



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102019000014736
Data Deposito	13/08/2019
Data Pubblicazione	13/02/2021

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	1	26

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	5	03

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	5	30

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	11	12

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	C	3	067

Titolo

Elementi di tenuta integrali per pale trattenute in un rotore a tamburo esterno anulare girevole in una turbomacchina.

"ELEMENTI DI TENUTA INTEGRALI PER PALE TRATTENUTE IN UN ROTORE A TAMBURO ESTERNO ANULARE GIREVOLE IN UNA TURBOMACCHINA"

=====

5 RICERCA SPONSORIZZATA DAL GOVERNO

Il progetto che ha portato a questa domanda ha ricevuto fondi dal Clean Sky 2 Joint Undertaking ai sensi del programma di ricerca ed innovazione dell'Unione Europea Horizon 2020 con il N. di accettazione
10 CS2-FRC-GAM-2018/2019 - 807090.

SETTORE

La presente descrizione si riferisce in generale a turbomacchine, e più in particolare ad elementi di tenuta integrali per pale trattenute in un rotore a
15 tamburo esterno anulare girevole di una turbomacchina.

PRECEDENTI

I motori a turbina a gas comprendono generalmente una sezione di turbina a valle di una sezione di combustione che è girevole con una sezione di compressore per ruotare e far funzionare il motore a
20 turbina a gas per generare potenza, come ad esempio una spinta propulsiva. I criteri di progettazione di motori a turbina a gas in generale spesso comprendono
25 criteri in conflitto che devono essere bilanciati o su cui si deve raggiungere un compromesso, tra cui un rendimento del combustibile crescente, un rendimento operativo maggiore, e/o una uscita di potenza maggiore mantenendo o riducendo il peso, il numero di parti
30 e/o le dimensioni (ovverosia le dimensioni assiali e/o radiali del motore).

I motori a turbina a gas comprendono generalmen-

te una pluralità di pale di rotore rotanti in almeno uno di un compressore della sezione a compressore o una turbina della sezione a turbina. Perdipiù, almeno alcuni motori a turbina a gas comprendono inoltre una

5 pluralità di pale di rotore controrotanti in almeno uno tra il compressore della sezione a compressore o la turbina della sezione a turbina. Pale rotanti comuni sono assemblate e trattenute internamente da un disco, ad esempio mediante una radice della pala, una

10 giunzione a forma di coda di rondine o una giunzione ad abete o con una terza parte come un rivetto o un accoppiamento con bulloni. Il disco è situato tipicamente internamente rispetto alla fila di pale. Pale trattenute nel rotore a tamburo esterno anulare gire-

15 vole sono fissate in maniera simile ad una parte rotante ma esternamente. Pertanto, il rotore a tamburo esterno comprende generalmente un tamburo, le pale e protezioni rotanti separate.

Ad esempio, come mostrato in figura 1, una vista

20 in sezione trasversale di una pala controrotante 1 secondo una struttura convenzionale viene illustrata. Come mostrato, la pala 2 comprende una porzione di radice della pala per il fissaggio ad un rotore a tamburo 3. Inoltre, come mostrato, una protezione 4

25 rotante separata può essere fissata al rotore a tamburo 3 per fissare ulteriormente la porzione di radice della pala nel rotore 3. In alcuni casi, un elemento 5 di tenuta separato può essere fissato alla protezione rotante 4 per impedire uno spurgo di flus-

30 so di aria non desiderabile che entra nelle cavità esterne del motore a turbina a gas, limitando quindi la perdita delle prestazioni del motore. Inoltre,

l'elemento di tenuta 5 può agire come barriera termica, realizzando una protezione termina al rotore a tamburo 3.

Nonostante quanto sopra, vi è una necessità continua di elementi perfezionati associati con le pale trattenute nel rotore a tamburo in maniera tale da migliorare il rendimento operativo del motore a turbina a gas. Di conseguenza, la presente descrizione è rivolta ad un elemento di tenuta integrato per pale trattenute in un rotore a tamburo esterno anulare girevole di una turbomacchina.

BREVE DESCRIZIONE

Aspetti e vantaggi dell'invenzione saranno esposti in parte dalla descrizione seguente, o possono essere ovvi dalla descrizione, o possono essere appresi mediante la realizzazione dell'invenzione.

In un aspetto, la presente descrizione è rivolta ad una turbomacchina. La turbomacchina comprende un tamburo esterno anulare girevole connesso ad una prima pluralità di pale. Ciascuna della prima pluralità di pale comprende una porzione di radice della pala fissabile al rotore a tamburo esterno anulare girevole. Ciascuna delle porzioni di radice delle pale comprende uno o più elementi di trattenimento radiale per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole. Inoltre, almeno uno o più degli elementi di trattenimento radiale comprende almeno un elemento di tenuta integrato con lo stesso.

In un altro aspetto, la presente descrizione è rivolta ad una pala per una turbomacchina. La pala comprende una porzione di radice della pala per fis-

sare la pala ad un rotore a tamburo esterno anulare girevole. La porzione di radice della pala comprende uno o più elementi di trattenimento radiale per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole. Inoltre, almeno uno degli elementi di trattenimento radiale comprende almeno un elemento di tenuta integrato allo stesso. Si comprenderà che la pala può comprendere inoltre qualsiasi delle caratteristiche aggiuntive qui descritte.

Queste e altre caratteristiche, aspetti e vantaggi della presente invenzione saranno compresi meglio con riferimento alla descrizione seguente e alle rivendicazioni allegate. I disegni allegati, che sono incorporati in e costituiscono parte della descrizione, illustrano forme di realizzazione dell'invenzione e, insieme con la descrizione, serve a spiegare i principi dell'invenzione.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Una descrizione completa e che consente di realizzare la presente invenzione comprendendo il miglior modo di esecuzione della stessa rivolta ad un esperto nel ramo, è esposta nella descrizione, che fa riferimento alle figure allegate, in cui:

la figura 1 illustra una vista in sezione trasversale di una pala di turbina secondo la struttura convenzionale;

la figura 2 illustra una vista in sezione longitudinale di una forma di realizzazione di un motore a turbina a gas turbo fan per aeromobile con una turbina a bassa pressione controrotante supportata da un telaio tra turbine situato assialmente tra la turbina

a bassa pressione e una turbina ad alta pressione;

la figura 3 illustra una vista ingrandita del telaio tra turbine e i rotori della turbina a bassa pressione controrotanti di figura 1;

5 la figura 4 illustra una illustrazione in vista ingrandita di un telaio della ventola e cuscinetti anteriori e il pozzetto del motore di figura 1;

la figura 5 illustra una vista in sezione trasversale di una forma di realizzazione di una della
10 prima di pale di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;

la figura 6 illustra una vista prospettica di una forma di realizzazione di una della prima pluralità di pale di turbina a bassa pressione secondo la
15 presente descrizione;

la figura 7 illustra un'altra vista prospettica della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 6;

la figura 8 illustra ancora un'altra vista prospettica della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 6;
20

la figura 9A illustra una vista frontale semplificata di una forma di realizzazione di una della pluralità di pale di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;
25

la figura 9B illustra una vista frontale semplificata di un'altra forma di realizzazione di una della pluralità di pale della turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;

30 la figura 9C illustra una vista frontale semplificata di ancora un'altra forma di realizzazione di una della pluralità di pale della turbina a bassa

pressione secondo la presente descrizione;

la figura 9D illustra una vista frontale semplificata di ancora un'altra forma di realizzazione di una della pluralità di pale della turbina a bassa

5 pressione secondo la presente descrizione;

la figura 9E illustra una vista frontale semplificata di un'altra forma di realizzazione di una della pluralità di pale di una turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;

10 la figura 9F illustra una vista frontale semplificata di ancora un'altra forma di realizzazione di una della pluralità di pale di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione; e

la figura 10 illustra una vista dall'alto di una
15 forma di realizzazione di un elemento di tenuta di una pala di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione.

L'uso ripetuto di caratteri di riferimento nella presente descrizione e nei disegni serve per interpretare gli stessi o analoghi elementi o caratteristiche della presente invenzione.
20

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

Verrà ora fatto riferimento in dettaglio a forme di realizzazione presenti dell'invenzione, uno o più
25 esempi della quale sono illustrati nei disegni allegati. La descrizione dettagliata utilizza indicazioni numeriche e con lettere per riferirsi a caratteristiche nei disegni. Indicazioni simili o similari nei disegni e nella descrizione sono stati utilizzati per riferirsi a parti simili o similari dell'invenzione.
30

Nel senso qui utilizzato, i termini "primo", "secondo" e "terzo" possono essere utilizzati in ma-

niera intercambiabile per distinguere un componente o un elemento da un altro e non sono intesi in maniera tale da significare una posizione, l'importanza o l'ampiezza dei singoli componenti o elementi.

