

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102020000006439</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>26/03/2020</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>26/09/2021</b>

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	1	24

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	1	26

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	D	5	08

Titolo

METODO E APPARECCHIATURA PER RAFFREDDARE UNA PORZIONE DI UN MOTORE A TURBINA CONTRO-ROTANTE

## DESCRIZIONE

del brevetto per divulgazione industriale dal titolo:  
"METODO E APPARECCHIATURA PER RAFFREDDARE UNA PORZIONE DI UN  
MOTORE A TURBINA CONTRO-ROTANTE"

di GE AVIO S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA I MAGGIO 99

10040 RIVALTA DI TORINO (TO)

Inventori: BUONVINO Alberto, COUTANDIN Daniele, GIACOBONE  
Luca

\*\*\*

### CAMPO TECNICO

La presente divulgazione riguarda in generale un motore a turbina avente rotori contro-rotanti e, più nello specifico, ad un passaggio di fluido da un rotore che raffredda l'altro rotore.

DICHIARAZIONE RELATIVA ALLA RICERCA O ALLO SVILUPPO  
SPONSORIZZATO A LIVELLO FEDERALE

Il progetto che porta alla presente domanda ha ricevuto fondi da Clean Sky 2 Joint Undertaking sotto il programma di ricerca ed innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea secondo l'accordo di concessione No. CS2-LPA-GAM-2018/2019-01.

### BACKGROUND

I motori a turbina contro-rotante, e in particolare i

motori a turbina contro-rotante a gas o a combustione, sono motori rotanti che estraggono l'energia da un flusso di gas combusti che passano attraverso il motore su una moltitudine di stadi di compressore e turbina, ogni stadio includendo tipicamente un insieme complementare di pale rotanti e pale contro-rotanti.

Un motore a turbina contro-rotante può includere, in una disposizione a flusso seriale, un gruppo ventola anteriore, un gruppo ventola posteriore, un compressore di alta pressione per comprimere l'aria che scorre attraverso il motore, un combustore per miscelare il carburante con l'aria compressa in modo tale che la miscela possa essere accesa e una turbina di alta pressione. Il compressore di alta pressione, il combustore e la turbina di alta pressione sono talvolta collettivamente indicati come il motore centrale. Durante il funzionamento, il motore centrale genera gas di combustione che vengono scaricati a valle verso una sezione di turbina che estrae energia da essi per alimentare i gruppi ventola anteriore e posteriore. I motori a turbina contro-rotante possono anche includere cavità pressurizzate in cui viene alimentata aria di raffreddamento e chiuse a tenuta rispetto ai flussi di aria di combustione all'interno del motore.

Le sezioni di compressore e turbina del motore a turbina tipicamente includono molteplici stadi, disposti in serie

ogni stadio comprendendo insiemi cooperanti di profili aerodinamici disposti circonferenzialmente, con un insieme distanziato assialmente dall'altro insieme. In un motore a turbina contro-rotante, entrambi gli insiemi di profili aerodinamici possono essere sotto forma di insiemi di pale, con ogni insieme che ruota in direzioni opposte. In tal caso, la turbina contro-rotante può includere un rotore esterno avente il primo insieme di profili aerodinamici che sono accoppiati in modo girevole al gruppo ventola anteriore, e anche un rotore interno avente il secondo insieme di profili aerodinamici accoppiato in modo girevole al gruppo ventola posteriore.

#### Breve descrizione

In un aspetto, la presente divulgazione riguarda un motore a turbina contro-rotante comprendente un primo rotore, che ruota in una prima direzione di rotazione, e avente molteplici insiemi di pale disposte circonferenzialmente, definenti primi insiemi di pale di rotore che sono distanziati assialmente per definire uno spazio vuoto tra ogni insieme, un secondo rotore, che ruota in una seconda direzione di rotazione, contraria alla prima direzione di rotazione e avente molteplici insiemi di pale disposte circonferenzialmente, definenti secondi insiemi di pale di rotore che sono distanziati assialmente e ricevuti all'interno dello spazio vuoto del primo rotore e una

pluralità di passaggi di fluido formati nel primo rotore con un'uscita rivolta verso lo spazio vuoto, in cui i passaggi di fluido hanno un asse di mezzeria del passaggio che è orientato per reindirizzare un flusso di fluido all'interno dei passaggi di fluido dalla prima direzione di rotazione alla seconda direzione di rotazione.

In un altro aspetto, la presente descrizione riguarda un metodo per raffreddare una pala in un motore a turbina contro-rotante avente un primo e un secondo rotore contro-rotanti, il metodo comprendendo emettere aria di raffreddamento dal primo rotore in una direzione in modo tale che un componente del raffreddamento sia nella seconda direzione di rotazione.

#### BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Nei disegni:

la figura 1 è un diagramma in sezione trasversale schematico di un motore a turbina contro-rotante includente una sezione di turbina contro-rotante secondo vari aspetti descritti nella presente.

La figura 2 è una vista schematica di una porzione della sezione di turbina contro-rotante della figura 1.

La figura 3 è una vista in prospettiva del motore a turbina contro-rotante presa dalla sezione III della figura 2 includente un collettore di raffreddamento.

La figura 4 è una vista in sezione trasversale di una

porzione del collettore di raffreddamento della figura 3.

#### DESCRIZIONE DETTAGLIATA

Gli aspetti della descrizione descritti nella presente sono relativi al raffreddamento di un gruppo di profili aerodinamici di un rotore del motore a turbina contro-rotante, con l'aria di raffreddamento alimentata da un altro rotore del motore a turbina contro-rotante. I rotori possono essere rotori interni ed esterni. Sebbene i rotori contro-rotanti possano essere azionati alla stessa velocità, ma in direzione opposta, i rotori possono essere azionati a velocità diverse, ottenendo un rotore a bassa velocità (LSR) e un rotore ad alta velocità (HSR). Per eseguire il raffreddamento, un collettore di raffreddamento può essere incluso all'interno di uno dei rotori e avere un passaggio di uscita che si apre verso l'altro rotore.

Per contrastare gli effetti della resistenza dell'aria associati ai rotori contro-rotanti, il passaggio di uscita può essere orientato in modo tale che un componente di un asse di mezzeria per il passaggio di uscita sia parallelo alla direzione di rotazione dell'altro rotore. Ne risulta che l'aria lascia il passaggio di uscita con già un componente di flusso nella stessa direzione della direzione di rotazione del rotore che viene raffreddato. Tale orientamento del flusso di raffreddamento emesso dai passaggi di raffreddamento incontra meno resistenza

dell'aria creata dai rotori rotanti.

Come utilizzato nella presente, il termine "a monte" si riferisce ad una direzione che è opposta a una direzione di flusso di fluido, e il termine "a valle" si riferisce ad una direzione che è nella stessa direzione del flusso di fluido. Il termine "prua" o "anteriore" si riferisce ad una direzione o posizione davanti a un componente e "poppa" o "posteriore" si riferisce ad una direzione o posizione dietro un componente. Per esempio, quando utilizzato in termini di flusso di fluido, prua-anteriore può indicare a monte e poppa/posteriore può indicare a valle.

