



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102019000014724
Data Deposito	13/08/2019
Data Pubblicazione	13/02/2021

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	5	03

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	1	26

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	5	30

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	C	3	067

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	K	3	072

Titolo

Elementi di trattenimento delle pale per turbomacchine.

"ELEMENTI DI TRATTENIMENTO DELLE PALE PER
TURBOMACCHINE"

=====

DESCRIZIONE

5 RICERCA SPONSORIZZATA DAL GOVERNO

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

SETTORE

La presente descrizione si riferisce in generale a turbomacchine e più in particolare a elementi di trattenimento delle pale per turbomacchine, come ad
15 esempio motori a turbina a gas.

PRECEDENTI

I motori a turbina a gas comprendere 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 posta propulsiva. I criteri di progettazione di motori a turbina a gas in generale spesso comprendono criteri in conflitto tra di essi che devono essere
25 bilanciati o su cui si deve raggiungere un compromesso, tra cui il rendimento del combustibile maggiore, il rendimento operativo, e/o l'uscita di potenza mantenendo o riducendo il peso, il numero delle parti, le dimensioni (ovverosia le dimensioni assiali e/o
30 radiali del motore).

I motori a turbina a gas comprendono generalmen-

te una pluralità di pale del rotore rotanti in almeno uno tra un compressore della sezione a compressore o una turbina della sezione a turbina. Perdi più, almeno alcuni motori a turbina a gas comprendono anche una

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

10 forma di coda di rondine o di albero con una terza parte come un rivetto o una giunzione per imbullonamento. Il disco è situato tipicamente internamente rispetto alla fila di pale. Pale controrotanti sono fissate in maniera simile ad una parte rotante, ma

15 esternamente.

Nonostante quanto sopra, vi è una necessità continua per elementi di trattenimento migliorati per trattenere queste pale delle turbomacchine nella rispettiva parte rotante.

20 BREVE DESCRIZIONE

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

25 In un aspetto, la presente descrizione è rivolta ad una turbomacchina. La turbomacchina comprende un rotore a tamburo esterno anulare girevole connesso ad una prima pluralità di pale. Ciascuna della prima pluralità di pale comprende una porzione di radice

30 delle pale fissata ad un rotore a tamburo esterno anulare girevole. Ciascuna delle porzioni di radice

delle pale comprende uno o più elementi di trattenimento radiale strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel tamburo esterno girevole anulare e uno o più elementi di
5 trattenimento assiale per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel tamburo esterno anulare girevole.

In un altro aspetto, la presente descrizione è rivolta ad un procedimento per l'assemblaggio di una
10 pluralità di pale di una turbomacchina in un rotore a tamburo esterno anulare girevole. Il procedimento comprende disporre una pluralità di porzioni di radice delle pale di una pluralità di pale in una fessura del rotore di tamburo esterno anulare girevole. Il
15 procedimento comprende inoltre far ruotare la pluralità di porzioni di radice delle pale di una pluralità di pale nella fessura del rotore di tamburo esterno anulare girevole. Inoltre, il procedimento comprende inserire una pluralità di distanziatori nella
20 fessura del rotore a tamburo esterno anulare girevole tra una o più delle porzioni di radice delle pale della pluralità di pale in maniera tale da fissare la pluralità di pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole e ridurre al minimo gli spazi tra la pluralità di pale. Si comprenderà che il procedimento
25 può comprendere inoltre qualsiasi fase e/o elemento aggiuntivo come qui descritto.

Ancora in un altro aspetto, la presente descrizione è rivolta ad una turbomacchina. La turbomacchi-
30 na comprende rotore a tamburo esterno anulare girevole connesso ad una pluralità di pale. Ciascuna della

pluralità di pale comprende una porzione di radice delle pale fissata ad un rotore a tamburo esterno anulare girevole. Le porzioni di radice delle pale sono fissate al rotore a tamburo esterno anulare girevole tramite una pluralità di elementi di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti e uno o più dispositivi di fissaggio disposti attraverso gli elementi di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti. Si comprenderà che la turbomacchina può inoltre comprendere qualsiasi delle caratteristiche aggiuntive descritte.

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

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Una descrizione completa e che consente di realizzare la presente invenzione, che comprende la migliore modalità di esecuzione, rivolta ad un esperto nel ramo, è disposta nella descrizione, che fa riferimento alle figure allegate, in cui:

la figura 1 illustra una vista in sezione longitudinale di una forma di realizzazione di un motore a turbina a gas a 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 2 illustra una vista ingrandita del telaio a turbine e dei rotorì della turbina a bassa pressione controrotanti del motore di figura 1;

la figura 3 illustra una vista ingrandita di un
5 telaio della ventola e di cuscinetti anteriori e pozzetto del motore di figura 1;

la figura 4 illustra una vista prospettica di una forma di realizzazione della pluralità di pale di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;
10

la figura 5 illustra una vista prospettica dettagliata della porzione di radice della pala della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 4;

15 la figura 6 illustra una vista in sezione trasversale della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 4 connessa con il rotore a tamburo esterno anulare;

la figura 7 illustra una vista prospettica dettagliata della porzione di radice della pala della
20 pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 4 connessa al rotore a tamburo esterno anulare;

la figura 8 illustra un'altra vista prospettica dettagliata della porzione di radice della pala della
25 pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 4 connessa al rotore a tamburo esterno anulare;

la figura 9 illustra una vista prospettica di un'altra forma di realizzazione di una della prima pluralità di pale per turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;
30

la figura 10 illustra una vista prospettica det-

tagliata della porzione di radice della pala della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 9;

la figura 11 illustra una vista in sezione trasversale della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 9 connessa al rotore a tamburo esterno anulare;

la figura 12 illustra una vista prospettica di ancora un'altra forma di realizzazione di una prima pluralità di pale di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;

la figura 13 illustra una vista prospettica dettagliata delle porzioni di radice della pala della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 12;

la figura 14 illustra un'altra vista prospettica dettagliata della porzione di radice della pala della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 12;

la figura 15 illustra una vista in sezione trasversale della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 12 connessa al rotore a tamburo esterno anulare;

la figura 16 illustra un diagramma di flusso del procedimento di una forma di realizzazione di un metodo di assemblaggio di una prima pluralità di pale di turbina a bassa pressione di una turbina a bassa pressione di un motore a turbina a gas in un rotore a tamburo esterno anulare girevole secondo la presente descrizione;

la figura 17 illustra una prima pluralità assem-

blata di pale di turbina a bassa pressione in un rotore a tamburo esterno anulare girevole secondo la presente descrizione;

la figura 18 illustra una vista prospettica di
5 una forma di realizzazione di un distanziatore per il posizionamento tra pale di turbina a bassa pressione di un motore a turbina a gas secondo la presente descrizione;

la figura 19 illustra una vista in sezione trasversale di una forma di realizzazione di una prima pluralità assemblata delle pale di turbina a bassa pressione in un rotore a tamburo esterno anulare girevole secondo la presente descrizione, in particolare che illustra una pluralità di distanziatori dispo-
15 sti tra le pale di turbina;

la figura 20 illustra una vista prospettica di una ulteriore forma di realizzazione di una della prima pluralità di pale di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;

20 la figura 21 illustra una vista in sezione trasversale della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 20 connessa al rotore a tamburo esterno anulare;

la figura 22 illustra una vista prospettica dettagliata della porzione di radice della pala della
25 pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 20 connessa al rotore a tamburo esterno anulare;

la figura 23 illustra un'altra vista prospettica dettagliata della porzione di radice della pala della
30 pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 20 connessa al rotore a tamburo esterno anulare;

la figura 24 illustra una vista prospettica di ancora un'altra forma di realizzazione della prima pluralità di pale di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione;

5 la figura 25 illustra una vista in sezione trasversale della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 23 connessa al rotore a tamburo esterno anulare; e

10 la figura 26 illustra una vista prospettica dettagliata della porzione di radice della pala della pala di turbina a bassa pressione illustrata in figura 24 connessa al rotore a tamburo esterno anulare.

L'uso ripetuto di caratteri di riferimento nella presente descrizione e nei disegni è inteso come rappresentare gli stessi elementi o elementi analoghi della presente invenzione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

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

25 Nel senso qui utilizzato, i termini "primo", "secondo" e "terzo" possono essere utilizzati in maniera intercambiabile per distinguere un componente o caratteristica dall'altro e non sono intesi come significare posizione, importanza o grandezza dei singoli componenti o delle caratteristiche.

I termini "avanti", "posteriore" si riferiscono a posizioni relative in un motore a turbina a gas o veicolo, e si riferiscono alla posizione operativa normale del motore a turbina a gas o del veicolo. Ad esempio, per quanto riguarda un motore a turbina a gas, avanti 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, "a monte" si riferisce alla direzione da cui scorre il fluido e "a valle" si riferisce alla direzione verso cui scorre il fluido. I termini "accoppiato", "fissato", "attaccato a" e simili si riferiscono ad accoppiamento, fissaggio o attacco diretto così come accoppiamento, fissaggio o attacco diretto attraverso uno o più componenti intermedi o caratteristiche a meno che non sia indicato specificamente diversamente. Le forme singolari "un" e "il" includono i plurali a meno che il contesto non chiarisca chiaramente in maniera diversa.

Un linguaggio approssimativo nel senso utilizzato nella descrizione e nelle rivendicazioni è applicato per modificare qualsiasi rappresentazione quantitativa che potrebbe variare senza determinare un cambiamento della funzione di base a cui è correlato. Di conseguenza, un valore modificato da un termine o da termini, come ad esempio "circa", "approssimativamente" e "sostanzialmente", non devono essere limitati a valore preciso specificato. In almeno alcuni ca-

si, il linguaggio approssimativo può corrispondere alla precisione di uno strumento per migliorare la precisione, la precisione dei procedimenti o macchine per costruire o fabbricare i componenti e/o sistemi.

5 Ad esempio, il linguaggio approssimativo può riferirsi ad un margine del 10 per cento.

Qui e in tutta la descrizione e nelle rivendicazioni, le limitazioni degli intervalli sono combinate e scambiate tra di loro, questi intervalli sono identificati e comprendono tutti i sotto-intervalli contenuti negli stessi a meno che il contesto e il linguaggio non dica diversamente. Ad esempio, tutti gli intervalli descritti sono inclusivi dei valori finali e i valori finali sono combinabili indipendentemente
10 uno con l'altro.

Riferendosi ora ai disegni, la figura 1 illustra una vista schematica di una forma di realizzazione di una 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 da una linea centrale 8 del motore e comprende una sezione di ventola 12 che riceve flusso d'aria di entrata dell'aria ambiente 14. La sezione di ventola 12 ha prime e seconde ventole 4 e 6 controrotanti che comprendono prime e seconde file di pale 13 e 15 e primi e secondi alimentatori 13 e 17
20 controrotanti rispettivamente. I primi e secondi alimentatori controrotanti 16 e 17 sono situati assialmente tra le prime e le seconde file 13 e 15 di pale della ventola controrotanti, una disposizione che
25 prevede una mansione di rumore ridotta dalla sezione
30

a ventola 12. Dopo la sezione a ventola 12 vi è un compressore ad alta pressione, HPC 18, un combustore 20 che mischia combustibile con aria 14 pressurizzata da HPC 18 per generare gas di combustione che scorrono a valle attraverso una turbina ad alta pressione (HPT) 24, e una turbina a bassa pressione controrotante (LPT) 26 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 è controgirevole rispetto al compressore 18 ad alta pressione. Ciò riduce la sensibilità del motore 10 alla distorsione di ingresso del flusso d'aria della sezione a ventola 12. Riduce inoltre la sensibilità reciproca di ruotare delle celle in stallo rotante negli altri rotori.

Un albero 27 ad alta pressione unisce HPT 24 a HPC 18 per formare sostanzialmente un primo rotore o 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 comprende, ai fini di questo brevetto, l'albero 27 ad alta pressione. Il motore centrale 25 è modulare in maniera tale che una unità singola possa essere sostituita indipendentemente separata da altre parti della turbina a gas.

Un condotto 21 di derivazione circonda radialmente, unito da un involucro della ventola 11 e una parete 9 del condotto di derivazione interna radialmente anulare girevole, il primo e il secondo alimen-

tatore 16 e 17 controrotanti e un condotto di entrata 19 al compressore 18 ad alta pressione del motore centrale 25. Il condotto di derivazione 21 è circondato radialmente da un involucro della ventola 11 e
5 una parete 9 di condotto di derivazione interna radialmente anulare. La parete 9 del condotto di derivazione interna radialmente comprende una sezione 22 di parete girevole fissata sulla seconda fila di pale 15 della ventola e da cui dipende radialmente verso
10 l'interno il secondo alimentatore 17. Una porzione 23 radialmente esterna della seconda fila di pale della ventola è disposta radialmente nel condotto 21 di derivazione.

Riferendosi alle figure 1 e 2, la turbina 16 a
15 bassa pressione controrotante comprende un rotore 136 a tamburo esterno anulare montato girevolmente ad un albero interno 130 a bassa pressione mediante una estensione 132 dell'albero conica interna a bassa pressione posteriore. Il tamburo rotore a tamburo
20 esterno 136 comprende una pluralità di file 138 di pale a turbina a bassa pressione che si estendono radialmente da esso e distanziate assialmente una dall'altra. Il rotore a tamburo 136 è a sbalzo da uno stadio finale 139 delle file 138 delle pale di turbi-
25 na a bassa pressione imbullonato ad una estensione 132 dell'albero conica interna a bassa pressione posteriore. La turbina 26 a bassa pressione controrotante comprende inoltre un tamburo 146 interno a bassa pressione anulare montato girevolmente ad un albe-
30 ro 140 esterno a bassa pressione mediante una estensione 142 dell'albero conica esterna a bassa pressio-

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

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

Il primo alimentatore 16 comprende una prima se-
30 zione 166 di rotore dell'alimentatore che comprende la sezione 22 di parete girevole da cui si estendono

radialmente verso l'interno le prime file 168 di pale dell'alimentatore. La prima sezione 166 di rotore dell'alimentatore anulare è illustrata come realizzata con pali integrali in maniera simile al disco con pale, 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 al fissaggio delle pale. Le velocità basse operative degli alimentatori e il basso peso del disegno 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 di rotore dell'alimentatore.

Il secondo alimentatore 17 comprende una seconda sezione di rotore dell'alimentatore 170 a cui si estendono radialmente verso l'esterno file 172 di pale del secondo 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 considerata parte del secondo alimentatore 17 e una seconda fila 172 di pale dell'alimentatore. La prima e la seconda fila di pale 168 e 172 sono interdigitate e sono controrotanti. La prima e la seconda fila di pale 13 e 15 sono fissate alla prima e alla seconda sezione 166 e 170 di rotore dell'alimentatore, rispettivamente. 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 ad alta pressione 33.

Il motore 10 a turbina a gas ha inoltre una struttura di telaio 32 che comprende un telaio anteriore o della ventola connesso da un involucro del motore 45 ad un telaio del motore intermedio o tra turbine. La seconda fila di 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 spostati assialmente 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 dell'aeromobile. Il telaio tra turbine 60 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 distanziato radialmente all'interno dal primo strutturale 86 attorno alla linea centrale 8. Il secondo anello strutturale 88 può anche essere indicato come mozzo. Una pluralità di montanti 90 distanziati circonferenzialmente si estende radialmente tra il primo e il secondo anello 86 e 88 e sono uniti in maniera fissa ad essa. I montanti sono cavi nella forma di realizzazione esemplificativa della forma di realizzazione 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 83 ad alta pressione e i rotori 200 e 202 interno ed esterno a bassa pressione, è indicato come telaio tra turbine anche in alcuni casi come telaio a

metà del motore. Un condotto di transizione 144 tra turbine tra la HPT 24 e la LPT 26 passa attraverso il telaio 60 tra turbine.

