



(19) INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PORTUGAL

(11) *Número de Publicação:* PT 91839 B

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)

F01D005/28 A

F01D005/34 B

(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) *Data de depósito:* 1989.08.28

(30) *Prioridade:* 1988.09.30 FR 88 12853

(43) *Data de publicação do pedido:*
1990.03.30

(45) *Data e BPI da concessão:*
03/95 1995.03.07

(73) *Titular(es):*

SOCIETE EUROPEENNE DE PROPULSION SA.
24, RUE S.DE ROTHSCHILD 92150 SURESNES FR

(72) *Inventor(es):*

(74) *Mandatário(s):*

VASCO MARQUES LEITE
ARCO DA CONCEIÇÃO 3 1/AND. 1100 LISBOA

PT

(54) *Epígrafe:* RODA DE TURBINA DE GRANDE VELOCIDADE DE MATERIAL COMPÓSITO

(57) *Resumo:*

[Fig.]

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

al 28/8/89

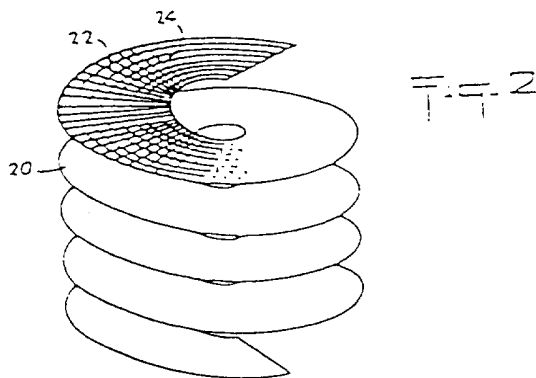
9/8301

- R E S U M O -

"RODA DE TURBINA DE GRANDE VELOCIDADE DE MATERIAL COM PÓSITO"

O presente invento diz respeito a uma roda de turbina de grande velocidade que compreende uma parte central, ou jante, e pás periféricas. A roda é constituída por uma só peça de material compósito reforçado por material fibroso densificado por uma matriz. Este reforço é formado por meio de um tecido helicoidal (20) com fibras orientadas radialmente e fibras orientadas circunferencialmente, variando a proporção de fibras na direcção radial e a proporção de fibras na direcção circunferencial ao longo de um raio da roda em função da variação das restrições radiais e das restrições circunferenciais respectivamente e que se exercem sobre a roda durante a sua utilização. Pelo menos uma parte das fibras na direcção circunferencial na jante são de um material de grande resistência mecânica, ao passo que pelo menos uma parte das fibras na direcção circunferencial nas pás e das fibras na direcção radial são de um material de grande resistência às altas temperaturas e às agressões químicas.

Figura 2.



1
5
10
15
20
25
30
35

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

28 SET 1983

1
5
10
15
20
25
30
35

Descrição do objecto do invento
que

SOCIÉTÉ EUROPEENNE DE PROPULSION,
Société Anonyme, francesa, indus-
trial, com sede em 24, Rue Salomon
de Rothschild, 92150 Suresnes,
França, pretende obter em Portugal
para: "RODA DE TURBINA DE GRANDE VE
LOCIDADE DE MATERIAL COMPÓSITO".

O presente invento diz respeito a uma roda
de turbina de material compósito prevista para uma
utilização a grande velocidade, designadamente para
um motor aeronáutico. A expressão "utilização a gran
de velocidade" significa na presente uma velocidade
linear periférica superior a 500 m/s.

Foi já proposto, designadamente no documen-
to FR-A-2 476 766, constituir-se numa só peça uma ro-
da de turbina de material compósito que compreende
uma parte central, ou jante, com pás na periferia. O
material compósito é constituído por um reforço fibro
so densificado por uma matriz, sendo a orientação das
fibras determinada em função das restrições que se
exercem na roda durante a sua utilização.

O objectivo do presente invento é proporcio
nar uma roda de turbina deste tipo que tenha comporta
mentos claramente melhorados, tanto no plano mecânico
como no da resistência às altas temperaturas e às
agressões químicas.

