



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0919590-4 B1



(22) Data do Depósito: 16/10/2009

(45) Data de Concessão: 05/05/2020

(54) Título: LÂMINA DE TURBINA RESFRIADA POR CIRCULAÇÃO INTERNA DE FLUIDO DE RESFRIAMENTO, E, TURBINA

(51) Int.Cl.: F01D 5/08; G05D 23/02; F01D 5/30.

(30) Prioridade Unionista: 22/10/2008 FR 0857154.

(73) Titular(es): SNECMA.

(72) Inventor(es): RÉGIS GROHENS; RENAUD GABRIEL CONSTANT ROYAN.

(86) Pedido PCT: PCT FR2009051975 de 16/10/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/046584 de 29/04/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 20/04/2011

(57) Resumo: LÂMINA DE TURBINA RESFRIADA POR CIRCULAÇÃO INTERNA DE FLUIDO DE RESFRIAMENTO, E, TURBINA Pá de turbina resfriada por circulação interna, automaticamente variável, de fluido de resfriamento. A pá compreende orifícios (22) situados sob o pé de pá (14) pelos quais o fluido de resfriamento penetra e uma plaqueta de regulação (27) munida de furos (29) situados em frente aos orifícios, a plaqueta de regulação tendo um coeficiente de dilatação diferente daquele do pé de pá.

“LÂMINA DE TURBINA RESFRIADA POR CIRCULAÇÃO INTERNA DE FLUIDO DE RESFRIAMENTO, E, TURBINA”

[0001] A invenção se refere a uma lâmina de turbina resfriada por circulação interna de um fluido de resfriamento tal como ar. Ela se refere mais especialmente a um aperfeiçoamento que permite uma regulação automática, passiva, quer dizer não comandada, da vazão de fluido de resfriamento das lâminas de uma roda de rotor de alta pressão em um turborreator de avião, a variação da vazão de fluido de resfriamento sendo função do regime de funcionamento do turborreator.

[0002] Em um turborreator de avião, as lâminas móveis da turbina de alta pressão estão situadas justo na saída da câmara de combustão. Elas são submetidas a temperaturas muito elevadas. É, portanto, necessário resfriá-las em permanência. Procede-se geralmente por circulação interna de um fluido de resfriamento, tipicamente ar retirado na saída do compressor de alta pressão.

[0003] É lembrado que uma tal turbina de alta pressão compreende um disco munido de alvéolos em sua periferia exterior, cada alvéolo recebendo um pé de lâmina. A lâmina é assim fixada ao disco pela ligação de forma definida entre o alvéolo e o dito pé de lâmina.

[0004] Cada lâmina compreende cavidades alimentadas com fluido de resfriamento. Assim, o ar que provém do compressor de alta pressão penetra por algumas perfurações dispostas sob o pé de lâmina, atravessa as cavidades e sai por múltiplos orifícios distribuídos na superfície da lâmina. O ar de resfriamento retirado ao nível do compressor de alta pressão é injetado nos alvéolos do disco para poder penetrar nas lâminas.

[0005] Visto que esse ar de resfriamento é retirado na vazão do compressor de alta pressão e que ele não participa para a combustão na câmara de combustão, é importante minimizar sua vazão para aumentar o desempenho do reator e portanto diminuir seu consumo específico.

[0006] A invenção resulta da análise seguinte.

[0007] As maiores temperaturas são atingidas na decolagem e durante a fase de subida. É, portanto, durante essas fases que o dano das lâminas é o maior.

[0008] É-se, portanto, levado a considerar uma temperatura máxima admissível na decolagem que permite garantir uma duração de vida prescrita das lâminas. Essa temperatura determina uma certa vazão de ar de resfriamento.

[0009] Em contrapartida, a fase de cruzeiro é a mais longa e a temperatura das lâminas é menor, de cerca de uma centena de graus.

[0010] Seria, portanto, vantajoso reduzir a vazão de ar de resfriamento durante essa fase, o que se traduziria por um aumento da temperatura das lâminas, tolerável em regime de cruzeiro. No entanto, a nova vazão de ar de resfriamento assim calculada seria praticamente a mesma na decolagem e se traduziria por um aumento correspondente da temperatura das lâminas na decolagem, que abrevia consideravelmente a duração de vida dessas últimas. Estima-se que um aumento de 20 graus dessa temperatura na decolagem e durante a fase de subida, seria responsável por uma redução de metade da duração de vida.