In aggiunta, come utilizzato nella presente, i termini "radiale" o "radialmente" si riferiscono a una direzione lontana da un centro comune. Per esempio, nel contesto complessivo di un motore a turbina, radiale si riferisce a una direzione lungo un raggio che si estende tra un asse longitudinale centrale del motore e una circonferenza del motore esterna. Inoltre, come utilizzato nella presente, il termine "insieme" o un "insieme di elementi" può essere un qualsiasi numero di elementi, incluso soltanto uno.

Tutti i riferimenti di direzione (per esempio, radiale, assiale, prossimale, distale, superiore, inferiore, verso l'alto, verso il basso, sinistra, destra, laterale, anteriore, posteriore, su, giù, sopra, sotto, verticale, orizzontale, in senso orario, in senso antiorario, a monte,

a valle, anteriore, poppa, eccetera) vengono utilizzati soltanto per scopi di identificazione per agevolare la comprensione della presente descrizione per il lettore e non dovrebbero essere considerati come limitativi di una forma di realizzazione, in particolare per quanto riguarda la posizione, l'orientamento o l'uso degli aspetti della divulgazione descritta nella presente. I riferimenti di collegamento (per esempio fissato, accoppiato, attaccato, collegato, unito e simili) devono essere considerati in senso ampio e possono includere elementi intermedi tra un raggruppamento di elementi e il relativo movimento tra gli elementi salvo indicato diversamente. Come tali, i riferimenti di collegamento non indicano necessariamente che due elementi sono direttamente collegati e in relazione fissa tra loro. Le forme al singolare "un/uno/una" e "il/lo/la" includono riferimenti al plurale salvo il contesto indichi chiaramente altro.

I disegni esemplificativi sono soltanto a scopi illustrativi e le dimensioni, le posizioni, l'ordine e le relative dimensioni riportati nei disegni allegati possono variare.

La figura 1 è un diagramma in sezione trasversale schematico di un motore a turbina a gas, nello specifico un motore a turbina a gas contro-rotante (CRT) 10 per un velivolo. Il motore CRT 10 ha un asse che si estende



generalmente longitudinalmente o un asse di mezzeria assiale 12 che si estende da una direzione anteriore 14 ad una direzione posteriore 16. Il motore CRT 10 include, in rapporto di flusso seriale a valle, una sezione di ventola 18 includente un gruppo ventola anteriore 20 e un gruppo ventola posteriore 21, una sezione di compressore 22 includente un booster o un compressore di bassa pressione (LP) 24 e un compressore di alta pressione (HP) 26, una sezione di combustione 28 includente un combustore 30, una sezione di turbina 32 includente una turbina HP 34 e una turbina LP 36 e una sezione di scarico 38.

I gruppi ventola 20 e 21 sono posizionati in corrispondenza di una estremità anteriore del motore CRT 10 come illustrato. Le espressioni "ventola anteriore" e "ventola posteriore" vengono utilizzate qui per indicare che uno dei gruppi ventola 20 è accoppiato assialmente a monte del gruppo ventola posteriore 21. Si contempla anche che i gruppi ventola 20, 21 possano essere posizionati in corrispondenza di una estremità posteriore del motore CRT 10. I gruppi ventola 20 e 21 includono ciascuno una pluralità di file di pale di ventola 40 posizionate all'interno di un involucro di ventola 42. Le pale di ventola 40 son unite a rispettivi dischi di rotore 44 che sono accoppiati in modo girevole attraverso un albero di ventola anteriore rispettivo 46 al gruppo ventola anteriore 20 e attraverso

un albero di ventola posteriore 47 al gruppo ventola posteriore 21.

Il compressore HP 26, il combustore 30 e la turbina HP 34 formano un nucleo di motore 48 del motore CRT 10. Il nucleo del motore 48 è circondato da un tamburo 50 che può essere accoppiato all'involucro di ventola 42. La turbina HP 34 è accoppiata al compressore HP 26 attraverso un rotore di nucleo o albero 52. Durante il funzionamento, il nucleo di motore 48 genera gas di combustione che vengono incanalati a valle della turbina LP contro-rotante 36 che estrae energia dai gas per alimentare i gruppi ventola 20, 21 attraverso i loro rispettivi alberi di ventola 46, 47.

Nell'esempio mostrato, la turbina LP 36 è sotto forma di una turbina contro-rotante. Si comprenderà che gli aspetti della divulgazione possono essere applicati in altre turbine, inclusi motori senza turbine LP contro-rotanti. Per esempio, sono contemplati anche motori a turbina aventi turbine LP in cui palette disposte circonferenzialmente statiche sono distanziate assialmente dalle pale disposte circonferenzialmente rotanti. Inoltre, è anche contemplato un motore a turbina avente una sezione di compressore contro-rotante 22, in particolare o un compressore LP contro-rotante 24 o un compressore HP contro-rotante 26.

La turbina LP 36 include un rotore esterno 54 posizionato radialmente verso l'interno rispetto al tamburo

50. Il rotore esterno 54 può avere una forma generalmente troncoconica e può includere un primo insieme di profili aerodinamici 56, disposti circonferenzialmente, che si estendono radialmente verso l'interno verso l'asse di mezzeria assiale 12.

La turbina LP 36 include inoltre un rotore interno 58 disposto sostanzialmente in modo coassiale rispetto a, e radialmente all'interno del rotore esterno 54. Il rotore interno 58 include un secondo insieme di profili aerodinamici 60 disposti circonferenzialmente e distanziati assialmente dal primo insieme di profili aerodinamici 56. Il secondo insieme di profili aerodinamici 60 si estende radialmente verso l'esterno lontano dall'asse di mezzeria assiale 12. Il primo e il secondo insieme di profili aerodinamici 56, 60 definiscono insieme una pluralità di stadi di turbina 62. Nell'esempio della figura 1, sono mostrati cinque stadi di turbina 62 e si comprenderà che è possibile utilizzare un qualsiasi numero di stadi. Inoltre sebbene il primo insieme di profili aerodinamici 56 sia illustrato come davanti al secondo insieme di profili aerodinamici 60, il primo e il secondo insieme di profili aerodinamici 56, 60 possono essere disposti in qualsiasi modo adatto, incluso con il primo insieme di profili aerodinamici 56 posizionato dietro il secondo insieme di profili aerodinamici 60.

Sebbene il motore CRT 10 sia descritto nel contesto che

include un rotore esterno rotante 54 e un rotore interno rotante 58, si contempla inoltre che il primo insieme di profili aerodinamici 56 o il secondo insieme di profili aerodinamici 60 può essere incluso in, o far parte di, uno statore fisso all'interno del motore CRT 10 in modo tale che almeno una porzione del motore CRT 10 non contro-ruoti. Per esempio, il primo insieme di profili aerodinamici 56 può formare un insieme di palette statiche disposte circonferenzialmente facenti parti di uno statore esterno all'interno del motore CRT 10, mentre il secondo insieme di profili aerodinamici 60 è accoppiato al rotore interno 58 e configurato per ruotare circonferenzialmente attorno all'asse di mezzeria assiale 12. È inoltre contemplato che il secondo insieme di profili aerodinamici 60 possa essere sotto forma di palette statiche accoppiate ad uno statore interno all'interno del motore CRT 10, con il primo insieme di profili aerodinamici 56 sotto forma di pale accoppiate ad un rotore esterno.

In aggiunta al rotore esterno 54 e al rotore interno 58, le porzioni fisse del motore CRT 10, quali l'involucro esterno o il tamburo 50, sono anche denominate individualmente o collettivamente come statore 63. Come tale, lo statore 63 può fare riferimento alla combinazione di elementi non rotanti in tutto il motore CRT 10.