Il motore è montato all'aeromobile su un supporto 118 anteriore del telaio della ventola situato anteriormente sul telaio della ventola 34 e in un supporto 120 posteriore del telaio di 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 il 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 turbina 60 ad una piattaforma che è unita in maniera fissa 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 a U distanziate circonferenzialmente (solo una delle cerniere sagomate a U è mostrata nelle illustrazioni in sezione trasversale delle figure) sul telaio tra turbine 60. Le cerniere sagomate a U 122 sono progettate per essere connesse al gruppo di perni di un gruppo di connessioni. Le connessioni sono connesse ad una piattaforma sul fondo del pilone. Le cerniere 122 sagomate a U sono un tipo di mezzi di connessione del telaio per connettere il motore ad un aeromobile. Altri tipi di mezzi di montaggio oltre le cerniere sono noti nell'industria aerospaziale e possono essere utilizzati per montare il telaio della presente invenzione al motore dell'aeromobile.

Riferendosi più in particolare alla figura 3, il rotore 202 esterno a bassa pressione, mediante l'estensione 143 dell'albero esterna conica anteriore, è supportato girevolmente assialmente radialmente dal telaio della ventola 34 mediante un cuscinetto di spinta posteriore 43 montato da una prima struttura 44 di supporto del cuscinetto e un secondo cuscinetto 36, un cuscinetto a rulli, montato su una seconda struttura 47 di supporto del cuscinetto. Il rotore 200 interno a bassa pressione, mediante l'estensione 133 dell'albero interna conica anteriore è supportato girevolmente assialmente radialmente dal telaio della ventola 34 mediante un cuscinetto 50 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 133 dell'albero interna conica anteriore. Il rotore 200 interno a bassa pressione è ulteriormente supportato girevolmente radialmente dal telaio della ventola 34 mediante un cuscinetto 208 differenziale anteriore, un cuscinetto a rulli tra l'albero 130 interno a bassa pressione e l'albero 140 esterno a bassa pressione. La prima e la seconda struttura 44 e 47 di supporto del cuscinetto sono fissate al telaio della ventola 34.

Riferendosi più in particolare alla figura 2, il rotore 202 esterno a bassa pressione, mediante l'estensione 142 dell'albero conica esterna a bassa pressione posteriore connessa all'albero 140 esterno a bassa pressione è supportato girevolmente radialmente 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 della estensione 142 dell'albero conica esterna a bassa pressione. Il rotore 202 esterno a bassa pressione è supportato girevolmente più posteriormente dal terzo cuscinetto 76 che è quindi indicato 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 sostanzialmente supporta 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 supportato girevolmente radialmente dall'estensione 142 dell'albero conico esterno 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 conico esterno a bassa pressione posteriore e una estensione 194 esterna 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 1, una estremità 70 ad alta pressione anteriore del compressore ad alta pressione 18 del rotore 33 ad alta pressione

è supportato girevolmente radialmente da un complesso di cuscinetto 80 montato in una struttura 82 di supporto del complesso di cuscinetto fissata al telaio della ventola 34. Riferendosi più in particolare alla
5 figura 2, una estremità posteriore 92 del rotore 33 ad alta pressione è supportato girevolmente radialmente posteriore da un quinto cuscinetto 94 montato in una struttura 96 di supporto del cuscinetto anteriore fissata ad una porzione anteriore 108 anteriore
10 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.
15 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 da strutture 96 e 97 di supporto dei cuscinetti
20 anteriore e posteriore. Gli elementi 104 e 106 di pozzetto anteriore e posteriore supportano il quinto cuscinetto 94 del terzo cuscinetto 76 in fori 84 e 85 centrali cilindrici posteriori, rispettivamente, degli elementi di pozzetto. Il quinto cuscinetto 94 e
25 il terzo cuscinetto 76 hanno piste 176 e 178 esterne fisse anteriore e posteriore che sono connesse in maniera fissa alle strutture 96 e 97 di supporto del cuscinetto anteriore e posteriore, rispettivamente.

30 Posteriormente al LPT 26 vi è un complesso di alette di guida di uscita 150 che supportano una fila

fissa di alette di guida di uscita 152 che si estendono radialmente verso l'interno tra un involucro 54 della turbina a bassa pressione e una turbina 154 scatolare anulare. Il complesso 150 di alette di guida di uscita elimina lo svergolamento del flusso di gas che esce dal LPT 26. L'involucro 54 della turbina a bassa pressione è imbullonato all'involucro del motore 45 alla fine del condotto 114 di transizione tra turbine tra HPT 24 e LPT 26. Una piastra 156 di copertura a cupola è imbullonata alla struttura 154 scatolare anulare. Il complesso 150 ad alette di guida di uscita non è indicato e non funziona come un telaio poiché non supporta girevolmente nessuno dei rotori del motore.

Il compressore ad alta pressione 18 del motore 10 a turbina a gas a turbo fan della presente invenzione è azionabile e progettata per funzionare con un 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 della pressione attraverso il compressore 18 ad alta pressione. Il rapporto della pressione del compresso globale re è una misura nella crescita della pressione attraverso la ventola attraverso il compressore 18 ad alta pressione, ovverosia è un rapporto della pressione che esce dal compressore ad alta pressione diviso per la pressione dell'aria ambiente 14 che entra nella sezione della ventola 12. Il compressore 18 ad alta pressione è illustrato con sei stadi ad alta pressio-

ne 48 e tre stadi 50 di alette variabili dei primi quattro degli stadi 48 ad alta pressione. Meno di quattro stadi 50 delle alette variabili può essere utilizzato. Il compressore 18 ad alta pressione ha un
5 numero relativamente piccolo di stadi 48 ad alta pressione e l'invenzione prevede l'utilizzazione tra sei e otto stadi ad alta pressione e circa quattro stadi 50 di alette variabili o un numero inferiore. Ciò rende il motore più corto mentre si ha ancora un
10 rapporto di pressione globale elevato in un intervallo tra 40 e 65.

Il motore ha un rapporto di derivazione di progettazione tra 5 e 15 e un rapporto di pressione della ventola di progettazione compreso tra 1,4 e 2,5.
15 La prima e la seconda fila di pale della ventola controrotanti sono progettate per funzionare con velocità di punta che, per le due file delle pale, nel complesso arriva ad un intervallo tra 1000 e 2500 piedi/secondo, il che consente l'uso di pale della ventola in materiale composito leggero. Profili alari
20 compositi in matrice ceramica (CMC) controrotanti, con capacità di temperatura elevata, non raffreddati, leggeri, possono essere utilizzati nella turbina 26 a bassa pressione controrotante. Quindi, il motore 10 e
25 la sezione di ventola 12 possono essere descritti come aventi una somma della velocità di punta della ventola operative della prima e della seconda fila di pale 13 e 15 comprese in un intervallo tra 1000 e 25000 piedi al secondo.

30 Riferendosi ancora alla figura 1, un raggio della punta RT è illustrato, misurato dalla linea cen-

trale 8 del motore ad una punta 188 della pala della ventola della prima fila 13 della ventola e un raggio RH del mozzo misurato dalla linea centrale 8 del motore ad un mozzo del rotore 196 del rotore 200 interno a bassa pressione all'ingresso 186 del condotto di entrata 19 del compressore 18 ad alta pressione del motore 25. Il motore 10 della presente invenzione può essere progettato con un rapporto tra il mozzo di entrata della ventola e il raggio alla punta piccola (RH/RT) compreso in un intervallo tra 0,20 e 0,35. Per un dato gruppo di aree dell'anello del condotto di entrata dell'entrata della ventola un rapporto tra il mozzo di entrata della ventola e il raggio della punta basso consente di avere un diametro della ventola più piccolo in confronto ad un rapporto maggiore. Tuttavia, i livelli di rapporto tra il mozzo di entrata della ventola e il raggio della punta sono vincolati alla capacità di progettazione di un disco per supportare le pale della ventola rotanti. Le pale della ventola nella forma di realizzazione esemplificativa illustrata sono realizzati in materiali compositi leggeri o alluminio e le velocità di punta della ventola del rotore sono progettate che un disco della ventola 126 possa essere per il rapporto tra il mozzo di entrata della ventola e il raggio alla punta fino a 0,20. Il rapporto tra il mozzo di entrata della ventola basso e il raggio alla punta consente basse inclinazioni e lunghezze brevi del condotto 124 di transizione del motore centrale tra la sezione della ventola 12 e il compressore 18 ad alta pressione e del condotto 114 di transizione tra turbine tra HPT

24 e LPT 26.

Riferendosi ora alle figure 4-15 sono illustrate varie viste di forme di realizzazione multiple della prima pluralità di pale 138 di turbina a bassa pressione secondo la presente invenzione. Più in particolare, le figure 4-8 illustrano varie viste di una forma di realizzazione della prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione. Le figure 9-11 illustrano varie viste di un'altra forma di realizzazione della prima pluralità di pale 138 di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione. Le figure 12-15 illustrano varie viste di ancora un'altra forma di realizzazione della prima pluralità di pale 138 di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione.

Riferendosi in particolare alla figura 4, una vista prospettica di una forma di realizzazione di una della prima pluralità di pale 138 di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione viene illustrata. Come mostrato, la pala 138 di turbina a bassa pressione comprende una porzione 141 di radice della pala per fissare il rotore 136 a tamburo esterno anulare. Inoltre, come mostrato, ciascuna delle porzioni di radice 141 delle pale può comprendere uno o più elementi 145 di trattenimento radiali strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice delle pale nel rotore 136 a tamburo esterno anulare e una o più caratteristiche 147 di trattenimento assiali (come ad esempio mostrato nelle figure 6, 11, 21, 22 e 26) per trattenere as-

sialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice delle pale nel rotore 136 a tamburo esterno anulare. In alcune forme di realizzazione, come verrà descritto, gli elementi di trattenimento assiale 147 possono
5 comprendere una protezione rotante 158 fissata al rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole, un pistone o anello di tenuta 163, superfici laterali 159 di una coda di rondine 151 di una giunzione a coda di rondine 149, o simili.

10 Più in particolare, come mostrato, gli elementi di trattenimento radiale strutturali 145 possono comprendere una giunzione a coda di rondine 149 e/o uno o più gancetti di trattenimento di trattenimento radiali 153. In forme di realizzazione particolari, le
15 giunzioni a coda di rondine 149 possono avere qualsiasi forma in sezione trasversale idonea, come ad esempi una sezione trasversale ad abete. Inoltre, come mostrato nella forma di realizzazione illustrata, gli elementi 145 di trattenimento strutturali radiali
20 possono comprendere una combinazione di giunzione a coda di rondine 149 e gancetti di trattenimento radiali 155, così come una o più staffe di trattenimento radiali 157. Più in particolare, come mostrato, ciascuna delle porzioni di radice delle pale 141 può
25 comprendere la giunzione a coda di rondine 149 disposta tra uno dei gancetti di trattenimento radiali 155 e una delle staffe 155 di trattenimento radiali.

Quindi, come mostrato in particolare attraverso il riferimento numerico 1 in figura 5, la giunzione a
30 coda di rondine 149 è configurata per realizzare un trattenimento radiale delle pale 138 di turbina a

bassa pressione singolo (ovverosia per impedire che le pale 138 cadano dal rotore a tamburo esterno 136 durante l'assemblaggio e/o il fermo del motore. Inoltre, come mostrato tramite il riferimento numerico 4, la giunzione 149 a coda di rondine è configurata per realizzare un percorso di trasmissione della coppia dalla pala 138 di turbina a bassa pressione singola al rotore a tamburo esterno 136 durante il funzionamento del motore 10 a turbina a gas. Inoltre, come mostrato tramite il riferimento numerico 3, la pala di turbina 138 a bassa pressione può anche essere trattenuta nel rotore a tamburo esterno 136 tramite gli elementi di trattenimento assiale 147, che nella forma di realizzazione illustrata comprendono un anello a pistone 163.

Riferendosi ora alla figura 6, una vista in sezione trasversale della pala 138 di turbina a bassa pressione di figura 4 fissata al rotore 138 a tamburo esterno secondo la presente invenzione viene illustrata. Come mostrato con il riferimento numerico 2, ciascuna delle porzioni 141 di radice della pala della prima pluralità di pale 138 di turbina a bassa pressione comprende uno o più elementi 153 di trattenimento radiali operativi per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni 142 di radice della pala nel rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole durante il funzionamento del motore a turbina a gas 10. In queste forme di realizzazione, gli elementi di trattenimento radiale operativi 153 possono essere attivati per trattenere ciascuna delle porzioni di radice 141 delle pale nel rotore 136 a tamburo esterno anu-

lare girevole solo durante il funzionamento del motore 10 a turbina a gas. Ad esempio, in particolari forme di realizzazione, gli elementi 153 di trattenimento radiali operativi possono comprendere una superficie esterna della coda di rondine 151 della
5 giunzione 149 a coda di rondine, una superficie esterna dei gancetti 155 di trattenimento radiali e/o una superficie esterna delle staffe di trattenimento radiale 157. Più in particolare, come mostrato in figura 6, le caratteristiche 153 di trattenimento radiali operative possono comprendere le superfici
10 esterne dei gancetti di trattenimento radiali 155 e/o le staffe di trattenimento radiali 157.

Riferendosi in particolare alla figura 7, un
15 diagramma schematico di una forma di realizzazione del complesso di pale 138 di turbina a bassa pressione di figura 4 fissato al rotore 136 a tamburo esterno è illustrata, quindi, come mostrato, dopo l'assemblaggio, la giunzione a coda di rondine 149 realizza
20 il trattenimento radiale della pala 138. Inoltre, come mostrato, la gravità crea vari spazi 160 tra i gancetti di trattenimento radiali 155 e il rotore 136 a tamburo esterno tra le staffe di trattenimento radiali 157 e il rotore a tamburo esterno 136, e tra la
25 giunzione a coda di rondine 149 e il rotore a tamburo esterno 136. Di conseguenza, come mostrato in figura 8, durante il funzionamento del motore a turbina a gas 10, forze centrifughe agiscono nella direzione mostrata dalla freccia 161, con carichi di pressione
30 che agiscono sulle pale 138 come mostrato tramite la freccia 162. Pertanto, gli spazi 160 tra i gancetti

di trattenimento radiali 155 e il rotore 136 a tamburo esterno, le staffe di trattenimento radiali 157, e il rotore 136 a tamburo esterno e la giunzione a coda di rondine 149 e il rotore 136 a tamburo esterno sono chiusi. Quindi, come mostrato in figura 8, i gancetti 155 di trattenimento radiali e le staffe 157 di trattenimento radiali fanno contatto con i rotori 136 a tamburo esterno realizzando un trattenimento radiale della pala 138 durante il funzionamento del motore a turbina a gas 10.

Riferendosi ora alla figura 9, una vista prospettica di un'altra forma di realizzazione di una della prima pluralità di pale 138 di turbina a bassa pressione secondo la presente invenzione viene illustrata. Come mostrato, la pala 138 di turbina a bassa pressione comprende una porzione 141 di radice della pala per il fissaggio al rotore 136 a tamburo esterno anulare. Inoltre, come mostrato, la porzione 141 di radice della pala può comprendere uno o più elementi di trattenimento 145 radiali strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice della pala nel rotore 136 a tamburo esterno anulare e uno o più elementi di trattenimento assiale 147 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 singola giunzione a coda di rondine 149. Ad esempio, come mostrato, in una forma di realizzazione, le giunzioni a coda di rondine 149 possono

estendersi longitudinalmente in una direzione assiale
173 del motore 10 a turbina a gas e possono coprire
una larghezza della porzione 141 della radice della
pala. Quindi, come mostrato in particolare tramite il
5 riferimento numerico 1 in figura 10, la giunzione a
coda di rondine 149 è configurata per fornire un
trattenimento radiale delle singole pale 138 di tur-
bina a bassa pressione (ovverosia per impedire che le
pale 138 cadano dal rotore 136 a tamburo esterno du-
10 rante l'assemblaggio e/o il fermo del motore). Inol-
tre, come mostrato tramite il riferimento numerico 2,
una superficie esterna della coda di rondine 151 del-
la giunzione a coda di rondine 149 è configurata per
realizzare un trattenimento radiale della singola pa-
15 la 138 di turbina a bassa pressione nel rotore 136 a
tamburo esterno durante il funzionamento del motore
10 a turbina a gas.

