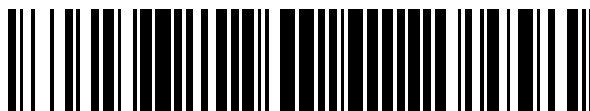


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 917**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02251040 .8**

96 Fecha de presentación: **15.02.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1253290**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.10.2002**

54 Título: **Amortiguador de vibraciones del conjunto de rotor**

30 Prioridad:

**27.04.2001 US 844207**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**02.01.2013**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**02.01.2013**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 River Road  
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**CRALL, DAVID WILLIAM**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 393 917 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Amortiguación de vibraciones del conjunto de rotor

La presente invención se refiere en general a conjuntos del rotor y, más en particular, a los sistemas amortiguadores para la amortiguación de las vibraciones inducidas en los conjuntos del rotor.

5 Un motor de turbina de gas incluye típicamente por lo menos un rotor que incluye una pluralidad de álabes del rotor que se extienden en sentido radial hacia fuera desde un reborde anular común. De forma específica, en los rotores blisk (o integrales), los álabes del rotor se forman en una sola pieza con el reborde anular en lugar de sujetarse al reborde con unas juntas en cola de milano. Una superficie exterior del reborde define típicamente una superficie de trayectoria de flujo interior en sentido radial para el aire que fluye a través del conjunto de rotor.

10 Las fuerzas centrífugas generadas por los álabes giratorios se portan mediante unas porciones de los rebordes por debajo de los álabes del rotor. Las fuerzas centrífugas generan una concentración de esfuerzos de reborde circunferenciales entre el reborde y los álabes que pueden inducirse a través de los álabes. Adicionalmente, en el interior de los rotores blisk, debido a una ausencia de la amortiguación de fricción creada cuando las colas de milano y los refuerzos entran en contacto las unas con los otros durante el funcionamiento, los esfuerzos de vibración pueden inducirse en el conjunto de rotor.

Para facilitar la amortiguación de vibraciones, los conjuntos del rotor pueden incluir amortiguadores. Por lo menos algunos conjuntos del rotor conocidos incluyen unos amortiguadores de manguito colocados por debajo del reborde para amortiguar los modos de perfil aerodinámico. Los amortiguadores de manguito proporcionan una amortiguación para los modos de perfil aerodinámico que tienen una participación de rebordes significativa.

20 Por lo menos algunos otros conjuntos del rotor conocidos incluyen unos álabes del rotor que incluyen unas bolsas formadas en el interior de los álabes. Una capa de material de amortiguador se incrusta en la bolsa y se recubre con una capa de restricción de titanio. La bolsa se recubre con una cubierta de titanio que se suelda al álabe del rotor. Durante el funcionamiento, las fuerzas inducidas en el interior del álabe del rotor pueden dar lugar a que la capa de restricción se separe del material de amortiguador y entren en contacto por la fuerza con la chapa de cubierta y pueden dar lugar a que la chapa de cubierta se separe del álabe del rotor. Un ejemplo de un conjunto de este tipo se muestra y se describe en el documento EPO 0926312.

25 En una realización a modo de ejemplo de la invención, un conjunto de rotor de múltiples etapas para un motor de turbina de gas incluye un sistema amortiguador para facilitar la amortiguación de las vibraciones inducidas en el conjunto de rotor. De forma más específica, el conjunto de rotor incluye un rotor blisk que incluye una pluralidad de álabes del rotor y un reborde exterior en sentido radial. Los álabes del rotor se forman en una sola pieza con el reborde exterior y se extienden en sentido radial hacia fuera desde el reborde. El sistema amortiguador se sujeta a los álabes del rotor formando por lo menos una etapa del conjunto de rotor, e incluye por lo menos una capa de material de amortiguación y una chapa de cubierta. La chapa de cubierta se sujeta al álabe del rotor con un adhesivo para afianzar el material de amortiguación contra el álabe del rotor.

