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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	**102019000007935**
Data Deposito	**04/06/2019**
Data Pubblicazione	**04/12/2020**

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	04	D	29	16

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	04	D	29	38

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	04	D	29	52

Titolo

VENTILATORE CON VIROLA MIGLIORATA

DESCRIZIONE

Annessa a domanda di brevetto per INVENZIONE INDUSTRIALE avente per titolo

"VENTILATORE CON VIROLA MIGLIORATA"

A nome: R.E.M. HOLDING S.R.L.
PIAZZALE LUIGI CADORNA 4
20123 MILANO MI

Mandatari: Ing. Giancarlo BELLONI, Albo iscr. nr.1113B, Ing. Dario ALDE, Albo iscr. nr.1338 B, Ing. Marco BELLASIO, Albo iscr. nr.1088 B, D.ssa Cristina BIGGI, Albo iscr. nr.1239 B, Dott. Andrea DELBARBA, Albo iscr. nr.1785B, Ing. Ivan FRAGALA', Albo iscr. nr.1786B, Ing. Stefano GRASSI, Albo iscr. nr.1787B, Ing. Simona INCHINGALO, Albo iscr. nr.1341 B, Ing. Giancarlo PENZA, Albo iscr. nr.1335 B, D.ssa Dorotea RIGAMONTI, Albo iscr. nr.1569B, D.ssa Elena ROSSETTI, Albo iscr. nr.1124B, Ing. Ugo ROSSI, Albo iscr. nr.1209B, Elio Fabrizio TANSINI, Albo iscr. nr.697 BM, Ing. Luigi TARABBIA, Albo iscr. nr.1005 BM, Ing. Lucia VITTORANGELI, Albo iscr. nr.983 BM, Ing. Umberto ZERMANI, Albo iscr. nr.1518 B

****

La presente invenzione ha per oggetto un ventilatore assiale intubato. Con tale espressione si intende qui e di seguito un ventilatore assiale che abbia diametro *Dr* maggiore di 0,5 metri, preferibilmente maggiore di 1 metro.

In ambito industriale è noto l'impiego di ventilatori assiali, tipicamente allo scopo di garantire un adeguato flusso d'aria attorno ad apposite superfici radianti, in impianti che richiedono lo smaltimento di significative quantità di calore.

I ventilatori assiali, ad esempio per uso industriale, comprendono solitamente un mozzo centrale che definisce un asse di rotazione e sul

quale è montata una pluralità di pale. La rotazione del mozzo mette in rotazione le pale e, come la persona esperta può ben comprendere, impone velocità tangenziali diverse per le diverse sezioni di ciascuna pala. Infatti la velocità tangenziale di ciascuna sezione di pala è il prodotto della velocità angolare (che è uguale per tutte le sezioni) e della distanza radiale rispetto all'asse di rotazione (che aumenta allontanandosi dall'asse di rotazione).

Per questo motivo, come è noto alla persona esperta, le pale dei ventilatori assiali non sono in grado di operare in modo efficace lungo tutta la loro apertura radiale. La velocità tangenziale delle sezioni radialmente più interne della pala è spesso troppo bassa per ottenere un moto relativo efficace rispetto al flusso d'aria. Da ciò deriva che l'effettivo funzionamento del ventilatore è affidato principalmente alle sezioni radialmente esterne che garantiscono la quasi totalità della portata d'aria complessiva generata dal ventilatore assiale.

Come la persona esperta può ben comprendere, tale distribuzione del flusso rende poco efficiente il ventilatore assiale nel suo complesso. Se da un lato sono state proposte alcune soluzioni tecniche per sfruttare meglio le sezioni radialmente interne delle pale, d'altro lato è anche sentita l'esigenza di migliorare l'efficienza delle sezioni radialmente esterne. In modo in sé noto, infatti, le sezioni esterne sono soggette agli effetti di estremità che ne limitano l'efficienza. Poiché, come già detto, la gran parte del flusso è generato proprio dalle porzioni radialmente esterne, una inefficienza anche piccola in termini percentuali in questa zona si traduce in una grande inefficienza in termini assoluti per tutto il ventilatore.

Lungo le porzioni intermedie di una superficie aerodinamica, sia essa un'ala o, come in questo caso, una pala di ventilatore, la zona di aria ad alta pressione e la zona di aria a bassa pressione sono fisicamente separate l'una dall'altra dalla presenza della pala stessa. All'estremità della pala, questa separazione cessa di esistere e pertanto si genera spontaneamente un flusso di aria che dalla zona ad alta pressione tende a

spostarsi nella zona a bassa pressione. In questo modo si genera un vortice d'estremità che induce una importante resistenza all'avanzamento della pala nell'aria.