5 I termini "anteriore" e "posteriore" si riferiscono a posizioni relative in un motore a turbina a gas o veicolo, e si riferiscono all'assetto operativo normale del motore a turbina a gas o del veicolo. Ad esempio, per quanto riguarda un motore a turbina a
10 gas, anteriore si riferisce ad una posizione più vicina ad una entrata del motore e posteriore si riferisce ad una posizione più vicina ad un ugello del motore o scarico. I termini "a monte" e "a valle" si riferiscono alla direzione relativa rispetto al flusso di fluido in un percorso del fluido. Ad esempio,
15 "a monte" si riferisce alla direzione da cui scorre il fluido e "a valle" si riferisce alla direzione da cui scorre il fluido. I termini "accoppiato", "fissato", "attaccato a" e simili si riferiscono all'accoppiamento, fissaggio o attacco diretto così come
20 all'accoppiamento, fissato o attacco indiretto attraverso uno o più componenti intermedi o elementi intermedi, a meno che non sia specificato diversamente. Le forme singolari "un" e "il" comprendono riferimenti
25 ti al plurale a meno che il contesto non indichi chiaramente diversamente.

Un linguaggio approssimativo, come utilizzato attraverso la descrizione e le rivendicazioni, viene applicato per modificare qualsiasi rappresentazione
30 quantitativa che potrebbe in maniera permissiva variare senza determinare una variazione della funzione di base a cui è correlato. Di conseguenza, un valore

modificato mediante un termine o termini, come ad esempio "circa", "approssimativamente" e "sostanzialmente" non sono limitati al valore preciso specificato. In almeno alcuni casi, il linguaggio approssimativo può corrispondere alla precisione di uno strumento per misurare il valore, o la precisione dei procedimenti o macchine per costruire e fabbricare i componenti e/o sistemi. Ad esempio, il linguaggio approssimativo può riferirsi ad un valore in un margine del 10 per cento.

Qui e in tutta la descrizione e nelle rivendicazioni, le limitazioni relative ad intervalli sono combinate e scambiate tra loro, questi intervalli sono identificati e comprendono tutti i sotto-intervalli contenuti negli stessi a meno che il contesto o il linguaggio non indichi diversamente. Ad esempio, tutti gli intervalli qui descritti sono inclusivi dei punti estremi e i punti estremi sono combinabili indipendentemente uno con l'altro.

Riferendosi ora alle figure, la figura 2 illustra una vista schematica di una forma di realizzazione della turbomacchina come ad esempio un motore 10 a turbina a gas turbo fan secondo la presente descrizione. Come mostrato, il motore 10 a turbina a gas è circoscritto attorno ad una linea centrale 8 del motore e comprende una sezione a ventola 12 che riceve il flusso d'aria di entrata dell'aria ambiente 14. La sezione a ventola 12 ha una prima e una seconda ventola 6 e 7 controrotanti che comprendono una prima e una seconda fila 13 e 15 di pale della ventola, e primi e secondi alimentatori controrotanti 16 e 17, rispettivamente. I primi e secondi alimentatori

controrotanti 16 e 17 sono situati assialmente tra la prima e la seconda fila 13 e 15 di pale delle ventole controrotanti, una disposizione che prevede la riduzione di una emissione di rumore dalla sezione a ventola 12. Dopo la sezione a ventola 12 vi è un compressore ad alta pressione (HPC) 18, un combustore 20 che mischia il combustibile con l'aria 14 pressurizzata dal HPC 18 per generare gas di combustione che scorrono a valle attraverso una turbina a bassa pressione (HPT) 24, e una turbina (LPT) 26 a bassa pressione controrotante da cui sono scaricati i gas di combustione dal motore 10. Il motore 10 è progettato in maniera tale che l'ultimo stadio del secondo alimentatore 17 e, nella forma di realizzazione esemplificativa, la seconda fila 15 di pale della ventola sono controrotanti rispetto al compressore 18 ad alta pressione. Ciò riduce la sensibilità del motore 10 alla distorsione di ingresso del flusso di aria della sezione a ventola 12. Riduce inoltre una sensibilità reciproca per far ruotare celle in stallo degli altri rotori.

Un albero ad alta pressione 27 unisce HPT 24 a HPC 18 per formare sostanzialmente un primo rotore o un rotore ad alta pressione 33. Il compressore 18 ad alta pressione, il combustore 20 e la turbina 24 ad alta pressione sono indicati nel complesso come un motore centrale 25 che include, ai fini di questo brevetto, l'albero 27 ad alta pressione. Il motore centrale 25 è modulare in maniera tale che una singola unità possa essere sostituita indipendentemente separatamente dalle altre parti della turbina a gas.

Un condotto di derivazione 21 radialmente unito

da un involucro della ventola 11 e una parete 9 del condotto di derivazione interno radialmente anulare girevole, circonda il primo e il secondo alimentatore 16 e 17 controrotante e un condotto di entrata 19 al compressore 18 ad alta pressione del motore centrale 25. Il condotto di derivazione 21 è unito radialmente da un involucro della ventola 11 e una parete 9 del condotto di derivazione interna radialmente anulare. Il condotto 9 di derivazione interna radialmente comprende una sezione 22 di parete girevole montata fissa alla seconda fila 15 di pale della ventola e da cui il secondo alimentatore 17 dipende radialmente verso l'interno. Una porzione 23 radialmente esterna della seconda fila di pale della ventola è disposta radialmente nel condotto di derivazione 21.

Riferendosi alle figure 2 e 3, la turbina 26 a bassa pressione controrotante comprende un rotore 136 a tamburo esterno anulare montato girevolmente ad un albero 130 interno a bassa pressione mediante una estensione 132 dell'albero conica interna a bassa pressione posteriore. Il rotore a tamburo esterno 136 comprende una pluralità di file 138 di pale della turbina a bassa pressione che si estendono radialmente verso l'interno e assialmente distanziate una dall'altra. Il rotore a tamburo 136 è a sbalzo da uno stadio finale 139 delle file 138 di pale della turbina a bassa pressione che è imbullonato alla estensione 132 dell'albero conica interna a bassa pressione posteriore. La turbina 26 a bassa pressione controrotante comprende inoltre un rotore 146 del tamburo interno a bassa pressione anulare montato girevolmente ad un albero 140 esterno a bassa pressione mediante

una estensione 142 dell'albero conica esterna a bassa pressione posteriore. Il rotore 146 a tamburo interno comprende una pluralità di seconde file 148 di pale della turbina a bassa pressione che si estendono radialmente verso l'esterno e assialmente distanziate una dall'altra. Le prime file 138 delle pale della turbina a bassa pressione sono interdigitate con le file 148 delle pale della turbina a bassa pressione.

L'albero 140 esterno a bassa pressione connette operativamente il rotore a tamburo interno 146 alla seconda fila 15 delle pale della ventola e il secondo alimentatore 17. La seconda fila di pale della ventola 15 è connessa all'albero 140 esterno a bassa pressione mediante una estensione 143 dell'albero esterno conica anteriore. L'albero 140 esterno a bassa pressione, il rotore 146 a tamburo interno, la seconda fila 15 di pale della ventola e il secondo alimentatore 17 sono i componenti principali di un rotore 202 a bassa pressione. L'albero 130 interno a bassa pressione connette operativamente il rotore 136 del tamburo esterno alla prima fila 13 di pale della ventola e al primo alimentatore 16. La prima fila 13 di pale della ventola è connessa all'albero 130 interno a bassa pressione mediante una estensione 133 dell'albero interno conica anteriore. L'albero 130 interno a bassa pressione, il rotore 136 a tamburo esterno, la prima fila 13 di pale della ventola e il primo alimentatore 16 sono i componenti principali di un rotore 200 interno a bassa pressione.

Il primo alimentatore 16 comprende una prima sezione 166 di rotore dell'alimentatore anulare che comprende la sezione 22 di parete girevole da cui si

estende radialmente verso l'interno distanziato assialmente le prime file di pale dell'alimentatore 168. La prima sezione 166 del rotore dell'alimentatore anulare è illustrata come integralmente provvista di pale in maniera simile ad un disco con pale integrali, indicato comunemente come Blisk, o un rotore con pale integrali che è stato usato in rotor convenzionali poiché sono leggeri e consentono che non si abbiano perdite all'attacco delle pale. Le basse velocità operative degli alimentatori e il basso peso del progetto del disco con pale integrali della prima sezione 166 del rotore dell'alimentatore aiuta a ridurre al minimo le sollecitazioni e le flessioni della prima sezione 166 del rotore dell'alimentatore.