30 La presente invención proporciona un procedimiento de fabricación de un conjunto de rotor para un motor de turbina de gas para facilitar la amortiguación de las vibraciones inducidas en el conjunto de rotor, incluyendo el conjunto de rotor un reborde exterior en sentido radial y una pluralidad de álabes del rotor que se extienden en sentido radial hacia fuera desde el reborde exterior en sentido radial, incluyendo cada uno de los álabes del rotor un perfil aerodinámico que incluye un par de paredes laterales opuestas, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de: formar una cavidad en cada perfil aerodinámico de álabe del rotor que se extiende en sentido radial hacia dentro desde la primera pared lateral del perfil aerodinámico hacia la segunda pared lateral del perfil aerodinámico; incrustar una primera capa de material de amortiguación en el interior de la cavidad del perfil aerodinámico adyacente al perfil aerodinámico; y sujetar una capa de restricción al perfil aerodinámico con un adhesivo, de tal modo que la capa de restricción es adyacente a la primera capa de material de amortiguación; y sujetar una chapa de cubierta al perfil aerodinámico con un adhesivo, de tal modo que la chapa de cubierta se extiende alrededor de una periferia de la cavidad del perfil aerodinámico en contacto de sellado con el perfil aerodinámico.

35 Durante el funcionamiento, a medida que gira el conjunto de rotor, el adhesivo ubicado entre las chapas de cubierta y los álabes del rotor porta las cargas centrífugas inducidas a través de los álabes del rotor. La amortiguación de vibraciones se facilita por el sistema amortiguador. De forma más específica, a medida que gira el conjunto de rotor, las deformaciones por esfuerzo cortante inducidas en el material de amortiguador facilitan la amortiguación de vibraciones. Como resultado, el conjunto de amortiguador facilita la amortiguación de las vibraciones inducidas en el conjunto de rotor de una forma fiable y rentable. Una realización de la invención se describirá a continuación en mayor detalle, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una ilustración esquemática de un motor de turbina de gas;

55 La figura 2 es una vista en sección transversal parcial de un conjunto de rotor que incluye un sistema amortiguador y que puede usarse con el motor de turbina de gas que se muestra en la figura 1;

La figura 3 es una vista frontal agrandada de una porción del sistema amortiguador que se muestra en la figura 2; y

La figura 4 es una vista lateral del sistema amortiguador que se muestra en la figura 3.

La figura 1 es una ilustración esquemática de un motor 10 de turbina de gas que incluye un compresor 12 de baja presión, un compresor 14 de alta presión, y una cámara 16 de combustión. El motor 10 también incluye una turbina 18 de alta presión y una turbina 20 de baja presión. El compresor 12 y la turbina 20 se sujetan mediante un primer eje 21, y el compresor 14 y la turbina 18 se sujetan mediante un segundo eje 22. En una realización, el motor 10 de turbina de gas es un motor F110 comercialmente disponible de General Electric Aircraft Engines, Cincinnati, Ohio.

Durante el funcionamiento, el aire fluye a través del compresor 12 de baja presión y el aire comprimido se suministra desde el compresor 12 de baja presión al compresor 14 de alta presión. El aire sumamente comprimido se suministra una cámara 16 de combustión. El flujo de aire desde la cámara 16 de combustión acciona las turbinas 18 y 20 y sale del motor 10 de turbina de gas a través de una tobera 24.

La figura 2 es una vista en sección transversal parcial de un conjunto 40 de rotor que puede usarse con el motor 10 de turbina de gas. El conjunto 40 de rotor incluye una pluralidad de rotores 44 unidas entre sí mediante unas juntas 46 de forma coaxial alrededor de un eje 47 axial. Cada rotor 44 está formado por uno o más blisks 48, y cada blisk 48 incluye un reborde 50 exterior en sentido radial, un buje 52 interior en sentido radial, y una banda 54 en una sola pieza que se extiende en sentido radial entre los mismos. Cada blisk 48 también incluye una pluralidad de álabes 56 que se extienden en sentido radial hacia fuera desde el reborde 50 exterior. Los álabes 56, en la realización que se ilustra en la figura 2, se unen en una sola pieza con unos rebordes 50 respectivos. De forma alternativa, y para por lo menos una etapa, cada álabe 56 del rotor puede estar unido de forma desmontable con los rebordes 50 de una forma conocida usando unas colas de milano de álabe (que no se muestran) que se montan en unas ranuras complementarias (que no se muestran) en un reborde 50 respectivo.

Los álabes 56 del rotor están configurados para cooperar con un fluido motriz o de trabajo, tal como aire. En la realización a modo de ejemplo que se ilustra en la figura 2, el conjunto 40 de rotor es un compresor del motor 10 de turbina de gas, con los álabes 56 del rotor configurados para comprimir de forma adecuada el aire fluido motriz en unas etapas sucesivas. Las superficies 58 exteriores de los rebordes 50 del rotor definen una superficie de trayectoria de flujo interior en sentido radial del compresor a medida que el aire se comprime de etapa a etapa.