Ad esempio, dopo l'assemblaggio della giunzione
a coda di rondine 149 la gravità crea uno spazio (si-
20 mile allo spazio 160 in figura 7) tra la giunzione a
coda di rondine 149 e il rotore a tamburo esterno
136. Di conseguenza, durante il funzionamento del mo-
tore a turbina a gas 10, le forze centrifughe agisco-
no sulla pala 138 in maniera tale che la superficie
25 esterna della coda di rondine 151 sia forzata contro
il rotore 136 a tamburo esterno anulare. Pertanto, lo
spazio tra la giunzione 149 a coda di rondine e il
rotore 136 a tamburo esterno è chiusa, realizzando un
trattenimento radiale della pala 138 durante il fun-
30 zionamento del motore a turbina a gas 10.

Inoltre, come mostrato con il riferimento nume-

rico 3 in figura 11, la pala 138 della turbina a bassa pressione può anche essere trattenuta radialmente nel rotore 136 a tamburo esterno tramite l'elemento di trattenimento assiale 147, che nella forma di realizzazione illustrata comprende la protezione rotante 158 del rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole. Inoltre, come mostrato tramite il riferimento numerico 4 di figura 10, superfici laterali 159 della giunzione a coda di rondine 149 sono configurate per realizzare un percorso per la trasmissione della coppia dalla pala 138 della turbina a bassa pressione singola al rotore 136 a tamburo esterno durante il funzionamento del motore a turbina a gas 10.

Riferendosi ora alla figura 12, una vista prospettica di ancora un'altra forma di realizzazione di una della prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione viene illustrata. Come mostrato, la pala 138 della turbina a bassa pressione comprende una porzione di radice della pala 141 per il fissaggio al rotore 136 a tamburo anulare esterno. Inoltre, come mostrato, la porzione 141 di radice della pala comprende uno o più elementi 145 di trattenimento radiali strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice della pala nel rotore 136 a tamburo esterno anulare e uno o più elementi di trattenimento assiale 147 per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice della pala nel rotore 136 a tamburo esterno anulare.

Più in particolare, come mostrato nelle figure 12 e 15, gli elementi di trattenimento radiale strut-

turali 145 possono comprendere una singola giunzione 149 a coda di rondine. In alternativa alle forme di realizzazione delle figure 9-11, tuttavia, le giunzioni a coda di rondine 149 si possono essere longitudinalmente in una direzione radiale 175 (ovverosia una direzione tangenziale) del motore 10 a turbina a gas e possono coprire una larghezza della porzione 141 di radice della pala. Quindi, come mostrato in particolare tramite il riferimento numerico 1 in figura 13 e in figura 15, la giunzione a coda di rondine 149 è configurata per realizzare un trattenimento radiale delle singole pale a turbina a bassa pressione 138 (ovverosia per impedire che le pale 138 cadano dal rotore 136 a tamburo esterno durante l'assemblaggio e/o il fermo del motore). Inoltre, come mostrato tramite il riferimento numerico 2, una superficie esterna della coda di rondine 151 della giunzione a coda di rondine 149 è configurata per realizzare un trattenimento radiale della singola pala 138 della turbina a bassa pressione nel rotore a tamburo esterno 136 durante il funzionamento del motore a turbina a gas 10.

Ad esempio, dopo l'assemblaggio della giunzione a coda di rondine 149, la gravità crea uno spazio (simile a quello spazio 160 in figura 7) tramite la giunzione a coda di rondine 149 e il rotore 136 a tamburo esterno. Di conseguenza, durante il funzionamento del motore a turbina a gas 10, forze centrifughe agiscono sulla pala 138 in maniera tale che la superficie esterna della coda di rondine 151 sia forzata contro il rotore 136 a tamburo esterno anulare.

pertanto, lo spazio tra la giunzione a coda di rondine 149 e il rotore 136 a tamburo esterno viene chiusa, realizzando un trattenimento radiale della pala 138 durante il funzionamento del motore 10 a turbina a gas. Inoltre, come mostrato tramite il riferimento numerico 3 in figura 14, la pala della turbina a bassa pressione 138 può anche essere trattenuta assialmente nel rotore 136a tamburo esterno tramite l'elemento di trattenimento assiale 147, che nella forma di realizzazione illustrata comprende superfici laterali 159 della coda di rondine 151 della giunzione a coda di rondine 149. Inoltre, come mostrato con il riferimento numerico 4 di figura 13, la faccia frontale della giunzione a coda di rondine 149 è configurata per realizzare un percorso di trasmissione di coppia dalla pala 138 di turbina a bassa pressione singola al rotore a tamburo esterno 136 durante il funzionamento del motore a turbina a gas 10.

Riferendosi ora alle figure 16-18, è illustrato secondo la presente descrizione un diagramma di flusso di procedimento di una forma di realizzazione di assemblaggio della prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione nel rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole illustrato nelle figure 12-15. Più in particolare, come mostrato con i riferimenti numerici 1 e 2, le porzioni 141 di radice della pala della prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione sono disposte in una prima fessura 164 del rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole. Inoltre, come mostrato con i riferimenti numerici 2 e 3, la pluralità di porzioni 141 di radice della

pala della prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione sono fatte ruotare nella prima fessura 164 del rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole. Perdipiù, come mostrato con i riferimenti numerici 3 e 4, il procedimento comprende inserire una pluralità di distanziatori 165 in una pluralità di seconde fessure 167 del rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole tra una o più della pluralità di porzioni 141 di radice della pala della prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione in maniera tale da fissare la prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione nel rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole e/o ridurre al minimo gli spazi tra la prima pluralità di pale 138 a turbina a bassa pressione. Un rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole assemblato con la prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione e la pluralità di distanziatori 165 è illustrato in figura 17. I dettagli dei distanziatori 165 sono illustrati inoltre in figura 18.

Quindi, come mostrato in figura 19, una sezione trasversale del rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole assemblato con la pluralità di pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione e la pluralità di distanziatori 165 fissati è illustrata. Le pale 138 della turbina a bassa pressione sono sottoposte generalmente ad alta temperatura, pertanto, la progettazione deve tenere in considerazione il progetto della porzione di radice della pala e l'espansione termica del distanziatore. Di conseguenza, come mostrato, i distanziatori 165 possono essere realiz-

zati in maniera tale che due lati siano a contatto con il rotore 136 a tamburo esterno anulare e due lati abbiano uno spazio 169 tra il rotore 136 a tamburo esterno anulare. Questo disegno assicura un criterio di progettazione per mantenere spazi tangenziali 171 tra le pale 138.

Riferendosi ora alla figura 20, è illustrata una vista prospettica di ancora un'altra forma di realizzazione della prima pluralità di pale 138 di turbina a bassa pressione secondo la presente descrizione. Come mostrato, 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 (figura 21). Inoltre, come mostrato nelle figure 20 e 21, la porzione 141 di radice della pala può comprendere uno o più elementi 145 di trattenimento radiali strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di radice della pala 141 nel rotore 136 a tamburo esterno anulare e uno o più elementi di trattenimento 147 assiali per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice della pala 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 di trattenimento radiali 155 (ad esempio gancetti speculari su lati opposti della porzione di radice della pala 141). Quindi, come mostrato in figura 22 tramite il riferimento numerico 1, i gancetti 155 di trattenimento radiali sono configurati per realizzare un trattenimento radiale 138 di turbina a bassa pressione singola

(ovverosia per impedire che le pale 138 cadano dal rotore 136 a tamburo esterno). Inoltre, come mostrato tramite il riferimento numerico 2 in figura 22, superfici esterne dei gancetti 155 di trattenimento radiale sono configurati per realizzare un trattenimen-
to radiale della singola pala 138 della turbina a bassa pressione nel rotore a tamburo 136 esterno durante il funzionamento del motore a turbina a gas esterno.

Ad esempio, come mostrato in figura 22, la gravità crea uno spazio (simile allo spazio 160 in figura 7) tra i gancetti 155 di trattenimento radiali e il rotore 136 a tamburo esterno.

Di conseguenza, durante il funzionamento del motore 10 a turbina a gas, forze centrifughe agiscono sulla pala 138 in maniera tale che le superfici esterne dei gancetti 155 di trattenimento radiale sono forzati contro il rotore 136 a tamburo esterno anulare. Pertanto, lo spazio tra i gancetti 155 di trattenimento radiale e il rotore 136 a tamburo esterno è chiusa, realizzando un trattenimento radiale della pala 138 durante il funzionamento del motore 10 a turbina a gas. Come mostrato tramite il riferimento numerico 3 in figura 22, la pala 138 della turbina a bassa pressione può anche essere trattenuta assialmente nel rotore 136 a tamburo esterno tramite l'elemento di trattenimento assiale 147, che nella forma di realizzazione illustrata rappresenta la protezione rotante 158 del rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole o una fascia elastica 163. Inoltre, come mostrato tramite il riferimento numerico 4 di

figura 23, i gancetti 155 di trattenimento radiale possono comprendere inoltre una o più nervature o sporgenze 174 per realizzare un percorso di trasmissione della coppia dalla pala 138 della turbina a bassa pressione singola al rotore 136 a tamburo esterno durante il funzionamento del motore 10 a turbina a gas.

Riferendosi ora alla figura 24, è illustrata una vista prospettica di ancora un'altra forma di realizzazione di una della prima pluralità di pale 138 della turbina a bassa pressione secondo la presente invenzione. Come mostrato, la pala 138 della turbina a bassa pressione comprende una porzione di radice della pala 141 per fissare il rotore 136 a tamburo esterno anulare (figura 25). Inoltre, come mostrato nelle figure 24 e 25, la porzione 141 di radice della pala può comprendere uno o più elementi 145 di trattenimento radiale strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice delle pale al rotore 136 a tamburo esterno anulare e uno o più elementi di trattenimento assiale 147 per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni 141 di radice della pala nel rotore 136 a tamburo esterno anulare.

Più in particolare, come mostrato, gli elementi di trattenimento radiale strutturali 145 possono comprendere elementi 180, 181 di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti e uno o più dispositivi di fissaggio 184 disposti attraverso gli elementi 180, 182 di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti. Ad esempio, nella forma di realizza-

zione illustrata, le porzioni 141 di radice della pala possono comprendere l'elemento 182 di bloccaggio reciproco femmina mentre il rotore 136 a tamburo esterno anulare girevole può comprendere l'elemento 180 di bloccaggio reciproco maschio. Pertanto, come mostrato in figura 26 tramite il riferimento numerico 1, gli elementi 180, 182 di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti e i dispositivi di fissaggio 184 sono configurati per realizzare il trattenimento radiale delle pale 138 della turbina a bassa pressione singola (ovverosia per impedire che le pale 138 cadano dal rotore 136 a tamburo esterno). Inoltre, come mostrato tramite il riferimento numerico 2, gli elementi 180, 182 di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti e i dispositivi di fissaggio 184 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 con il riferimento numerico 3 in figura 26, la pala 138 della turbina a bassa pressione può anche essere tenuta assialmente nel rotore 136 a tamburo esterno tramite l'elemento 147 di trattenimento assiale, che nella forma di realizzazione illustrata è rappresentato dagli elementi 180, 182 di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti e i dispositivi di fissaggio 184. Inoltre, come mostrato con il riferimento numerico 4 di figura 26, i corrispondenti elementi 180, 182 maschio e femmina di bloccaggio reciproco e i disposi-

tivi di fissaggio 184 possono inoltre prevedere un percorso per la trasmissione della coppia dalla singola pala 138 della turbina a bassa pressione al rotore 136 a tamburo esterno durante il funzionamento
5 del motore 10 a turbina a gas.

Questa descrizione utilizza esempi per descrivere l'invenzione, compreso il miglior modo di esecuzione, e consente inoltre a qualsiasi esperto nel ramo di realizzare l'invenzione, tra cui fare e utilizzare qualsiasi 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 per gli esperti nel ramo. Questi esempi devono essere in-
15 tesi come rientranti nell'ambito di protezione delle rivendicazioni se comprendono elementi strutturali che non sono diversi dal linguaggio letterale delle rivendicazioni o se comprendono elementi strutturali equivalenti con differenze non sostanziali rispetto
20 al linguaggio letterale delle rivendicazioni.

Ulteriori aspetti dell'invenzione sono forniti dalla materiale delle clausole seguenti:

Clausola 1. Turbomacchina comprendente:

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

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
30 o più elementi di trattenimento radiale strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di

radice della pala nel rotore a tamburo esterno anulare girevole e uno o più elementi di trattenimento assiali per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni di radice della pala nel rotore a tamburo
5 esterno anulare girevole.

Clausola 2. Turbomacchina della clausola 1, in cui la turbomacchina comprende almeno uno tra una sezione di turbina, una sezione a compressore o un generatore.

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

Clausola 4. La turbomacchina secondo ognuna delle clausole precedenti, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale strutturali com-
25 prendono almeno uno tra una giunzione a coda di rondine o uno o più gancetti di trattenimento radiale.

Clausola 5. Turbomacchina della clausola 4, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale strutturali comprendono una giunzione a coda di
30 rondine, detti uno o più gancetti di trattenimento radiale e una o più staffe di trattenimento radiale.

Clausola 6. Turbomacchina della clausola 4, in cui detti uno o più elementi di trattenimento assiale comprendono almeno uno tra una protezione rotante del rotore a tamburo esterno anulare girevole, una fascia elastica, un anello di tenuta, o superfici laterali di una coda di rondine di detta almeno una giunzione a coda di rondine.

Clausola 7. Turbomacchina della clausola 4, in cui detta almeno una giunzione a coda di rondine si estende longitudinalmente in una direzione assiale della turbomacchina e copre una larghezza della porzione di radice della pala.

Clausola 8. Turbomacchina della clausola 4, in cui detta almeno una giunzione a coda di rondine si estende longitudinalmente in una direzione radiale della turbomacchina e copre una larghezza della porzione di radice della pala.

Clausola 9. Turbomacchina della clausola 4, in cui detta almeno una giunzione a coda di rondine realizza un percorso per la trasmissione della coppia da ciascuna della prima pluralità di pale ad un rotore a tamburo esterno anulare girevole.

Clausola 10. Turbomacchina secondo la clausola 4, in cui detta almeno una giunzione a coda di rondine comprende una sezione trasversale a forma di abete.

Clausola 11. Turbomacchina secondo ognuna delle clausole precedenti, in cui ciascuna porzione di radice della pala della prima pluralità di pale comprende inoltre uno o più elementi di trattenimento radiale operativi per trattenere radialmente ciascuna

delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole durante il funzionamento della turbomacchina, detti uno o più elementi di trattenimento radiale operativi essendo attivati per
5 trattenere ciascuna delle porzioni di radice della pala nel rotore a tamburo esterno anulare girevole solo durante il funzionamento della turbomacchina.

Clausola 12. Turbomacchina secondo la clausola 11, in cui detti uno o più elementi di trattenimento
10 radiale operativi sono attivati tramite una o più forze centrifughe che si verificano durante il funzionamento della turbomacchina in maniera tale da trattenere radialmente ulteriormente ciascuna delle porzioni di radice della pala nel rotore a tamburo
15 esterno anulare girevole.

Clausola 13. Turbomacchina secondo la clausola 12, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale operativi comprendono la superficie esterna di almeno una tra una coda di rondine di detta almeno
20 una giunzione a coda di rondine, uno o più gancetti di trattenimento o una o più staffe di trattenimento radiale.

Clausola 14. Turbomacchina secondo la clausola 13, in cui ciascuna porzione di radice delle pale
25 comprende almeno una giunzione a coda di rondine disposta tra detti uno o più gancetti di trattenimento radiale e una o più staffe di trattenimento radiale.