Il secondo alimentatore 17 comprende una seconda sezione 170 del rotore dell'alimentatore anulare da cui si estendono radialmente verso l'esterno file 172 delle pale dell'alimentatore distanziate assialmente. Una porzione 28 radialmente interna della seconda fila 15 di pale della ventola è radialmente disposta nel condotto di entrata 19 e ruota con il secondo alimentatore 17 e quindi è considerato parte del secondo alimentatore 17 e di una seconda fila 172 di pale dell'alimentatore. La prima e la seconda fila di pale 168 e 172 dell'alimentatore sono interdigitate e controrotanti. La prima e la seconda fila 13 e 15 di pale della ventola sono fissate alla prima e alla seconda sezione 166 e 167, rispettivamente, del rotore dell'alimentatore. Gli alberi 130 e 140 interno ed esterno a bassa pressione rispettivamente sono almeno in parte disposti girevolmente coassialmente con e radialmente all'interno del rotore 33 ad alta pres-

sione.

Il motore 10 a turbina a gas ha inoltre una struttura di telaio 32 che comprende un telaio anteriore o della ventola 34 connesso da un involucro del motore 45 ad un telaio intermedio 60 del motore tra turbine. La seconda fila delle pale della ventola è situata assialmente vicino a montanti 35 del telaio della ventola 34 in maniera tale che i bordi di attacco dei montanti 35 siano svergolati o assialmente inclinati verso dietro per ridurre il rumore. Il motore 10 è montato in o su un aeromobile come ad esempio mediante un pilone (non illustrato) che si estende verso il basso da un'ala di aeromobile. Il telaio 60 tra turbine comprende un primo anello strutturale 86, che può essere un involucro, disposto coassialmente attorno alla linea centrale 8. Il telaio 60 tra turbine comprende inoltre un secondo anello strutturale 88 disposto coassialmente con e radialmente distanziato verso l'interno rispetto al primo anello 86 strutturale attorno alla linea centrale 8. Il secondo anello strutturale 88 può anche essere indicato come un mozzo. Una pluralità di montanti 90 distanziati circonferenzialmente si estende radialmente tra il primo e il secondo anello 88 e sono uniti in maniera fissa ad esso. I montanti 90 sono cavi nella forma di realizzazione esemplificativa dell'invenzione illustrata, ma in altre forme di realizzazione i montanti possono non essere cavi. Poiché il telaio 60 tra turbine è situato assialmente tra HPT 24 e LPT 26 del rotore 33 ad alta pressione e i rotori 200 e 202 interno ed esterno a bassa pressione, è indicato come telaio tra turbine e anche indicato come telaio a me-

tà del motore. Un condotto 114 di transizione tra turbine tra HPT 24 e LPT 26 passa attraverso il telaio tra turbine 60.

Il motore è montato sull'aeromobile su un supporto anteriore 118 del telaio della ventola situato
5 anteriormente sul telaio della ventola e su un supporto 124 posteriore del telaio a turbina situato posteriormente sul telaio tra turbine 60. Il motore 10 può essere montato sotto un'ala di aeromobile mediante un pilone sul supporto anteriore 118 e sul supporto posteriore 120 distanziato assialmente a valle dal supporto anteriore 118. Il supporto posteriore 120 è usato per unire in maniera fissa il telaio tra turbine 60 ad una piattaforma che è unita in maniera fissa
15 al pilone. In una forma di realizzazione, il supporto posteriore 120 comprende una cerniera 122 sagomata a U. Supporti convenzionali spesso utilizzano un gruppo di cerniere 122 sagomate ad U distanziate circonferenzialmente (solo una delle cerniere sagomate ad U è mostrata nella illustrazione a sezione trasversale
20 nelle figure) sul telaio 60 tra turbine. Le cerniere 122 sagomate ad U sono progettate per essere connesse da un gruppo di perni ad un gruppo di articolazioni. Le articolazioni sono connesse ad una piattaforma sul fondo del pilone. Le cerniere 122 sagomate ad U sono
25 un tipo di mezzi di connessione del telaio per connettere il motore ad un aeromobile. Altri tipi di mezzi di montaggio oltre alle cerniere sono noti nell'industria aerospaziale e possono essere utilizzati per montare il telaio della presente invenzione
30 e il motore all'aeromobile.

Riferendosi più in particolare alla figura 4, il

rotore 202 a bassa pressione, mediante l'estensione 143 dell'albero esterno conica anteriore è supportata girevolmente assialmente e radialmente dal telaio della ventola 24 mediante un cuscinetto 43 di spinta
5 posteriore montato in una prima struttura 44 di supporto del cuscinetto, e un secondo cuscinetto 36, un cuscinetto a rulli, montato in una seconda struttura 47 di supporto del cuscinetto. Il rotore 200 interno a bassa pressione, mediante l'estensione 133 dell'albero interno conica anteriore, è supportato girevolmente
10 assialmente e radialmente dal telaio della ventola 34 mediante un cuscinetto 55 di spinta differenziale anteriore che è montato tra una estensione 56 che si estende anteriormente dell'estensione 143 dell'albero esterno conica anteriore e l'estensione
15 133 dell'albero interno conica anteriore. Il rotore 200 interno a bassa pressione è inoltre supportato radialmente girevolmente dal telaio della ventola 34 mediante un cuscinetto 208 differenziale anteriore, un cuscinetto a rulli tra l'albero 130 interno a bassa
20 pressione e l'albero 140 esterno a bassa pressione. La prima e la seconda struttura di supporto del cuscinetto 44 e 47 sono fissate al telaio della ventola 34.

25 Riferendosi più in particolare alla figura 3, il rotore 202 esterno a bassa pressione, mediante l'estensione 142 dell'albero conica esterna a bassa pressione posteriore è connessa all'albero 140 esterno a bassa pressione, e supportato girevolmente radialmente
30 da un terzo cuscinetto 76 nel telaio 60 tra turbine. Il terzo cuscinetto 76 è disposto tra una struttura 97 di supporto del cuscinetto posteriore

fissata ad una porzione posteriore 110 del telaio 60 tra turbine e una estensione 190 interna anteriore dell'estensione 142 dell'albero conica esterna a bassa pressione posteriore. Il rotore 202 esterno a bassa pressione è supportato girevolmente più posteriormente dal terzo cuscinetto 76 che è quindi riferito come il cuscinetto di supporto del rotore a bassa pressione più posteriore. Il telaio tra turbine 60 della presente invenzione è situato assialmente tra HPT 24 e LPT 26 e quindi supporta sostanzialmente tutta la turbina 26 a bassa pressione.

Il rotore 200 interno a bassa pressione, mediante l'estensione 132 dell'albero conica interna a bassa pressione posteriore connessa all'albero 130 interno a bassa pressione, è supportata girevolmente radialmente dall'estensione 142 dell'albero conica esterna a bassa pressione posteriore del rotore 202 esterno a bassa pressione. Un cuscinetto differenziale 144 (indicato anche come cuscinetto tra gli alberi) è disposto tra una estensione 192 interna posteriore dell'estensione 142 dell'albero conica esterna a bassa pressione posteriore e una estensione esterna 194 dell'estensione 132 dell'albero conica interna a bassa pressione posteriore. Ciò consente che i rotori 200 e 202 interno ed esterno a bassa pressione siano in controrotazione.

Riferendosi nuovamente alla figura 2, una estremità 70 ad alta pressione anteriore del compressore 18 ad alta pressione del rotore 33 ad alta pressione è supportata girevolmente radialmente da un complesso di cuscinetto 80 montato in una struttura 82 di supporto del complesso di cuscinetto fissata al telaio

34 della ventola. Riferendosi più in particolare alla figura 2, una estremità posteriore 92 del rotore 33 ad alta pressione è supportata girevolmente radialmente posteriormente da un quinto cuscinetto 94 montato in una struttura 96 di supporto del cuscinetto anteriore fissata ad una porzione anteriore 108 del telaio 60 tra turbine. Le strutture 96 e 97 di supporto del cuscinetto anteriore e posteriore che sono unite in maniera fissa o fissate alle porzioni 108 e 110 anteriore e posteriore, rispettivamente, del telaio 60 tra turbine, sono distanziate assialmente. Le porzioni 108 e 110 anteriore e posteriore, rispettivamente, del telaio 60 tra turbine sono separate dal secondo anello strutturale 88.

