MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	**101983900000124**
Data Deposito	**27/07/1983**
Data Pubblicazione	**27/01/1985**

Priorità	406.404
Nazione Priorità	US
Data Deposito Priorità	09-AUG-82

Titolo

SISTEMA DI TENUTA ABRASIVA ED ABRADIBILE PER IL PERCORSO DEL GAS IN MOTORI A TURBINA A GAS

UFFICIO BREVETTI RICCARDI & CO.
20129 MILANO-Via M. Melloni, 32

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"SISTEMA DI TENUTA ABRASIVA ED ABRADIBILE PER IL PERCORSO DEI GAS IN MOTORI A TURBINA A GAS"

della UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

Società dello Stato del Delaware

a HARTFORD, Connecticut (U.S.A.)

22263A/83

Inventore: Lawrence Theodore SHIEMBOB

27 LUG. 1983

.=.=.=.=.=.=.=.=.=.=.=.

R I A S S U N T O

Viene descritto un sistema di tenuta abrasivo ed abradibile avente particolare utilità nei motori a turbina a gas. Il sistema di tenuta include uno strato abrasivo (40) che impedisce l'interazione diretta tra componenti (30, 20) aventi un movimento reciproco ed uno strato abradibile (43) che fornisce un grado efficace di tenuta ai fluidi tra i componenti stessi.

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda il campo delle tenute usate in macchinari rotativi per impedire la perdita di fluidi. La presente invenzione riguarda anche il campo delle tenute abrasive che impediscono l'interazione diretta tra componenti in movimento.

I costi dell'energia in aumento hanno favorito un funzionamento efficace dei motori a turbina a gas. L'efficacia può essere aumentata riducendo la perdita. L'efficacia viene perciò migliorata se si riducono le tolleranze e gli interstizi tra parti in movimento strettamente distanziate. Sforzi sostanziali sono stati compiuti nella tecnica nell'area dello sviluppo delle guarnizioni di tenuta. Un tentativo generale é stato quello che viene chiamato rive-

stimenti abradibili. Tali rivestimenti sono atti ad essere facilmente asportati dai componenti in movimento, in modo che permettono ai componenti di arrivare ad una relazione di equilibrio efficiente senza un'usura estensiva del componente. Tipico della tecnica delle guarnizioni abradibili é ciò che viene descritto nei brevetti U.S.A. N° 3.413.136 e 3.879.831. Un sistema alternativo che é stato usato meno ampiamente é la tecnica della guarnizione abrasiva. Nel tipo di guarnizione abrasiva, un componente in movimento viene rivestito con un materiale abrasivo e l'altro componente mobile reciprocamente viene posto in stretta vicinanza ad esso in modo che nel funzionamento l'abrasivo taglia l'altro componente lasciano un interstizio minimo tra il componente rivestito di abrasivo ed il componente non rivestito. Tale tecnica viene descritta nel brevetto U.S.A. N° 3.339.933.

Le tecniche di metallurgia delle polveri sono state usate per produrre guarnizioni di tenuta per motori a turbina a gas, e tali tecniche vengono descritte nei brevetti U.S.A. N° 3.844.011 e 3.147.087. E' anche noto nella tecnica di metallurgia delle polveri di produrre articoli aventi densità variabili e contenenti quantità sostanziali di porosità.

Il brevetto U.S.A. N° 3.880.550 descrive una guarnizione di tenuta di metallo pieno per l'uso nella sezione di turbina di motori a turbina a gas avente proprietà che variano attraverso lo spessore della guarnizione.

La presente invenzione riguarda una guarnizione di tenuta composita spruzzata al plasma avente particolare utilità nei motori a turbina a gas, particolarmente quelli del tipo a flusso assiale. Tali motori includono file alternative di palette stazionarie e di pale in movimento, con le pale che sono attaccate alla periferia di dischi rotanti montati su un albero.

UFFICIO BREVETTI RICCARDI & CO.
20129 MILANO-Via M. Melloni, 32

La guarnizione di tenuta della presente invenzione include una parte abrasiva ed una parte abradibile. La guanrizione di tenuta viene applicata alla superficie di un componente di motore ove si verifica l'interazione o dove si prevede l'interazione con un altro componente. La parte abrasiva é immediatamente adiacente al componente, e la parte abradibile é disposta sulla parte abrasiva. Il distanziamento tra i componenti e le dimensioni della guarnizione di tenuta sono disposti in modo tale che nel funzionamento normale si verifica l'interazione tra il componente non rivestito e la parte abradibile della guarnizione di tenuta mentre nel funzionamento anormale, il componente non rivestito fa contatto con il componente abrasivo. Il contatto con il componente abrasivo impedisce il contatto diretto di strofinamento tra i due componenti. La guarnizione di tenuta della presente invenzione ha particolare applicazione nella sezione di compressore di motori a turbina a gas in cui si deve evitare il contatto diretto di componenti al titanio.

Le precedenti ed altre caratteristiche e vantaggi della presente invenzione diverranno più chiari dalla seguente descrizione e dai disegni annessi in cui:

la Fig. 1 é una sezione trasversale parziale di un tipico compressore per motore a turbina a gas.

La Fig. 2 é una vista prospettica mostrante la relazione tra le pale del compressore e la carcassa del compressore.

La Fig. 3 é una vista prospettica mostrante le palette del compressore e la guarnizione di tenuta all'aria interna.

La Fig. 1 illustra una parte in sezione trasversale della sezione di compressore di un moderno motore a turbina a gas. I componenti che sono importanti per la compressione della presente invenzione includono una pluralità di dischi

ruotabili 1 sulla cui periferia esterna é montata una pluralità di pael 2. Le pale ruotano entro la carcassa interna 3 e sono strettamente distanziate rispetto ad essa. Una perdita minima tra le pale e la carcassa interna viene ottenuta mediante la previsione di una guarnizione di tenuta 4 (la guarnizione di tenuta all'aria esterna), montata sulla carcassa interna.

Montate entro la carcassa interna 3 e su di essa vi é una pluralità di palette 5 sulle cui estremità libere interne 6 é montata un'altra guarnizione di tenuta 7 (la guarnizione di tenuta all'aria interna) che é strettamente distanziata con i bordi a coltello 8 montati su prolungamenti dei dischi 1. In uno schema di motore alternativo, i dischi non hanno sporgenze integrali, ma sono separati da distanziatori sui quali possono essere montati i bordi a coltello. Il bordo a coltello 8 e la guarnizione di tenuta all'aria interna 7 cooperano per ridurre la perdita e migliorare l'efficacia.

Le guarnizioni di tenuta per cui la presente invenzione é particolarmente adatta sono disposte sulla carcassa interna 3 adiacenti alle estremità libere delle pale 2 (la guarnizione di tenuta all'aria esterna), e sulle estremità libere 6 delle palette 5 (la guarnizione di tenuta all'aria interna). Le guarnizioni di tenuta della presente invenzione sono preferibilmente montate su substrati stazionari atti ad impegnare componenti (non rivestiti) in movimento.