Clausola 15. Procedimento di assemblaggio di una pluralità di pale in un rotore a tamburo esterno
30 anulare girevole di una turbomacchina, il procedimento comprendendo:

disporre una pluralità di porzioni di radice delle pale della pluralità di pale in una fessura del rotore a tamburo esterno anulare girevole;

far ruotare la pluralità di porzioni di radice
5 delle pale della pluralità di pale nella fessura del rotore a tamburo esterno anulare girevole; e

inserire una pluralità di distanziatori nella fessura del rotore a tamburo esterno anulare girevole tra una o più della pluralità di porzioni di radice
10 delle pale della pluralità di pale in maniera tale da fissare la pluralità di pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole e ridurre al minimo gli spazi tra la pluralità di pale.

Clausola 16. Procedimento della clausola 15,
15 in cui ciascuna delle porzioni di radice delle pale comprende uno o più elementi di trattenimento radiale strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole e uno o più elementi di
20 trattenimento assiale per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole.

Clausola 17. Procedimento secondo la clausola 16, in cui detti uno o più elementi di trattenimento
25 radiale strutturali comprendono almeno uno tra una giunzione a coda di rondine o uno o più gancetti di trattenimento radiale.

Clausola 18. Procedimento della clausola 17, in cui detti uno o più elementi di trattenimento ra-
30 diale strutturali comprendono la giunzione a coda di rondine, detti uno o più gancetti di trattenimento

radiale, e una o più staffe di trattenimento radiale.

Clausola 19. Procedimento della clausola 17 o 18, in cui uno o più elementi di trattenimento assiale comprendono almeno uno tra una protezione rotante
5 del rotore a tamburo esterno anulare girevole, una fascia elastica, un anello di tenuta o superfici laterali di una coda di rondine di detta almeno una giunzione a coda di rondine.

Clausola 20. Turbomacchina comprendente:
10 un rotore a tamburo esterno anulare girevole connesso ad una pluralità di pale; e
ciascuna della pluralità di pale comprendendo una porzione di radice delle pale fissata al rotore a tamburo esterno anulare girevole, le porzioni di ra-
15 dice delle pale essendo fissate al rotore a tamburo esterno anulare girevole tramite una pluralità di elementi di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti e uno o più dispositivi di fissaggio disposti attraverso gli elementi di bloccaggio reci-
20 proco maschio e femmina corrispondenti.

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 delle pale fissata al rotore a tamburo esterno anulare girevole, ciascuna delle porzioni di radice delle pale comprendendo uno o più elementi di trattenimento radiale strutturali
10 per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole e uno o più elementi di trattenimento assiali per trattenere assialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo
15 esterno anulare girevole.

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

20 3. Turbomacchina secondo la rivendicazione 2, in cui la turbomacchina comprende la sezione a turbina, la sezione a turbina comprendendo un rotore ad alta pressione comprendente una turbina ad alta pressione e una turbina a bassa pressione comprendente rotor
25 interno ed esterno a bassa pressione controrotanti situati posteriormente al rotore ad alta pressione, 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
30 interno anulare girevole connesso ad una seconda pluralità di pale.

4. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale strutturali comprendono almeno uno tra una giunzione a coda di rondine o uno o più gancetti di tratteni-
5 mento radiale.

5. Turbomacchina secondo la rivendicazione 4, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale strutturali comprendono una giunzione a coda di rondine, detti uno o più gancetti di trattenimento ra-
10 diale e una o più staffe di trattenimento radiale.

6. Turbomacchina secondo la rivendicazione 4, in cui detti uno o più elementi di trattenimento assiale comprendono almeno uno tra una protezione rotante del rotore a tamburo esterno anulare girevole,
15 una fascia elastica, un anello di tenuta, o superfici laterali di una coda di rondine di detta almeno una giunzione a coda di rondine.

7. Turbomacchina secondo la rivendicazione 4, in cui detta almeno una giunzione a coda di rondine si
20 estende longitudinalmente in una direzione assiale della turbomacchina e copre una larghezza della porzione di radice della pala.

8. Turbomacchina secondo la rivendicazione 4, in cui detta almeno una giunzione a coda di rondine si
25 estende longitudinalmente in una direzione radiale della turbomacchina e copre una larghezza della porzione di radice della pala.

9. Turbomacchina secondo la rivendicazione 4, in cui detta almeno una giunzione a coda di rondine rea-
30 lizza un percorso di trasmissione della coppia da ciascuna della prima pluralità di pale al rotore a

tamburo esterno anulare girevole.

10. Turbomacchina secondo la rivendicazione 4, in cui detta almeno una giunzione a coda di rondine comprende una sezione trasversale a forma di abete.

5 11. Turbomacchina secondo la rivendicazione 1, in cui ciascuna delle porzioni di radice delle pale della prima pluralità di pale comprende inoltre uno o più elementi di trattenimento radiale operativi per trattenere radialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole durante il funzionamento della turbomacchina, detti uno o più elementi di trattenimento radiale operativi essendo attivati per trattenere ciascuna delle porzioni di radice della pala nel rotore a tamburo esterno anulare girevole solo durante il funzionamento della turbomacchina.

12. Turbomacchina secondo la rivendicazione 11, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale operativi sono attivati tramite una o più forze centrifughe che si verificano durante il funzionamento della turbomacchina in maniera tale da trattenere ulteriormente radialmente ciascuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo esterno anulare girevole.

25 13. Turbomacchina secondo la rivendicazione 12, in cui detti uno o più elementi di trattenimento radiale operativi comprendono una superficie esterna di almeno una tra una coda di rondine di detta almeno una giunzione a coda di rondine, uno o più gancetti di trattenimento o una o più staffe di trattenimento radiale.

14. Turbomacchina secondo la rivendicazione 13,
in cui ciascuna delle porzioni di radice delle pale
comprende detta almeno una giunzione a coda di rondi-
ne disposta tra detti uno o più gancetti di tratteni-
5 mento radiale e una o più staffe di trattenimento ra-
diale.

15. Procedimento di assemblaggio di una plurali-
tà di pale in un rotore a tamburo esterno anulare gi-
revole di una turbomacchina, il procedimento compren-
10 dendo:

disporre una pluralità di porzioni di radice
delle pale della pluralità di pale in una fessura del
rotore a tamburo esterno anulare girevole;

far ruotare la pluralità di porzioni di radice
15 delle pale della pluralità di pale nella fessura del
rotore a tamburo esterno anulare girevole; e

inserire una pluralità di distanziatori nella
fessura del rotore a tamburo esterno anulare girevole
tra una o più delle porzioni di radice delle pale
20 della pluralità di pale in maniera tale da fissare la
pluralità di pale nel rotore a tamburo esterno anula-
re girevole e ridurre al minimo gli spazi tra la plu-
ralità di pale.

16. Procedimento secondo la rivendicazione 15,
25 in cui ciascuna delle porzioni di radice delle pale
comprende uno o più elementi di trattenimento radiale
strutturali per trattenere radialmente ciascuna delle
porzioni di radice delle pale nel rotore a tamburo
esterno anulare girevole e uno o più elementi di
30 trattenimento assiale per trattenere assialmente cia-
scuna delle porzioni di radice delle pale nel rotore

a tamburo esterno anulare girevole.

17. Procedimento secondo la rivendicazione 16, in cui dette una o più caratteristiche di trattenimento radiale strutturali comprendono almeno uno tra
5 una giunzione a coda di rondine o uno o più gancetti di trattenimento radiale.

18. Procedimento secondo la rivendicazione 17, in cui dette una o più caratteristiche di trattenimento radiale strutturali comprende la giunzione a
10 coda di rondine, detti uno o più gancetti di trattenimento radiale, e una o più staffe di trattenimento radiale.

19. Procedimento secondo la rivendicazione 17, in cui uno o più elementi di trattenimento assiale
15 comprendono almeno uno tra una protezione rotante del rotore a tamburo esterno anulare girevole, una fascia elastica, un anello di tenuta o superfici laterali di una coda di rondine di detta almeno una giunzione a coda di rondine.

20. Turbomacchina comprendente:

un rotore a tamburo esterno anulare girevole connesso ad una pluralità di pale; e

ciascuna della pluralità di pale comprendendo una porzione di radice della pala fissata al rotore a
25 tamburo esterno anulare girevole, le porzioni di radice delle pale essendo fissate al rotore a tamburo esterno anulare girevole tramite una pluralità di elementi di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti e uno o più dispositivi di fissaggio
30 disposti attraverso gli elementi di bloccaggio reciproco maschio e femmina corrispondenti.