Este objectivo é atingido pelo facto, e de

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

W. S. S. 179

1 acordo com o invento de o reforço fibroso ser forma-
do por um tecido helicoidal com fibras orientadas ra
dialmente e fibras orientadas circunferencialmente,
5 variando a proporção de fibras em direcção radial e
a proporção de fibras em direcção circunferencial ao
longo de um raio da roda em função da variação das
restricções radiais e das restricções circunferenciais,
que se exercem sobre a roda durante a sua utilização,
10 e, pelo menos uma parte das fibras de direcção circun-
ferencial da jante, ser de material com grande resis-
tência macânica, como o carbono, ao passo que, pelo
menos, uma parte, das fibras em direcção circunferen-
cial nas pás e das fibras em direcção radial ser de
15 material com grande resistência às altas temperaturas
e às agressões químicas, como o carboneto de silício.

A combinação de uma proporção de fibras de
evolução simultaneamente em direcção radial e em dire-
cção circunferencial, em função das restricções sofri-
das pela roda, e de uma escolha de materiais com pro-
20 priedades particulares para as fibras em diferentes
partes da roda, permite obter uma roda de turbina ca
paz de suportar restricções elevadas com uma longa du
ração de vida, mesmo num meio química e termicamente
agressivo.

25 O presente invento irá ser melhor compreen-
dido com a leitura da descrição que se segue, a títu-
lo indicativo mas não restritivo, com referência aos
desenhos em anexo, dos quais:

30 - a figura 1 é uma vista esquemática em
perspectiva de uma roda de turbina,

- a figura 2 é uma vista esquemática de um
pedaço de tecido helicoidal utilizado para constituir
o reforço fibroso do material compósito constitutivo
35 de uma roda de turbina de acordo com o invento,

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

28 SET 89

1 - a figura 3 representa a variação das restrições circunferenciais e radiais em função de um raio de roda,

5 - a figura 4 é uma curva que indica de maneira típica a relação entre restrição e deformação de um material compósito constituído por um reforço de fibras refractárias e por uma matriz cerâmica, e

10 - a figura 5 representa a evolução da proporção de fibras no tecido helicoidal em direcção circunferencial e radial, tendo em conta as restrições cuja variação é representada pela figura 3.

15 A figura 1 representa uma roda de turbina 10 que compreende, de maneira clássica, uma jante 12 com a forma de disco anular cuja parte central forma um cubo de roda 14, e pás 16 distribuídas na periferia da jante.

20 De acordo com a invenção, a roda é feita de uma só peça de material compósito cujo reforço fibroso é formado por meio de um tecido helicoidal conforme representado pela figura 2.

25 Os tecidos helicoidais são conhecidos, e o mesmo sucede com o seu processo de fabricação. No exemplo representado, o tecido 20 é formado por fios de urdidura (22) orientados em direcção circunferencial e por fios de trama (24) orientados em direcção radial. A densidade dos fios de urdidura de uma borda à outra do tecido pode ser diminuída ou aumentada afastando ou aproximando os fios de urdidura uns em relação aos outros.

30 A densidade dos fios de trama de uma borda à outra do tecido, isto é, ao longo de um raio, também pode variar se introduzirem os fios de trama em toda ou parte da largura da urdidura e não necessá-

35

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

28/5/89

1 riamente a partir de uma borda desta.

5 Obtém-se uma forma prévia da roda, apertando umas contra as outras espiras do tecido helicoidal em número e proporção de fibras desejada conforme a espessura pretendida para a referida forma prévia, como indicado pelas setas da figura 2. O seu diâmetro exterior é escolhido com dimensões superiores ao da roda a realizar, fasquia incluída, para ter em atenção a diminuição devida pelo acabamento final.

10 De acordo com o presente invento, a proporção de fibras orientadas circunferencialmente e a das fibras orientadas radialmente, é variável em função do raio e com o objectivo de se adaptarem às restrições que a roda sofre no decurso da sua utilização.

15 A figura 3 representa as variações das restrições circunferenciais e radiais numa roda de turbina, constituída por um material isótropo elástico linear, como por exemplo a representada na figura 1, com um diâmetro interior de 33 mm, um diâmetro exterior de 220 mm (fasquia incluída) e um diâmetro exterior de jante de 155 mm.

20 Conforme indica a curva C da figura 3, as restrições circunferenciais têm um valor que decresce em função do raio a partir do raio interior da jante e com um decrescimento mais acentuado na parte que forma o cubo de roda.