Durante il funzionamento, il flusso di aria che esce

dalla sezione di ventola 18 è diviso in modo tale che una porzione del flusso di aria sia incanalata lungo un percorso di flusso principale 15 nel compressore LP 24, che quindi alimenta il flusso di aria pressurizzata 65 al compressore HP 26, che inoltre pressurizza l'aria. Il flusso di aria pressurizzata 65 dal compressore HP 26 viene miscelato con il carburante nel combustore 30 e viene acceso, generando in questo modo gas di combustione 66 lungo il percorso di flusso principale 15. Parte del lavoro viene estratta da questi gas di combustione 66 mediante la turbina HP 34, che aziona il compressore HP 26. I gas di combustione 66 vengono scaricati lungo il percorso di flusso principale 15 nella turbina LP 36, che estrae lavoro aggiuntivo per azionare il compressore LP 24 e il gas di scarico viene infine scaricato dal motore CRT 10 attraverso la sezione di scarico 38. L'azionamento della turbina LP 36 può indurre la rotazione del gruppo ventola anteriore 20 e del compressore LP 24.

Una porzione del flusso di aria pressurizzata 65 può essere aspirata dalla sezione di compressore 22 come aria di sfiato 67. L'aria di sfiato 67 può essere aspirata dal flusso di aria pressurizzata 65 e fornita ai componenti di motore che richiedono raffreddamento. La temperatura del flusso di aria pressurizzata 65 che entra nel combustore 30 è significativamente aumentata al di sopra della temperatura dell'aria di sfiato 67. L'aria di sfiato 67 può essere

utilizzata per ridurre la temperatura di componenti di nucleo a valle del combustore.

Parte dell'aria alimentata dal gruppo ventola anteriore 20, quale l'aria di sfiato 67, può bypassare il nucleo di motore 48 ed essere utilizzata per il raffreddamento di porzioni, in modo particolare, porzioni calde, del motore CRT 10 o per il raffreddamento o l'alimentazione di altre porzioni del motore CRT 10. Nel contesto di un motore a turbina, le porzioni calde del motore sono normalmente a valle del combustore 30, in modo particolare la sezione di turbina 32, la turbina HP 34 essendo la porzione più calda dato che è direttamente a valle della sezione di combustione 28. Altre fonti di fluido di raffreddamento possono essere, ma senza limitazione, fluido scaricato dal compressore LP 24 o dal compressore HP 26.

La figura 2 è una vista schematica ingrandita di una porzione della turbina LP contro-rotante 36. Il tamburo 50 include una superficie di involucro 68 e il rotore esterno 54 ha una superficie di rotore 69 rivolta verso la superficie di involucro 68.

Una cavità 74 può essere almeno parzialmente definita come uno spazio tra il tamburo 50 e il rotore esterno 54. La cavità 74 può estendersi almeno circonferenzialmente all'interno del motore CRT 10 includente, ma senza limitazione, una cavità completamente anulare 74 o

molteplici cavità distanziate circonferenzialmente o segmentate 74.

A titolo di esempio non limitativo, il primo insieme di profili aerodinamici 56 può essere montato sul rotore esterno 54 attraverso almeno un gruppo di aggancio 80. Occorre apprezzare che molteplici gruppi di aggancio 80 possono essere previsti e disposti circonferenzialmente o assialmente all'interno della turbina LP 36. Ogni gruppo di aggancio 80 può includere un gancio 82 che si estende dal rotore esterno 54. Un insieme di profili aerodinamici, quale il primo insieme di profili aerodinamici 56, può terminare in una flangia 84 configurata per essere ricevuta all'interno del gancio 82, assicurando in questo modo il primo insieme di profili aerodinamici 56 al rotore esterno 54. Occorre comprendere che il primo insieme di profili aerodinamici 56 può essere montato sul rotore esterno 54 in qualsiasi modo adatto. Si contempla inoltre che il gruppo di aggancio 80 può utilizzare un accoppiamento a interferenza con fessure in uno tra il gancio 82 o la flangia 84. In aggiunta, sebbene il gruppo di aggancio 80 sia trattato nel contesto del primo insieme di profili aerodinamici 56, il gruppo di aggancio 80 può anche essere utilizzato per assicurare il secondo insieme di profili aerodinamici 60 al rotore interno 58 (figura 1).

Un passaggio di ingresso 90 o un condotto di aria bypass può essere accoppiato a livello di fluido alla cavità 74 per

alimentare aria pressurizzata 88 o aria di raffreddamento nella cavità 74. Il passaggio di ingresso 90 può essere accoppiato a livello di fluido ad almeno una porzione del motore CRT 10 che non è la sezione di turbina 32. Per esempio, il passaggio di ingresso 90 può essere accoppiato a livello di fluido ad una porzione della sezione di compressore 22 o della sezione di ventola 18. Come tale, l'aria pressurizzata 88 può essere definita come aria di bypass da una o più tra la sezione di compressore 22 o la sezione di ventola 18. L'aria pressurizzata 88 può essere inoltre definita per avere una temperatura inferiore a quella dei gas di combustione 66 all'interno del percorso di flusso principale 15. Un insieme di passaggi di fluido 86 può essere previsto all'interno di una porzione rotante del rotore CRT 10, nello specifico la turbina LP 36. Come illustrato, il rotore interno 58 e il rotore esterno 54 includono l'insieme di passaggi di fluido 86. Il passaggio di fluido 86 può essere configurato per fornire un flusso di fluido, in modo particolare aria di raffreddamento, ad almeno una porzione del primo o del secondo insieme di profili aerodinamici 56, 60. Come tali, i passaggi di fluido 86 possono essere definiti come un passaggio di raffreddamento. Il passaggio di fluido 86 previsto all'interno del rotore esterno 54 può essere accoppiato a livello di fluido allo spazio o alla cavità 74 in modo tale che una porzione dell'aria pressurizzata 88



possa fluire attraverso il passaggio di fluido 86 e nel percorso di flusso principale 15. Il passaggio di fluido 86 previsto all'interno del rotore interno 58 può essere accoppiato a livello di fluido a uno spazio di rotore interno diverso dalla cavità 74. Per esempio, il rotore interno 58 può includere o essere accoppiato a un albero rotante che può includere una parte cava che passa attraverso la parte interna dell'albero. La parte cava può essere accoppiata a livello di fluido in corrispondenza di una estremità alla sezione di compressore 22 o alla sezione di ventola 18 del motore CRT 10. Come tale, il rotore interno 58, nello specifico la parte cava dell'albero rotante, può essere definito per includere un passaggio di bypass accoppiato a una porzione della sezione di compressore 22 o della sezione di ventola 18. Come tale, il passaggio di fluido 86 può essere accoppiato al passaggio di bypass del rotore interno 58 in modo tale che il passaggio di fluido 86 possa fornire un'aria di raffreddamento nel percorso di flusso principale 15. Si apprezzerà che i passaggi di fluido 86 illustrati nella figura 3 non intendono essere limitativi. Per esempio, i passaggi di fluido 86 possono formare un insieme di passaggi di fluido 86 formati all'interno di una porzione dei rotori interno ed esterno 54, 58. L'insieme di passaggi di fluido 86 può essere distanziato circonferenzialmente o assialmente lungo qualsiasi porzione dei rotori interno ed

esterno 54, 58.