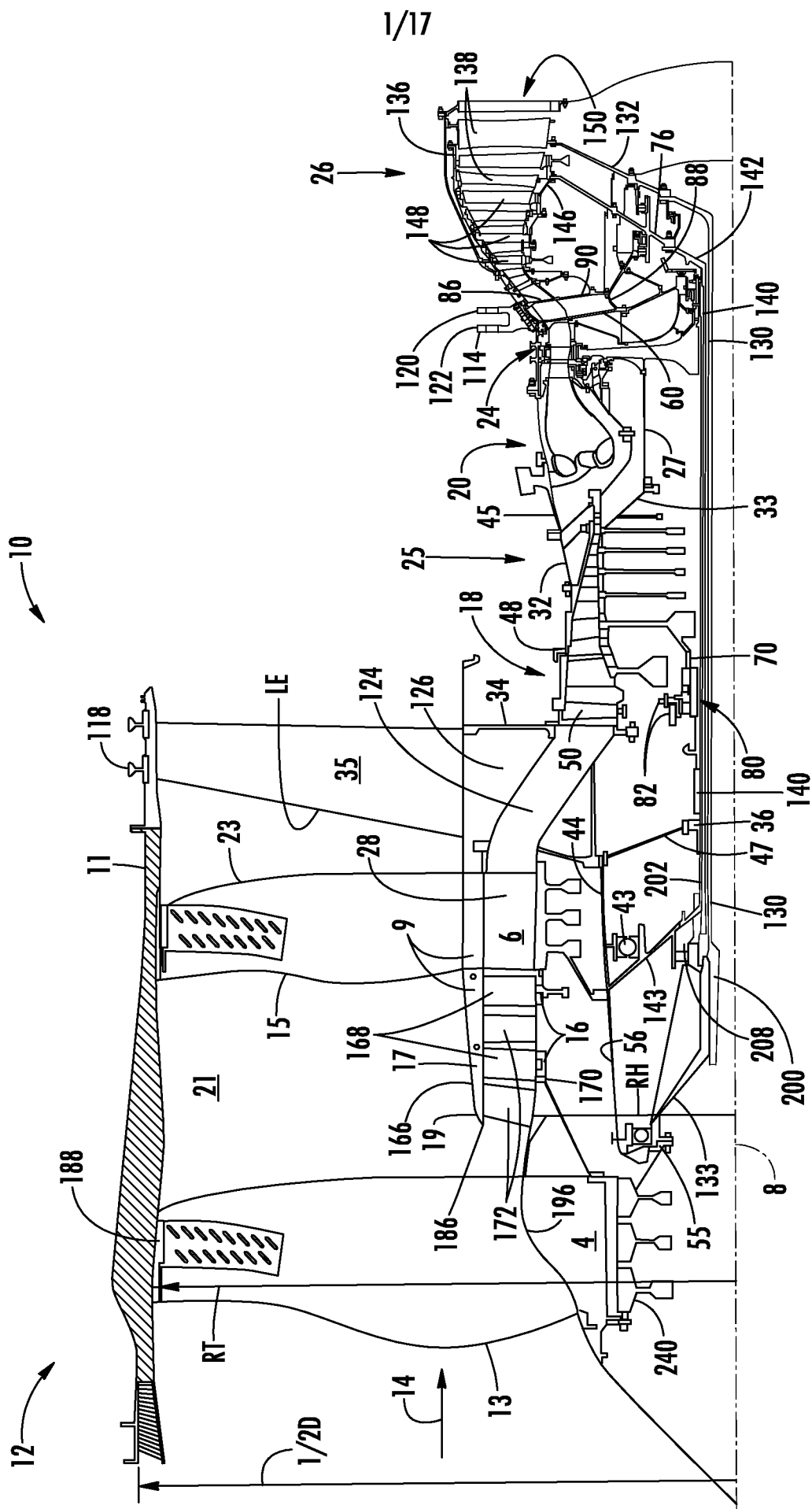


FIG. 1

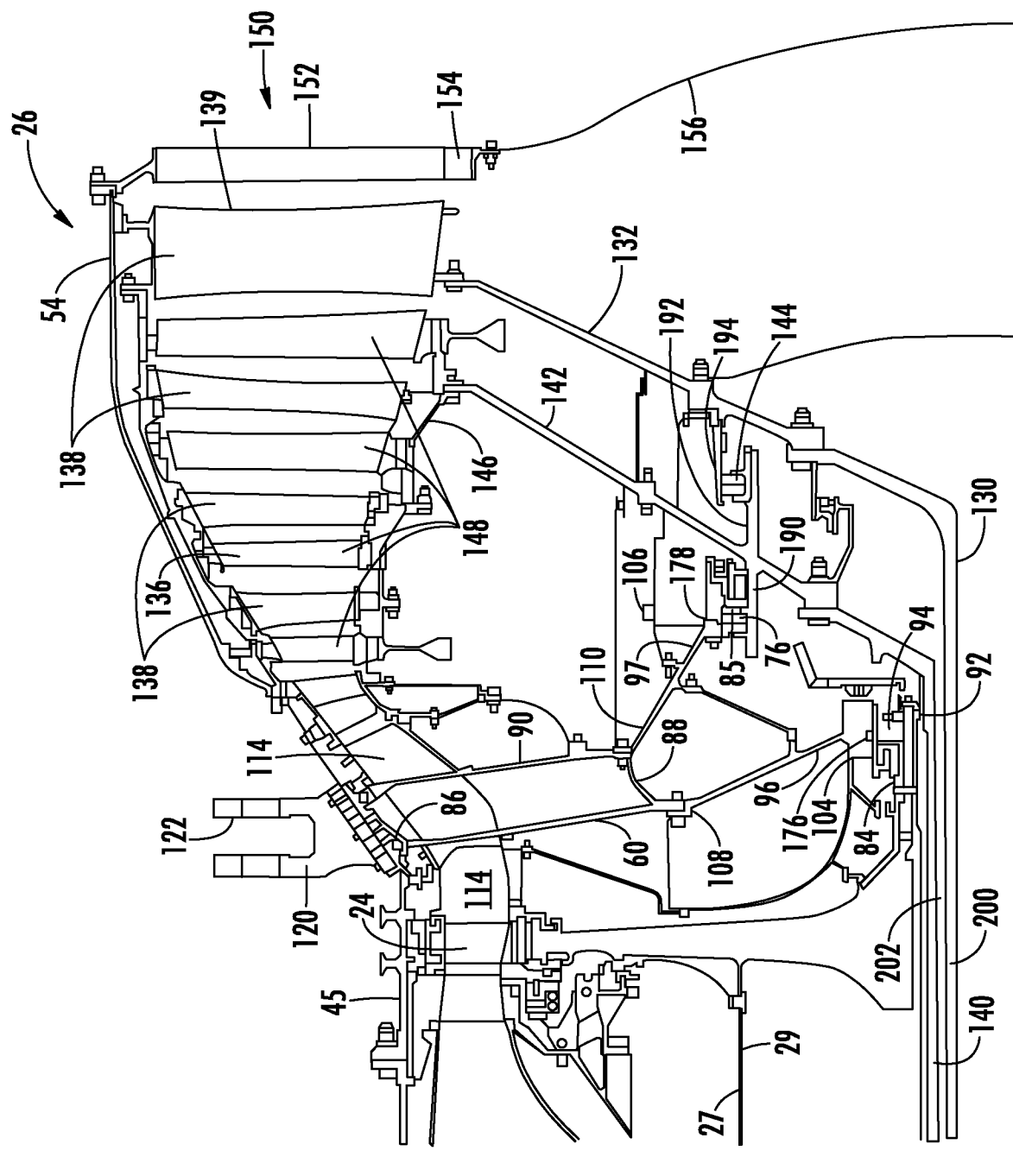


FIG. 2

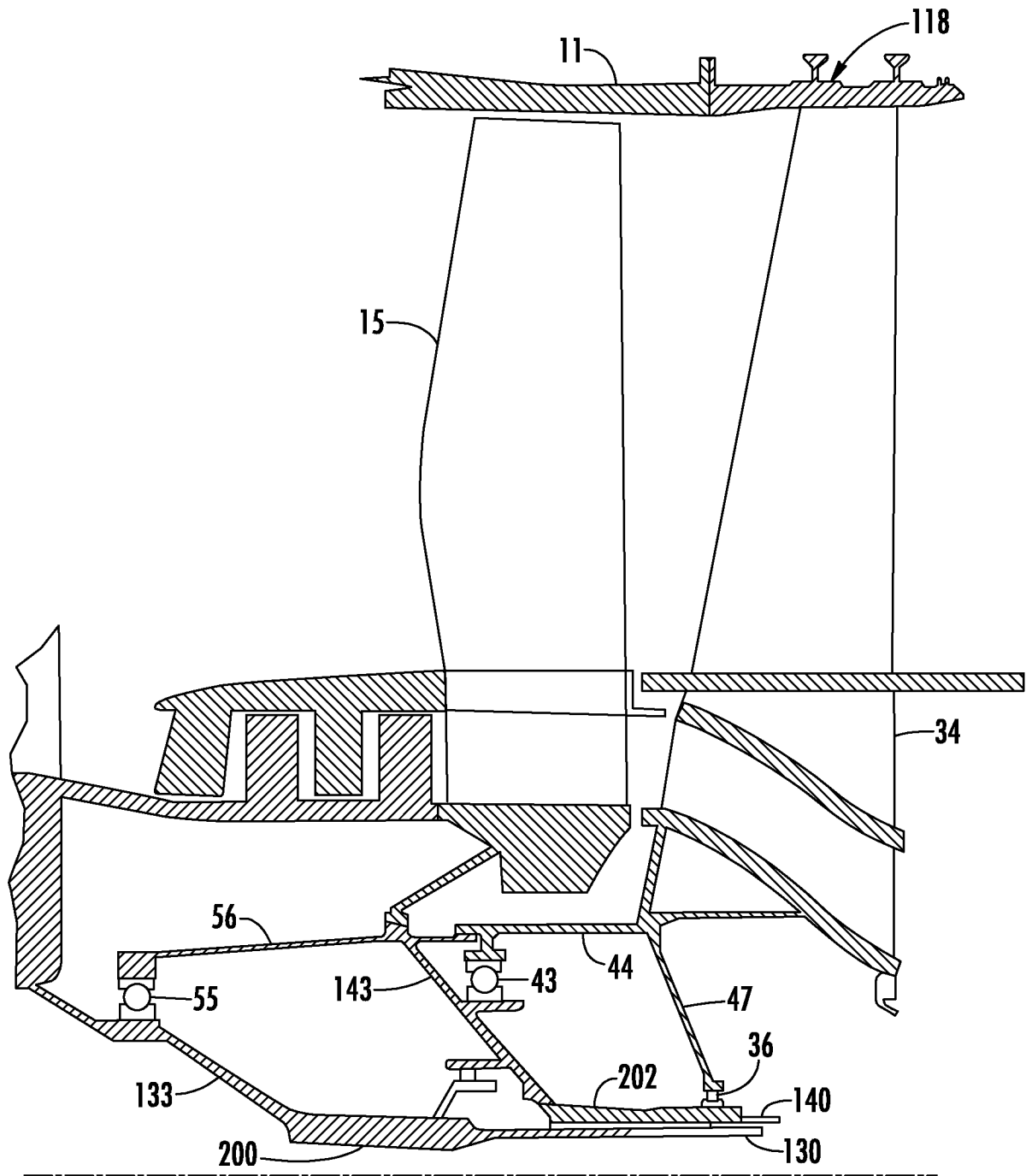
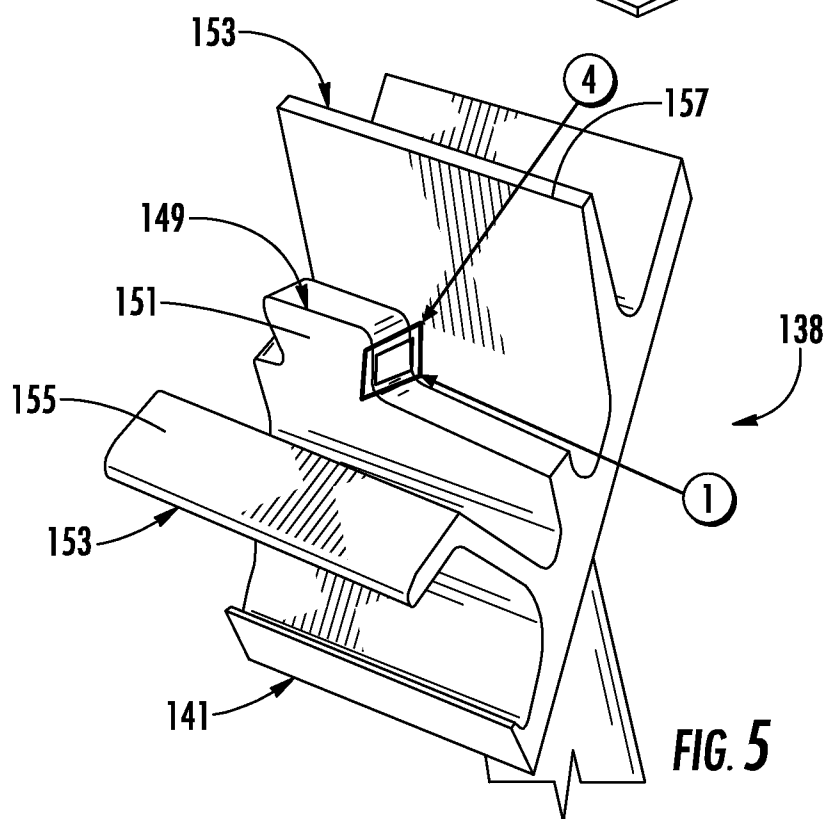
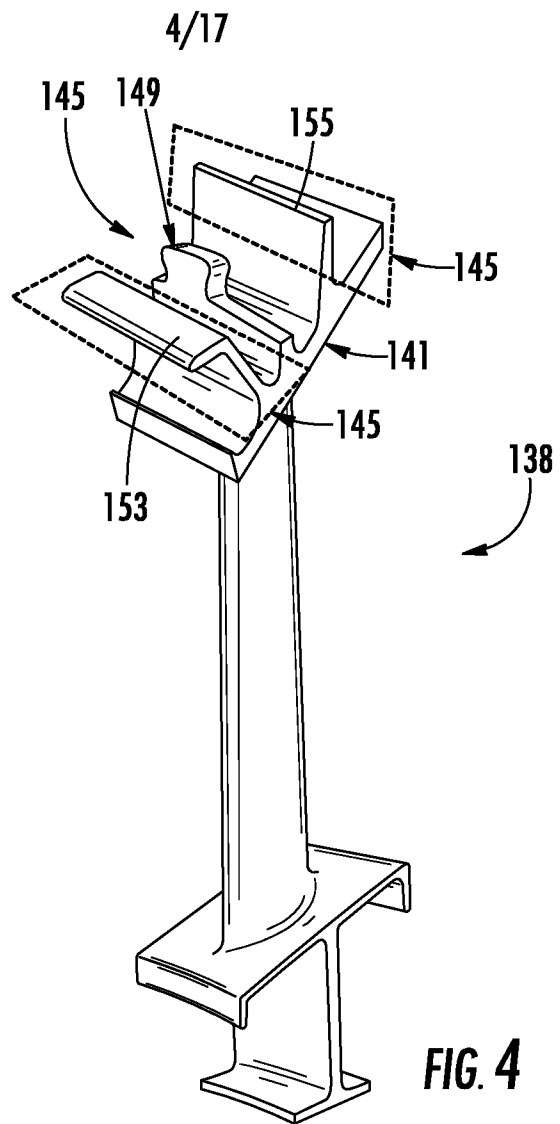
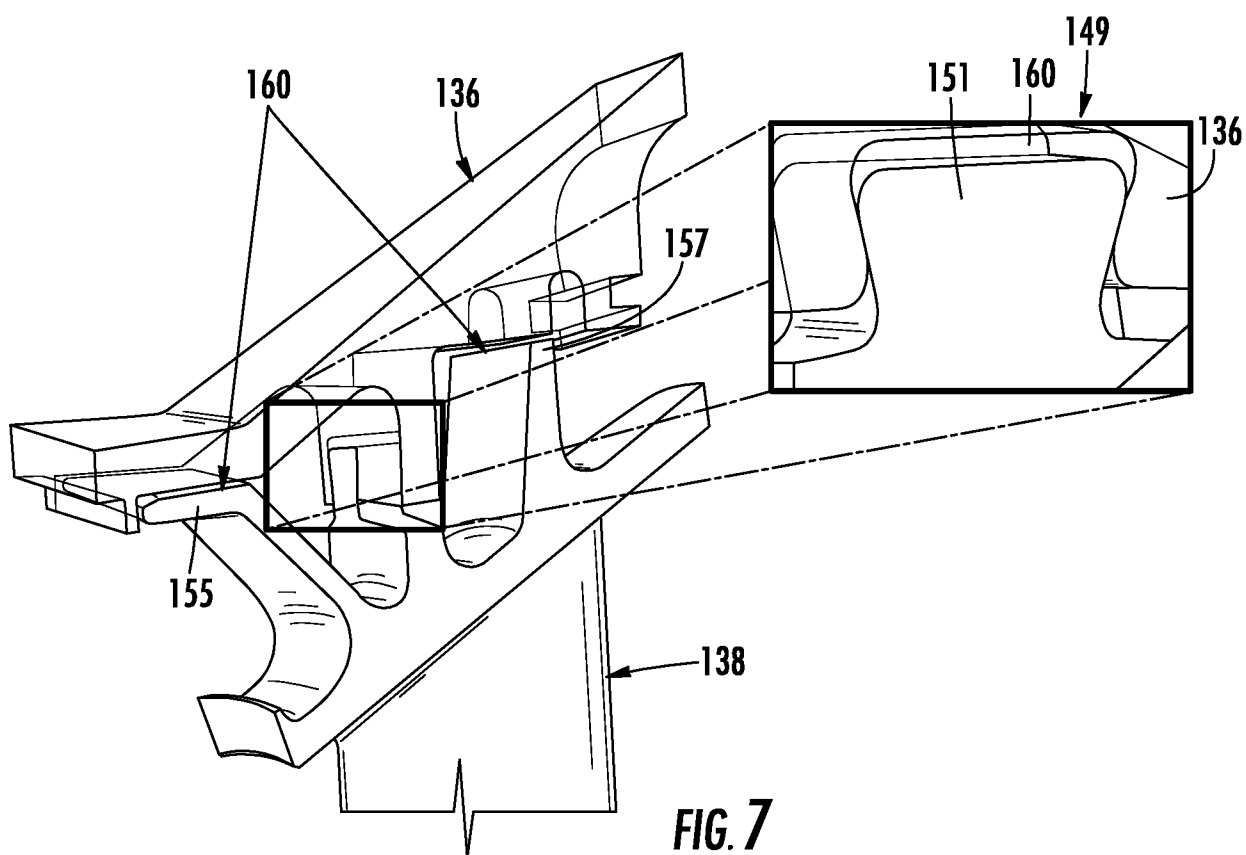
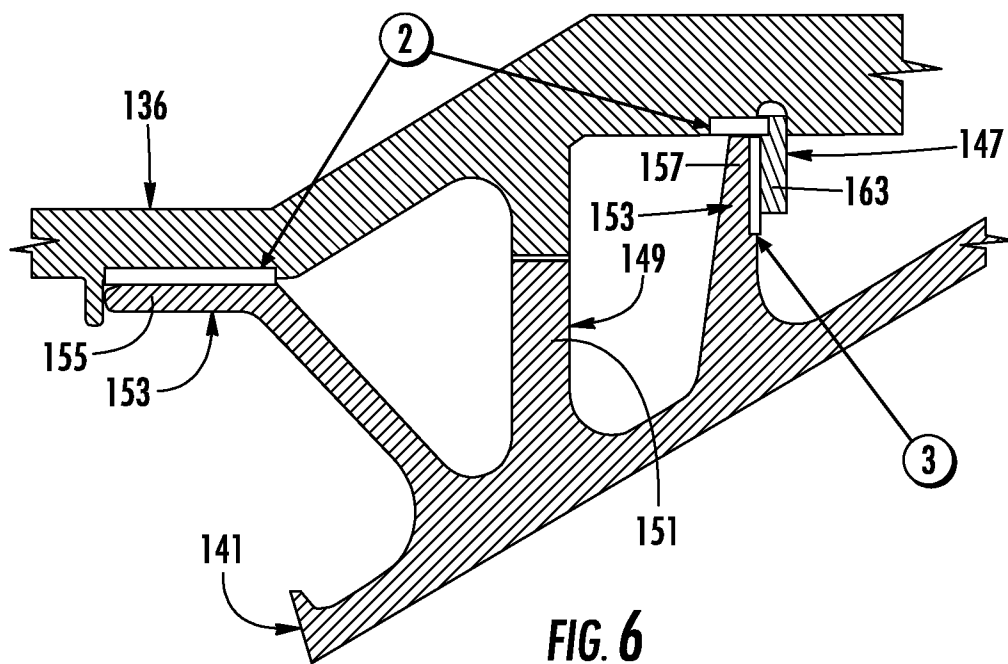