La Fig. 2 é una vista prospettica mostrante la relazione tra le estremità libere delle pale 20 e la carcassa interna 30, e mostrante la guarnizione di tenuta all'aria esterna 40 in maggiore dettaglio. Legata alla carcassa 30 vi é la guarnizione di tenuta 40 della presente invenzione. La forma di realizzazione mostrata é una forma di realizzazione a tre strati che include uno strato abrasivo interno 41 legato alla carcassa 30, uno strato intermedio 42 é legato allo

strato abrasivo 41 ed uno strato abradibile esterno 43 é legato allo strato intermedio 42.

La Fig. 3 é una vista prospettica illustrante l'applicazione di un'altra forma di realizzazione della presente invenzione alle guarnizioni di tenuta all'aria interne. La figura mostra la carcassa interna 30 su cui sono montate una pluralità di palette 50. Integrali con le estremità libere delle palette Vi sono piattaforme o substrati 100 della guarnizione di tenuta all'aria interna su cui la guarnizione di tenuta della presente invenzione é posizionata. Viene mostrata la forma di realizzazione a due strati che comprende uno strato abrasivo interno 111 legato alle piattaforme ed uno strato abradibile esterno 112 legato allo strato abrasivo 111. Nel funzionamento bordi a coltello (non mostrati) agiscono per usurare od abradere una scanalatura nella guarnizione di tenuta per fornire la tenuta stessa.

Per ragioni aerodinamiche, é essenziale che venga minimizzata la perdita, il flusso dei gas tra le punte di pala e la carcassa o le estremità di paletta ed i dischi o distanziatori (qui appresso pala verrà usato come termine per indicare genericamente parti di turbina che interagiscono con le guarnizioni di tenuta). Questo problema viene esacerbato dalle variazioni dimensionali che si verificano durante il funzionamento del motore risultanti dalla temperatura e dalle sollecitazioni.

Nella tecnica precedente sono stati usati materiali di tenuta abradibili. Tali materiali hanno una natura friabile e fragile che permette che essi vengano usurati via senza usura o danno notevole, permettendo che i giochi operativi del motore vengano ridotti e così le prestazioni del motore vengano migliorate.

UFFICIO BREVETTI RICCARDI & CO.
20129 MILANO-Via M. Melloni, 32

Un altro problema significativo si incontra nei compressori di turbina. I componenti del compressore sono generalmente fatti in una lega di titanio. Il titanio é un metallo reattivo e se si verifica strofinamento che comporta componenti di metallo, ne può risultare una combustione prolungata catastrofica. Tale combustione viene incoraggiata nel compressore che può comportare temperature di fino a 482°C e pressioni fino a circa 2064 MPa, ed in combinazione offrono un'atmosfera conduttiva alla combustione.

La presente invenzione rappresenta una originale composizione e struttura di guarnizione di tenuta che fornisce caratteristiche abradibili durante le condizioni operative normali e caratteristiche abrasive durante le condizioni operative anormali. In particolare durante le condizioni operative risultanti nell'escursione della pala nella guarnizione di tenuta maggiori dei limiti di progrettazione, le pale rotanti fanno contatto con una parte abrasiva della guarnizione di tenuta e le pale vengono usurate via. Ciò impedisce il contatto di sfregamento delle pale con la carcassa del motore riducendo così le possibilità di un incendio.

La parte della guarnizione di tenuta che é immediatamente adiacente al componente stazionario (la carcassa interna o le estremità di paletta) é di un materiale abrasivo resistente allo sfregamento. Il termine abrasivo come usato in questa relazione descrive un materiale che allo sfregamento in contatto con un componente di lega di titanio, produrrà un'usura sostanziale del componente in lega di titanio senza che il materiale abrasivo subisca un'usura significativa. Più particolarmente il termine abrasivo verrà usato per denotare quei materiali in cui un'interazione di usura risulterà in almeno l'80% dell'usura totale che si verifica nel componente non rivestito e meno del 20% dell'usura totale che

si verifica nel materiale abrasivo. Per il costituente abradibile, vale l'inverso, vale a dire la maggior parte dell'usura si verifica nel componente abradibile piuttosto che nel componente non rivestito. In particolare almeno il 60% dell'usura in una data interazione si verificherà nel componente abradibile, e meno del 40% si verificherà nel componente non rivestito. Nelle definizioni precedenti, il termine non rivestito significa non avente rivestimento abrasivo od abradibile; possono essere presenti strati protettivi o rivestimenti aventi altre funzioni primarie.

Il complesso di guarnizione di tenuta viene fabbricato mediante un processo di deposizione con spruzzatura al plasma. In un tale processo, il materiale di partenza in forma di polvere, viene riscaldato in un plasma in modo che si verifica almeno il rammollimento superficiale delle particelle di polvere, e la polvere riscaldata viene quindi proiettata ad una velocità elevata contro il substrato per cui si verifica il legamento. Si può impiegare un'ampia varietà di materiali abrasivi includenti carburo di tungsteno, carburo di cromo, nitruro di silicio, ossido di alluminio, carburo di silicio e loro miscele; si possono impiegare dimensioni di particelle da circa 0,037 a circa 0,250 mm. Più particolarmente tuttavia le composizioni abrasive basate sul carburo di tungsteno e sul carburo di cromo sono state impiegate con successo e vengono preferite. Nel caso degli abrasivi intermetallici come carburo di cromo e carburo di tungsteno, si troverà generalmente desiderabile impiegare un legante metallico per assicurare il legame interparticelle ed il legamento delle particelle al substrato. Il legante se impiegato viene selezionato in modo da essere essenzialmente non reattivo con l' abrasivo. Nel caso di carburo di tungusteno, é stata utilizzata una miscela di polvere comprendente circa 88% in peso di car-

buro di tungesteno e circa 12% in peso di un legante al cobalto, mentre nel caso dello strato abrasivo al carburo di cromo é stata utilizzata una polvere contenente circa 75% in peso di Cr_3Cr_2 e circa 25% in peso di una lega composta dall'80% di nichel e 20% di cromo. Si troverà spesso desiderabile impiegare un rivestimento di legame iniziale per assicurare che il materiale abrasivo aderisca al substrato; un tale rivestimento di legame può per esempio comprendere la stessa lega o leghe simili a quelle impiegate come materiale di matrice o materiale legante in un unione con il materiale abrasivo. Altri rivestimenti di legame possono essere impiegati includendo leghe del timo MCrAl in cui M é un materiale scelto dal gruppo consistente in ferro, nichel, cobalto e loro miscele; Cr é cromo in una quantità da circa 5% a 25% in peso; ed Al é alluminio in una quantità da circa 5% a circa 20% in peso. Metalli reattivi come Y, La, Sc, Hf e simili possono essere aggiunti in quantità dell'ordine da 0,1% a 2%.