Elementi 104 e 106 di pozzetto anteriore e posteriore sono uniti al telaio 60 tra turbine e portati dalle strutture 96 e 97 di supporto del cuscinetto anteriore e posteriore. Gli elementi 104 e 106 di pozzetto anteriore e posteriore supportano il quinto cuscinetto 94 e il terzo cuscinetto 76 in fori 84 e 85 centrali cilindrici anteriore e posteriore, rispettivamente, degli elementi di pozzetto. Il quinto cuscinetto 94 e il terzo cuscinetto 76 hanno piste 176 e 18 esterne fisse anteriore e posteriore che sono connesse fisse alle strutture 96 e 97 di supporto del cuscinetto anteriore e posteriore, rispettivamente.

Posteriormente a LPT 26 vi è un complesso 150 di alette di guida di uscita che supporta una fila fissa di alette 152 di guida di uscita che si estendono radialmente verso l'interno tra un involucro 54 della turbina a bassa pressione e una struttura 154 scato-

lare anulare. Il complesso 150 di alette di guida di uscita elimina lo svergolamento del flusso di gas esce da LPT 26. L'involucro 54 della turbina a bassa pressione connesso, è imbullonato all'involucro del motore 45 sull'estremità del condotto 114 di transi-
5 zione tra turbine tra HPT 24 e LPT 26. Una piastra 156 di copertura a forma di cupola è imbullonata alla struttura 154 scatolare anulare. Il complesso ad alette 150 di guida di uscita non è indicato e non
10 funziona come telaio poiché non supporta girevolmente nessuno dei rotori del motore.

Il compressore 18 ad alta pressione del motore 10 a turbina a gas turbo fan della presente invenzione è azionabile e progettato per funzionare con un
15 rapporto di pressione del compressore relativamente alto in un intervallo tra circa 15 e circa 30 e un rapporto di pressione globale in un intervallo tra circa 40 e circa 65. Il rapporto di pressione del compressore è una misura nella crescita di pressione
20 attraverso il compressore 18 ad alta pressione. Il rapporto di pressione globale è una misura della crescita della pressione attraverso la ventola attraverso il compressore 18 ad alta pressione, ovvero sia è un rapporto di pressione che esce dal compressore ad
25 alta pressione diviso dalla pressione di aria ambiente 14 che entra nella sezione a ventola 12. Il compressore 18 ad alta pressione è illustrato come avente sei stadi 48 ad alta pressione e tre stadi 50 di alette variabili per i primi quattro stadi ad alta
30 pressione 48. Meno di quattro stadi 50 di alette variabili possono essere utilizzati. Il compressore 18 ad alta pressione ha un numero relativamente piccolo

di stadi ad alta pressione 48 e l'invenzione prevede l'uso tra sei e otto stadi ad alta pressione e circa quattro stadi 50 di alette variabili o meno. Ciò consente di avere un motore corto avendo ancora un rapporto di pressione globale elevato nell'intervallo tra 40 e 65.

Il motore ha un rapporto di derivazione di progetto in un intervallo tra 5 e 15 e un rapporto di pressione della ventola di progetto in un rapporto tra 1,4 e 2,5. Le prime e seconde file delle pale delle ventole 13 e 15 controrotanti sono progettate per funzionare con velocità di punta che, per le due file di pale, arrivano ad un intervallo da circa 1000 a 2500 piedi/secondo, il che consente l'uso di pale della ventola in materiale composito e leggero. Profili alari (CMC) in materiale composito in matrice ceramica controrotanti, con elevata capacità di temperatura, non raffreddati leggeri, possono essere utilizzati nella turbina 26 a bassa pressione controrotante. Quindi, il motore 10 e la sezione a ventola 12 sono essere descritti come aventi una somma delle velocità di punta della ventola operative della prima e seconda fila 13 e 15 delle pale della ventola in un intervallo tra 1000 e 2500 piedi al secondo.

Riferendosi ancora alla figura 2, è illustrato un raggio di punta RT, misurato dalla linea centrale 8 ad una punta 188 della pala della ventola della prima fila 13 della pala della ventola e un raggio del mozzo RH misurato dalla linea centrale 8 del motore ad un mozzo del rotore 196 del rotore interno 200 a bassa pressione all'ingresso 186 del condotto di entrata 19 del compressore 18 ad alta pressione

del motore centrale 25. Il motore 10 secondo la presente invenzione può essere progettato con un mozzo di entrata della ventola piccolo rispetto al rapporto del raggio della punta (RH/RT) in un intervallo tra
5 0,20 e 0,35. Per un dato gruppo di aree dell'anello del condotto di entrata e di uscita della ventola, rapporto tra il mozzo di ingresso della ventola e un raggio della punta basso consente un diametro della ventola più piccolo in confronto ad un rapporto maggiore. Tuttavia, i livelli di rapporto tra il mozzo
10 di ingresso della ventola e il raggio della punta sono vincolati dalla capacità di progettare un disco per supportare le pale della ventola rotanti. Le pale della ventola nella forma di realizzazione esemplificativa qui illustrata sono realizzate in materiali
15 compositi leggeri o le velocità della punta della ventola di alluminio e del rotore sono progettate in maniera tale che un disco della ventola 126 possa essere progettato per un rapporto tra il mozzo di entrata della ventola e il raggio della punta basso si-
20 no ad un valore di 0,20. Il rapporto tra il mozzo di ingresso della ventola e il raggio della punta basso scende e accorcia la lunghezza del condotto 124 di transizione del motore centrale tra la sezione della ventola 12 e il compressore 18 ad alta pressione e
25 del condotto 114 di transizione tra turbine tra HPT 24 e LPT 26.

Riferendosi ora alle figure 5-8 e 9A-9F, sono illustrate varie viste di forme di realizzazione multiple di una della prima pluralità di pale 138 di
30 turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione. Riferendosi in particolare alla figura 5, la

pala 138 della turbina a bassa pressione comprende una porzione 141 di radice della pala per il fissaggio al rotore 136 a tamburo esterno anulare. Inoltre, ciascuna della prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione può comprendere una porzione di punta della pala 149 opposta alla porzione di radice della pala 141. Inoltre, come mostrato, ciascuna delle porzioni 141 di radice della pala può comprendere uno o più elementi di trattenimento 145 radiale strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice della pala nel rotore 136 a tamburo esterno anulare e uno o più elementi 147 di trattenimento assiale per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni di radice della pala 141 nel rotore 136 a tamburo esterno anulare.

Più in particolare, come mostrato, gli elementi di trattenimento radiale strutturali 145 possono comprendere una pluralità di gancetti 155, 157 di trattenimento radiale o flangia (ad esempio gancetti speculari su lati opposti della porzione di radice della pala 141). Ad esempio, come mostrato genericamente nelle figure 5-8 e 9A-9F, gli elementi di trattenimento radiale 145 possono comprendere gancetti 155, 157 di trattenimento radiale opposti. Più in particolare, come mostrato, i gancetti 155, 157 di trattenimento radiale opposti possono comprendere almeno un primo gancetto 155 di trattenimento radiale e un secondo gancetto 157 di trattenimento radiale. In alcune forme di realizzazione, come mostrato in particolare in figura 9B, i gancetti di trattenimento radiale possono comprendere inoltre un terzo gancetto 159 di trattenimento radiale, che si estende ad esempio

dal secondo gancetto 157 di trattenimento radiale (o il primo gancetto 155 di trattenimento radiale). In queste forme di realizzazione, i gancetti 155, 157 di trattenimento radiale sono configurati per realizzare un trattenimento radiale delle singole pale 138 della turbina a bassa pressione, ovverosia per impedire che le pale 138 cadano dal rotore 136 al tamburo esterno. Inoltre, come mostrato, superfici esterne dei gancetti 155, 157 di trattenimento radiale sono configurati per realizzare un trattenimento radiale della singola pala 138 della turbina a bassa pressione nel rotore 136 a tamburo esterno durante il funzionamento del motore 10 a turbina a gas.

Inoltre, come mostrato, almeno uno degli elementi di trattenimento radiale 145 comprende almeno un elemento di tenuta 160 integrato con lo stesso. In queste forme di realizzazione, come mostrato nelle figure 5, 7, 8 e 9A-9F, il primo gancetto 155 di trattenimento radiale e/o il secondo gancetto 157 di trattenimento radiale può comprendere gli elementi di tenuta 160 su una sua superficie interna. Più in particolare, come mostrato 9D e 9F, gli elementi di tenuta possono comprendere un primo elemento di tenuta 160 e un secondo elemento di tenuta 162. In queste forme di realizzazione, come mostrato, il primo e il secondo gancetto di trattenimento radiale 155, 157 possono comprendere il primo e il secondo elemento di tenuta 160, 162, rispettivamente, su una superficie interna. In ulteriori forme di realizzazione, come mostrato genericamente nelle figure 5-8, 9A-9B e 9D-9F, il primo gancetto di trattenimento radiale 155 può definire una prima lunghezza, mentre il secondo

gancetto di trattenimento radiale 157 può definire una seconda lunghezza. Perdipiù, come mostrato, la seconda lunghezza può essere circa una volta e mezzo rispetto alla prima lunghezza o viceversa in maniera tale da realizzare una posizione di montaggio dagli elementi di tenuta 160, 162 qui descritti. In un'altra forma di realizzazione, la seconda lunghezza può essere di circa due o tre volte della prima lunghezza o viceversa.