Los álabes 56 giran alrededor del eje axial hasta una velocidad de rotación de diseño máxima específica, y generan unas cargas centrífugas en los componentes giratorios. Las fuerzas centrífugas generadas por los álabes 56 giratorios se portan mediante unas porciones de los rebordes 50 directamente por debajo de cada álabe 56 del rotor. La rotación del conjunto 40 de rotor y los álabes 56 imparte energía al aire, el cual se acelera inicialmente y a continuación se decelera por difusión, para recuperar energía para presurizar o comprimir el aire. La trayectoria de flujo interior en sentido radial está limitada en sentido circunferencial por los álabes 56 del rotor adyacentes y está limitada en sentido radial con un refuerzo (que no se muestra).

Cada uno de los álabes 56 del rotor incluye un borde 60 de entrada, un borde 62 de salida, y un perfil 64 aerodinámico que se extiende entre los mismos. El perfil 64 aerodinámico incluye un lado 76 de succión y un lado 78 de presión opuesto en sentido circunferencial. Los lados 76 y 78 de succión y de presión, respectivamente, se extienden entre los bordes 60 y 62 de entrada y de salida separados entre sí en sentido axial, respectivamente, y se extienden en la extensión radial entre una punta 80 de álabe del rotor y una raíz 82 de álabe del rotor. Una cuerda 84 de álabe se mide entre los bordes 62 y 60 de salida y de entrada de álabe del rotor, respectivamente.

Cada perfil 64 aerodinámico también incluye un sistema 90 amortiguador. En la realización a modo de ejemplo, sólo los rotores 44 de primera etapa incluyen un sistema 90 amortiguador. En otra realización, las etapas adicionales de los rotores 44 que se extienden a través del conjunto 40 de rotor incluyen un sistema 90 amortiguador. Durante el funcionamiento, tal como se describe con más detalle a continuación, el sistema 90 amortiguador amortigua los modos de perfil aerodinámico en el interior del conjunto 40 de rotor para facilitar la amortiguación de la vibración inducida en el conjunto 40 de rotor.

La figura 3 es una vista frontal agrandada del perfil 64 aerodinámico de álabe del rotor que incluye el sistema 90 amortiguador. La figura 4 es una vista lateral del perfil 64 aerodinámico y el sistema 90 amortiguador. El perfil 64 aerodinámico incluye una cavidad 100 de bolsa que se extiende desde una superficie 102 externa del lado 76 de succión de cuerpo de perfil aerodinámico hacia el lado 78 de presión de cuerpo de perfil aerodinámico. En una realización, la cavidad 100 está mecanizada en el perfil 64 aerodinámico. De forma más específica, la cavidad 100 se extiende una distancia 104 en sentido radial hacia dentro desde la superficie 102 externa del perfil aerodinámico. La profundidad de cavidad 104 es menor que el espesor (que no se muestra) del perfil 64 aerodinámico que se mide entre el lado 76 de succión del perfil aerodinámico y el lado 78 de presión del perfil aerodinámico.

La cavidad 100 tiene una anchura 110 que se mide desde un borde 112 de entrada hasta un borde 114 de salida. La anchura 110 de la cavidad es más pequeña que la cuerda 84 de álabe del perfil aerodinámico, de tal modo que cada uno de los bordes 112 y 114 de entrada y de salida de cavidad, respectivamente, se encuentran a una distancia 116 y 118 respectiva desde los bordes 60 y 62 de entrada y de salida del perfil aerodinámico. Además, la cavidad 100 tiene una altura 120 que se extiende desde un borde 122 de debajo hasta un borde 124 de arriba que es menor que

la extensión radial del perfil 64 aerodinámico. En la realización a modo de ejemplo, la cavidad 100 tiene una forma sustancialmente rectangular que incluye unas esquinas 126 redondeadas. De forma alternativa, la cavidad 100 tiene una forma no rectangular. Los bordes 112 y 114 de entrada y de salida de cavidad, respectivamente, están conectados con los bordes 122 y 124 de debajo y de arriba de cavidad, respectivamente, con las esquinas 126, y definen una periferia 128 exterior de la cavidad 100.