Lo spessore totale di guarnizione di tenuta varierà generalmente da 0,051 cm a 0,381 cm, lo spessore della parte abradibile esterna varierà da circa il 30% a circa l'80% dello spessore totale. La parte esterna abradibile della guarnizione di tenuta viene anche fabbricata mediante spruzzatura al plasma. I materiali abradibili sono quelli che vengono facilmente abrasi od usurati via; l'abradibilità può essere fornita distendendo particelle di un materiale fragile in una matrice più duttile. Tali particelle disperse fragili possono essere selezionate dal gruppo consistente in grafite, mica, bisolfuro di molibdeno, nitruro di boro, vermiculite, amianto, farina fossile, vetro, riolite, bentonite, cordierite e loro miscele. Si può impiegare una quantità fino a 65% in volume. In aggiunta a questi materiali, l'abradibilità può essere ottenuta fornendo una quantità (fino al 70% in volume) di porosità nel materiale; tale porosità

può essere ottenuta variando i parametri di spruzzatura al plasma od usando particelle più grandi oppure spruzzando assieme un materiale quale un poliestere o un sale, che possono essere successivamente bruciati via o lisciviati via dalla struttura depositata. La matrice preferibilmente contiene da 5% a 25% di Cr, da 0 % a 20% di Al, da 0% a 2% di un materiale scelto dal gruppo consistente in Y, Hf, La, Sc e loro miscele, il resto essendo scelto dal gruppo consistente in ferro, nichel, cobalto e miscele di nichel e cobalto. La quantità totale di materiali fragili e la porosità devono variare dal 30% al 70% in volume. Il brevetto U.S.A. Nº 3.879.831 descrive ampiamente materiali abradibili e viene incorporato in questa relazione per riferimento.

Entro i limiti descritti precedentemente, si può impiegare un'ampia varietà di forme di realizzazione. La forma di realizzazione più semplice é un sistema a due strati avente una parte abrasiva interna adiacente alla carcassa ed uno strato abradibile esterno. L'abrasivo viene scelto dal gruppo precedentemente indicato e si può anche impiegare un sottile rivestimento di legame iniziale. Lo strato interno é privo di porosità intenzionale. Lo spessore della parte interna é da circa il 10% a circa il 50% dello spessore totale della guarnizione di tenuta. La parte abradibile esterna é composta di un materiale di matrice duttile contenente un materiale disperso fragile e/o porosità. Nel sistema a due strati, non vi é alcuna zona di transizione intenzionale tra gli strati, benché in una guarnizione di tenuta a due strati prodotta mediante il procedimento di spruzzatura al plasma, potrebbe essere presente un sottile strato misto intermedio.

Uno schema di guarnizione di tenuta più complesso é uno in cui vi sono tre strati. Lo strato interno é lo stesso dello strato interno nello schema a due

strati contenente abrasivo. Parimenti lo strato esterno é identico in composizione a quello precedentemente descritto rispetto alla forma di realizzazione a due strati ed é composto da una matrice metallica contenente un materiale abradibile e/o porosità intenzionale. La caratteristica distintiva nello schema a tre strati é la presenza di uno strato intermedio intenzionale. In un sistema a tre strati, lo strato intermedio é meno abradibile dello strato abradibile come risultato del contenere un livello ridotto di materiale abradibile e/o porosità. In un altro sistema a tre strati, lo strato intermedio contiene un'aggiunta deliberata di materiale abrasivo, ma ad un livello inferiore a quello presente nello strato interno. Infine é possibile produrre un sistema di tenuta a tre strati con uno strato intermedio in cui la composizione dell'abrasivo e dell'abradibilità varia continuamente entro lo strato intermedio stesso.

E' possibile aumentare il numero di strati con ciascuno strato avente una composizione leggermente diversa da quelli vicini, seguendo lo schema generale di avere un elevato livello di abrasivo in corrispondenza dell'interno della guarnizione di tenuta, ed un elevato livello abradibile in corrispondenza dello esterno della guarnizione di tenuta con entrambi i contenuti di abrasivo e di materiale abradibile che variano attraverso lo spessore della guanrizione di tenuta. Nel caso limite, i contenuti di abrasivo e di materiale abradibile possono essere variati continuamente attraverso lo spessore della guarnizione di tenuta risultando in una guarnizione di tenuta di grado continuamente variabile.

La presente invenzione può essere meglio compresa facendo riferimento al seguente esempio che viene inteso essere esemplificativo piuttosto che limitativo.

ESEMPIO

Vengono fabbricati e provati campioni che simulano una pala ed una carcassa

di compressore (come mostrato nella Fig. 2 precedentemente discussa). I segmenti di carcassa vengono fatti con lega al titanio AMS 4911 e la pala viene fatta di lega al titanio MS 4928. Il segmento di carcassa ha una scanalatura poco profonda corrispondente al percorso di strofinamento priettato.

Alla parte scanalata del segmento di carcassa viene dato il rivestimento dell'invenzione come segue:

1. un rivestimento abrasivo di 88% WC, 12% Co, spesso 0,025 cm viene depositato al plasma usando una torcia al plasma METCO 7MB funzionante a 40 volt, 800 amp, e tenuta a 10,16 cm dalla carcassa. Polvere con una dimensione da 0,042 a 0,074 mm viene depositata mentre la torcia viene traslata ad una velocità di 25,4 cm al minuto rispetto alla carcassa;

2. un rivestimento abradibile di nichel-cromo poroso (80% Ni, 20% Cr), spesso 0,19 cm viene depositato al plasma usando una torcia al plasma METCO 7MB azionata a 38 volt, 500 amp e tenuta ad 11,4 cm di distanza dalla carcassa. Una miscela di polvere di 7 parti di nichel-cromo rispetto a 2 parti di poliestere viene depositata ed il poliestere viene bruciato via usando un trattamento di due ore a 538°C in aria. La struttura risultante contiene circa il 50% di porosità.

La guarnizione di tenuta così applicata comprende un rivestimento abrasivo spesso circa 0,03 cm ed un rivestimento abradibile spesso circa 0,19 cm.

Questa combinazione di guarnizione di tenuta viene valutata traslando la pala (non rivestita) ad una velocità di 20116,8 m al minuto in un percorso parallelo alla scanalatura rivestita mentre si fa avanzare la guarnizione di tenuta verso il rivestimento ad 1,52 cm al minuto finché si effettua il contatto. Il movimento reciproco viene continuato finché la pala é avanzata di 0,84 cm

nel substrato rivestito. La condizione del campione viene valutata periodicamente. Si é osservato che quando il campione di pala sta avanzando nella parte di guarnizione di tenuta abradibile, il rapporto di usura di pala rispetto all'usura di guarnizione é di circa 10:90, ma che quando la pala campione incontra la parte abrasiva, il rapporto di usura pala/guarnizione varia a più di 99:1 e che non si verifica alcuna usura diretta tra titanio e titanio, vale a dire che la pala non rivestita viene abrasa e viene mantenuta l'integrità della carcassa rivestita abrasiva.