La figura 3 è una vista in sezione trasversale schematica della turbina LP 36 della figura 2 come si vede dalla vista ingrandita III nella figura 3 che illustra inoltre il passaggio di fluido 86 previsto all'interno di un primo rotore 92. Come illustrato, il primo rotore 92 può includere il rotore esterno 54 che circonda un secondo rotore che è il rotore interno 58. Si apprezzerà, tuttavia, che il primo rotore 92 può includere, o il rotore esterno 54 o il rotore interno 58 in modo tale che il passaggio di fluido 86 possa essere incluso o nel rotore esterno 54 o nel rotore interno 58.

Il primo rotore 92 può includere un insieme di pale definite come primo insieme di pale di rotore 94 che possono ruotare con una prima velocità di rotazione  $U_1$  in una prima direzione di rotazione attorno all'asse 12 come indicato dalla freccia  $U_1$ . Come illustrato, vi possono essere un primo insieme e un secondo insieme di pale incluse all'interno del primo insieme di pale di rotore 94. Il primo insieme può essere definito come a monte del secondo insieme. Il primo insieme e il secondo insieme possono essere distanziati assialmente per definire uno spazio o uno spazio vuoto 98 tra il primo e il secondo. Un secondo insieme di pale di rotore 96 può essere previsto all'interno dello spazio vuoto 98 definito dal primo insieme di pale di rotore 94. Il

secondo insieme di pale di rotore 96 può essere definito come un insieme di pale accoppiato al secondo rotore e configurato per ruotare con una seconda velocità di rotazione  $U_2$  in una seconda direzione di rotazione indicata dalla freccia  $U_2$ .

Il primo e il secondo insieme di pale di rotore 94, 96 possono includere un bordo di attacco 100 definito come un bordo a monte delle pale 94, 96 e un bordo di uscita 102 definito come sezione a valle della pala. Come illustrato, il secondo insieme di pale di rotore 96 può includere inoltre una punta 104 collocata in una porzione radialmente distale del secondo insieme di pale di rotore 96. La punta 104 può essere collocata vicino al e distante dal primo rotore 92. Un incavo 106 può essere definito dalla regione tra la punta 104 vicino al bordo di attacco 100 del secondo insieme di pale di rotore 96 sul primo rotore 92. Almeno una porzione dei gas di combustione 66 nel percorso di flusso principale 15 può fluire nell'incavo 106 e attorno alla punta 104.

La prima velocità di rotazione  $U_1$  e la seconda velocità di rotazione  $U_2$  sono direttamente opposte tra loro in modo tale che il primo e il secondo insieme di pale di rotore 94, 96 possano contro-ruotare. La prima velocità di rotazione  $U_1$  può essere minore della seconda velocità di rotazione  $U_2$  in modo tale che il primo rotore 92 possa essere definito come rotore a bassa velocità (LSR) e il secondo rotore possa

essere definito come rotore ad alta velocità (HSR). In alternativa, la prima velocità di rotazione U1 può essere uguale alla seconda velocità di rotazione U2.

Il passaggio di fluido 86 previsto all'interno del primo rotore 92 può includere un passaggio di ingresso 108 con un ingresso 110 accoppiato a livello di fluido alla cavità 74. Il passaggio di fluido 86 può includere inoltre un passaggio di uscita 112 con un'uscita 114 accoppiata a livello di fluido all'incavo 106. Come tale, l'aria di raffreddamento proveniente dalla cavità 74 può fluire attraverso il passaggio di ingresso 108 e il passaggio di uscita 112 e nell'incavo 106. Il passaggio di uscita 112 può essere collocato a monte del bordo di attacco 100 del secondo insieme di pale di rotore 96 e a valle del bordo di uscita del primo insieme di pale di rotore 94.

Un collettore di fluido 116 può essere previsto tra il passaggio di ingresso 108 e il passaggio di uscita 112. Il collettore di fluido 116 può essere definito come una cavità formata all'interno del primo rotore 92. Il collettore di fluido 116 può essere una cavità anulare continua in modo tale da estendersi circonferenzialmente attorno al primo rotore 92. In alternativa, il collettore di fluido 116 può essere non continuo e formare un insieme di collettori di fluido 116 distanziati circonferenzialmente attorno al primo rotore 92. Il collettore di fluido può includere un ingresso

di collettore 118 accoppiato al passaggio di ingresso 108 e una uscita di collettore 120 accoppiata al passaggio di uscita 112. In quanto tale, il fluido può fluire dal passaggio di ingresso 108, nel collettore di fluido 116 e verso il passaggio di uscita 112. Collettivamente, il passaggio di ingresso 108, il passaggio di uscita 112, il collettore di fluido 116 e i loro rispettivi componenti possono essere definiti come il passaggio di fluido 86.

La figura 4 è una vista in sezione trasversale di una porzione del passaggio di fluido 86, nello specifico una porzione del collettore di fluido 116 e del passaggio di uscita 112 della figura 3.

Il passaggio di uscita 112, e quindi il passaggio di fluido 86, possono inoltre essere definiti da un asse di mezzeria del passaggio 122. Un angolo incluso 124 può essere formato dall'asse di mezzeria del passaggio 122 rispetto ad un piano trasversale ad un asse di rotazione del primo rotore 92. L'asse di rotazione può essere definito dall'asse di mezzeria assiale 12 del motore CRT 10. L'angolo incluso 124 può inoltre essere definito come un angolo acuto diverso da zero. Nello specifico, l'angolo incluso può essere un qualsiasi angolo minore di 90 gradi e maggiore di 0 gradi.

L'angolo incluso 124 può essere uniforme lungo l'intero passaggio di uscita 112 in modo tale che le pareti del passaggio di uscita 112 possano essere definite come lineari

su una distanza assiale tra l'uscita di collettore 120 del collettore di fluido 116 e l'uscita 114 del passaggio di uscita 112. In alternativa, l'angolo incluso 124 può variare attraverso la distanza assiale tra l'uscita di collettore 120 e l'uscita 114. Per esempio, le pareti del passaggio di uscita 112 possono includere pareti inclinate in modo tale che l'angolo incluso 124 più vicino all'uscita di collettore 120 sia maggiore dell'angolo incluso più vicino all'uscita 114.

Durante il funzionamento del motore CRT 10, il fluido può fluire nel collettore di fluido 116. Questo flusso di fluido all'interno del collettore di fluido 116 può essere definito da una prima velocità tangenziale  $VT_1$ . La prima velocità tangenziale  $VT_1$  può essere parallela alla prima velocità di rotazione  $U_1$ . In altri termini, il flusso di fluido all'interno del collettore di fluido 116 può fluire nella stessa direzione della direzione di rotazione del primo rotore 92. Il flusso di fluido può quindi uscire dal collettore di fluido 116 attraverso l'uscita di collettore 120 e nel passaggio di uscita 112. Il flusso di fluido nel passaggio di uscita 112 può uscire attraverso l'uscita 114 e nell'incavo 106. Il flusso di fluido all'interno dell'incavo 106 può essere definito da una seconda velocità tangenziale  $VT_2$ . La seconda velocità tangenziale  $VT_2$  può essere parallela alla seconda velocità di rotazione  $U_2$ . In

altri termini, il flusso di fluido all'interno dell'incavo 106 può fluire nella stessa direzione della direzione di rotazione del secondo rotore o del secondo insieme di pale di rotore 96. In quanto tali, i passaggi di fluido 86 possono reindirizzare il flusso di fluido dalla direzione di rotazione del primo rotore 92 alla direzione di rotazione del secondo rotore.