El sistema 90 amortiguador incluye una pluralidad de capas 130 de material de amortiguador, una capa 132 de restricción y una chapa 134 de cubierta. En una realización, las capas 130 de material de amortiguación se fabrican a partir de un material viscoelástico (VEM). Una primera capa 136 de material de amortiguador se incrusta en la cavidad 100 contra una pared 138 posterior de la cavidad 100. De forma más específica, la capa 136 de material de amortiguador se incrusta contra la pared 138 posterior de cavidad una distancia 139 desde el borde 122 de debajo de cavidad. El material 140 adhesivo se extiende entre la capa 136 de material de amortiguador y el borde 122 de debajo de cavidad.

La capa 132 de restricción se inserta en el interior de la cavidad 100 contra la capa 136 de material de amortiguador. En una realización, la capa 132 de restricción se fabrica a partir de titanio. De forma más específica, la capa 132 de restricción se extiende entre los bordes 124 y 122 de arriba y de debajo de cavidad, respectivamente, y se sujeta en su posición contra la capa 136 de material de amortiguador con un material 140 adhesivo. En una realización, el material 140 adhesivo es AF191, comercialmente disponible de 3M Bonding Systems, St. Paul, MN 55144. En otra realización, el sistema 90 amortiguador incluye una pluralidad de capas 132 de restricción apiladas una junto a otra y que se mantienen unidas con un material 140 adhesivo.

Una segunda capa 144 de material de amortiguador se incrusta en la cavidad 100 contra la capa 132 de restricción. La segunda capa 144 de material de amortiguador se extiende entre los bordes 124 y 122 de arriba y de debajo de cavidad, respectivamente. Por consiguiente, la capa 132 de restricción se extiende entre las capas 130 de material de amortiguador.

La chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador tiene una anchura 150 que es más ancha que la anchura 110 de la cavidad, y es más estrecha que la cuerda 84 de álabe del perfil aerodinámico (que se muestra en la figura 2). En una realización, la chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador se fabrica a partir de titanio. La chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador también tiene una altura 152 que es más alta que la altura 120 de cavidad, y es más corta que la extensión radial del perfil 64 aerodinámico. En la realización a modo de ejemplo, la chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador tiene un perfil sustancialmente rectangular e incluye unas esquinas 154 inferiores redondeadas. En una realización alternativa, la chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador tiene un perfil no rectangular.

La chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador está sujeta en contacto de sellado con el perfil 64 aerodinámico de álabe del rotor con un material 140 adhesivo que se extiende alrededor de la periferia de la cavidad 128. De forma más específica, la chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador está colocada en relación con la cavidad 100 del perfil aerodinámico de tal modo que una distancia 160 entre un borde de debajo 162 de la chapa 134 de cubierta y el borde 122 de debajo de cavidad es más grande que una distancia 164 entre un borde de arriba 166 de la chapa 134 de cubierta y el borde 124 de arriba de cavidad. Además, la chapa 134 de cubierta está colocada en relación con la cavidad 100 del perfil aerodinámico de tal modo que una distancia 170 entre cada borde 172 lateral de la chapa 134 de cubierta y cada borde 112 y 114 de salida y de entrada de cavidad respectivo, es aproximadamente igual, y menor que la distancia 160 de chapa de cubierta. En una realización, la distancia 162 es aproximadamente dos veces tan larga como la distancia 164. Debido a que la chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador está fijada en contacto de sellado con el perfil 64 aerodinámico, la chapa 134 de cubierta protege las capas 130 de material de amortiguador frente a la exposición a los gases de combustión calientes que fluyen a través del conjunto 40 de rotor.

El material 140 adhesivo se extiende entre cada borde 112, 114, 122 y 124 de cavidad respectivo y cada borde 172, 172, 162 y 166 de chapa de cubierta respectivo. Por consiguiente, se extiende más material 140 adhesivo entre el borde 122 de debajo de cavidad y el borde 162 de debajo de chapa de cubierta que entre cualquier otro borde 112, 114 y 124 de cavidad y un borde 172, 172 y 166 de chapa de cubierta respectivo.

Durante el funcionamiento, a medida que gira el conjunto 40 de rotor, la amortiguación de vibraciones se facilita por las capas 130 de material de amortiguador. De forma más específica, la amortiguación de vibraciones se facilita por las deformaciones por esfuerzo cortante inducidas en el interior de la primera capa 136 de material de amortiguador entre el perfil 64 aerodinámico y la capa 132 de restricción, y en el interior de la segunda capa 144 de material de amortiguador entre la capa 132 de restricción y la chapa 134 de cubierta. El material 140 adhesivo ubicado entre el borde 122 de debajo de cavidad y el borde 162 de debajo de chapa de cubierta facilita portar la carga de fuerza centrífuga inducida en el perfil 64 aerodinámico, pero no impide que la primera capa 136 de material de amortiguador se deforme durante la vibración de flexión en el sentido de la cuerda.