RIVENDICAZIONI

1. Apparecchio che include componenti strettamente distanziati tra i quali si verifica un movimento reciproco e tra i quali i giochi ed il flusso di fluido devono essere minimizzati mentre si deve evitare il contatto di strofinamento diretto, caratterizzato dal perfezionamento che comprende: prevedere su un componente un rivestimento di tenuta composito che include uno strato abrasivo su detto componente ed uno strato abradibile su detto strato abrasivo, con lo spessore degli strati abrasivo ed abradibile ed il gioco del componente essendo tali che nel funzionamento normale il componente non rivestito incontra ed abrade lo strato abradibile senza essere abraso significativamente esso stesso, mentre nelle condizioni operative anormali il componente non rivestito incontra e viene abraso dallo strato abrasivo e non fa contatto diretto con il componente rivestito.

2. Apparecchio secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che almeno uno di detti componenti é fabbricato in una lega di titanio.

3. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1 e 2 caratterizzato dal fatto che entrambi detti componenti sono fabbricati in una lega di titanio.

4. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1-3 caratterizzato dal fatto che detto strato abrasivo include come suo costituente abrasivo primario, un materiale scelto dal gruppo consistente in carburo di tungsteno, carburo di cromo, ossido di alluminio, nitruro di silicio, carburo di silicio e loro miscele.

5. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1-4 caratterizzato dal fatto di includere inoltre un rivestimento di legame metallico tra il componente di substrato e lo strato abrasivo.

6. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1-5 caratterizzato dal fatto di includere inoltre uno strato intermedio tra lo strato abrasivo e lo strato abradibile.

7. Apparecchio per macchinario rotativo, caratterizzato dal fatto di includere: (a) un componente stazionario; (b) un rivestimento abrasivo fissato al componente stazionario; (c) un rivestimento abradibile fissato al rivestimento abrasivo; e (d) un componente in movimento distanziato in modo tale che nel funzionamento normale detto componente in movimento interagisce con detto strato abradibile mentre nel funzionamento anormale detto componente in movimento interagisce con detto rivestimento abrasivo e non interagisce con detto componente stazionario.

8. Metodo per fornire simultaneamente tenuta ai fluidi tra due componenti di apparecchio in movimento reciproco mentre si evitano interazioni di strofinamento dannose caratterizzato dal fatto di comprendere le operazioni di: applicare un rivestimento abrasivo aderente ad un componente, applicare un rivestimento abradibile aderente al rivestimento abrasivo, in modo che nel funzionamento normale viene fornita la tenuta mediante l'interazione del componente non rivestito con il rivestimento abradibile mentre l'interazione di strofinamento dannosa tra i componenti viene impedita dal rivestimento abrasivo.

UFFICIO BREVETTI RICCARDI & CO.
20129 MILANO-Via M. Melloni, 32

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

Società dello Stato del Delaware

Il mandatario:

RICCARDI Sergio
Consulente in Proprietà Industriale

MINISTERO dell'INDUSTRIA del COMMERCIO e dell'ARTIG.to
UFF. PROV. IND. COMM. E ART.
MILANO

Numero di serie: 406404

222634/83

Esaminatore assistente: SMITH

Classe 277 ; Sottoclasse 53 ; Gruppo 245 ;

Data di deposito: 9/8/82

Richiedent e: LAWRENCE T. SHIEMBOB, ROCKY HILL, CT.

Titolo dell'invenzione: "SISTEMA DI TENUTA ABRASIVA ED ABRADIBILE PER IL PERCORSO DEI GAS IN MOTORI A TURBINA A GAS"

Inviare corrispondenza a: CHARLES E. SOHL
PATENT SECT., UNITED TECH. CORP.
HARTFORD, CT. 06101

Principale procuratore:

La presente sta a certificare che l'allegata é una copia autentica dai registri dell'Ufficio Brevetti degli Stati Uniti della domanda come originariamente depositata e che é soprai dentificata.

F.to G.V. DORSEY

Ufficiale Certificante

Data: 15 GIUGNO 1983

N° 406404

Timbro rotondo:
Ufficio Brevetti e Marchi degli Stati Uniti
Stanza ricevimento posta
9 AGOSTO 1982

DESCRIZIONE

SISTEMA DI TENUTA ABRASIVA ED ABRADIBILE PER IL PERCORSO DEI GAS IN MOTORI A TURBINA A GAS

Campo della tecnica

La presente invenzione riguarda il campo delle tenute usate in macchinari rotativi per impedire la perdita di fluidi. La presente invenzione riguarda anche il campo delle tenute abrasive che impediscono l'interazione diretta tra componenti in movimento.

Fondamento della tecnica

I costi dell'energia in aumento hanno favorito un funzionamento efficace dei motori a turbina a gas. L'efficacia può essere aumentata riducendo la perdita. L'efficacia viene perciò migliorata se si riducono le tolleranze e gli interstizi tra parti in movimento strettamente distanziate. Sforzi sostanziali sono stati compiuti nella tecnica nell'area dello sviluppo delle guarnizioni di tenuta. Un tentativo generale é stato quello che viene chiamato rive-

stimenti abradibili. Tali rivestimenti sono atti ad essere facilmente asportati dai componenti in movimento, in modo che permettono ai componenti di arrivare ad una relazione di equilibrio efficiente senza un'usura estensiva del componente. Tipico della tecnica delle guarnizioni abradibili é ciò che viene descritto nei brevetti U.S.A. N° 3.413.136 e 3.879.831. Un sistema alternativo che é stato usato meno ampiamente é la tecnica della guarnizione abrasiva. Nel tipo di guarnizione abrasiva, un componente in movimento viene rivestito con un materiale abrasivo e l'altro componente mobile reciprocamente viene posto in stretta vicinanza ad esso in modo che nel funzionamento l'abrasivo taglia l'altro componente lasciano un interstizio minimo tra il componente rivestito di abrasivo ed il componente non rivestito. Tale tecnica viene descritta nel brevetto U.S.A. N° 3.339.933.

Le tecniche di metallurgia delle polveri sono state usate per produrre guarnizioni di tenuta per motori a turbina a gas, e tali tecniche vengono descritte nei brevetti U.S.A. N° 3.844.011 e 3.147.087. E' anche noto nella tecnica di metallurgia delle polveri di produrre articoli aventi densità variabili e contenenti quantità sostanziali di porosità.

Il brevetto U.S.A. N° 3.880.550 descrive una guarnizione di tenuta di metallo pieno per l'uso nella sezione di turbina di motori a turbina a gas avente proprietà che variano attraverso lo spessore della guarnizione.

Descrizione dell'invenzione

La presente invenzione riguarda una guarnizione di tenuta composita spruzzata al plasma avente particolare utilità nei motori a turbina a gas, particolarmente quelli del tipo a flusso assiale. Tali motori includono file alternative di palette stazionarie e di pale in movimento, con le pale che sono attaccate alla periferia di dischi rotanti montati su un albero.