[0011] A ideia de base da invenção consiste em só reduzir a vazão de ar de resfriamento (comparado com os valores determinados de acordo com as regras em vigor) para o regime de cruzeiro, ao mesmo tempo em que se recorre a uma regulagem “passiva” da vazão, não comandada, inteiramente pilotada pelas diferenças de temperaturas da lâmina entre sua temperatura em regime de cruzeiro e sua temperatura nos outros regimes, notadamente durante a decolagem.

[0012] Mais precisamente, a invenção se refere portanto a uma lâmina de turbina resfriada por circulação interna de fluido de resfriamento que entra por orifícios situados sob um pé de lâmina, caracterizada pelo fato de que ela compreende uma plaqueta de regulagem munida de furos situados em frente aos ditos orifícios, pelo fato de que essa plaqueta de regulagem é constituída por um material com coeficiente de dilatação diferente daquele que constitui o pé de lâmina e pelo fato de que ela é montada sob o dito pé de lâmina com guia longitudinal e de acordo com um modo de fixação que conserva a possibilidade de um deslocamento relativo entre os furos da plaqueta de regulagem e os orifícios do pé de lâmina de modo que a seção de passagem de fluido aumenta com a temperatura.

[0013] A lâmina em questão pode ser uma lâmina móvel de rotor de turbina,

notadamente uma lâmina de motor de turbina de alta pressão em um turborreator de avião.

[0014] De acordo com um modo de realização vantajoso, a plaqueta de regulagem é feita de cerâmica, de baixo coeficiente de dilatação comparado com aquele do pé de lâmina.

[0015] De modo conhecido em si, o pé de lâmina compreende, em sua parte inferior, uma plaqueta de calibragem metálica na qual são definidos os orifícios precitados. Esses orifícios estão, portanto, em correspondência parcial com os furos da dita plaqueta de regulagem. A plaqueta metálica é por exemplo soldada sob o pé de lâmina.

[0016] Vantajosamente, a dita plaqueta de regulagem é fixada em uma só de suas extremidades ao dito pé de lâmina, o que preserva a livre dilatação do pé de lâmina em relação à plaqueta.

[0017] De acordo com um modo de realização, a plaqueta é introduzida em uma guia retilínea solidária do pé de lâmina, para impedir a rotação da plaqueta em relação ao pé de lâmina.

[0018] Para melhor explorar a amplitude da variação de comprimento do pé de lâmina (quer dizer da plaqueta de calibragem), os orifícios situados sob o pé de lâmina podem ter uma forma triangular.

[0019] De acordo com uma outra característica vantajosa, os furos da plaqueta de regulagem podem ter uma forma quadrada ou retangular.

[0020] A invenção também se refere a uma turbina que compreende um disco e lâminas fixadas na periferia desse disco, cada lâmina sendo de acordo com a definição que precede.

[0021] A invenção será melhor compreendida e outras vantagens dessa última aparecerão melhor à luz da descrição que vai se seguir, dada unicamente a título de exemplos e feita em referência aos desenhos anexos, nos quais:

- a figura 1 representa em perspectiva explodida, uma lâmina de acordo com a invenção e uma parte de um disco de rotor;
- a figura 2 é uma vista esquemática de baixo do pé de lâmina na

decolagem;

- a figura 3 é uma vista esquemática parcial de baixo, do pé de lâmina, que ilustra a variação de vazão.

[0022] Foi representada uma lâmina móvel de turbina 11 composta por uma pá 12 e por um pé de lâmina 14. A pá é separada do pé de lâmina por uma plataforma 15. Uma roda de turbina é constituída por um disco 17 e por uma pluralidade de tais lâminas. O disco 17 compreende, em sua periferia, alvéolos 19. Cada alvéolo tem um perfil que corresponde àquele de um pé de lâmina 14 de modo que cada lâmina é fixada ao disco pela ligação de forma definida entre o alvéolo e o pé de lâmina. As plataformas 15 reconstituem a parede interna da corrente de escoamento dos gases quentes ejetados da câmara de combustão do turborreator. Essa disposição é conhecida e não será descrita mais em detalhe. É sabido também que é necessário resfriar as lâminas visto que essa turbina é acionada pelo escoamento dos gases quentes. Para fazer isso, cada lâmina é vazada e compreende cavidades 20 alimentadas por orifícios 22, calibrados, situados sob o pé de lâmina. Uma circulação interna de fluido de resfriamento é assim mantida em cada lâmina. Mais precisamente, ar é retirado ao nível de um compressor de alta pressão normalmente encarregado de alimentar com comburente a câmara de combustão. Esse ar é canalizado na direção dos alvéolos 19 do disco 17, ele penetra pelos orifícios 22 situados sob os pés de lâmina, escoam nas cavidades internas 20 e é evacuado por múltiplos orifícios que desembocam na superfície da pá 12.