FIG. 3





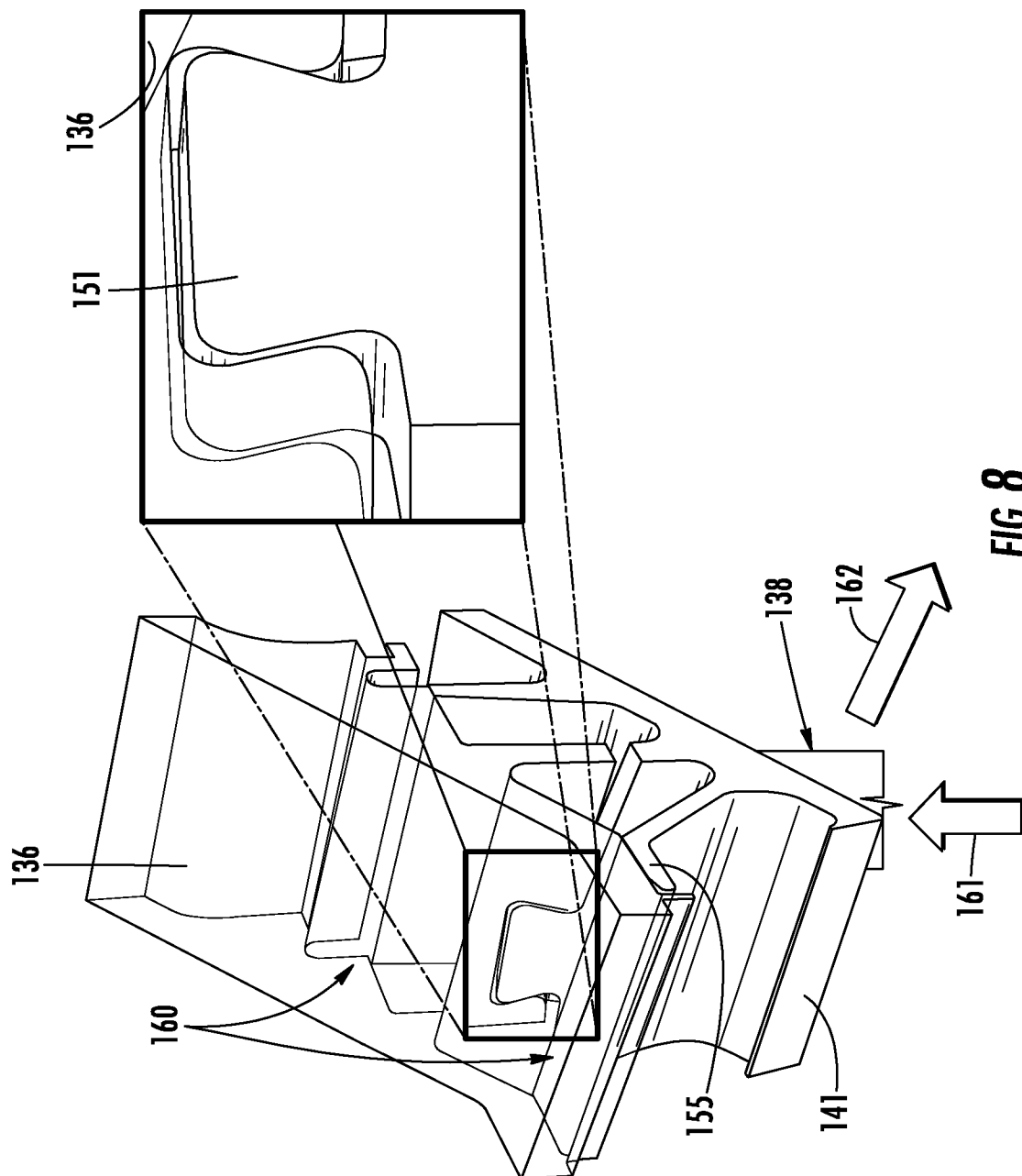
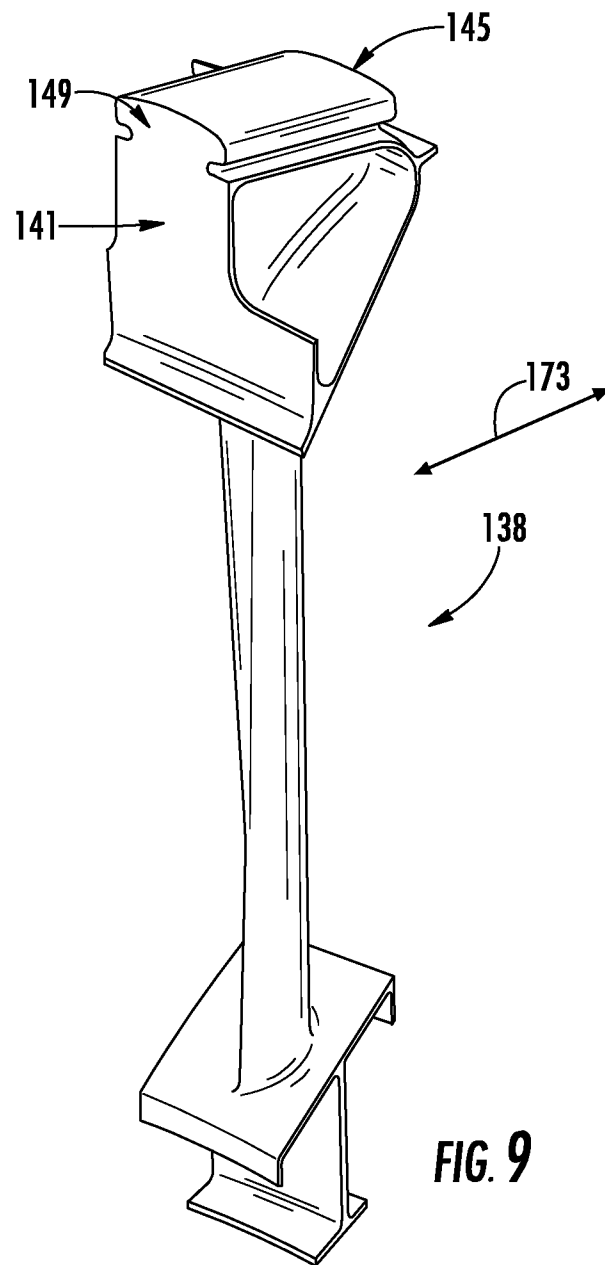
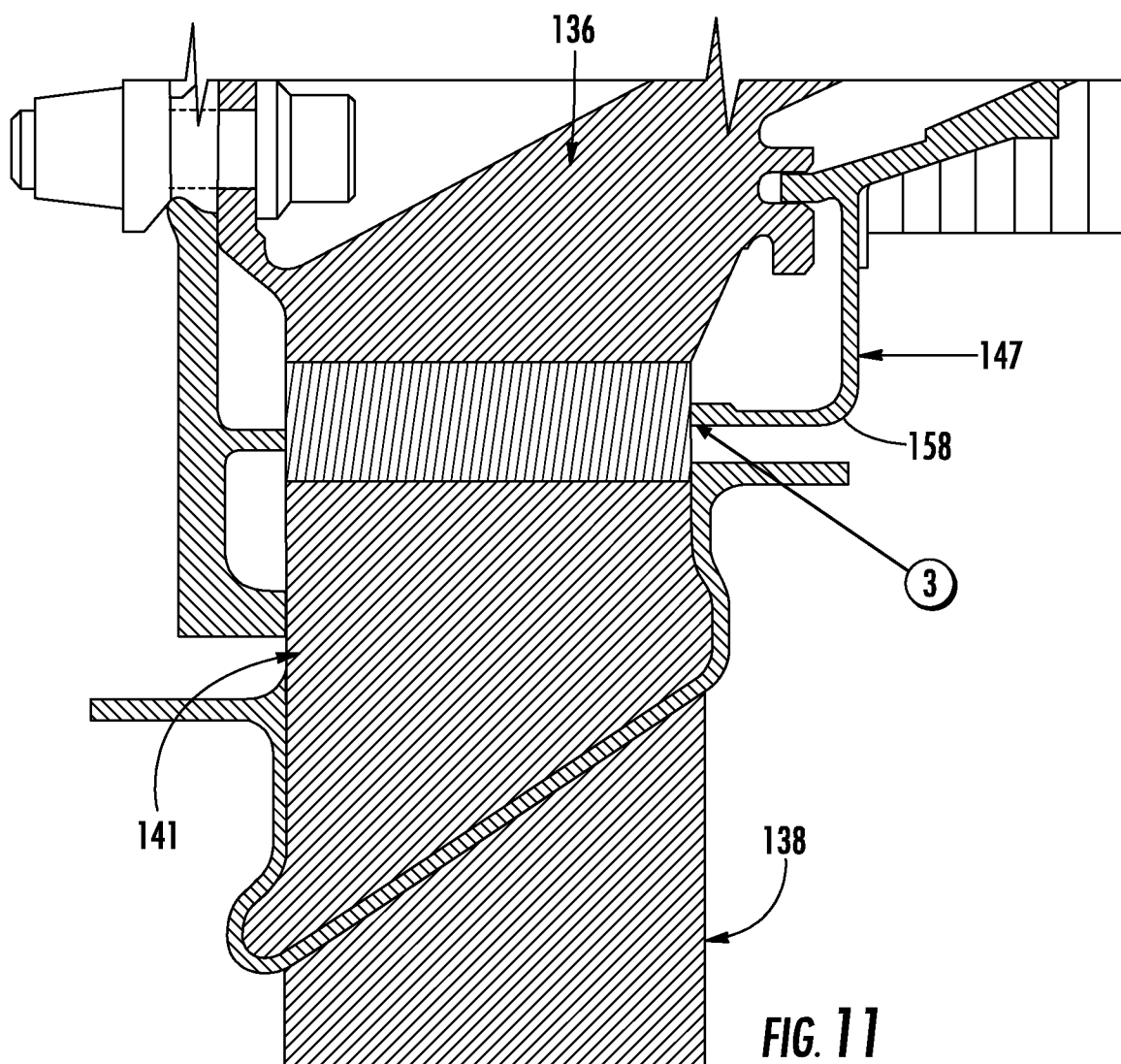
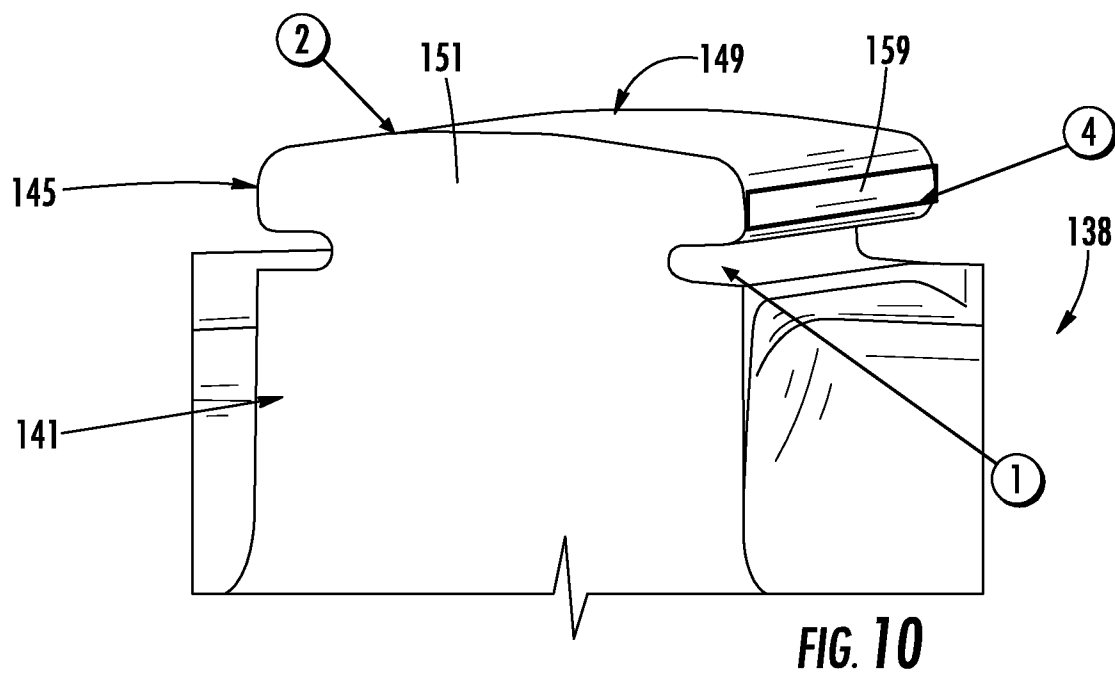


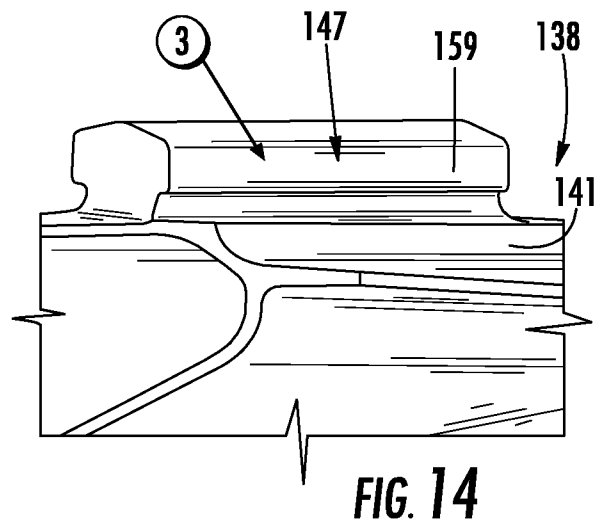
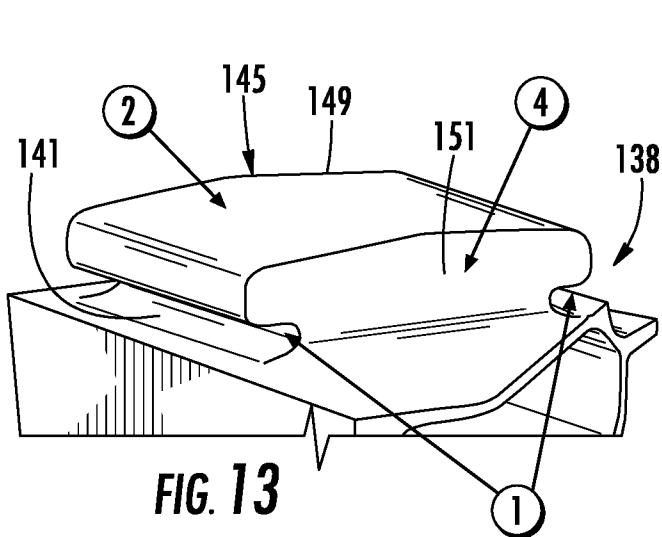
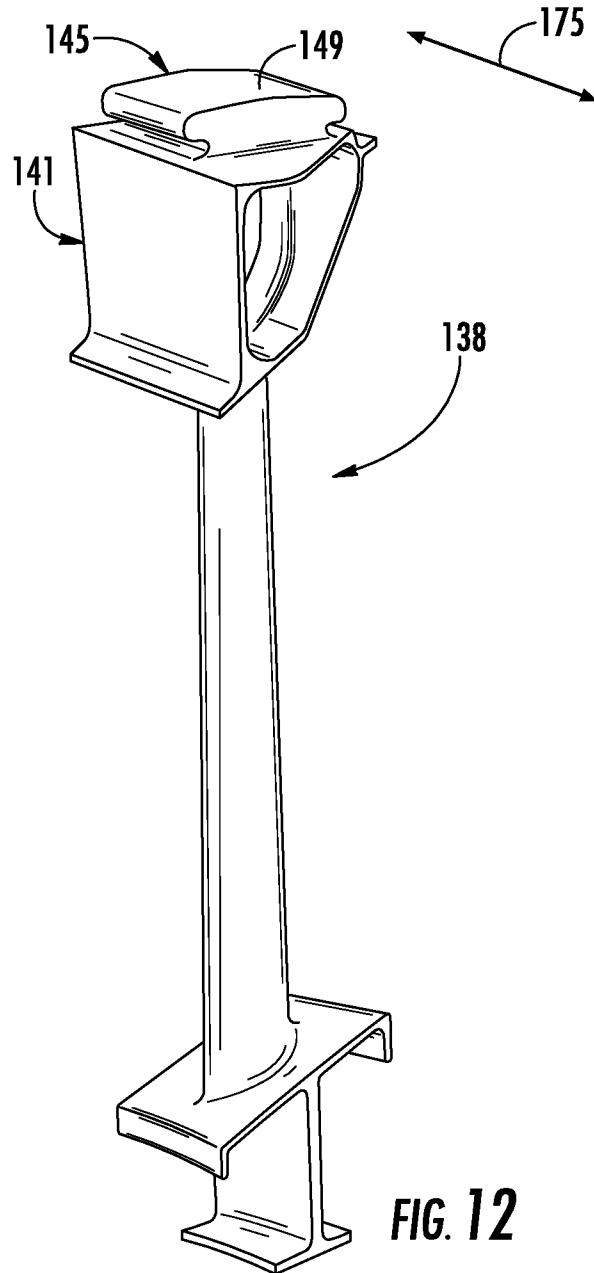
FIG. 8