Adicionalmente, durante el funcionamiento, la chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador evita que la capa 132 de restricción se separe de las capas 130 de material de amortiguador. Además, debido a que la chapa 134 de cubierta de sistema amortiguador está fijada al perfil 64 aerodinámico con un material 140 adhesivo, durante la

rotación del conjunto 40 de rotor, la chapa 134 de cubierta induce unas deformaciones por esfuerzo cortante en la segunda capa 144 de material de amortiguador para facilitar la amortiguación de vibraciones en el interior del sistema 90 amortiguador.

- 5 El conjunto de rotor que se describe anteriormente es rentable y sumamente fiable. El conjunto de rotor incluye un sistema amortiguador que facilita la amortiguación de las vibraciones inducidas en cada álabe del rotor. De forma más específica, el sistema amortiguador incluye por lo menos una capa de material de amortiguación, una capa de restricción y una chapa de cubierta. La capa de restricción está fijada en el interior de la cavidad del perfil aerodinámico con un adhesivo. La chapa de cubierta está fijada también al perfil aerodinámico con un adhesivo que se extiende alrededor de la periferia de la cavidad, de tal modo que la chapa de cubierta se encuentra en contacto
- 10 de sellado con el perfil aerodinámico. Durante el funcionamiento, el material adhesivo porta la carga de fuerza centrífuga inducida en el álabe del rotor, mientras que las deformaciones por esfuerzo cortante que se generan en el interior del material de amortiguación amortiguan las vibraciones. Como resultado, el sistema amortiguador facilita la amortiguación de las fuerzas de vibración inducidas en el conjunto de rotor.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de fabricación de un conjunto (40) de rotor para un motor (10) de turbina de gas y facilitar la amortiguación de las vibraciones inducidas en el conjunto de rotor, incluyendo el conjunto del rotor un reborde (50) exterior en sentido radial y una pluralidad de álabes (56) del rotor que se extienden en sentido radial hacia fuera desde el reborde exterior en sentido radial, incluyendo cada uno de los álabes del rotor un perfil (64) aerodinámico que incluye un par de paredes (76, 78) laterales opuestas, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
- 5 formar una cavidad (100) en cada perfil aerodinámico de álabe del rotor que se extiende en sentido radial hacia dentro desde la primera pared lateral del perfil aerodinámico hacia la segunda pared lateral del perfil aerodinámico;
- 10 incrustar una primera capa de un material (136) de amortiguación en el interior de la cavidad del perfil aerodinámico adyacente al perfil aerodinámico; y
- 15 sujetar una capa (132) de restricción al perfil aerodinámico con un adhesivo (140), de tal modo que la capa de restricción es adyacente a la primera capa del material de amortiguación; y
- 20 sujetar una chapa (134) de cubierta al perfil aerodinámico con un adhesivo, de tal modo que la chapa de cubierta se extiende alrededor de una periferia (128) de la cavidad del perfil aerodinámico en contacto de sellado con el perfil aerodinámico.
2. Un conjunto (40) de rotor para un motor (10) de turbina de gas, comprendiendo dicho conjunto de rotor un rotor (44) que comprende un reborde (50) exterior en sentido radial y una pluralidad de álabes (56) del rotor que se extienden en sentido radial hacia fuera desde dicho reborde exterior en sentido radial, comprendiendo cada uno de dichos álabes del rotor un perfil (64) aerodinámico y un sistema (90) amortiguador que comprende por lo menos una capa de un material (130) de amortiguación y una capa (132) de restricción fijada a dicho perfil (64) aerodinámico con un adhesivo (140) y una chapa (134) de cubierta, sujeta dicha chapa de cubierta a dicho perfil aerodinámico de álabe del rotor con un adhesivo (140), en el que cada uno de dichos perfiles (64) aerodinámicos de álabe del rotor comprende una primera pared (76) lateral y una segunda pared (78) lateral y una cavidad (100) entre las mismas, extendiéndose dicha cavidad parcialmente desde dicha primera pared lateral hacia dicha segunda pared lateral, teniendo dicha chapa (134) de cubierta de sistema amortiguador un perímetro exterior más grande que el perímetro exterior de dicha cavidad de pared lateral.
- 25
3. Un conjunto (40) de rotor de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicha chapa (134) de cubierta de sistema amortiguador está configurada de manera fijada a dicho perfil (64) aerodinámico de tal modo que dicha cavidad (100) de pared lateral sea sellada.
- 30
4. Un conjunto (40) de rotor de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que dicho material (130) de amortiguación están afianzados en el interior de dicha cavidad (100) mediante dicha chapa (134) de cubierta.
5. Un conjunto (40) de rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en el que dicho material (130) de amortiguación comprende un material viscoelástico, dicho sistema amortiguador (90) comprende por lo menos una capa (132) de restricción.
- 35
6. Un conjunto (40) de rotor de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicha capa (132) de restricción entre capas (130) de material de amortiguación adyacentes.
7. Un motor (10) de turbina de gas que comprende un conjunto (40) del rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7.