I vantaggi della presente descrizione includono una riduzione delle perdite di resistenza dell'aria e un aumento della potenza complessiva emessa del motore CRT rispetto ai motori CRT convenzionali. Per esempio, i motori CRT convenzionali possono includere vari sistemi o passaggi di raffreddamento formati all'interno del rotore esterno e indirizzati verso una porzione delle pale accoppiate al rotore interno. I passaggi di raffreddamento nei motori CRT convenzionali, tuttavia non reindirizzano il flusso di fluido determinando che il fluido che esce dai passaggi di raffreddamento sia direttamente opposto alla velocità di rotazione del motore interno. Nello specifico, il flusso di fluido che esce dai passaggi di raffreddamento nei motori CRT convenzionali è nella stessa direzione di rotazione del rotore esterno. Ciò determina perdite di resistenza dell'aria poiché vi è una resistenza diretta a cui sono sottoposte le pale fissate al rotore interno dal fluido che esce dai passaggi di raffreddamento. Ciò infine determina

una diminuzione della potenza e dell'efficienza del motore CRT. I passaggi di raffreddamento come descritto qui, tuttavia, reindirizzano il flusso di fluido all'interno del passaggio di fluido in modo che sia allineato con la velocità di rotazione di una pala a valle dell'uscita del passaggio di raffreddamento. Il reindirizzamento del flusso di fluido elimina gli effetti di perdite di resistenza dell'aria, pertanto, aumentando l'efficienza complessiva del motore a turbina. Si contempla inoltre, tuttavia, che i passaggi di raffreddamento accelerano il flusso di fluido. Quando il flusso di fluido viene accelerato ed è nella direzione di rotazione della pala a valle, la potenza creata dalla pala a valle è aumentata. Ciò infine aumenta la potenza complessiva del motore a turbina fornendo un ulteriore vantaggio rispetto ai motori CRT convenzionali.

Si contempla inoltre che l'uscita di potenza per il motore CRT possa essere aumentata rispetto al motore CRT convenzionale senza dover cambiare altri parametri di prestazione del motore. Come utilizzati nella presente, i parametri di prestazione del motore possono essere un qualsiasi parametro di funzionamento del motore CRT che possa direttamente influire sull'uscita di potenza. Questi parametri di prestazioni di motore possono essere, per esempio, una portata di massa del liquido di raffreddamento o una velocità di rotazione di uno degli elementi rotanti



all'interno del motore CRT. Se, per esempio, l'uscita di potenza dovesse essere aumentata nel motore CRT convenzionale, può essere necessario regolare uno o più dei parametri di prestazione del motore per aumentare l'uscita di potenza complessiva del motore a turbina. Ciò a sua volta, può richiedere ulteriori cambiamenti da apportare al motore CRT convenzionale. Per esempio, se la velocità di rotazione dei rotori interno ed esterno dovesse essere aumentata per cui dovesse essere aumentata anche l'uscita di potenza del motore, può essere necessario un materiale più resistente per resistere alle forze centrifughe aumentate create dalle velocità di rotazione aumentate. Ciò a sua volta può aumentare la difficoltà di produzione o il costo complessivo del motore. Il motore CRT come descritto nella presente, tuttavia, non regola questi parametri di prestazioni ma invece utilizza il reindirizzamento del flusso di fluido da allineare con la velocità di rotazione di una pala a valle dell'uscita del passaggio di raffreddamento per aumentare l'uscita di potenza del motore CRT. Pertanto, non è necessario alcun componente o alcuna sostituzione di materiali aggiuntivi per aumentare l'uscita di potenza complessiva del motore CRT.

La presente descrizione scritta utilizza esempi per descrivere aspetti della divulgazione decritta nella presente, inclusa la modalità migliore e anche per consentire

a qualsiasi esperto nella tecnica di mettere in pratica gli aspetti della divulgazione, inclusi il realizzare e utilizzare qualsiasi dispositivo o sistema ed eseguire qualsiasi metodo incorporato. L'ambito di protezione brevettabile degli aspetti della divulgazione è definito dalle rivendicazioni e può includere altri esempi che sono concepibili per tali esperti nella tecnica. Tali altri esempi intendono rientrare nell'ambito di protezione delle rivendicazioni se hanno elementi strutturali che non differiscono dal linguaggio letterale delle rivendicazioni o se includono elementi strutturali equivalenti con differenze non sostanziali rispetto ai linguaggi letterali delle rivendicazioni.

Ulteriori aspetti dell'invenzione sono forniti dall'argomento che è oggetto delle seguenti clausole:

1. Motore a turbina contro-rotante comprendente un primo rotore, rotante in una prima direzione di rotazione e avente molteplici insiemi di pale disposte circonferenzialmente, definenti primi insiemi di pale di rotore che sono assialmente distanziati per definire uno spazio vuoto tra ogni insieme, un secondo rotore, rotante in una seconda direzione di rotazione, contraria alla prima direzione di rotazione e avente molteplici insiemi di pale disposte circonferenzialmente, definenti secondi insiemi di pale di rotore che sono distanziati assialmente e ricevuti

all'interno dello spazio vuoto del primo rotore e una pluralità di passaggi di fluido formati nel primo rotore con una uscita rivolta verso lo spazio vuoto, in cui i passaggi di fluido hanno un asse di mezzeria del passaggio che è orientato per reindirizzare un flusso di fluido all'interno dei passaggi di fluido dalla prima direzione di rotazione alla seconda direzione di rotazione.

2. motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui il primo rotore è un rotore esterno e il secondo rotore è un rotore interno in modo tale che il primo rotore circonda il secondo rotore.

3. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola comprendente inoltre un collettore di fluido accoppiato a livello di fluido ai passaggi di fluido.

4. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui il collettore di fluido comprende una cavità formata nel rotore esterno.

5. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui la cavità si estende circonferenzialmente attorno al rotore esterno.

6. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui il primo rotore è un rotore interno e il secondo rotore è un rotore esterno in modo tale che il secondo rotore circonda il primo rotore.

7. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi

precedente clausola in cui il rotore interno è accoppiato a livello di fluido a un passaggio di aria di bypass in modo tale che la pluralità di passaggi di fluido siano accoppiati a livello di fluido al passaggio di aria di bypass.

8. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola comprendente inoltre un tamburo che circonda il primo rotore e il secondo rotore e definente uno spazio tra il tamburo e uno tra il primo rotore o il secondo rotore e lo spazio è accoppiato a livello di fluido alla pluralità di passaggi di fluido.

9. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola comprendente inoltre una sezione di compressore e una sezione di turbina, con i passaggi di fluido collocati nella sezione di turbina.

10. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola comprendente inoltre un condotto di aria di bypass che accoppia a livello di fluido la sezione di compressore allo spazio.

11. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui uno tra il primo rotore o il secondo rotore comprende una cavità che accoppia a livello di fluido lo spazio ai passaggi di fluido.

12. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui il primo e il secondo insieme di pale di rotore definiscono corrispondenti coppie, con il

primo insieme di rotore che è a monte del secondo insieme di rotore della coppia.

13. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui l'uscita dei passaggi di fluido per una data coppia è a valle di un bordo di uscita per il primo insieme di rotore e a valle di un bordo di attacco per il secondo insieme di rotore.

14. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui il secondo insieme di pale di rotore termina in una punta con un bordo di attacco e l'uscita è collocata radialmente oltre il bordo di attacco della punta.

15. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui il primo rotore definisce un incavo a monte del bordo di attacco della punta e l'uscita è collocata all'interno dell'incavo.

16. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui l'asse di mezzzeria del passaggio forma un angolo acuto incluso diverso da zero rispetto a un piano trasversale a un asse di rotazione del primo e del secondo rotore.

17. Motore a turbina contro-rotante secondo qualsiasi precedente clausola in cui l'angolo acuto incluso è minore di XX gradi.

18. Metodo per raffreddare una pala in un motore a

turbina contro-rotante avente un primo e un secondo rotore contro-rotanti, il metodo comprendendo emettere aria di raffreddamento dal primo rotore in una direzione in modo tale che un componente del raffreddamento sia nella seconda direzione di rotazione.

19. Metodo secondo qualsiasi precedente clausola comprendente inoltre alimentare l'aria di raffreddamento emessa attraverso i passaggi di aria di raffreddamento nel primo rotore.

20. Metodo secondo qualsiasi precedente clausola in cui l'alimentazione di aria di raffreddamento comprende inoltre alimentare aria di raffreddamento da un collettore di fluido nel primo rotore ai passaggi di aria di raffreddamento.

21. Metodo secondo qualsiasi precedente clausola in cui l'alimentazione di aria di raffreddamento comprende inoltre alimentare aria di raffreddamento da uno spazio tra un tamburo che circonda uno tra il primo rotore o il secondo rotore al collettore di fluido.

22. Metodo secondo qualsiasi precedente clausola in cui l'alimentazione di aria di raffreddamento comprende inoltre sfiatare aria da una sezione di compressore del motore a turbina per definire una alimentazione di aria di sfiato e fornire l'alimentazione di aria di sfiato nello spazio.

## **RIVENDICAZIONI**

1.- Motore a turbina contro-rotante comprendente:

- un primo rotore, rotante in una prima direzione di rotazione, e avente molteplici insiemi di pale disposte circonferenzialmente, definenti primi insiemi di pale di rotore che sono distanziati assialmente per definire uno spazio vuoto tra ogni insieme;
- un secondo rotore, rotante in una seconda direzione di rotazione, contraria alla prima direzione di rotazione, e avente molteplici insiemi di pale disposte circonferenzialmente, definenti secondi insiemi di pale di rotore che sono distanziati assialmente e ricevuti all'interno dello spazio vuoto del primo rotore; e
- una pluralità di passaggi di fluido formati nel primo rotore con una uscita rivolta verso lo spazio vuoto, in cui i passaggi di fluido hanno un asse di mezzeria del passaggio che è orientato per reindirizzare un flusso di fluido all'interno dei passaggi di fluido dalla prima direzione di rotazione alla seconda direzione di rotazione.

2.- Motore a turbina contro-rotante secondo la rivendicazione 1, in cui il primo rotore è un rotore esterno e il secondo rotore è un rotore interno in modo tale che il primo rotore circonda il secondo rotore.

3.- Motore a turbina contro-rotante secondo la

rivendicazione 2, comprendente inoltre un collettore di fluido accoppiato a livello di fluido ai passaggi di fluido.

4.- Motore a turbina contro-rotante secondo la rivendicazione 3, in cui il collettore di fluido comprende una cavità formata nel rotore esterno.

5.- Motore a turbina contro-rotante secondo la rivendicazione 4, in cui la cavità si estende circonferenzialmente attorno al rotore esterno.

6.- Motore a turbina contro-rotante secondo la rivendicazione 1, in cui il primo rotore è un rotore interno e il secondo rotore è un rotore esterno in modo tale che il secondo rotore circonda il primo rotore.

7.- Motore a turbina contro-rotante secondo la rivendicazione 1, comprendente inoltre un tamburo che circonda il primo rotore e il secondo rotore e che definisce uno spazio tra il tamburo e uno tra il primo rotore e il secondo rotore e lo spazio è accoppiato a livello di fluido alla pluralità di passaggi di fluido.

8.- Motore a turbina contro-rotante secondo la rivendicazione 7, comprendente inoltre una sezione di compressore e una sezione di turbina, con i passaggi di fluido collocati nella sezione di turbina, e un condotto di aria di bypass che accoppia a livello di fluido la sezione di compressore allo spazio.

9.- Motore a turbina contro-rotante secondo la



rivendicazione 1, in cui il primo e il secondo insieme di pale di rotore definiscono corrispondenti coppie, il primo insieme di rotore essendo a monte del secondo insieme di rotore della coppia.

10.- Motore a turbina contro-rotante secondo la rivendicazione 9, in cui l'uscita dei passaggi di fluido per una data coppia è a valle di un bordo di uscita per il primo insieme di rotore e a monte di un bordo di attacco per il secondo insieme di rotore.

11.- Motore a turbina contro-rotante secondo la rivendicazione 1, in cui l'asse di mezzeria del passaggio forma un angolo acuto incluso, diverso da zero, rispetto ad un piano trasversale ad un asse di rotazione del primo e del secondo rotore.