8/17



9/17



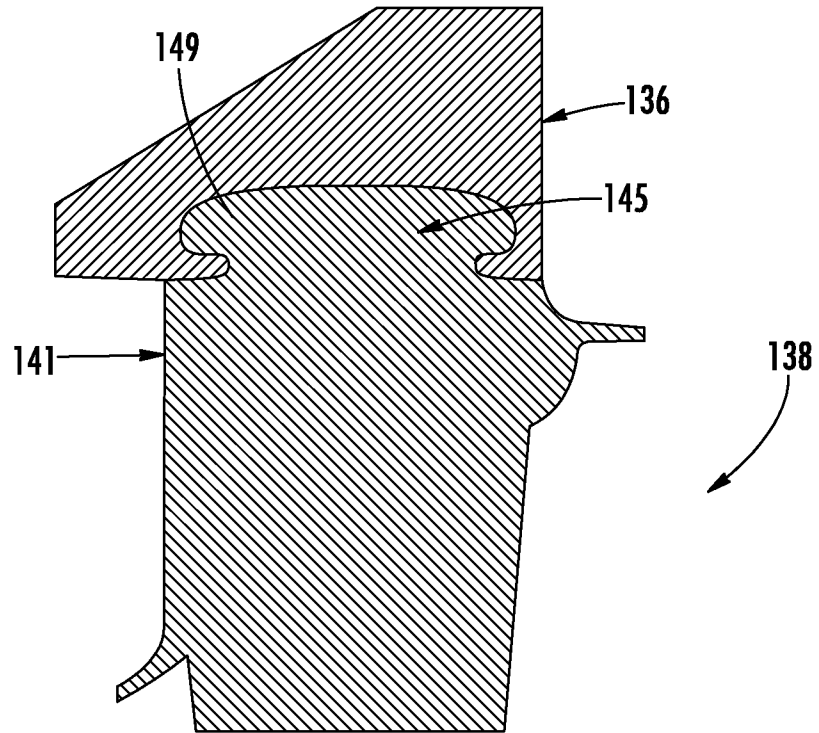


FIG. 15

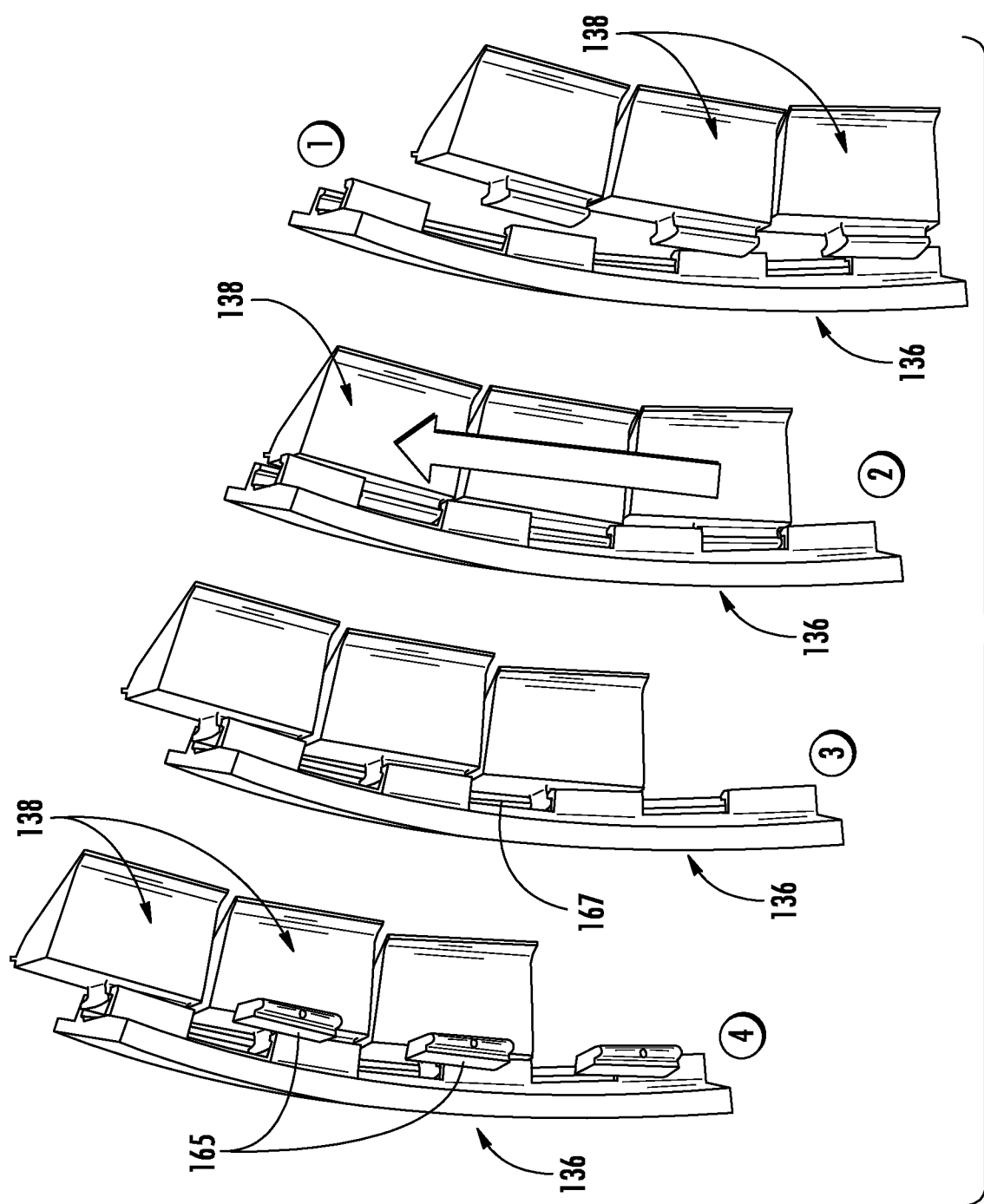
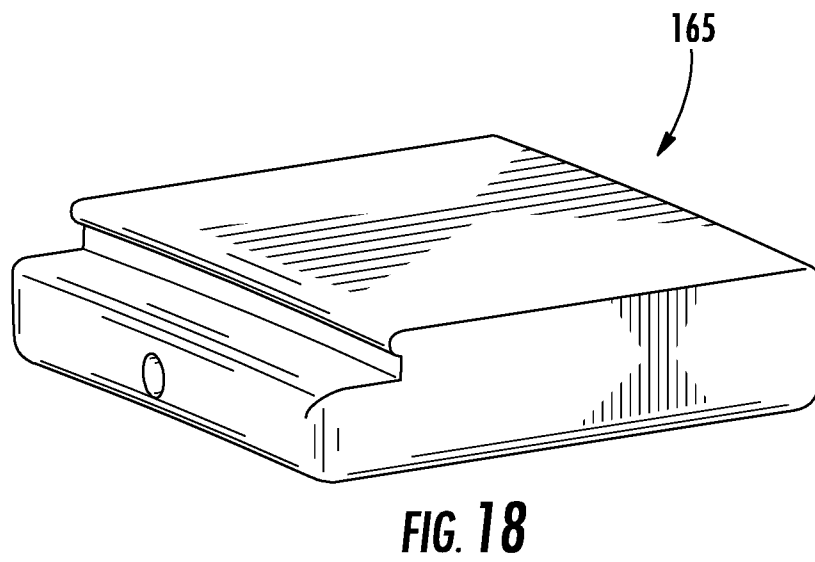
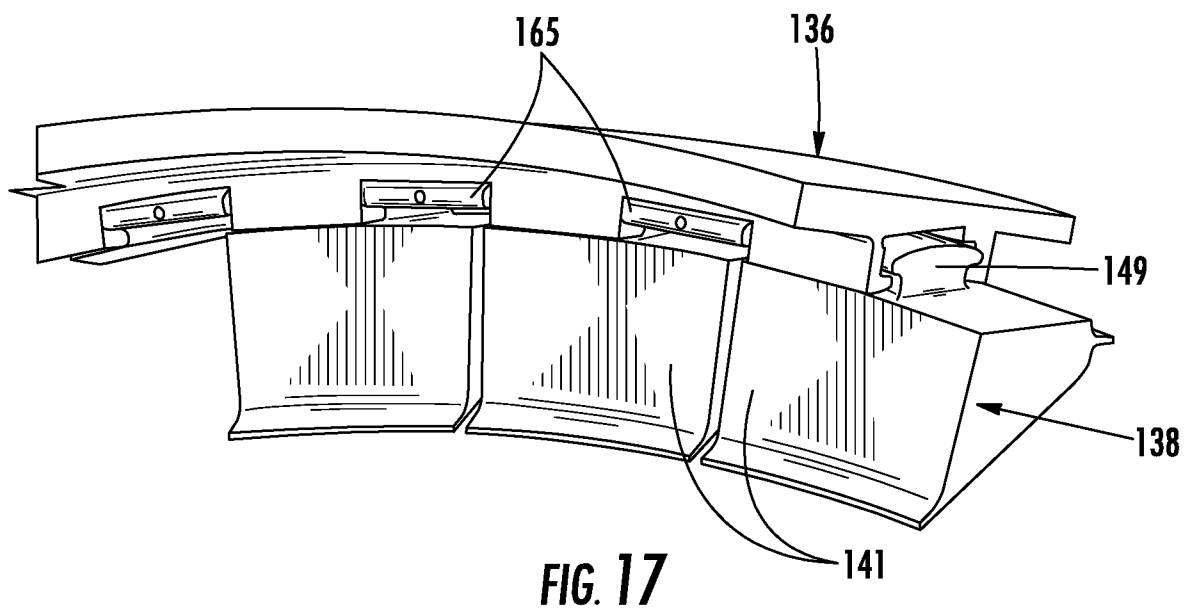