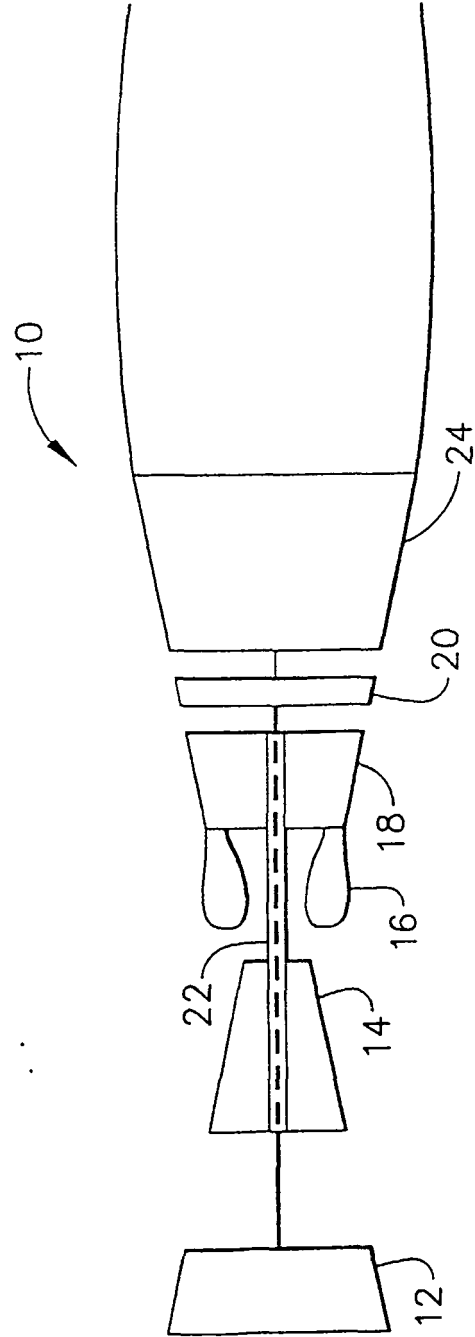


FIG. 1