10 Inoltre, come mostrato in figura 5 e come menzionato in precedenza, ciascuna delle porzioni di radice delle pale 141 può comprendere inoltre uno o più elementi di trattenimento assiale per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice delle pale nel rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole. In particolare, come mostrato, le caratteristiche assiali di trattenimento 147 possono comprendere una protezione rotante 158 fissata al rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole. In queste forme di realizzazione, la protezione rotante 158 e gli elementi di tenuta 160 possono essere elementi separati che sono distanziati uno dall'altro. Ad esempio, come mostrato genericamente nelle figure 5-8 e 9A-9F, gli elementi di tenuta 160 sono integrati con la pala della turbina 138 invece che essere parte della protezione rotante 158. Inoltre, come mostrato in figura 10, gli elementi di tenuta 160, 162 possono avere una configurazione a nido d'ape.

30 Riferendosi in particolare alle figure 9A-9F, le porzioni di punta delle pale 149 delle pale di turbina 138 possono comprendere almeno un elemento di tenuta aggiuntivo 164, 165. Ad esempio, come mostrato

nelle figure 9A-9D, le porzioni di punta delle pale possono avere un elemento a braccio 174 con l'elemento 164 di tenuta aggiuntivo fissato ad esso. In ulteriori forme di realizzazione, come mostrato nelle figure 9E e 9F, le porzioni 149 di punta delle pale possono avere almeno due elementi a braccio 174, 175 aventi ciascuno almeno uno degli elementi di tenuta aggiuntivi 164, 166 fissato ad essi. In forme di realizzazione particolari, come mostrato in generale nelle figure 5-8 e 9A-9F, gli elementi di tenuta 160, 162 e gli elementi di tenuta aggiuntivi 164, 165 possono comprendere uno o più gradini.

Questa descrizione utilizza esempi per descrivere l'invenzione, compreso il miglior modo di esecuzione, e consente a qualsiasi esperto nel ramo di mettere in pratica l'invenzione, concluso realizzare ed utilizzare qualsiasi dispositivo o sistema ed eseguire qualsiasi procedimento incorporato. L'ambito di protezione brevettabile dell'invenzione è definito dalle rivendicazioni, e può comprendere altri esempi che sono evidenti agli esperti nel ramo. Questi esempi devono essere considerati rientranti nell'ambito di protezione delle rivendicazioni se includono elementi strutturali che non sono diversi rispetto al linguaggio letterale delle rivendicazioni, o se comprendono elementi strutturali equivalenti con differenze non sostanziali dal linguaggio delle rivendicazioni.

Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1. Turbomacchina comprendente:

un rotore a tamburo esterno anulare girevole
connesso ad una prima pluralità di pale,

5 ciascuna della prima pluralità di pale comprendendo una porzione di radice della pala fissata al rotore a tamburo esterno anulare girevole, ciascuna delle porzioni di radice della pala comprendendo uno o più elementi di trattenimento radiale per trattene-
10 re radialmente ciascuna delle porzioni di radice della pala nel rotore a tamburo esterno anulare girevole, almeno uno degli uno o più elementi di trattenimento radiale comprendendo almeno un elemento di tenuta integrato con esso.

15 2. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1, in cui la turbomacchina comprende almeno una sezione a turbina, una sezione a compressore o un generatore.

3. Turbomacchina secondo la rivendicazione 2, in cui la turbomacchina comprende la sezione a turbina,
20 la sezione a turbina comprendendo un rotore ad alta pressione che comprende una turbina ad alta pressione e una turbina a bassa pressione comprendenti rotori interno ed esterno a bassa pressione controrotanti situati posteriormente al rotore ad alta pressione,
25 la turbina a bassa pressione comprendendo inoltre il rotore a tamburo esterno anulare girevole connesso alla prima pluralità di pale e un rotore a tamburo interno anulare girevole connesso ad una seconda pluralità di pale.

30 4. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale comprendono inoltre una pluralità di elementi di

trattenimento radiale, la pluralità di elementi di trattenimento radiale comprendendo almeno gancetti di trattenimento radiale opposti.

5 5. Turbomacchina secondo la rivendicazione 4, in cui i gancetti di trattenimento radiale opposti comprendono almeno un primo gancetto di trattenimento radiale e un secondo gancetto di trattenimento radiale, almeno uno tra il primo gancetto di trattenimento radiale o il secondo gancetto di trattenimento radiale
10 comprendendo almeno un elemento di tenuta su una sua superficie interna.

6. Turbomacchina secondo la rivendicazione 5, in cui i gancetti di trattenimento radiale opposti comprendono inoltre un terzo gancetto di trattenimento
15 radiale che si estende dal secondo gancetto di trattenimento radiale.

7. Turbomacchina secondo la rivendicazione 5, in cui detto almeno un elemento di tenuta comprende inoltre un primo elemento di tenuta e un secondo elemento di tenuta, il primo e il secondo gancetto di
20 trattenimento radiale comprendendo il primo e il secondo elemento di tenuta, rispettivamente, su sue superfici interne.

8. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1, in cui il primo gancetto di trattenimento radiale definisce una prima lunghezza e il secondo elemento di
25 trattenimento radiale definisce una seconda lunghezza, la seconda lunghezza essendo almeno una volta e mezzo la prima lunghezza.

30 9. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1, in cui ciascuna delle porzioni di radice delle pale comprende uno o più elementi di trattenimento assiale

per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole.

10. Turbomacchina secondo la rivendicazione 9,
5 in cui detti uno o più elementi di trattenimento assiale comprendono una protezione rotante del tamburo esterno anulare girevole.

11. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1,
in cui la protezione rotante e detto almeno un elemento di tenuta sono distanziati uno dall'altro.
10

12. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1,
in cui ciascuna della prima pluralità di pale comprende una porzione di punta della pala opposta alla porzione di radice della pala, la porzione di punta
15 della pala comprendendo almeno un elemento di tenuta aggiuntivo.

13. Turbomacchina secondo la rivendicazione 12,
in cui la porzione di punta della pala comprende inoltre almeno due elementi a braccio, ciascuno comprendente almeno uno degli elementi di tenuta aggiuntivi.
20

14. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1,
in cui detto almeno un elemento di tenuta e l'elemento di tenuta aggiuntivo comprendono uno o più gradini.
25

15. Pala per una turbomacchina, comprendente:
una porzione di radice della pala per fissare la pala ad un rotore a tamburo esterno anulare girevole,
in cui la porzione di radice della pala comprende
30 de uno o più elementi di trattenimento radiale per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di radice della pala nel rotore a tamburo esterno anulare

girevole, e

in cui almeno uno di detti uno o più elementi di trattenimento radiale comprende almeno un elemento di tenuta integrato con esso.

5 16. Pala secondo la rivendicazione 15, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale comprendono inoltre una pluralità di elementi di trattenimento radiale, la pluralità di elementi di trattenimento radiale comprendendo almeno gancetti di
10 trattenimento radiale opposti.

17. Pala secondo la rivendicazione 16, in cui i gancetti di trattenimento radiale opposti comprendono, almeno, un primo gancetto di trattenimento radiale e un secondo gancetto di trattenimento radiale,
15 almeno uno tra il primo gancetto di trattenimento radiale o il secondo gancetto di trattenimento radiale comprendendo almeno un elemento di tenuta su una sua superficie interna.

18. Pala secondo la rivendicazione 17, in cui i
20 gancetti di trattenimento radiale comprendono inoltre un terzo gancetto di trattenimento radiale che si estende dal secondo gancetto di trattenimento radiale.

19. Pala secondo la rivendicazione 17, in cui
25 detto almeno un elemento di tenuta comprende inoltre un primo elemento di tenuta e un secondo elemento di tenuta, il primo e il secondo gancetto di trattenimento radiale comprendendo il primo e il secondo elemento di tenuta, rispettivamente, su sue superfici
30 interne.

20. Pala secondo la rivendicazione 15, in cui ciascuna della prima pluralità di pale comprende una

porzione di punta della pala opposta alla porzione di radice della pala, la porzione di punta della pala comprendendo almeno un elemento di tenuta aggiuntivo.