La guarnizione di tenuta della presente invenzione include una parte abrasiva ed una parte abradibile. La guanrizione di tenuta viene applicata alla superficie di un componente di motore ove si verifica l'interazione o dove si prevede l'interazione con un altro componente. La parte abrasiva é immediatamente adiacente al componente, e la parte abradibile é disposta sulla parte abrasiva. Il distanziamento tra i componenti e le dimensioni della guarnizione di tenuta sono disposti in modo tale che nel funzionamento normale si verifica l'interazione tra il componente non rivestito e la parte abradibile della guarnizione di tenuta mentre nel funzionamento anormale, il componente non rivestito fa contatto con il componente abrasivo. Il contatto con il componente abrasivo impedisce il contatto diretto di strofinamento tra i due componenti. La guarnizione di tenuta della presente invenzione ha particolare applicazione nella sezione di compressore di motori a turbina a gas in cui si deve evitare il contatto diretto di componenti al titanio.

Le precedenti ed altre caratteristiche e vantaggi della presente invenzione diverranno più chiari dalla seguente descrizione e dai disegni annessi ~~in cui~~:

Breve descrizione dei disegni

la Fig. 1 é una sezione trasversale parziale di un tipico compressore per motore a turbina a gas.

La Fig. 2 é una vista prospettica mostrante la relazione tra le pale del compressore e la carcassa del compressore.

La Fig. 3 é una vista prospettica mostrante le palette del compressore e la guarnizione di tenuta all'aria interna.

La Fig. 1 illustra una parte in sezione trasversale della sezione di compressore di un moderno motore a turbina a gas. I componenti che sono importanti per la compressione della presente invenzione includono una pluralità di dischi

ruotabili 1 sulla cui periferia esterna é montata una pluralità di pael 2. Le pale ruotano entro la carcassa interna 3 e sono strettamente distanziate rispetto ad essa. Una perdita minima tra le pale e la carcassa interna viene ottenuta mediante la previsione di una guarnizione di tenuta 4 (la guarnizione di tenuta all'aria esterna), montata sulla carcassa interna.

Montate entro la carcassa interna 3 e su di essa vi é una pluralità di palette 5 sulle cui estremità libere interne 6 é montata un'altra guarnizione di tenuta 7 (la guarnizione di tenuta all'aria interna) che é strettamente distanziata con i bordi a coltello 8 montati su prolungamenti dei dischi 1. In uno schema di motore alternativo, i dischi non hanno sporgenze integrali, ma sono separati da distanziatori sui quali possono essere montati i bordi a coltello. Il bordo a coltello 8 e la guarnizione di tenuta all'aria interna 7 cooperano per ridurre la perdita e migliorare l'efficacia.

Le guarnizioni di tenuta per cui la presente invenzione é particolarmente adatta sono disposte sulla carcassa interna 3 adiacenti alle estremità libere delle pale 2 (la guarnizione di tenuta all'aria esterna), e sulle estremità libere 6 delle palette 5 (la guarnizione di tenuta all'aria interna). Le guarnizioni di tenuta della presente invenzione sono preferibilmente montate su substrati stazionari atti ad impegnare componenti (non rivestiti) in movimento.

La Fig. 2 é una vista prospettica mostrante la relazione tra le estremità libere delle pale 20 e la carcassa interna 30, e mostrante la guarnizione di tenuta all'aria esterna 40 in maggiore dettaglio. Legata alla carcassa 30 vi é la guarnizione di tenuta 40 della presente invenzione. La forma di realizzazione mostrata é una forma di realizzazione a tre strati che include uno strato abrasivo interno 41 legato alla carcassa 30, uno strato intermedio 42 é legato allo

strato abrasivo 41 ed uno strato abradibile esterno 43 é legato allo strato intermedio 42.

La Fig. 3 é una vista prospettica illustrante l'applicazione di un'altra forma di realizzazione della presente invenzione alle guarnizioni di tenuta all'aria interne. La figura mostra la carcassa interna 30 su cui sono montate una pluralità di palette 50. Integrali con le estremità libere delle palette Vi sono piattaforme o substrati 100 della guarnizione di tenuta all'aria interna su cui la guarnizione di tenuta della presente invenzione é posizionata. Viene mostrata la forma di realizzazione a due strati che comprende uno strato abrasivo interno 111 legato alle piattaforme ed uno strato abradibile esterno 112 legato allo strato abrasivo 111. Nel funzionamento bordi a coltello (non mostrati) agiscono per usurare od abradere una scanalatura nella guarnizione di tenuta per fornire la tenuta stessa.

Per ragioni aerodinamiche, é essenziale che venga minimizzata la perdita, il flusso dei gas tra le punte di pala e la carcassa o le estremità di paletta ed i dischi o distanziatori (qui appresso pala verrà usato come termine per indicare genericamente parti di turbina che interagiscono con le guarnizioni di tenuta). Questo problema viene esacerbato dalle variazioni dimensionali che si verificano durante il funzionamento del motore risultanti dalla temperatura e dalle sollecitazioni.

Nella tecnica precedente sono stati usati materiali di tenuta abradibili. Tali materiali hanno una natura friabile e fragile che permette che essi vengano usurati via senza usura o danno notevole, permettendo che i giochi operativi del motore vengano ridotti e così le prestazioni del motore vengano migliorate.

Un altro problema significativo si incontra nei compressori di turbina. I componenti del compressore sono generalmente fatti in una lega di titanio. Il titanio é un metallo reattivo e se si verifica strofinamento che comporta componenti di metallo, ne può risultare una combustione prolungata catastrofica. Tale combustione viene incoraggiata nel compressore che può comportare temperature di fino a 482°C e pressioni fino a circa 2064 MPa, ed in combinazione offrono un'atmosfera conduttiva alla combustione.

La presente invenzione rappresenta una originale composizione e struttura di guarnizione di tenuta che fornisce caratteristiche abradibili durante le condizioni operative normali e caratteristiche abrasive durante le condizioni operative anormali. In particolare durante le condizioni operative risultanti nell'escursione della pala nella guarnizione di tenuta maggiori dei limiti di progrettazione, le pale rotanti fanno contatto con una parte abrasiva della guarnizione di tenuta e le pale vengono usurate via. Ciò impedisce il contatto di sfregamento delle pale con la carcassa del motore riducendo così le possibilità di un incendio.

La parte della guarnizione di tenuta che é immediatamente adiacente al componente stazionario (la carcassa interna o le estremità di paletta) é di un materiale abrasivo resistente allo sfregamento. Il termine abrasivo come usato in questa relazione descrive un materiale che allo sfregamento in contatto con un componente di lega di titanio, produrrà un'usura sostanziale del componente in lega di titanio senza che il materiale abrasivo subisca un'usura significativa. Più particolarmente il termine abrasivo verrà usato per denotare quei materiali in cui un'interazione di usura risulterà in almeno l'80% dell'usura totale che si verifica nel componente non rivestito e meno del 20% dell'usura totale che

si verifica nel materiale abrasivo. Per il costituente abradibile, vale l'inverso, vale a dire la maggior parte dell'usura si verifica nel componente abradibile piuttosto che nel componente non rivestito. In particolare almeno il 60% dell'usura in una data interazione si verificherà nel componente abradibile, e meno del 40% si verificherà nel componente non rivestito. Nelle definizioni precedenti, il termine non rivestito significa non avente rivestimento abrasivo od abradibile; possono essere presenti strati protettivi o rivestimenti aventi altre funzioni primarie.