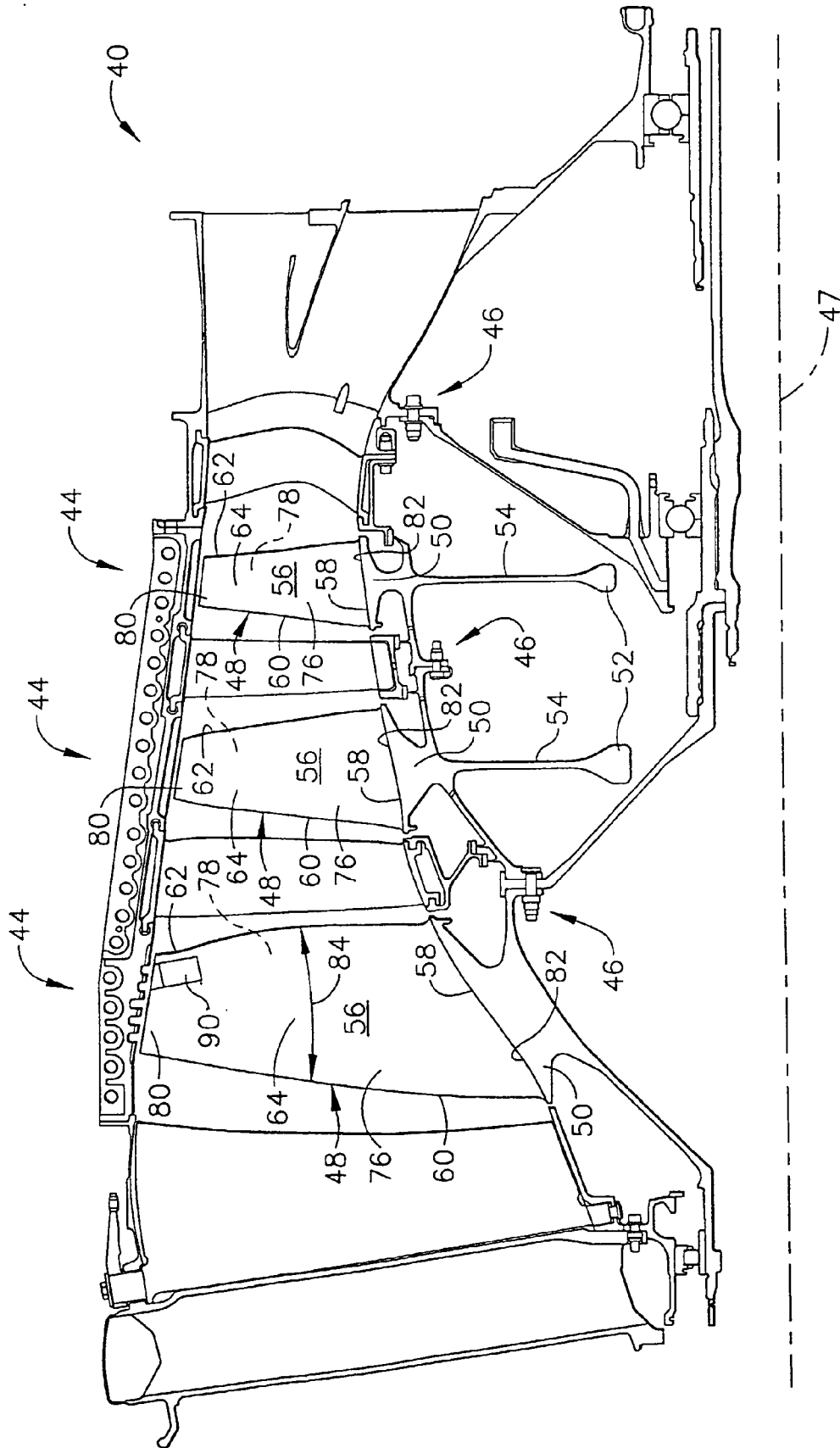


FIG. 2



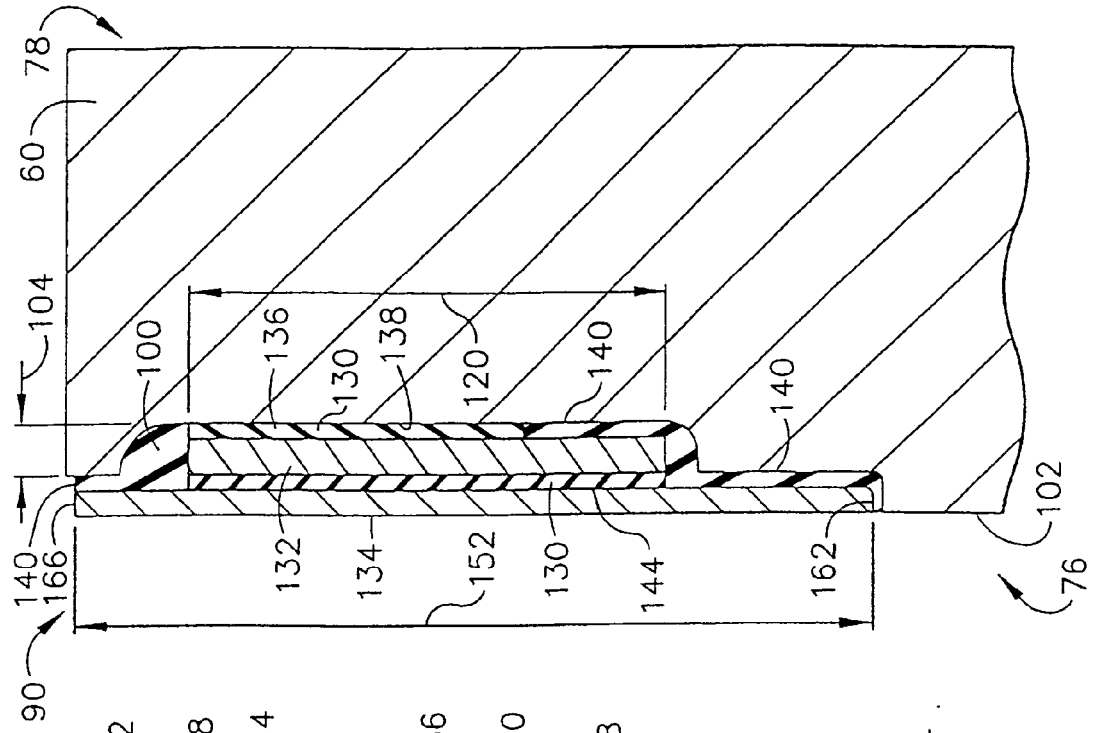