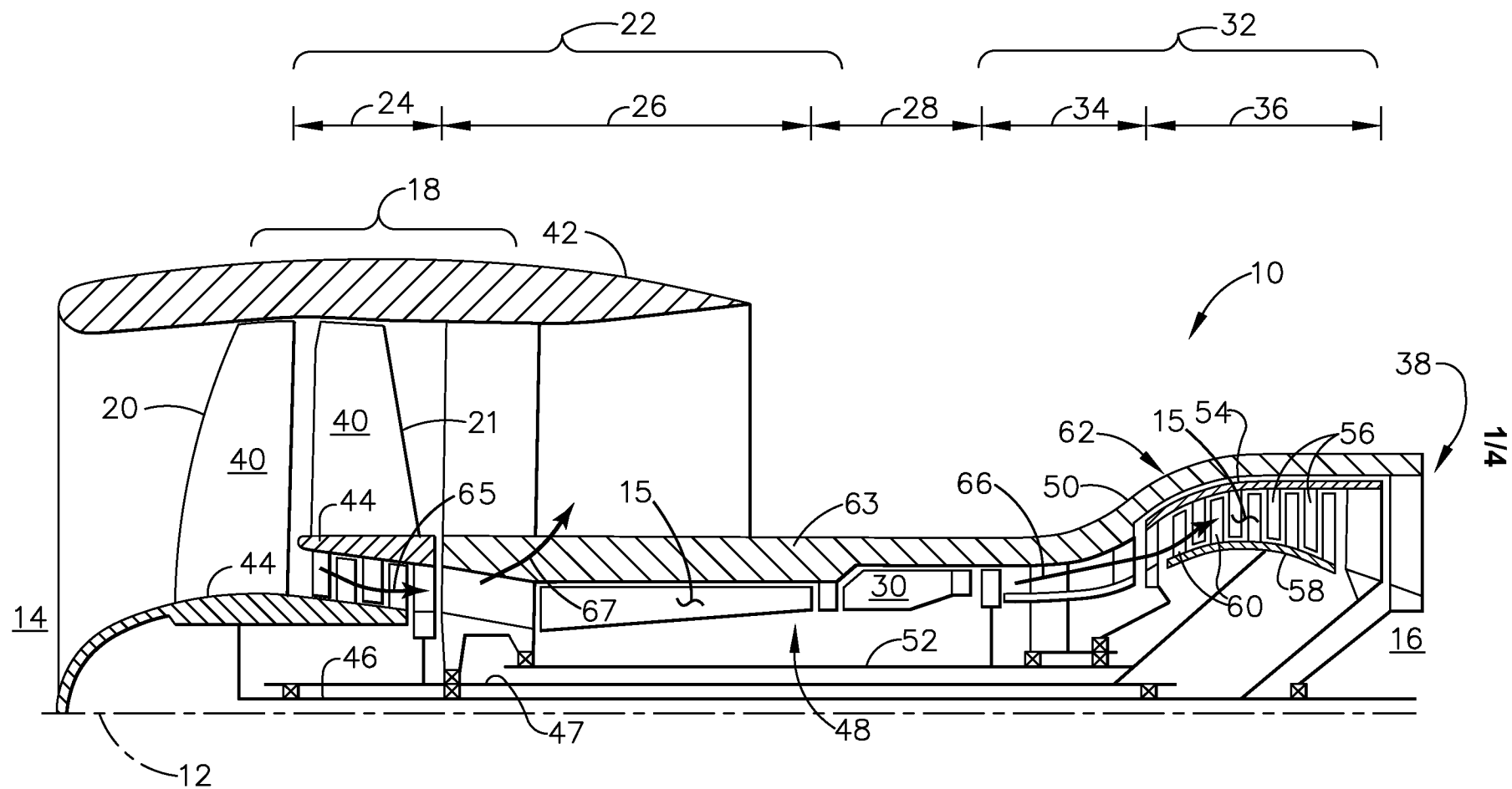
12.- Metodo per raffreddare una pala in un motore a turbina contro-rotante avente un primo e un secondo rotore contro-rotanti, il metodo comprendendo emettere aria di raffreddamento dal primo rotore in una direzione in modo tale che un componente del raffreddamento sia nella seconda direzione di rotazione.

13.- Metodo secondo la rivendicazione 12, comprendente inoltre alimentare l'aria di raffreddamento emessa attraverso passaggi di aria di raffreddamento nel primo rotore.

14.- Metodo secondo la rivendicazione 13, in cui

l'alimentazione dell'aria di raffreddamento comprende inoltre alimentare aria di raffreddamento da un collettore di fluido nel primo rotore ai passaggi di aria di raffreddamento.

15.- Metodo secondo la rivendicazione 14, in cui l'alimentazione di aria di raffreddamento comprende inoltre alimentare aria di raffreddamento da uno spazio tra un tamburo, che circonda uno tra il primo rotore e il secondo rotore, al collettore di fluido.



**FIG. 1**

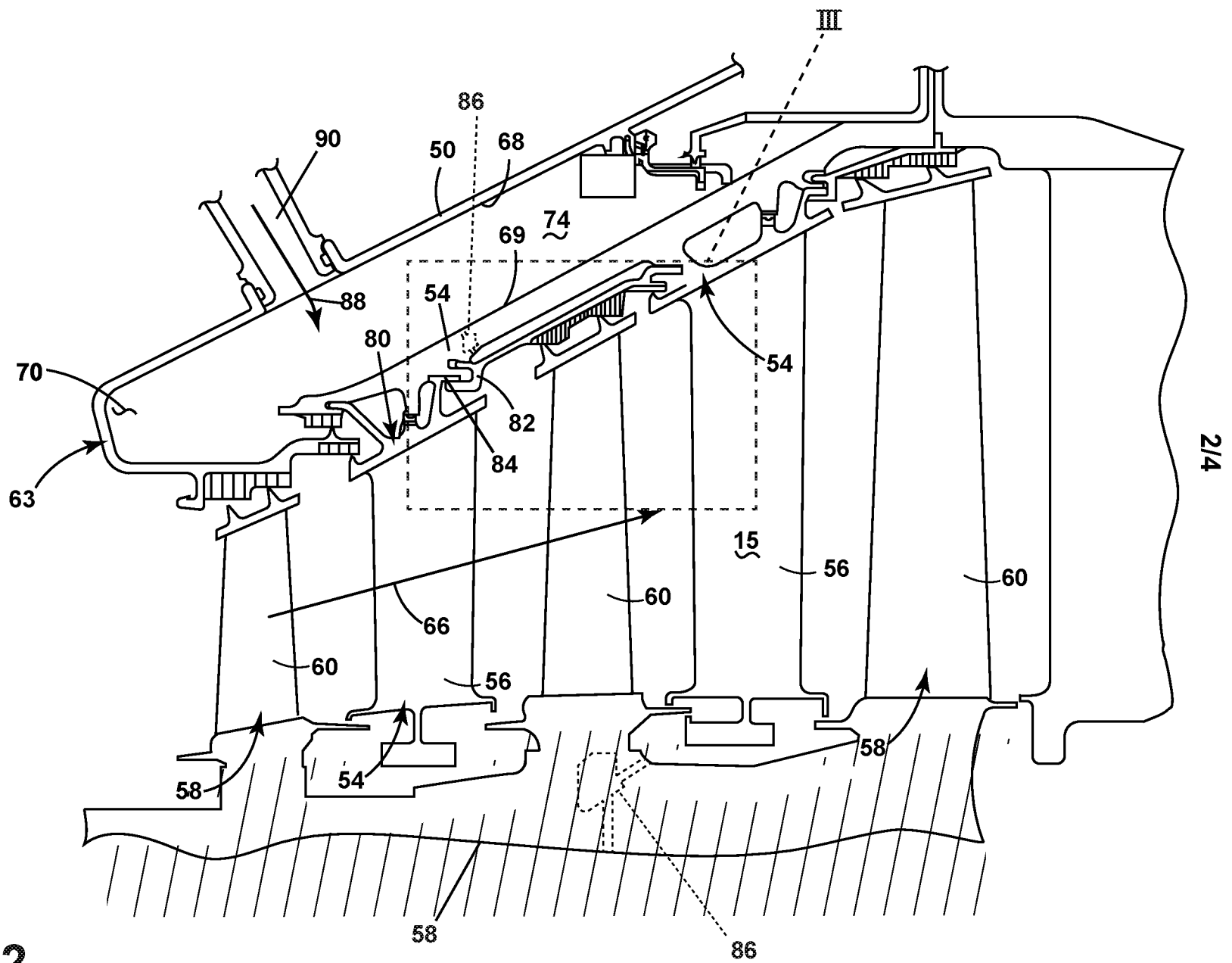
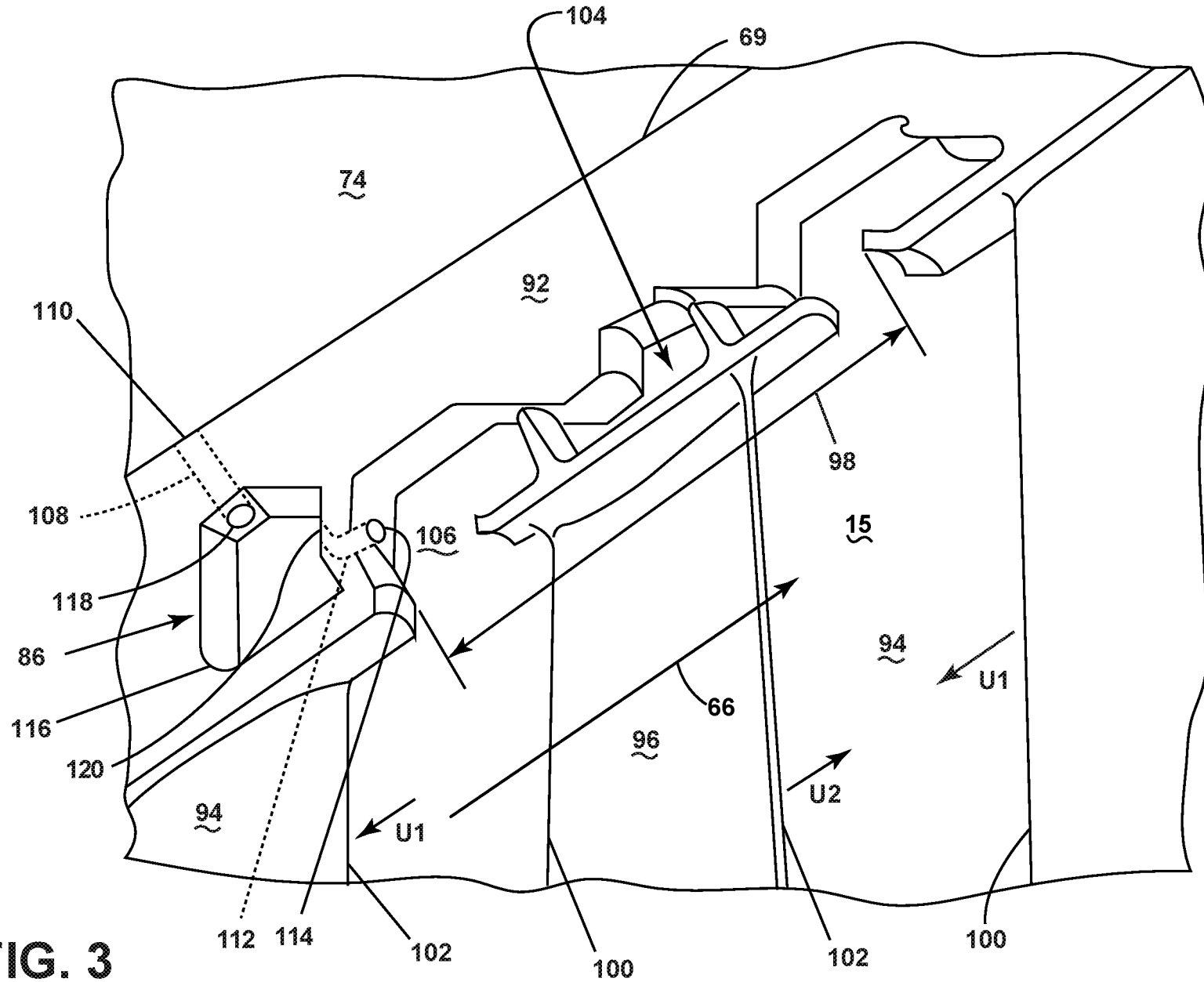