Il complesso di guarnizione di tenuta viene fabbricato mediante un processo di deposizione con spruzzatura al plasma. In un tale processo, il materiale di partenza in forma di polvere, viene riscaldato in un plasma in modo che si verifica almeno il rammollimento superficiale delle particelle di polvere, e la polvere riscaldata viene quindi proiettata ad una velocità elevata contro il substrato per cui si verifica il legamento. Si può impiegare un'ampia varietà di materiali abrasivi includenti carburo di tungsteno, carburo di cromo, nitruro di silicio, ossido di alluminio, carburo di silicio e loro miscele; si possono impiegare dimensioni di particelle da circa 0,037 a circa 0,250 mm. Più particolarmente tuttavia le composizioni abrasive basate sul carburo di tungsteno e sul carburo di cromo sono state impiegate con successo e vengono preferite. Nel caso degli abrasivi intermetallici come carburo di cromo e carburo di tungsteno, si troverà generalmente desiderabile impiegare un legante metallico per assicurare il legame interparticelle ed il legamento delle particelle al substrato. Il legante se impiegato viene selezionato in modo da essere essenzialmente non reattivo con l' abrasivo. Nel caso di carburo di tungusteno, é stata utilizzata una miscela di polvere comprendente circa 88% in peso di car-

buro di tungesteno e circa 12% in peso di un legante al cobalto, mentre nel caso dello strato abrasivo al carburo di cromo é stata utilizzata una polvere contenente circa 75% in peso di Cr_3Cr_2 e circa 25% in peso di una lega composta dall'80% di nichel e 20% di cromo. Si troverà spesso desiderabile impiegare un rivestimento di legame iniziale per assicurare che il materiale abrasivo aderisca al substrato; un tale rivestimento di legame può per esempio comprendere la stessa lega o leghe simili a quelle impiegate come materiale di matrice o materiale legante in un unione con il materiale abrasivo. Altri rivestimenti di legame possono essere impiegati includendo leghe del timo MCrAl in cui M é un materiale scelto dal gruppo consistente in ferro, nichel, cobalto e loro miscele; Cr é cromo in una quantità da circa 5% a 25% in peso; ed Al é alluminio in una quantità da circa 5% a circa 20% in peso. Metalli reattivi come Y, La, Sc, Hf e simili possono essere aggiunti in quantità dell'ordine da 0,1% a 2%.

Lo spessore totale di guarnizione di tenuta varierà generalmente da 0,051 cm a 0,381 cm, lo spessore della parte abradibile esterna varierà da circa il 30% a circa l'80% dello spessore totale. La parte esterna abradibile della guarnizione di tenuta viene anche fabbricata mediante spruzzatura al plasma. I materiali abradibili sono quelli che vengono facilmente abrasi od usurati via; l'abradibilità può essere fornita distendendo particelle di un materiale fragile in una matrice più duttile. Tali particelle disperse fragili possono essere selezionate dal gruppo consistente in grafite, mica, bisolfuro di molibdeno, nitruro di boro, vermiculite, amianto, farina fossile, vetro, riolite, bentonite, cordierite e loro miscele. Si può impiegare una quantità fino a 65% in volume. In aggiunta a questi materiali, l'abradibilità può essere ottenuta fornendo una quantità (fino al 70% in volume) di porosità nel materiale; tale porosità

può essere ottenuta variando i parametri di spruzzatura al plasma od usando particelle più grandi oppure spruzzando assieme un materiale quale un poliestere o un sale, che possono essere successivamente bruciati via o lisciviati via dalla struttura depositata. La matrice preferibilmente contiene da 5% a 25% di Cr, da 0 % a 20% di Al, da 0% a 2% di un materiale scelto dal gruppo consistente in Y, Hf, La, Sc e loro miscele, il resto essendo scelto dal gruppo consistente in ferro, nichel, cobalto e miscele di nichel e cobalto. La quantità totale di materiali fragili e la porosità devono variare dal 30% al 70% in volume. Il brevetto U.S.A. N° 3.879.831 descrive ampiamente materiali abradibili e viene incorporato in questa relazione per riferimento.

Entro i limiti descritti precedentemente, si può impiegare un'ampia varietà di forme di realizzazione. La forma di realizzazione più semplice é un sistema a due strati avente una parte abrasiva interna adiacente alla carcassa ed uno strato abradibile esterno. L'abrasivo viene scelto dal gruppo precedentemente indicato e si può anche impiegare un sottile rivestimento di legame iniziale. Lo strato interno é privo di porosità intenzionale. Lo spessore della parte interna é da circa il 10% a circa il 50% dello spessore totale della guarnizione di tenuta. La parte abradibile esterna é composta di un materiale di matrice duttile contenente un materiale disperso fragile e/o porosità. Nel sistema a due strati, non vi é alcuna zona di transizione intenzionale tra gli strati, benché in una guarnizione di tenuta a due strati prodotta mediante il procedimento di spruzzatura al plasma, potrebbe essere presente un sottile strato misto intermedio.

Uno schema di guarnizione di tenuta più complesso é uno in cui vi sono tre strati. Lo strato interno é lo stesso dello strato interno nello schema a due

strati contenente abrasivo. Parimenti lo strato esterno é identico in composizione a quello precedentemente descritto rispetto alla forma di realizzazione a due strati ed é composto da una matrice metallica contenente un materiale abradibile e/o porosità intenzionale. La caratteristica distintiva nello schema a tre strati é la presenza di uno strato intermedio intenzionale. In un sistema a tre strati, lo strato intermedio é meno abradibile dello strato abradibile come risultato del contenere un livello ridotto di materiale abradibile e/o porosità. In un altro sistema a tre strati, lo strato intermedio contiene un'aggiunta deliberata di materiale abrasivo, ma ad un livello inferiore a quello presente nello strato interno. Infine é possibile produrre un sistema di tenuta a tre strati con uno strato intermedio in cui la composizione dell'abrasivo e dell'abradibilità varia continuamente entro lo strato intermedio stesso.

E' possibile aumentare il numero di strati con ciascuno strato avente una composizione leggermente diversa da quelli vicini, seguendo lo schema generale di avere un elevato livello di abrasivo in corrispondenza dell'interno della guarnizione di tenuta, ed un elevato livello abradibile in corrispondenza dello esterno della guarnizione di tenuta con entrambi i contenuti di abrasivo e di materiale abradibile che variano attraverso lo spessore della guanrizione di tenuta. Nel caso limite, i contenuti di abrasivo e di materiale abradibile possono essere variati continuamente attraverso lo spessore della guarnizione di tenuta risultando in una guarnizione di tenuta di grado continuamente variabile.