[0023] Para a calibragem da vazão de ar, uma plaqueta de calibragem 25, metálica, é fixada, geralmente por brasagem, na face interna do pé de lâmina 14. Essa plaqueta de calibragem 25, sob a forma de uma lingueta retangular estreita compreende um certo número de perfurações que definem os orifícios 22. Os coeficientes de dilatação do pé de lâmina 14 e da plaqueta 25 são idênticos de modo que o conjunto se dilata em função da temperatura. Essa dilatação é aproveitada, no âmbito da invenção, para fazer variar a vazão de ar de resfriamento.

[0024] Mais especialmente, uma plaqueta de regulação 27 constituída por um material com coeficiente de dilatação diferente daquele que constitui o pé de lâmina

14 e a plaqueta de calibragem 25, é munida de furos 29 situados em frente aos orifícios 22 da plaqueta de calibragem. A plaqueta de regulagem 27 tem uma forma geral retangular estreita, comparável com aquela da plaqueta de calibragem.

[0025] A dita plaqueta de regulagem 27 é montada sob o pé de lâmina, aqui em frente e em contato com a plaqueta de calibragem 22, com uma guia longitudinal (obtida aqui por uma guia retilínea 33) e de acordo com um modo de fixação que preserva a possibilidade de um deslocamento relativo entre os furos 29 da plaqueta de regulagem e os orifícios 22 do pé de lâmina (aqui da plaqueta de calibragem) de modo que a seção de passagem de fluido aumenta com um aumento de temperatura.

[0026] Mais precisamente, a plaqueta de regulagem 27 é feita de material cerâmico ou compósito comum coeficiente de dilatação muito baixo comparado com aquele do pé de lâmina e da plaqueta de calibragem, metálicos.

[0027] Os orifícios de entrada 22 definidos sob o pé de lâmina estão em correspondência com os furos 29 da plaqueta de regulagem 27. Essa plaqueta de regulagem é fixada em uma só de suas extremidades ao dito pé de lâmina por um elemento de ancoragem 31. A plaqueta de regulagem 27 é mantida na guia retilínea 33 solidária do pé de lâmina 14 ou da plaqueta de calibragem 25. Ela é aplicada contra a plaqueta de calibragem pela força centrífuga.

[0028] Desse modo, na decolagem, a lâmina móvel 11 que é naturalmente levada a uma temperatura mais elevada é levada a se dilatar em seu conjunto. Ao nível do pé de lâmina 14, é observada uma variação da correspondência entre os orifícios 22 da plaqueta de calibragem e os furos 29 da plaqueta de regulagem 27, visto que essa última praticamente não se alonga. Como o mostra a figura 2, essa variação relativa se traduz por uma seção de entrada disponível máxima para o ar de resfriamento, na decolagem. Basta calibrar essa seção para que a temperatura na decolagem atinja um máximo em um valor que garante uma duração de vida prescrita da lâmina. Em contrapartida, em regime de cruzeiro, a contração do pé de lâmina que resulta de um abaixamento de temperatura da lâmina se traduz por uma diminuição da seção de alimentação do ar de resfriamento (figura 3) e

consequentemente por uma retirada menor da vazão de ar no compressor. Resulta daí um aumento do rendimento global do turborreator, em regime de cruzeiro. Se a vazão só é diminuída durante o regime de cruzeiro, a duração de vida das lâminas só diminui de um pequeno valor, da ordem de 15 %. Isso pode ser facilmente compensado aumentando-se ligeiramente a vazão durante a fase decolagem-subida. Em definitivo, preserva-se a duração de vida prescrita das lâminas ao mesmo tempo em que se aumenta os desempenhos do turborreator, reduzindo-se o consumo específico desse último em regime de cruzeiro.

[0029] Para otimizar a variação de vazão em função das diferenças de dilatação entre o pé de lâmina e a plaqueta de regulagem, foi dada uma forma triangular às perfurações da plaqueta de calibragem e uma forma quadrada ou retangular aos furos da plaqueta de regulagem.

[0030] De acordo com o exemplo, cada orifício 22 tem uma superfície de 3,5 mm². Em frente a cada orifício da plaqueta de calibragem, se encontra um furo 29 quadrado ou retangular da plaqueta de regulagem. A borda desse furo se encontra em coincidência com o lado transversal do triângulo para uma temperatura do pé de lâmina na decolagem de 580°C.