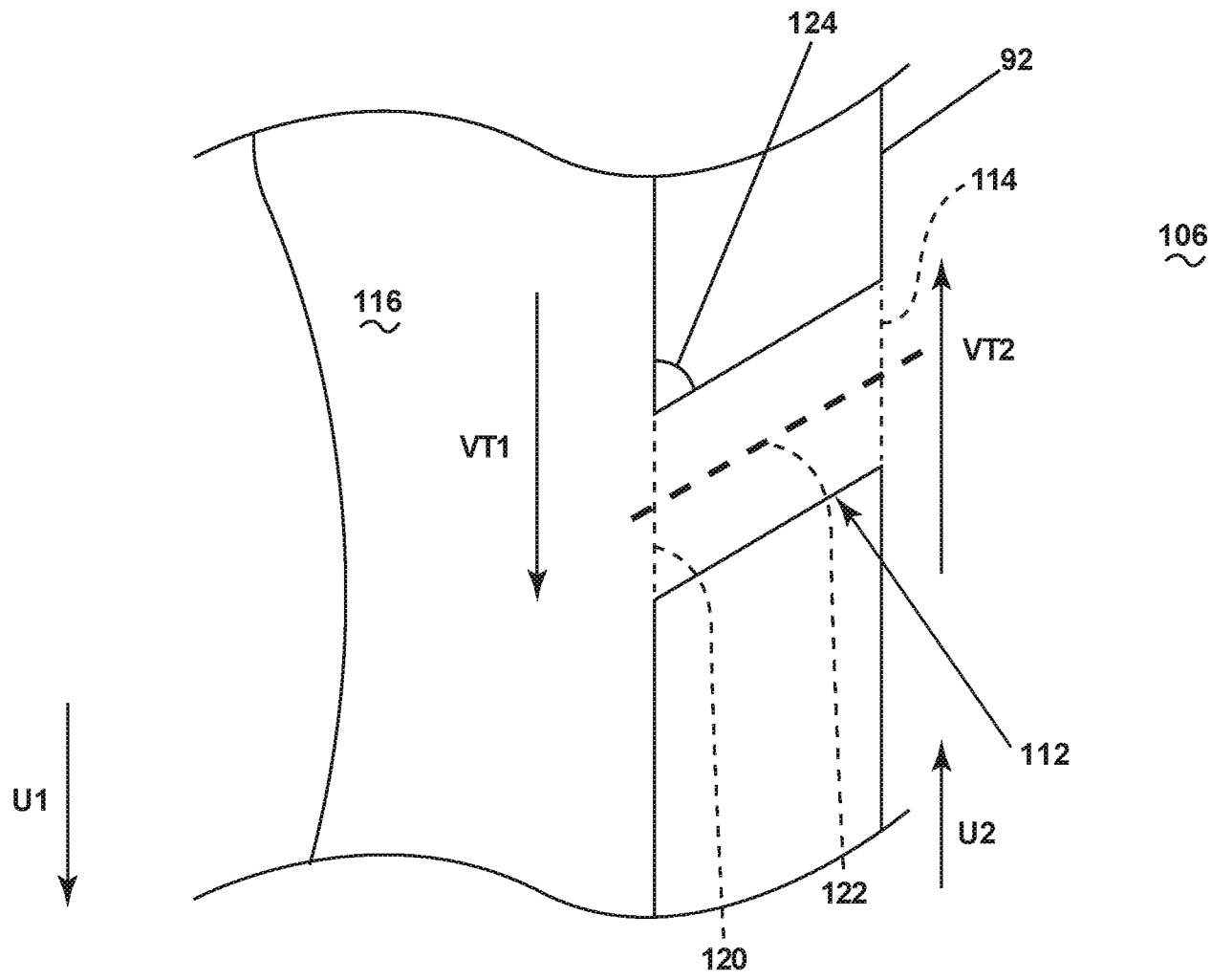
FIG. 2



3/4

FIG. 3

86  
~



4/4

**FIG. 4**