La presente invenzione può essere meglio compresa facendo riferimento al seguente esempio che viene inteso essere esemplificativo piuttosto che limitativo.

ESEMPIO

Vengono fabbricati e provati campioni che simulano una pala ed una carcassa

di compressore (come mostrato nella Fig. 2 precedentemente discussa). I segmenti di carcassa vengono fatti con lega al titanio AMS 4911 e la pala viene fatta di lega al titanio MS 4928. Il segmento di carcassa ha una scanalatura poco profonda corrispondente al percorso di strofinamento priettato.

Alla parte scanalata del segmento di carcassa viene dato il rivestimento dell'invenzione come segue:

1. un rivestimento abrasivo di 88% WC, 12% Co, spesso 0,025 cm viene depositato al plasma usando una torcia al plasma METCO 7MB funzionante a 40 volt, 800 amp, e tenuta a 10,16 cm dalla carcassa. Polvere con una dimensione da 0,042 a 0,074 mm viene depositata mentre la torcia viene traslata ad una velocità di 25,4 cm al minuto rispetto alla carcassa;

2. un rivestimento abradibile di nichel-cromo poroso (80% Ni, 20% Cr), spesso 0,19 cm viene depositato al plasma usando una torcia al plasma METCO 7MB azionata a 38 volt, 500 amp e tenuta ad 11,4 cm di distanza dalla carcassa. Una miscela di polvere di 7 parti di nichel-cromo rispetto a 2 parti di poliestere viene depositata ed il poliestere viene bruciato via usando un trattamento di due ore a 538°C in aria. La struttura risultante contiene circa il 50% di porosità.

La guarnizione di tenuta così applicata comprende un rivestimento abrasivo spesso circa 0,03 cm ed un rivestimento abradibile spesso circa 0,19 cm.

Questa combinazione di guarnizione di tenuta viene valutata traslando la pala (non rivestita) ad una velocità di 20116,8 m al minuto in un percorso parallelo alla scanalatura rivestita mentre si fa avanzare la guarnizione di tenuta verso il rivestimento ad 1,52 cm al minuto finché si effettua il contatto. Il movimento reciproco viene continuato finché la pala é avanzata di 0,84 cm

nel substrato rivestito. La condizione del campione viene valutata periodicamente. Si é osservato che quando il campione di pala sta avanzando nella parte di guarnizione di tenuta abradibile, il rapporto di usura di pala rispetto all'usura di guarnizione é di circa 10:90, ma che quando la pala campione incontra la parte abrasiva, il rapporto di usura pala/guarnizione varia a più di 99:1 e che non si verifica alcuna usura diretta tra titanio e titanio, vale a dire che la pala non rivestita viene abrasa e viene mantenuta l'integrità della carcassa rivestita abrasiva.

RIVENDICAZIONI

1. Apparecchio che include componenti strettamente distanziati tra i quali si verifica un movimento reciproco e tra i quali i giochi ed il flusso di fluido devono essere minimizzati mentre si deve evitare il contatto di strofinamento diretto, caratterizzato dal perfezionamento che comprende: prevedere su un componente un rivestimento di tenuta composito che include uno strato abrasivo su detto componente ed uno strato abradibile su detto strato abrasivo, con lo spessore degli strati abrasivo ed abradibile ed il gioco del componente essendo tali che nel funzionamento normale il componente non rivestito incontra ed abrade lo strato abradibile senza essere abraso significativamente esso stesso, mentre nelle condizioni operative anormali il componente non rivestito incontra e viene abraso dallo strato abrasivo e non fa contatto diretto con il componente rivestito.

2. Apparecchio per macchinario rotativo, che include:

(a) un componente stazionario; (b) un rivestimento abrasivo fissato al componente stazionario; (c) un rivestimento abradibile fissato al rivestimento abrasivo; e (d) un componente in movimento distanziato in modo tale che nel funzionamento normale detto componente in movimento interagisce con detto strato abradibile mentre nel funzionamento anormale detto componente in movimento interagisce con detto rivestimento abrasivo e non interagisce con detto componente stazionario.

3. Metodo per fornire simultaneamente tenuta ai fluidi tra due componenti di apparecchio in movimento reciproco mentre si evitano interazioni di strofinamento dannose che comprende:

applicare un rivestimento abrasivo aderente ad un componente, applicare un rivestimento abradibile aderente al rivestimento abrasivo, in modo che nel funzionamento normale viene fornita la tenuta mediante l'interazione del componente non rivestito con il rivestimento abradibile mentre l'interazione di strofinamento dannosa tra i componenti viene impedita dal rivestimento abrasivo.

4. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1, 2 o 3 in cui almeno uno di detti componenti é fabbricato in una lega di titanio.

5. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1, 2 o 3 in cui entrambi detti componenti sono fabbricati in una lega di titanio.

6. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1, 2 o 3 in cui detto strato abrasivo include come suo costituente abrasivo primario, un materiale scelto dal gruppo consistente in carburo di tungsteno, carburo di cromo, ossido di alluminio, nitruro di silicio, carburo di silicio e loro miscele.

7. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1, 2 o 3 in cui include inoltre un rivestimento di legame metallico tra il componente di substrato e lo strato abrasivo.

8. Apparecchio secondo le rivendicazioni 1, 2 o 3 in cui include inoltre uno strato intermedio tra lo strato abrasivo e lo strato abradibile.