FIG. 16

12/17



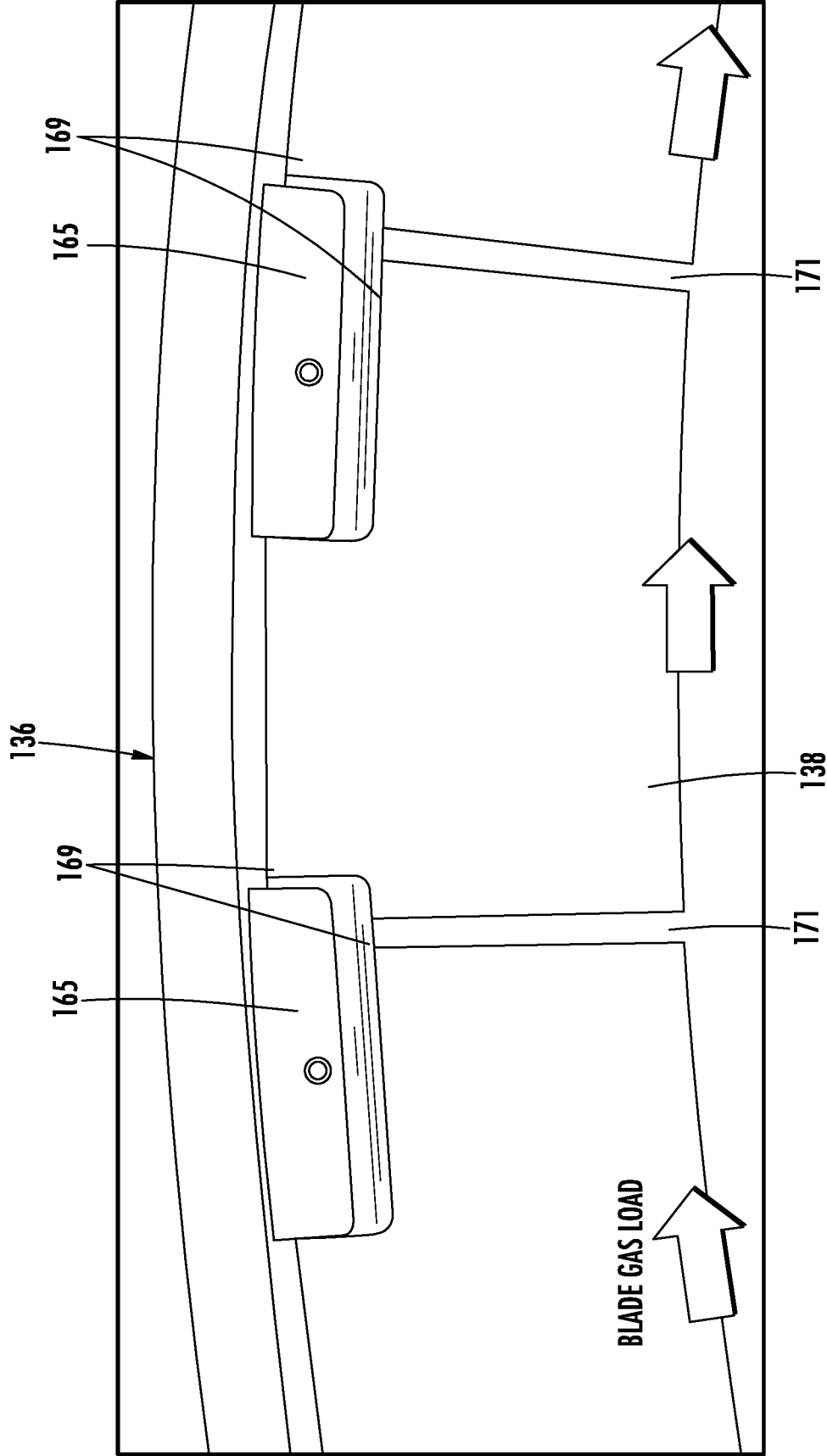


FIG. 19

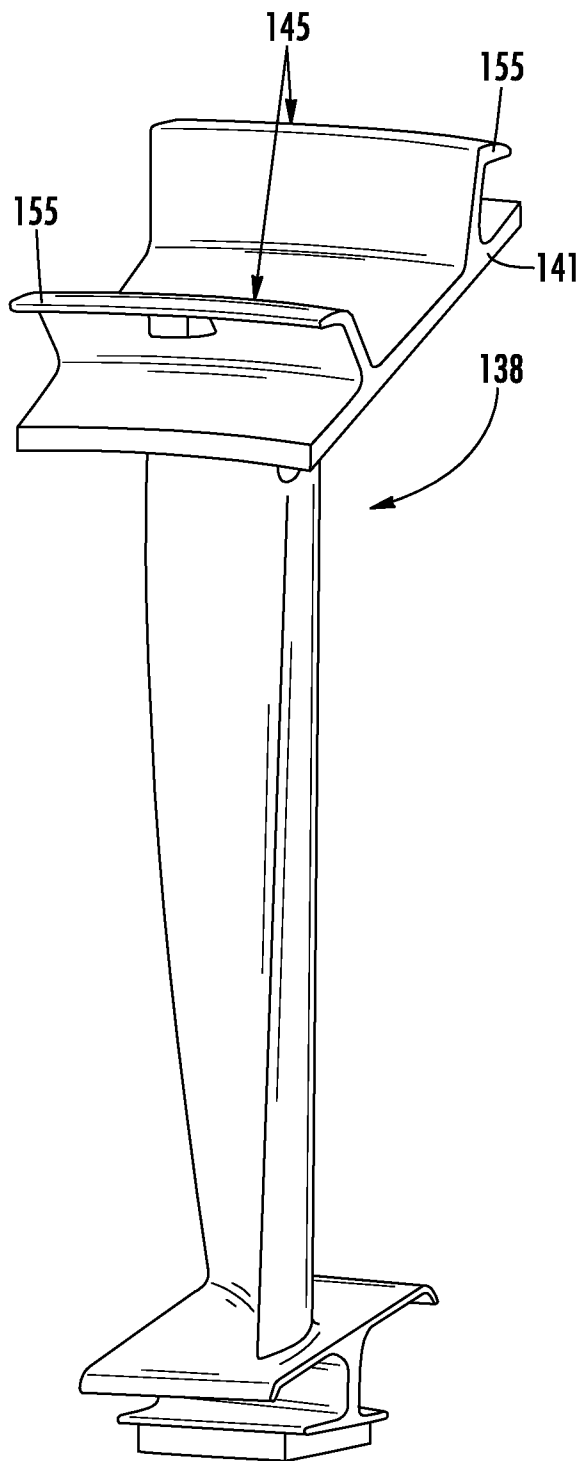


FIG. 20

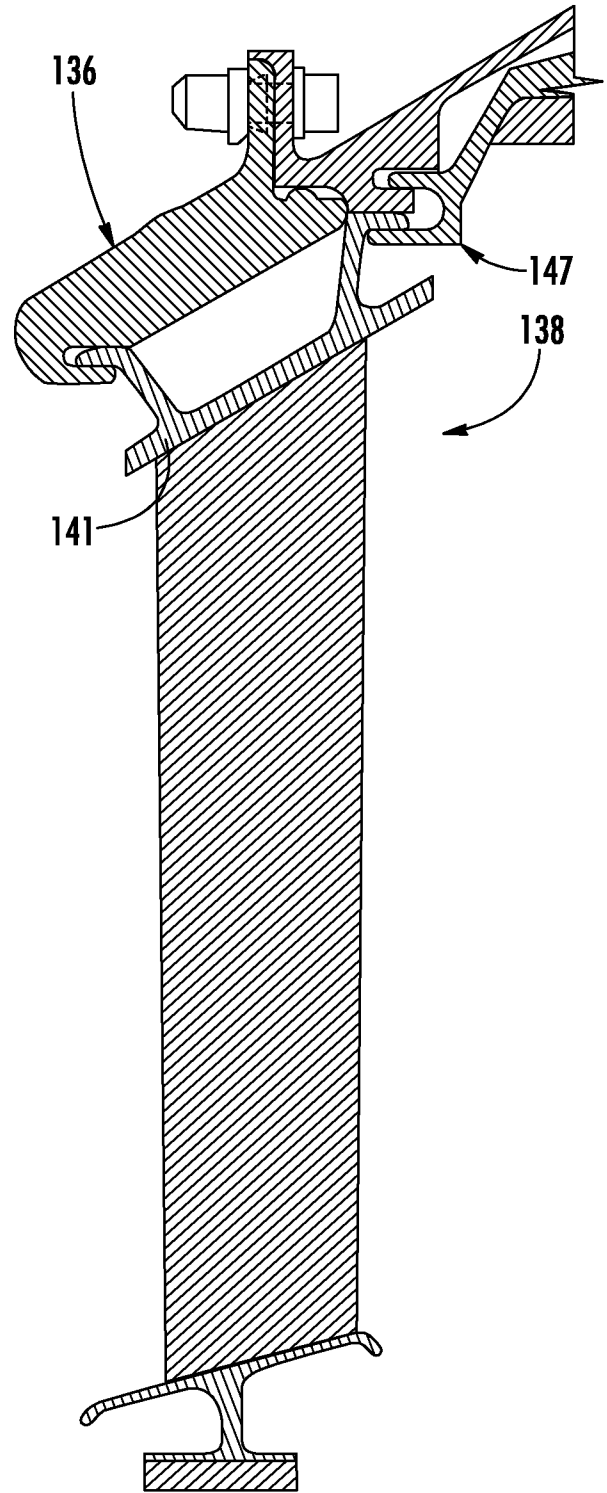


FIG. 21

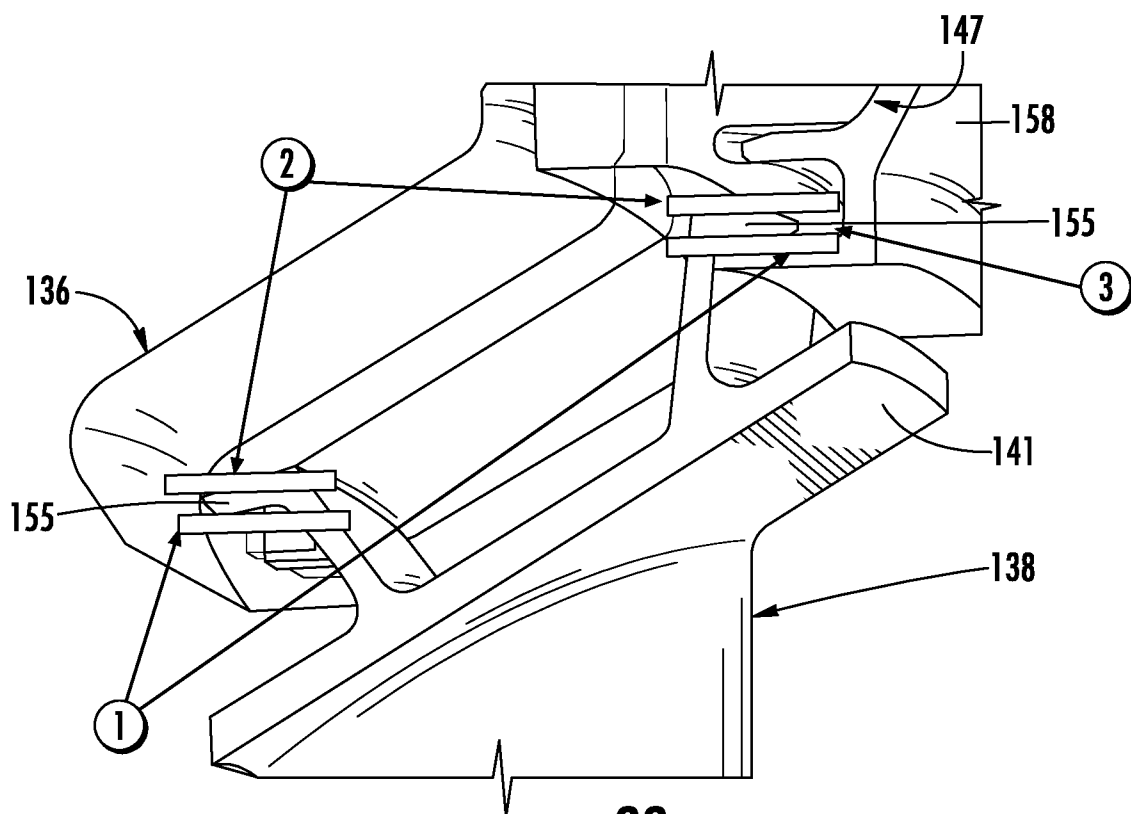


FIG. 22

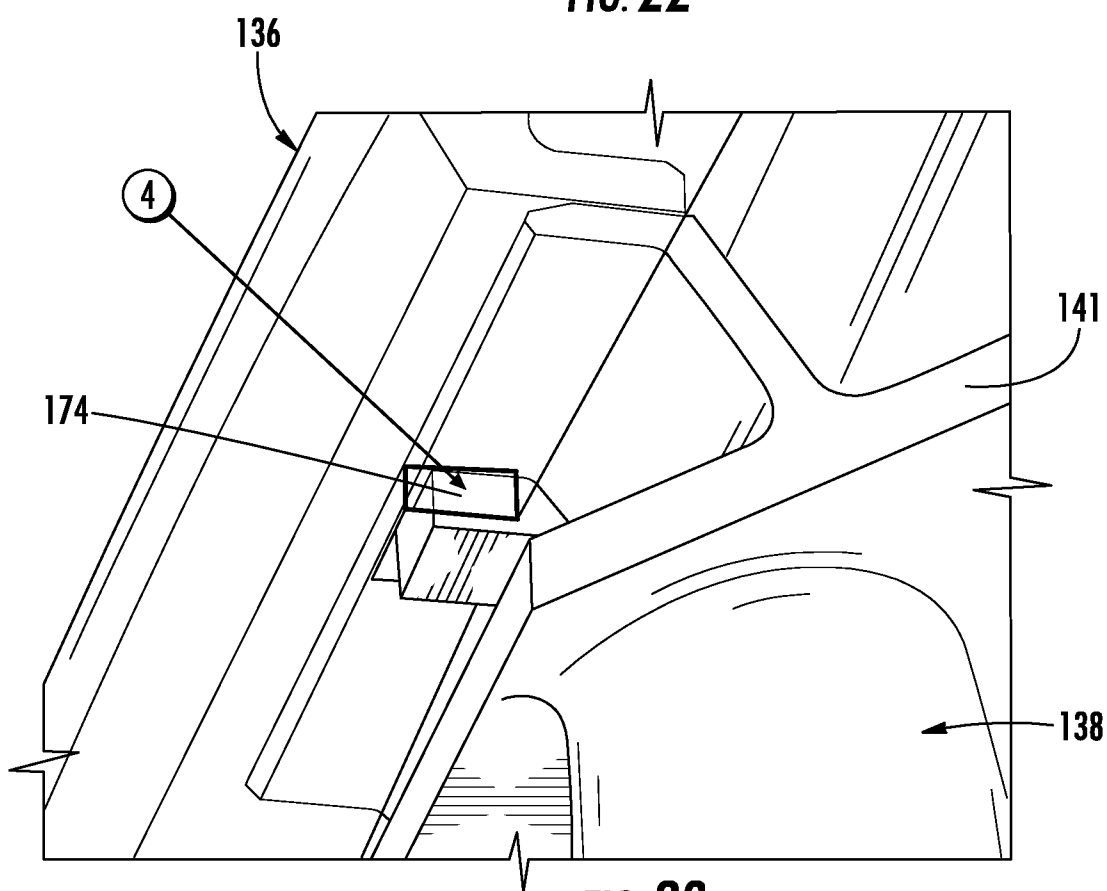


FIG. 23

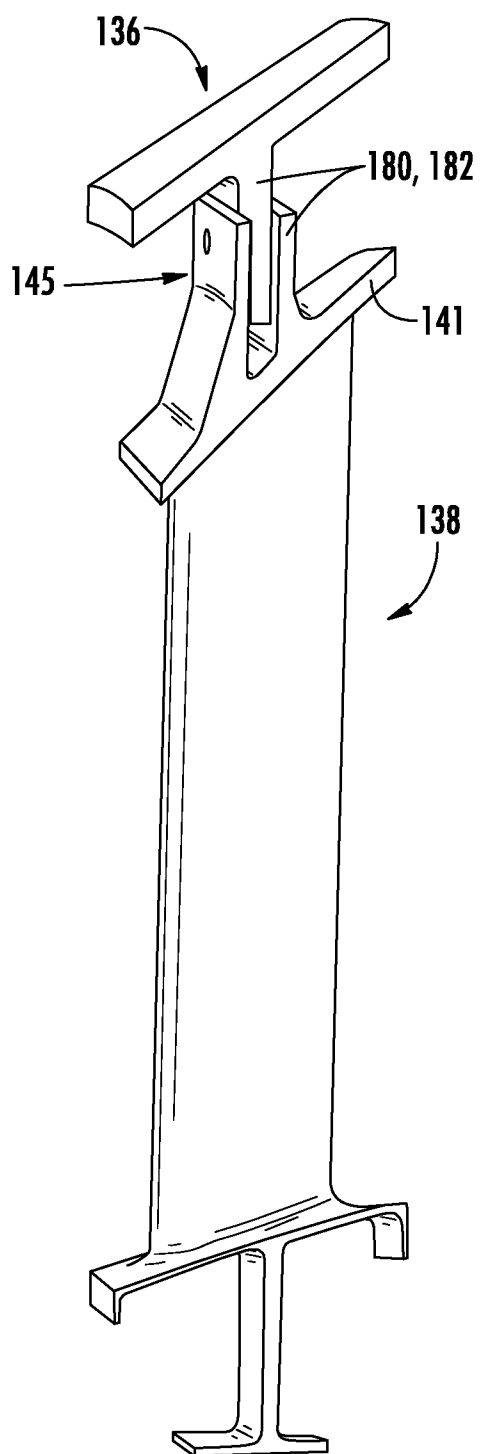


FIG. 24

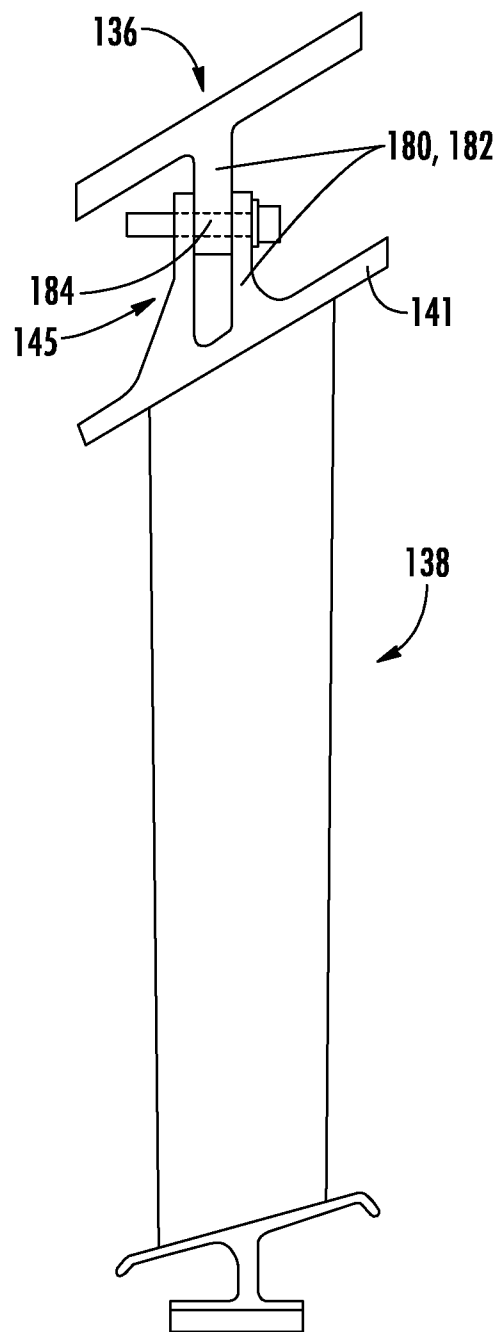


FIG. 25

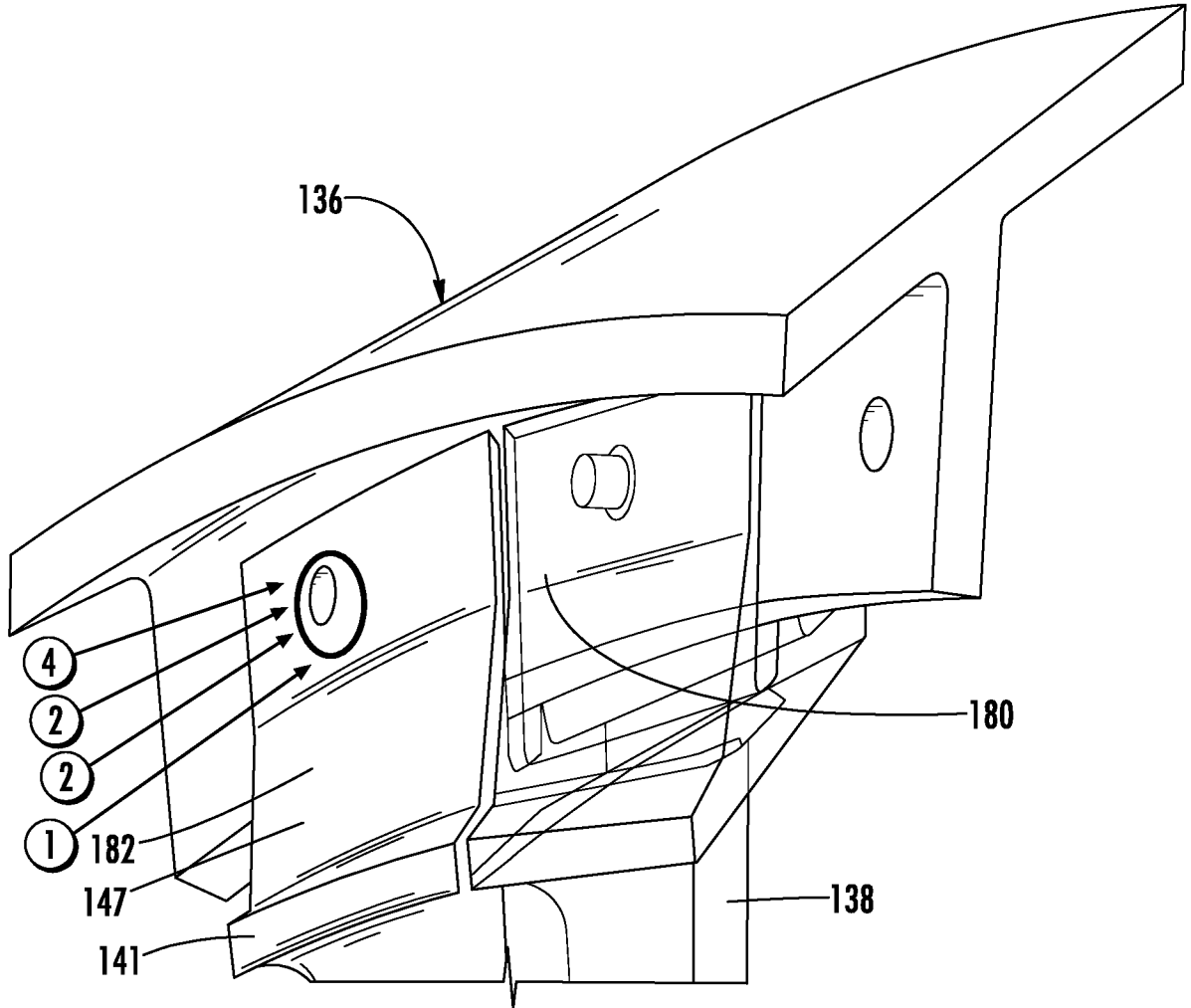


FIG. 26