25 Em contrapartida, a curva R da figura 3 mostra que as restrições radiais crescem a partir do raio interior da jante, na parte que forma cubo de roda, para decrescerem em seguida até ao raio exterior da jante. Observa-se um acréscimo súbito e importante das restrições radiais nas bases das pás, após o que as restrições radiais diminuem de maneira regular até

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

28 SET 1989
[Handwritten signature]

1 ao raio exterior da roda.

5 A utilização de um material compósito constituído por uma fibra de cerâmica refractária (como carbono, carboneto de silício, alumina, alumina-sílica, etc.) e por uma matriz cerâmica ou refractária como carboneto de silício, permite diminuir de maneira importante as restrições máximas calculadas na peça.

10 De facto, conforme se pode observar na figura 4, a curva de resistência à tracção desse material apresenta, para além da fase elástica (zona A), uma fase "plástica" que se atribui em geral a uma microfissura da matriz. Um material compósito cerâmico deste tipo adapta-se, portanto, à sobrerestrição local sem ruptura frágil nem propagação de ruptura ulterior ao conjunto da peça. Estes materiais permitem diminuir as restrições circunferenciais ao nível da mandrilagem em 20 a 25% aproximadamente.

20 A adaptação na forma prévia da proporção de fibras aos valores das restrições em direcção circunferencial e em direcção radial é realizada fazendo evoluir as proporções relativas de fios de urdidura (fios circunferenciais) e fios de trama (fios radiais) entre a borda interior e a borda exterior do tecido helicoidal (isto é, ao longo de um raio). Por outras palavras, a proporção de fios de urdidura é maior que a dos fios de trama nas zonas onde as restrições circunferenciais são maiores que as restrições radiais, e inversamente.

30 Na figura 5, que representa um sector do tecido helicoidal, a evolução da proporção r/c ao longo de um raio está indicada, sendo r a proporção relativa de fios radiais e c a proporção relativa de fios circunferenciais. Numa primeira zona, correspondente
35 ao cubo de roda da jante, a proporção r/c é em média

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

28 SET 1989

1 igual a 30/70, porque as restrições nesse nível se
exercem essencialmente na direcção circunferencial.
2 Numa segunda zona, correspondente ao resto da jante
3 com excepção da parte periférica onde estão fixadas
4 as pás, a proporção r/c é em média igual a 50/50.
5 Numa terceira zona, correspondente à parte de fixa-
6 ção das pás na jante (bases de jantes), a proporção
7 r/c é em média igual a 70/30, porque as restrições
8 se exercem essencialmente na direcção radial. Final-
9 mente, numa quarta zona correspondente à fasquia no
10 exterior da jante, a proporção r/c evolui desde o va-
11 lor 70/30 até ao valor 33/66 que é naturalmente obti-
12 do com fios radiais que se prolongam ao longo das pás,
13 sem regresso intermédio (do que resulta um decréscimo
14 progressivo da proporção de fios radiais), e com fios
15 circunferenciais espaçados com intervalos iguais (do
16 que resulta uma proporção de fios circunferenciais
17 aproximadamente constante). Como é obvio, não há des-
18 continuidade brusca da proporção r/c na passagem de
19 uma zona para a outra, porque a modificação desta pro-
20 porção se faz progressivamente.

21 Os valores absolutos da proporção de fibras
22 t_r na direcção radial e da proporção de fibras t_c na
23 direcção circunferencial são escolhidos de maneira a
24 conferir ao produto final a resistência mecânica ne-
25 cessária para suportar as restrições exercidas. Esco-
26 lher-se-á, por exemplo, ao nível do diâmetro inte-
27 rior, uma proporção de fibras circunferenciais sufi-
28 ciente para promover o bom comportamento da roda em
29 relação aos esforços circunferenciais neste nível.
30 No resto da roda, os valores das proporções t_c e t_r
31 são escolhidos para respeitar a evolução previamente
32 determinada da proporção r/c. Tem de se verificar se
33 a proporção de fibras radiais ou circunferenciais é
34

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

Alc 28 5/1989

1 suficiente em zonas particularmente expostas; assim,
uma proporção de fibras radiais mínima deve ser res-
peitada na base da pá, para promover a fixação das
pás. A expressão "proporção de fibras numa zona" si-
5 gnifica na presente a percentagem da superfície da
zona ocupada pelas fibras.

10 Segundo outra característica do presente in
vento, as fibras são escolhidas de maneira a terem
propriedades apropriadas para as condições de utiliza-
ção da roda.