SISTEMA DI TENUTA ABRASVIA ED ABRADIBILE PER IL PERCORSO DEI GAS IN MOTORI A TURBINA A GAS

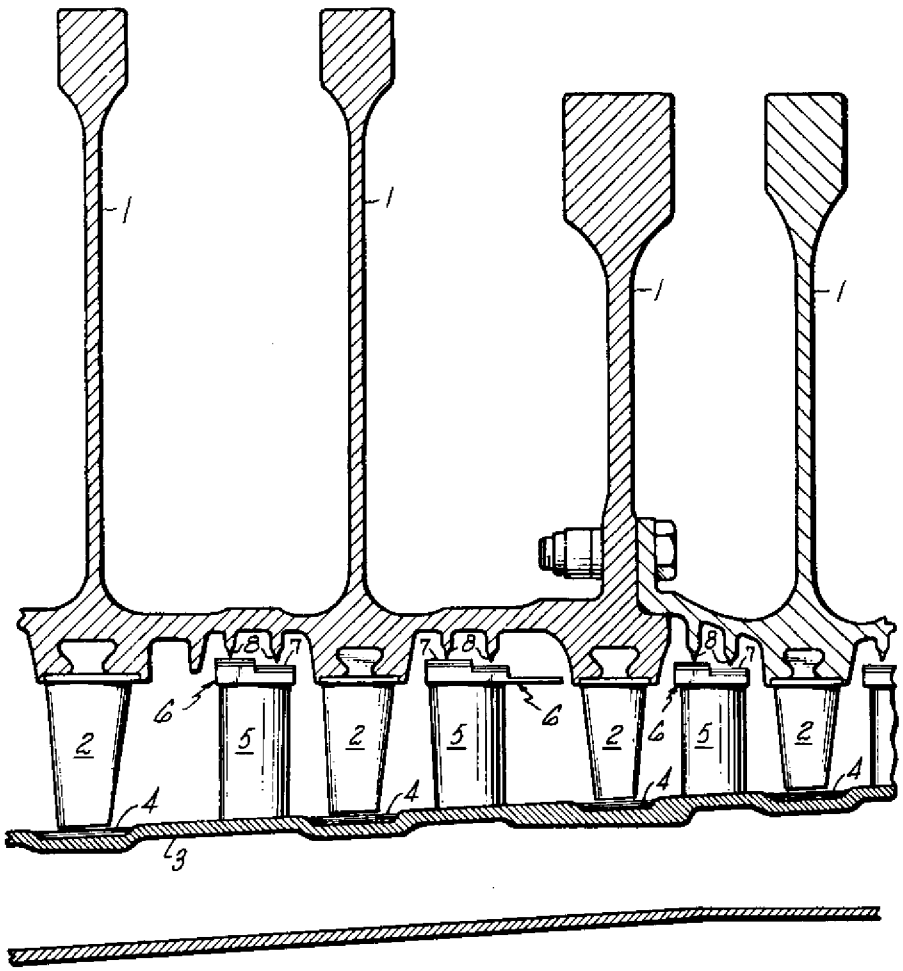
RIASSUNTO

Viene descritto un sistema di tenuta abrasivo ed abradibile avente particolare utilità nei motori a turbina a gas. Il sistema di tenuta include uno strato abrasivo (40) che impedisce l'interazione diretta tra componenti (30,20) aventi un movimento reciproco ed uno strato abradibile (43) che fornisce un grado efficace di tenuta ai fluidi tra i componenti stessi.

DOCUMENTAZIONE RILEGATA

222634/83

FIG. 1



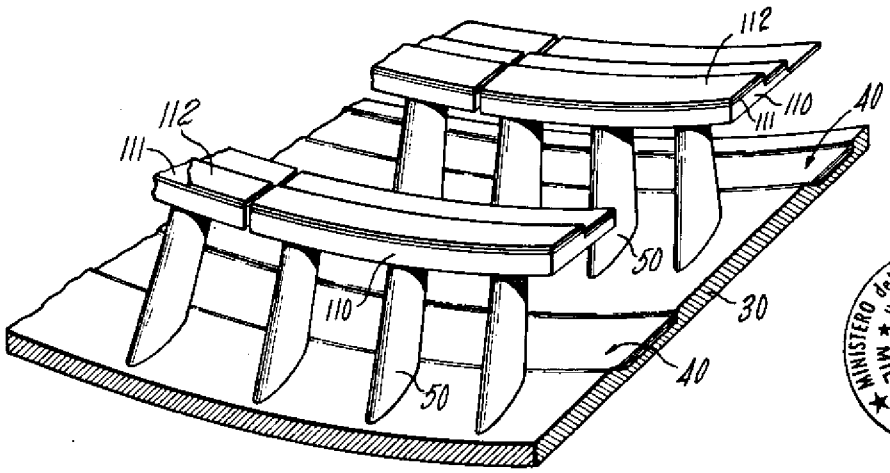


FIG. 3

MINISTERO dell'INDUSTRIA del COMMERCIO e dell'ARTIG.to
UFF. PROV. I.A. C. COMM. E ART.
MILANO

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del Delaware
Il mandatario:

RICCARDI Sergio
Consulente in Proprietà Industriale

222634 83

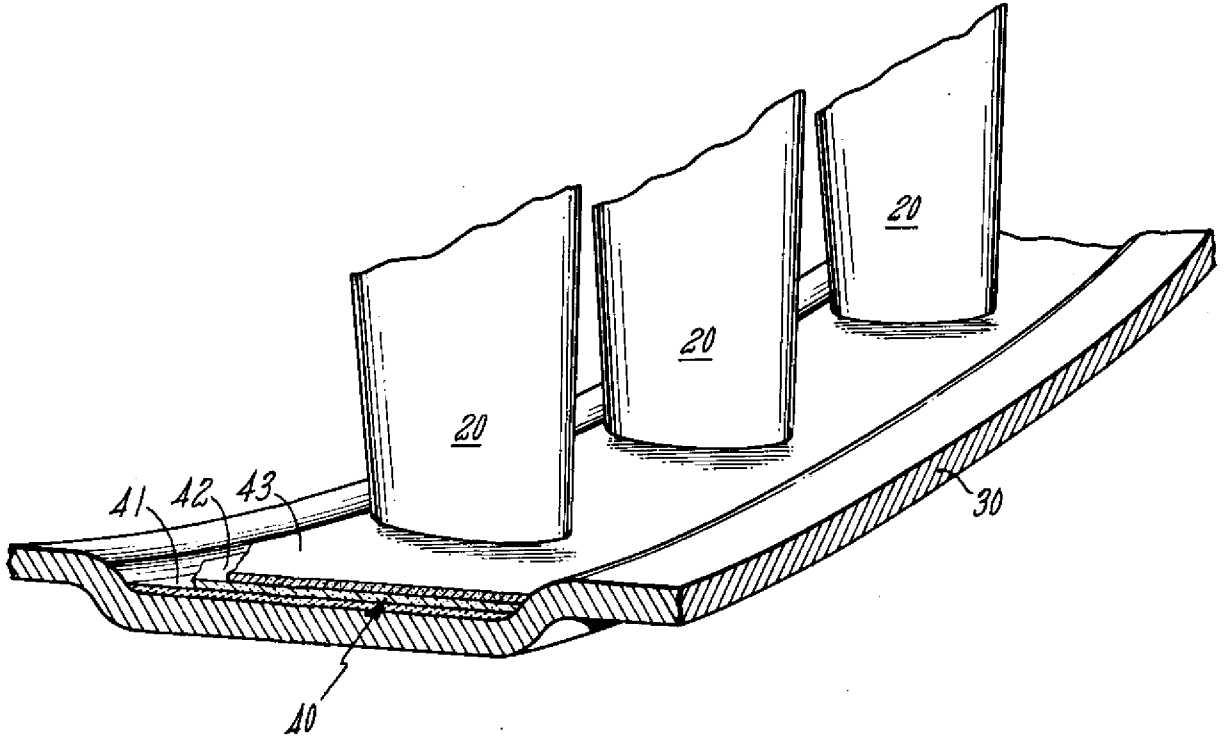


FIG. 2

MINISTERO dell'INDUSTRIA del COMMERCIO e dell'ARTIGIANATO
UFF. PROV. IND. COMM. e ART. MILANO

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del Delaware
Il mandatario:

RICCARDI Sergio
Consulente in Proprietà Industriale