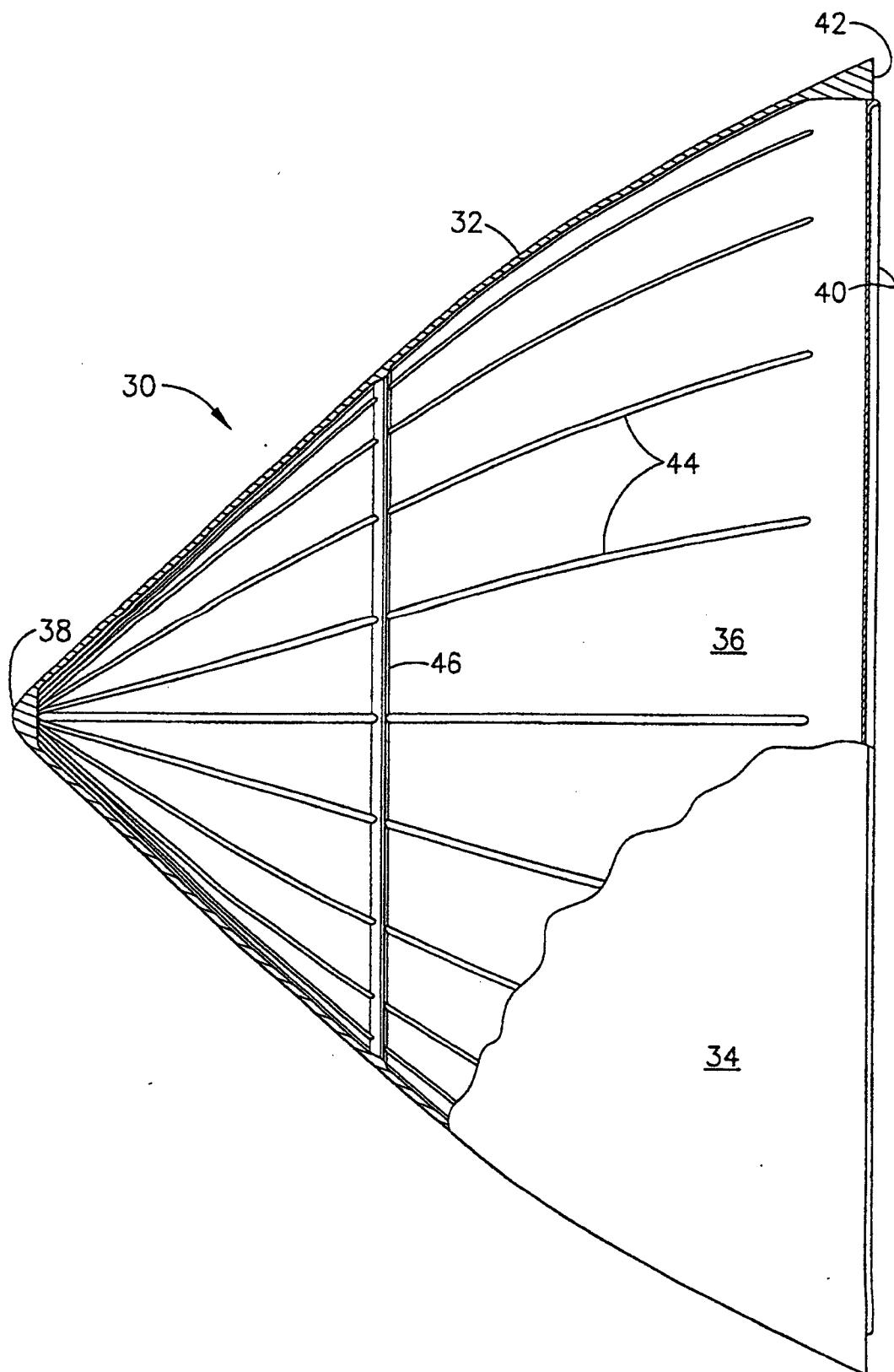


FIG. 2