[0031] Depois da decolagem, o pé de lâmina se retrai, o que provoca uma obturação parcial do orifício triangular na proximidade de sua base transversal. Quando o turborreator está em regime de cruzeiro, a temperatura é levada de volta a 450°C. A contração do pé de lâmina vista pela plaqueta cerâmica é de 0,025 mm. Daí resulta uma diminuição da seção de 2,8 %. A redução da vazão consumida pela lâmina móvel em regime de cruzeiro é proporcional a essa redução de superfície.

REIVINDICAÇÕES

1. Lâmina de turbina resfriada por circulação interna de fluido de resfriamento que entra por orifícios (22) situados sob um pé de lâmina (14), caracterizada pelo fato de que ela compreende uma plaqueta de regulagem (27) munida de furos (29) situados em frente aos ditos orifícios (22), pelo fato de que essa plaqueta de regulagem (27) é constituída por um material com coeficiente de dilatação diferente daquele que constitui o pé de lâmina e pelo fato de que ela é montada sob o dito pé de lâmina com guia longitudinal e de acordo com um modo de fixação (31) que conserva a possibilidade de um deslocamento relativo entre os furos da plaqueta de regulagem e os orifícios do pé de lâmina de modo que a seção de passagem de fluido aumenta com a temperatura.

2. Lâmina de turbina de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que essa lâmina é móvel.

3. Lâmina de turbina de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a dita plaqueta de regulagem (27) é feita de um material com coeficiente de dilatação inferior àquele que constitui o pé de lâmina.

4. Lâmina de turbina de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que a dita plaqueta de regulagem (27) é feita de material cerâmico, com baixo coeficiente de dilatação comparado com aquele do dito pé de lâmina.

5. Lâmina de turbina de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que a dita plaqueta de regulagem (27) é feita de material compósito, com baixo coeficiente de dilatação comparado com aquele do dito pé de lâmina.

6. Lâmina de turbina de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que o dito pé de lâmina compreende em sua parte inferior, uma plaqueta de calibragem (25) metálica na qual são definidos os orifícios (22) precitados, em correspondência com os furos da dita plaqueta de regulagem (27).

7. Lâmina de turbina de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que a dita plaqueta de regulagem (27) é fixada (31) em

uma só de suas extremidades ao dito pé de lâmina.

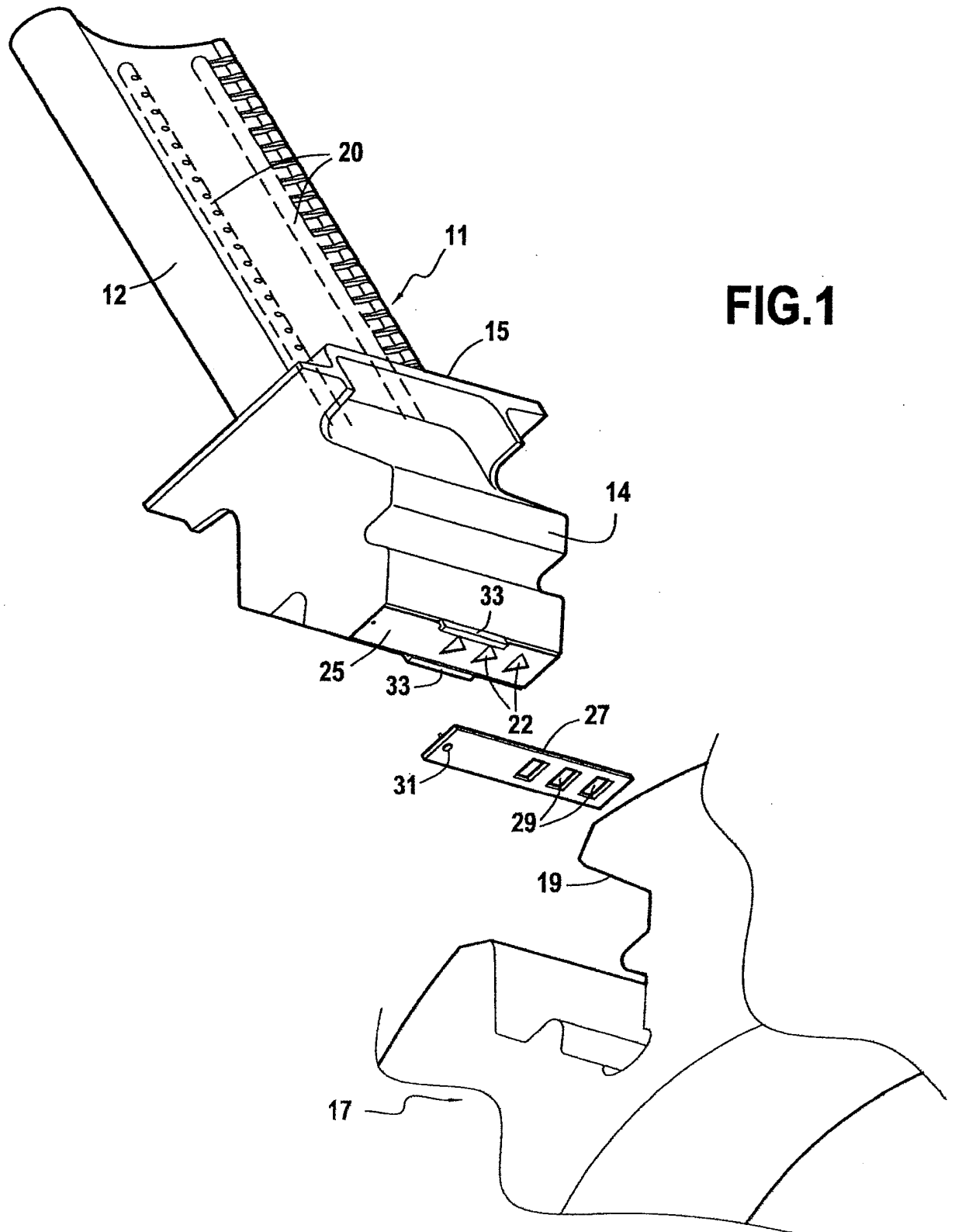
8. Lâmina de turbina de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que a dita plaqueta é introduzida em uma guia retilínea (33) solidária do dito pé de lâmina (14) ou da plaqueta de calibragem (25).