FIG. 4

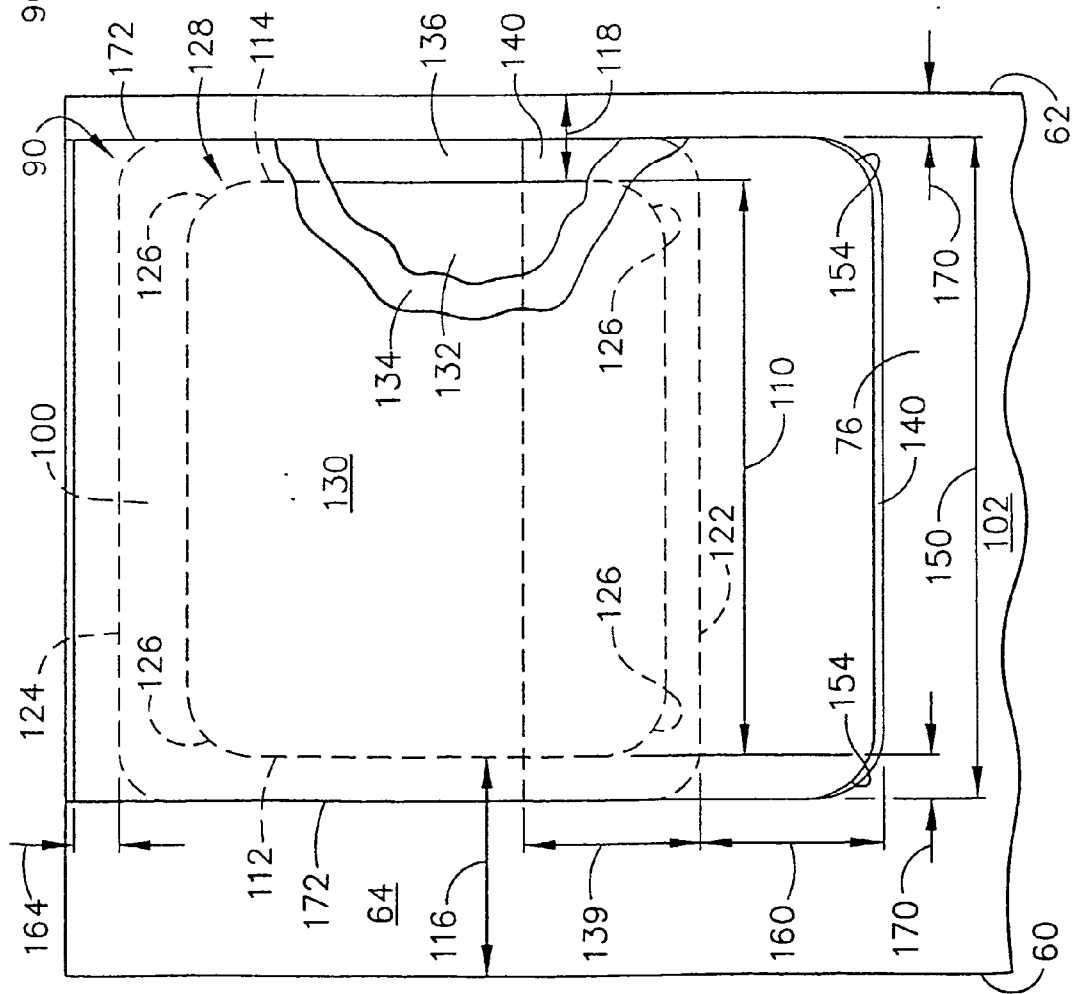


FIG. 3