15 No decorrer da utilização da roda, designa-
damente num turbo-reactor, esta está exposta, sobretu-
do na parte periférica, a altas temperaturas e a agres-
sões químicas. Por conseguinte, as fibras radiais,
que podem prolongar-se até ao raio exterior, e as fi-
bras circunferenciais na parte correspondente às pás,
são escolhidas, pelo menos em parte, num material
apropriado em primeiro lugar para resistir às altas
20 temperaturas e agressões químicas, como por exemplo o
carboneto de silício, apesar de ter propriedades mecâ-
nicas inferiores às dos fios de carbono. Em contra-
partida na jante, onde as restrições circunferenciais
são grandes, mas onde as agressões térmicas e quími-
cas são menos fortes, as fibras circunferenciais são
25 escolhidas, pelo menos em parte, num material apropri
ado, para promover restrições mecânicas grandes, como
por exemplo o carbono, apesar de este não oferecer
boa resistência às altas temperaturas e às agressões
químicas em comparação com a do carboneto de silício.
30 Assim, quando se tece o tecido helicoidal, as fibras
de urdidura são por exemplo de carbono, na parte cor-
respondente à jante, e de carboneto de silício na
parte correspondente à fasquia, ao passo que os fios
de trama são de carboneto de silício.

al 28/5/89

1 Quando a forma prévia da roda for realizada
por meio de aperto das espiras de tecido helicoidal,
e no seguimento do que atrás se referiu, aquela é man
tida sem alteração por meio de impregnação de uma re
5 sina fugitiva de modo a poder ser finalizada à máqui-
na para se obter um esboço. Este é seguidamente colo-
cado numa aparelhagem para ser densificado pelo mate-
rial que constitui a matriz do material compósito. A
densificação é realizada de preferência por meio de
10 infiltração em fase vapor do material da matriz, por
exemplo carboneto de silício. O processo de infiltra-
ção do carboneto de silício em fase vapor é conheci-
do; a sua descrição é feita no documento FR-A-2 401
888. A eliminação da resina fugitiva produz-se duran-
te a subida de temperatura que precede a infiltração,
15 sendo o esboço mantido pela aparelhagem. Quando a den-
sificação termina, a roda é acabada nas suas dimensões
definitivas.

20 O depósito do primeiro pedido para o inven-
to acima descrito foi efectuado em França em 30 de Se-
tembro de 1988 sob o N.º. 8812853.

25 - R E I V I N D I C A Ç Õ E S -

30 1ª - Roda de turbina de grande velocidade
que compreende uma parte central, ou jante, e pás pe-
riféricas sendo constituída por uma só peça de mate-
rial compósito formado por um reforço fibroso densi-
ficado por uma matriz, sendo a orientação das fibras
determinada em função das restrições que se exercem
sobre a roda durante a sua utilização, caracterizada
por o reforço fibroso ser formado por meio de um te-
cido helicoidal (20) com fibras orientadas radialmen
35

61.413

Ref: H 11685-Cas 327

01/JJJ/CCL

1 te e fibras orientadas circunferencialmente, variando
a proporção de fibras na direcção radial e a propor-
5 ção de fibras na direcção circunferencial ao longo de
um raio de roda em função da variação das restrições
radiais e das restrições circunferenciais, respectiva-
mente, que se exerce sobre a roda durante a sua utili-
zação, e por uma parte, pelo menos, das fibras na di-
recção circunferencial na jante serem de um material
de grande resistencia mecânica, ao passo que, pelo me-
10 nos, uma parte das fibras na direcção circunferencial
nas pás e das fibras na direcção radial serem de um
material de grande resistencia às altas temperaturas
e às agressões químicas.

15 2ª - Roda de acordo com a reivindicação 1,
caracterizada por uma parte, pelo menos, das fibras
na direcção circunferencial na jante serem de carbono.

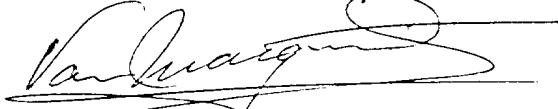
20 3ª - Roda de acordo com uma qualquer das
reivindicações 1 e 2, caracterizada por uma parte, pe-
lo menos, das fibras na direcção circunferencial nas
pás e na direcção radial serem de carboneto de silí-
cio.

25 4ª - Roda de acordo com uma qualquer das
reivindicações 1 a 3, caracterizada por a matriz ser
de carboneto de silício.