9. Lâmina de turbina de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizada pelo fato de que os orifícios (22) situados sob o pé de lâmina têm uma forma triangular.

10. Lâmina de turbina de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizada pelo fato de que os furos (29) da plaqueta de regulação têm uma forma quadrada ou retangular.

11. Turbina que compreende um disco (17) e lâminas (11), o disco sendo munido de alvéolos (19) em sua periferia que recebem cada um deles um pé de lâmina (14), ar sendo canalizado na direção dos ditos alvéolos, caracterizada pelo fato de que cada lâmina (11) é tal como definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 10.

12. Turbina de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que se trata de uma turbina de alta pressão de um turborreator de avião.



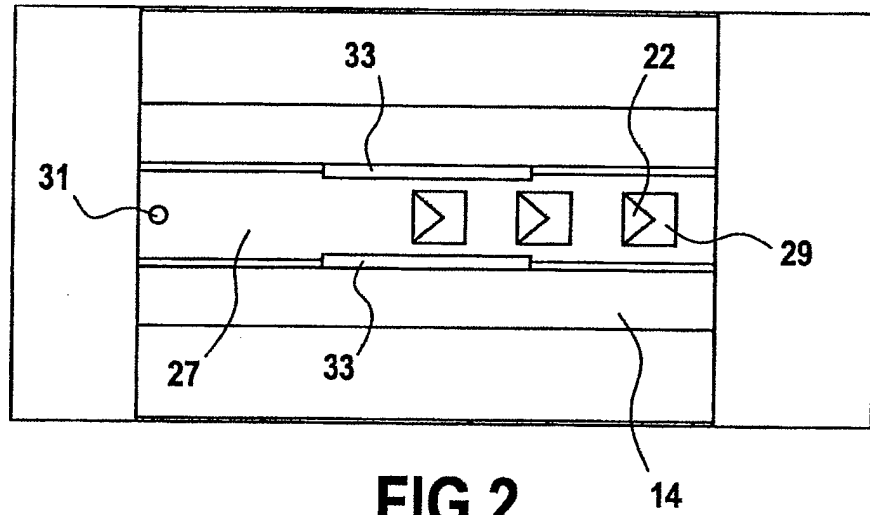


FIG. 2

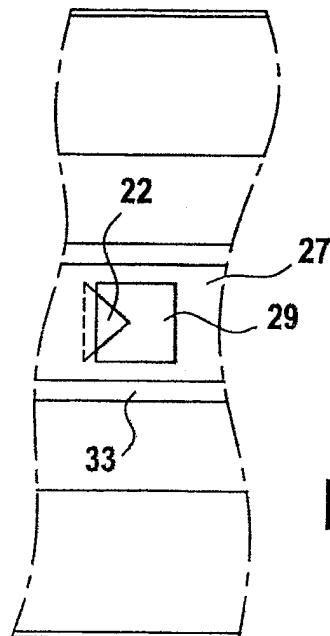


FIG. 3