5 Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

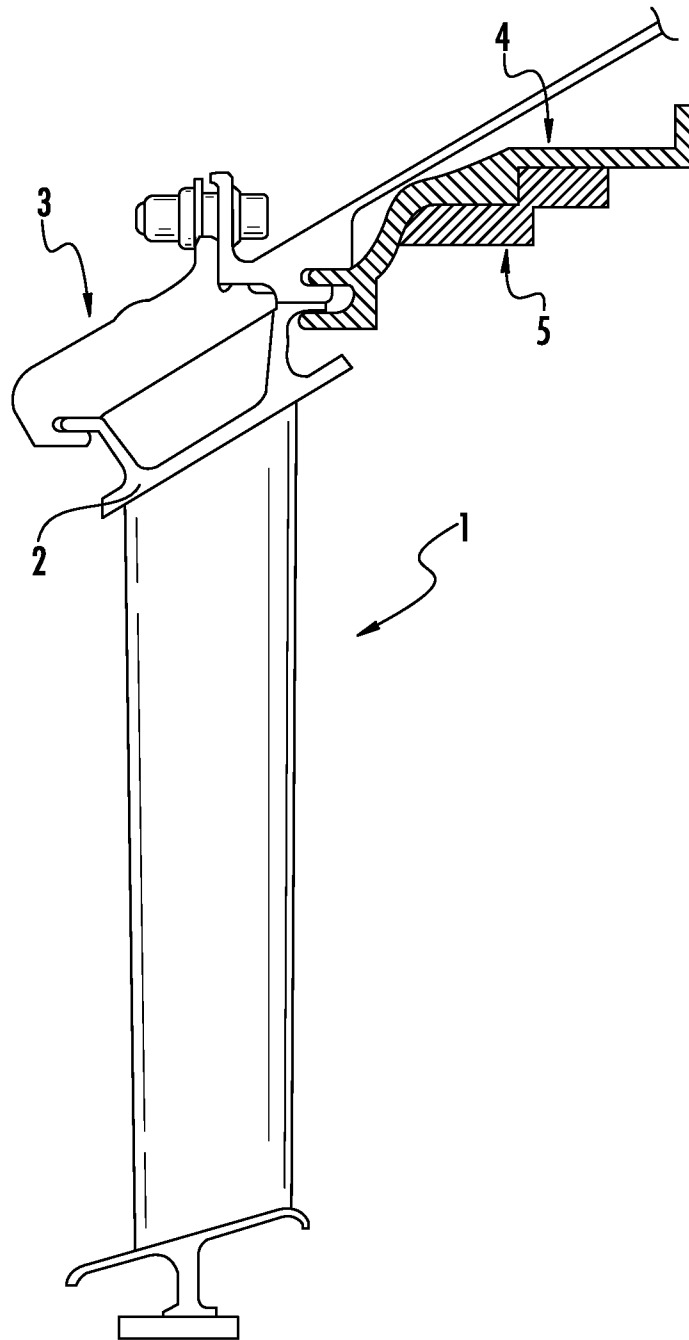


FIG. 1
(PRIOR ART)