28 SET. 1989

Por SOCIÉTÉ EUROPEENNE DE PROPULSION, Société Anonyme.

30 O AGENTE OFICIAL



VASCO MARQUES LEITE

Agente Oficial

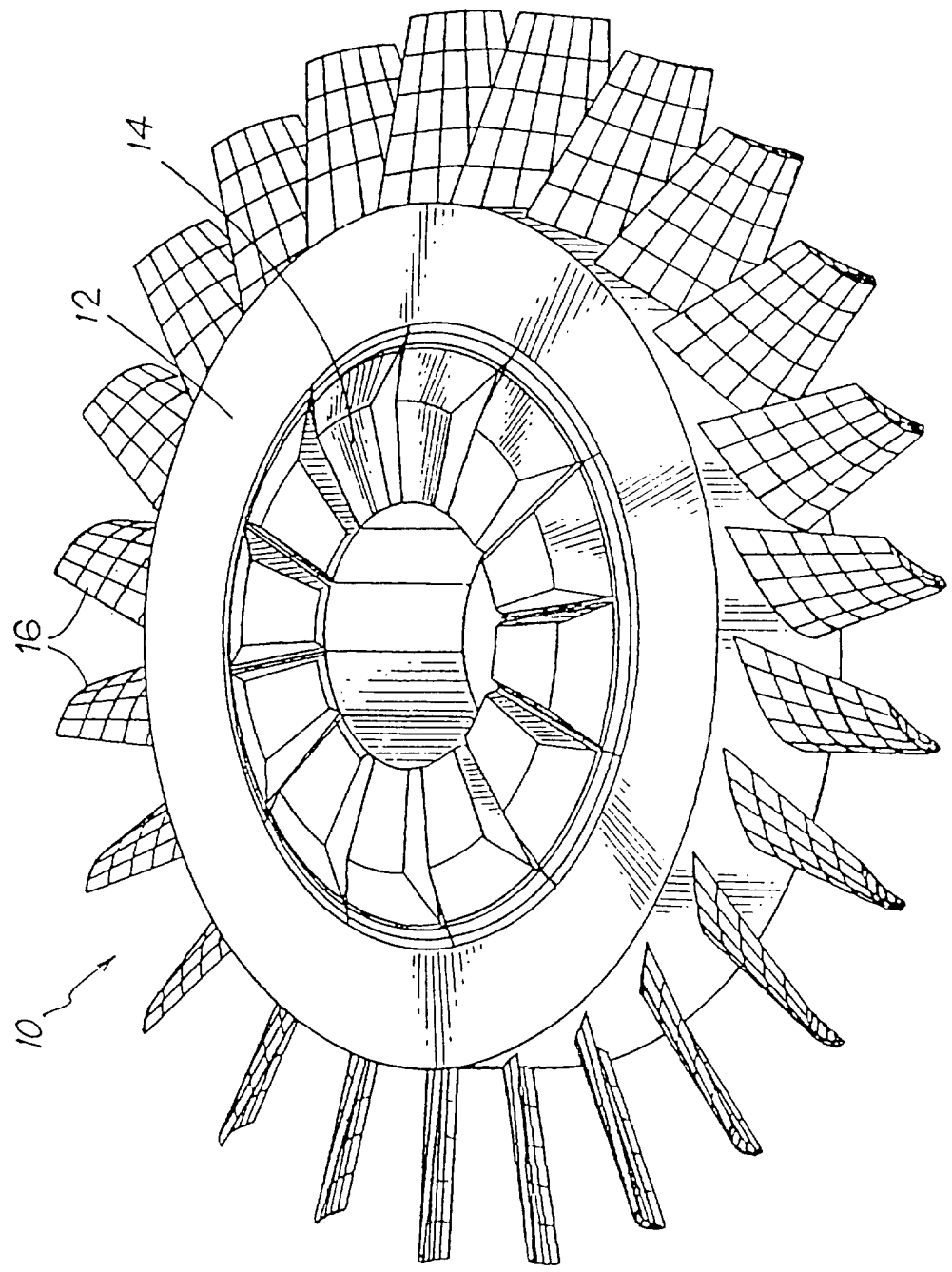
de Propriedade Industrial