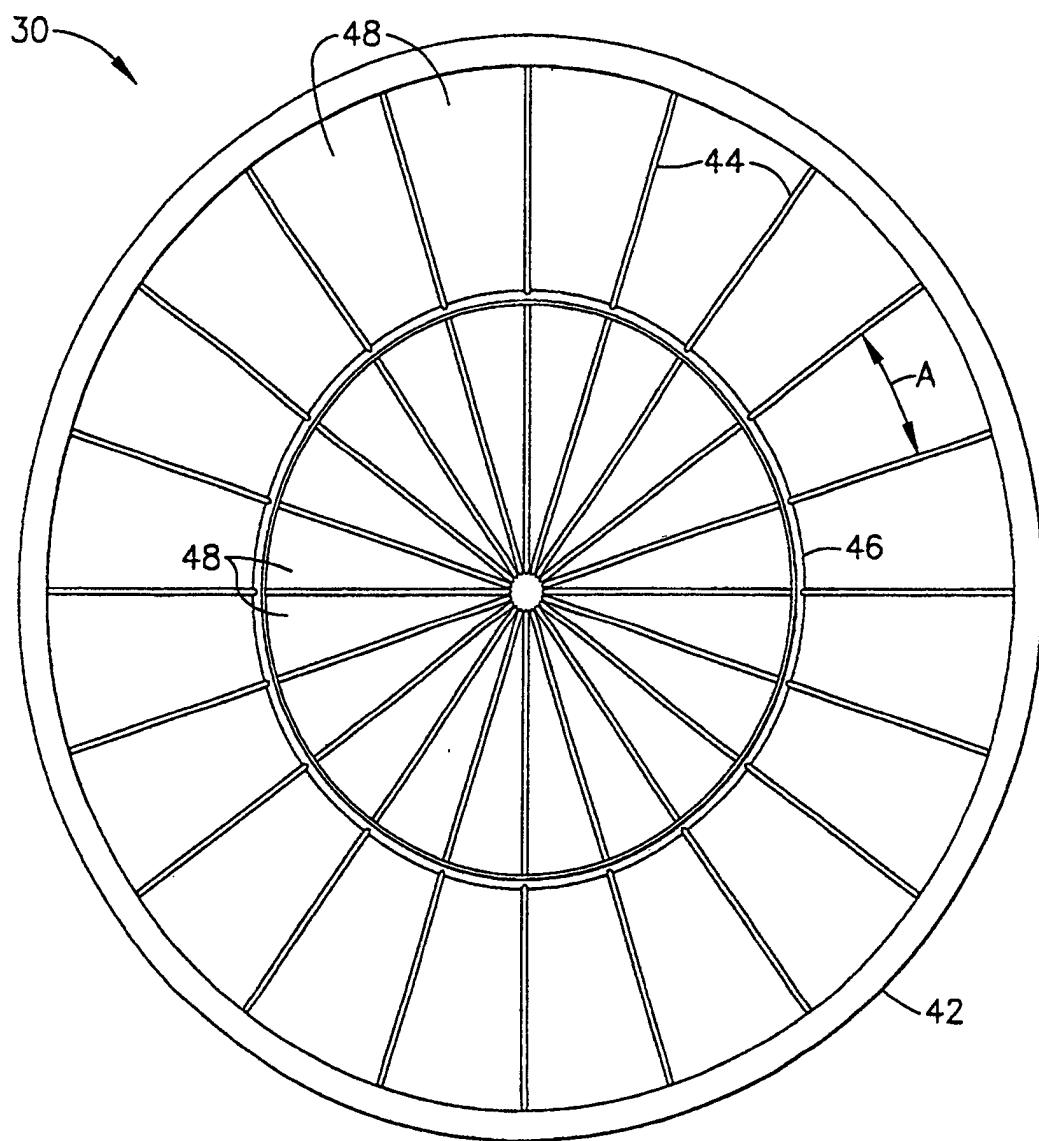


FIG. 3

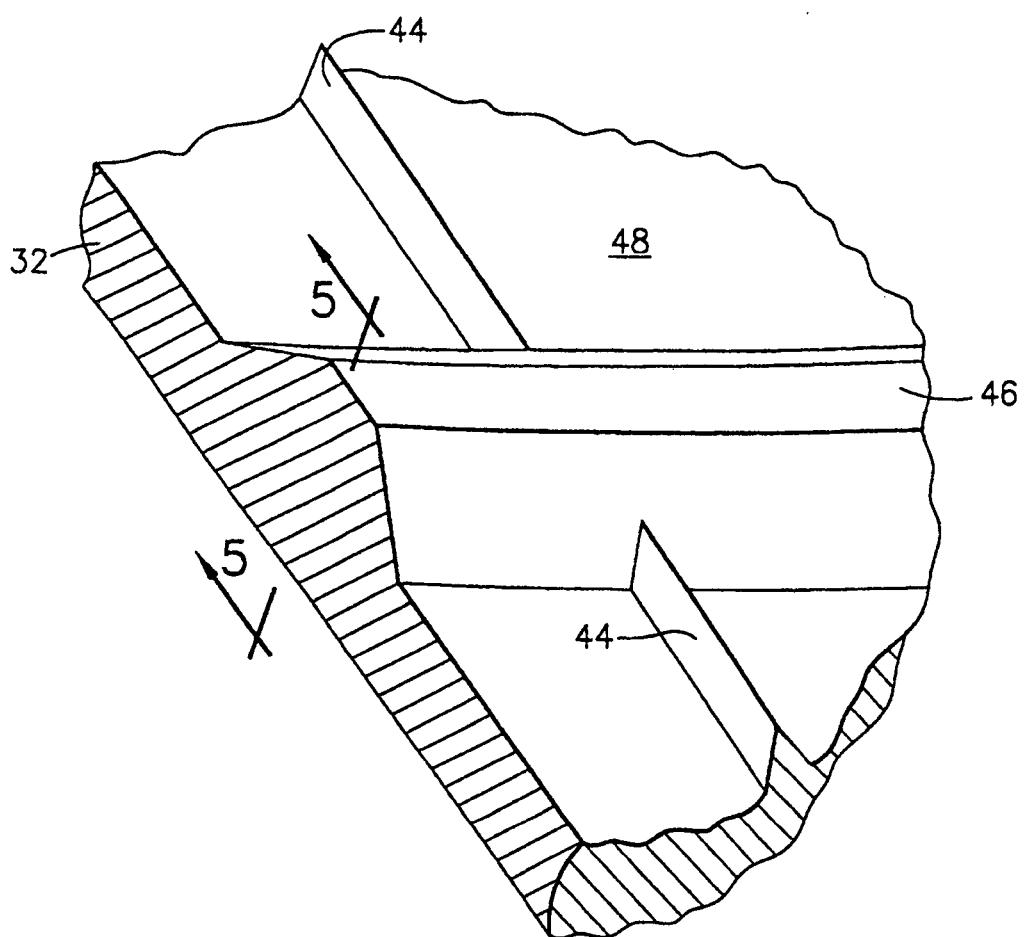


FIG. 4

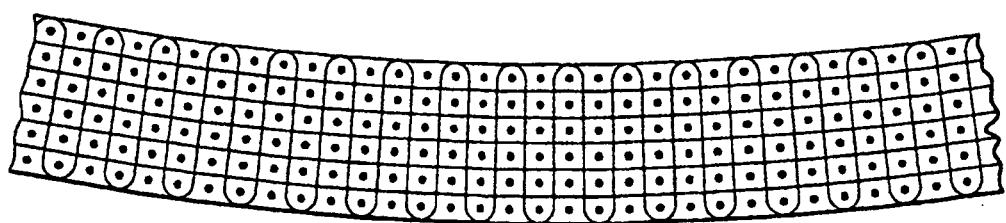


FIG. 5