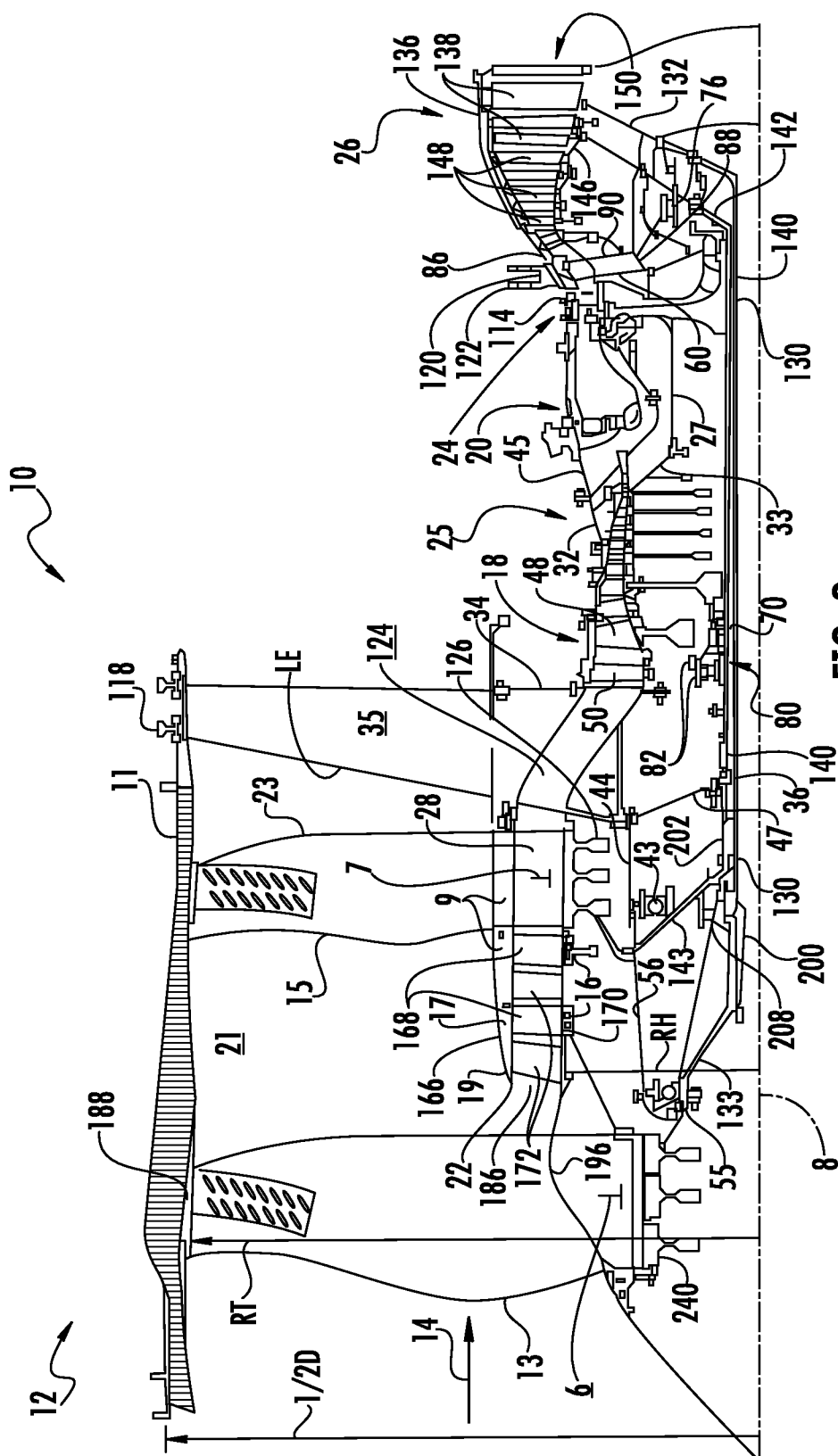


FIG. 2

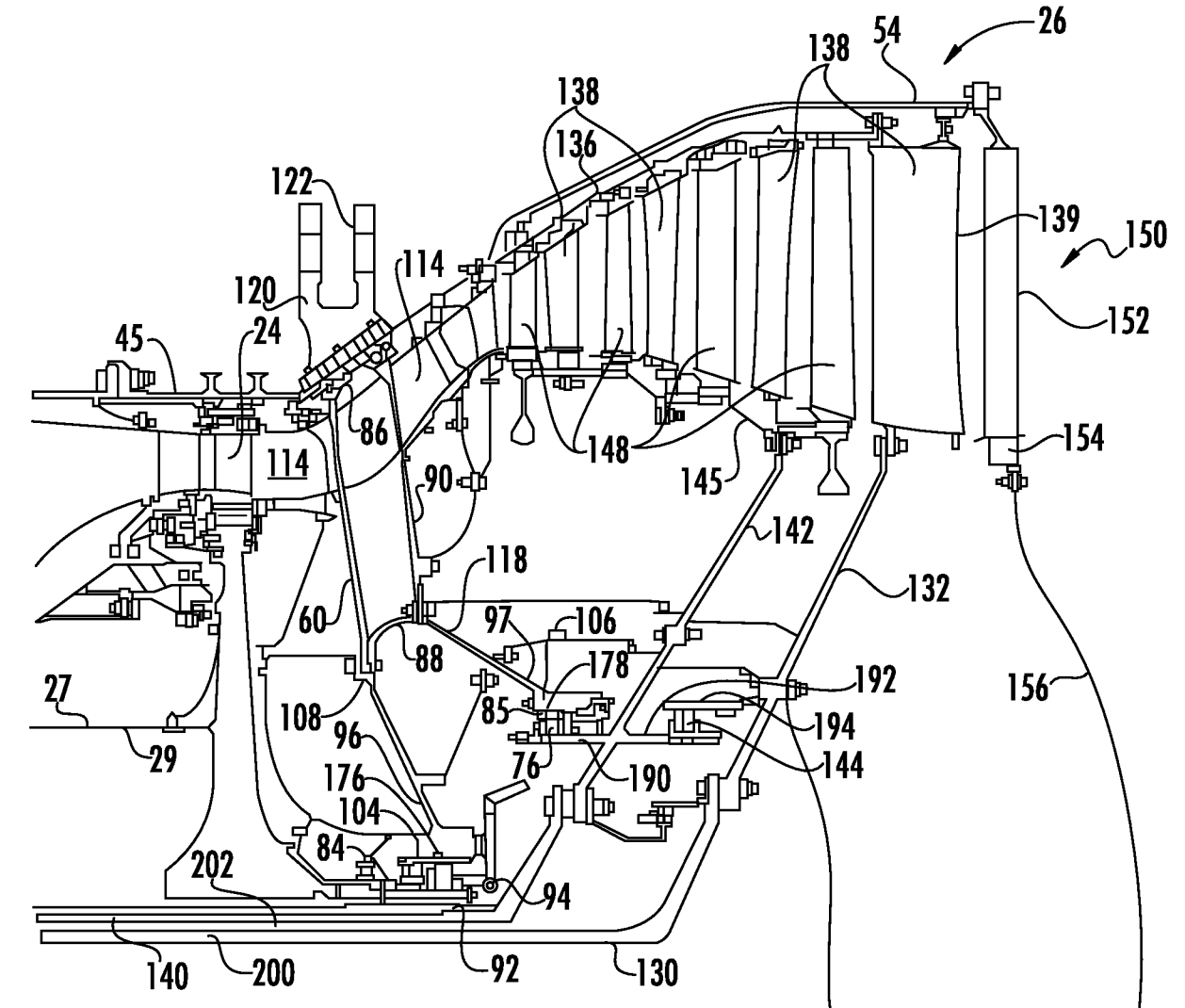


FIG. 3

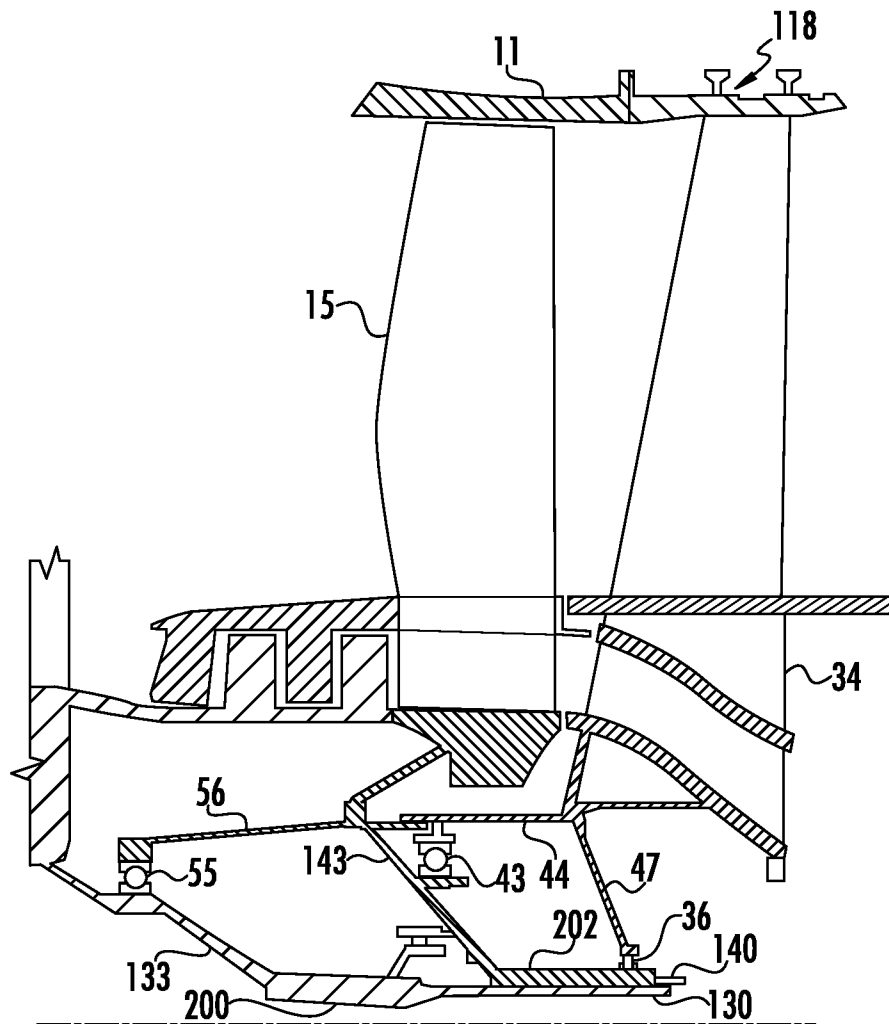


FIG. 4

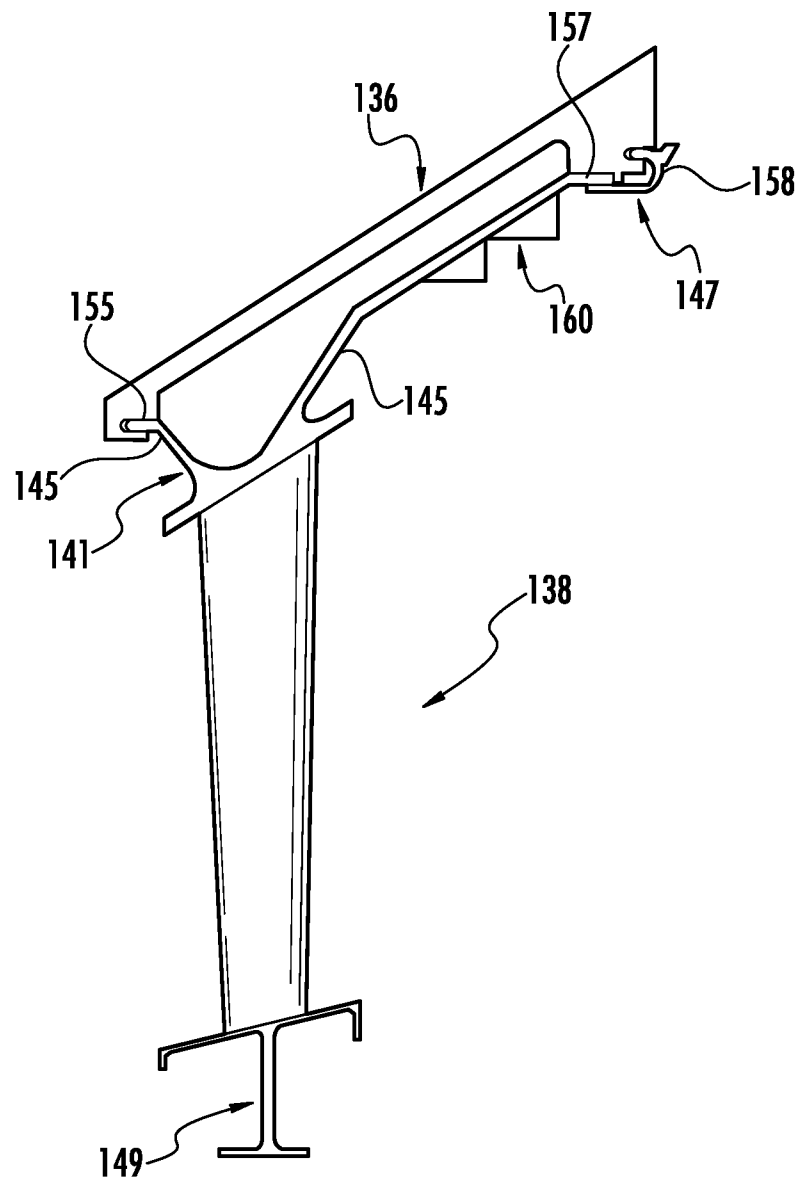


FIG. 5

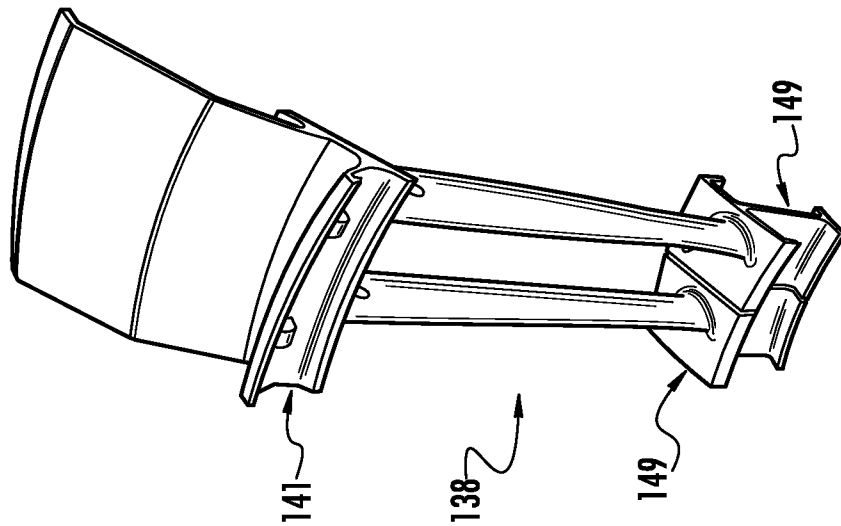


FIG. 6

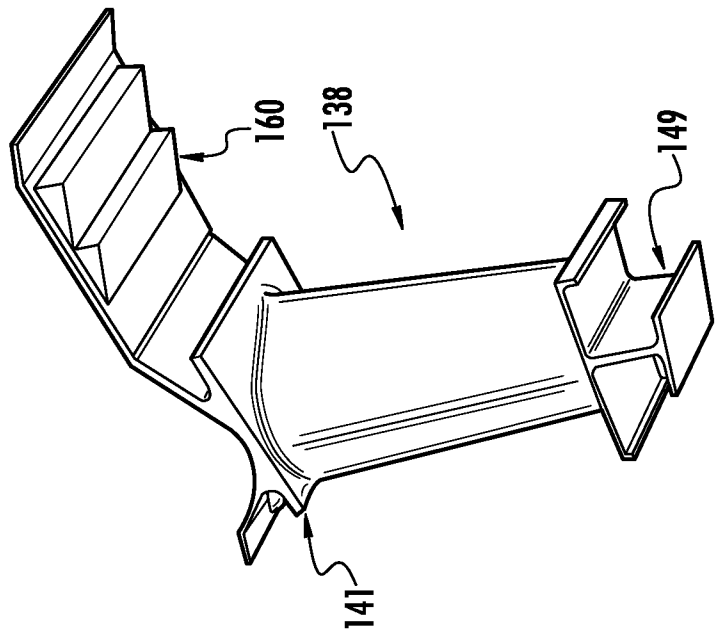


FIG. 7

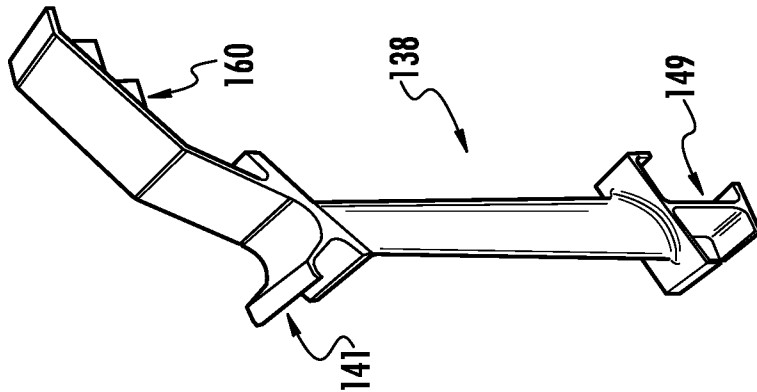