Centro de Estudos e Concepção, 3, 1.ª-1108 LISBOA

35

20 527 889

Fig-1



C

C

Fig-3

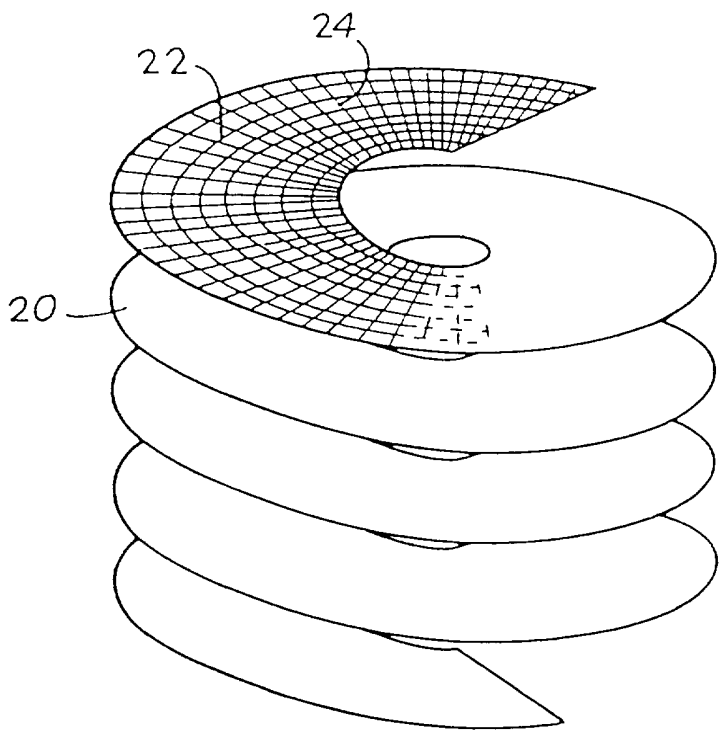
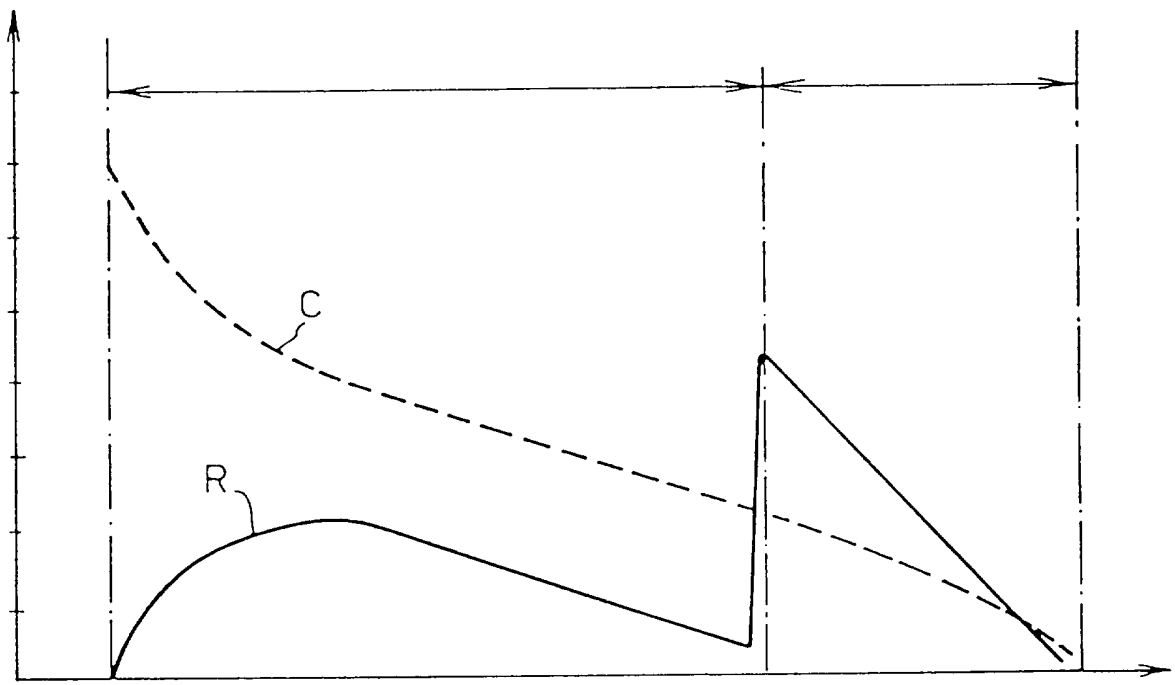


Fig-2