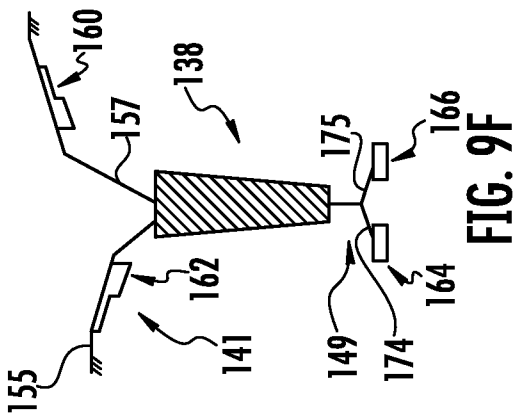
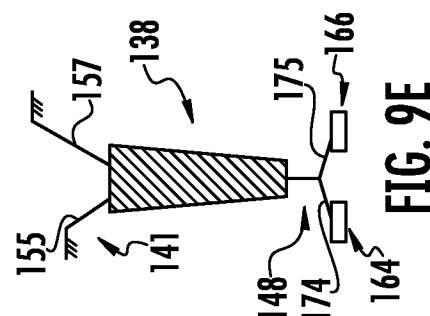
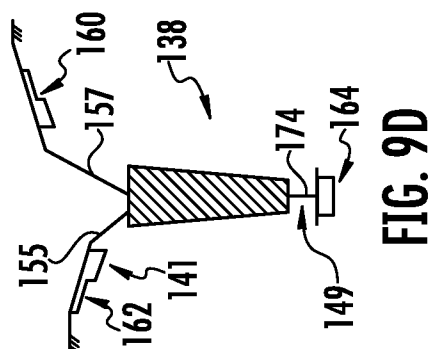
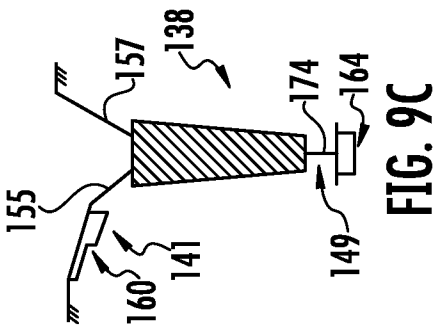
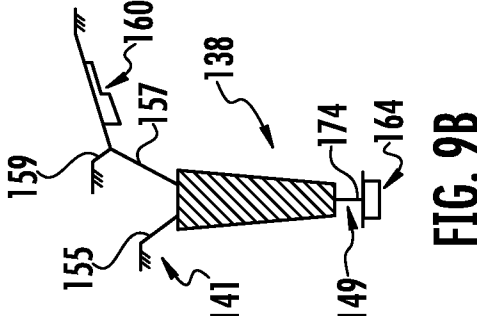
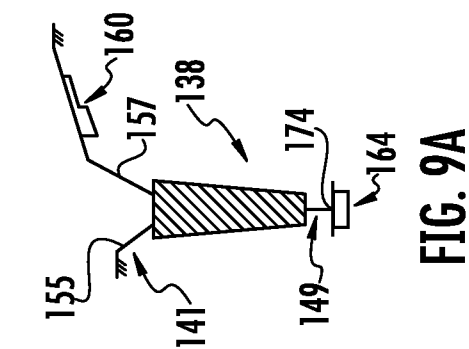


FIG. 8



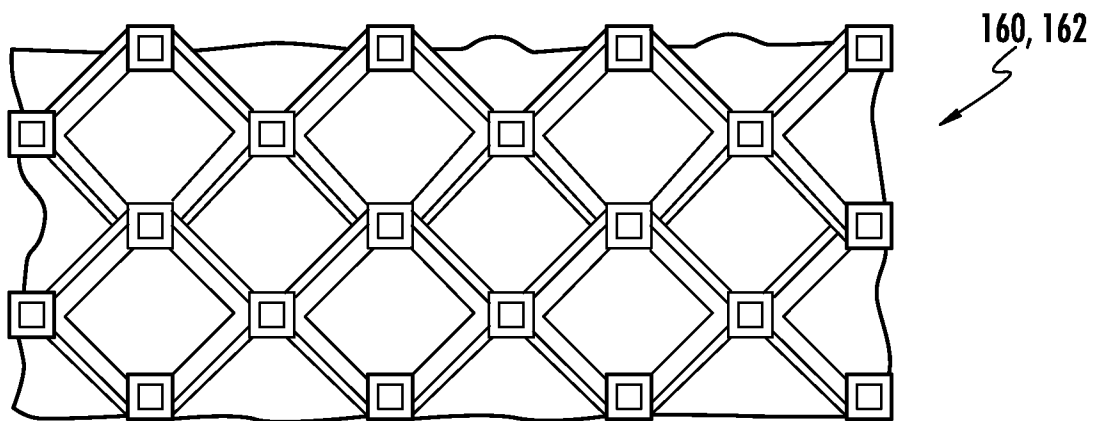


FIG. 10