Una prima soluzione proposta per tale tipo di problema è stata quella di intubare il ventilatore, confinandolo dunque all'interno di un condotto avente diametro di poco superiore al diametro esterno del ventilatore stesso. Tale condotto è detto di seguito virola.

Con l'aggiunta della virola vengono sensibilmente diminuite le dimensioni dei vortici di estremità, e di conseguenza vengono diminuite le quantità d'aria mosse da tali vortici e quindi la resistenza indotta. Tuttavia, come la persona esperta può ben comprendere, non solo è impossibile annullare la distanza tra l'estremità delle pale e il diametro interno della virola, ma tale distanza non può nemmeno essere ridotta oltre un certo limite. Occorre infatti evitare nel modo più assoluto qualsiasi contatto tra la virola e le estremità delle pale e a questo scopo è necessario predisporre una distanza di sicurezza. Infatti le pale, a motivo delle loro dimensioni e del costo che devono mantenere, non possono essere realizzate con tolleranze di precisione. Inoltre, le pale possono subire fenomeni vibratorii e possono subire deformazioni durante il funzionamento. Anche in presenza di una virola ottimale, i vortici di estremità non possono dunque essere eliminati.

Un'altra soluzione, mutuata dall'aeronautica, consiste nel predisporre una superficie accessoria detta winglet all'estremità di ciascuna pala. La winglet ha innanzitutto la funzione di costituire una paratia che si oppone al moto dell'aria, contrastando così la formazione del vortice di estremità. Inoltre, a seconda delle forme adottate, la winglet può anche influire sul vortice di estremità residuo, ottimizzandolo e limitando così la formazione di rumore.

Tali soluzioni, pur ampiamente apprezzate, non sono tuttavia prive di inconvenienti.

Infatti, nonostante la predisposizione della virola e delle winglet, eventualmente anche in aggiunta l'una alle altre, la formazione dei vortici di estremità resta in una certa misura inevitabile. L'efficienza dei ventilatori assiali resta dunque limitata.

Scopo della presente invenzione è pertanto quello di superare gli inconvenienti evidenziati sopra in relazione alla tecnica nota.

In particolare, un compito della presente invenzione è quello di rendere disponibile un ventilatore assiale intubato che abbia un'efficienza migliorata.

Inoltre, un compito della presente invenzione è quello di rendere disponibile un ventilatore assiale intubato che limiti maggiormente la formazione dei vortici di estremità rispetto ai ventilatori di tipo noto.

Inoltre, un compito della presente invenzione è quello di rendere disponibile un ventilatore assiale intubato che, oltre ad introdurre ulteriori vantaggi, mantenga anche i vantaggi già ottenuti dai ventilatori di tipo noto.

Tale scopo e tali compiti vengono raggiunti mediante un ventilatore assiale intubato in accordo con la rivendicazione 1.

Per meglio comprendere l'invenzione e apprezzarne i vantaggi, vengono di seguito descritte alcune sue forme di realizzazione esemplificative e non limitative, facendo riferimento ai disegni allegati, in cui:

– la figura 1 rappresenta schematicamente una vista in pianta di un ventilatore in accordo con l'invenzione;

– la figura 2 rappresenta schematicamente una vista ingrandita del dettaglio indicato con II in figura 1;

– la figura 3 rappresenta schematicamente una vista della sezione operata lungo la traccia III-III di figura 2;

– la figura 4.a rappresenta schematicamente una vista della sezione operata lungo la traccia IV-IV di figura 3;

– le figure da 4.b a 4.n rappresentano schematicamente le viste di alcune sezioni alternative, simili a quella di figura 4.a;

– la figura 5 rappresenta una vista prospettica parzialmente dal basso di un ventilatore in accordo con l'invenzione;

– la figura 6 rappresenta una vista prospettica di un ventilatore in accordo con l'invenzione, in cui la virola è stata parzialmente rimossa per maggior chiarezza;

– la figura 7 rappresenta una vista in pianta di un altro ventilatore in accordo con l'invenzione;

– la figura 8 rappresenta una vista della sezione operata lungo la traccia VIII-VIII di figura 7;

– la figura 9 rappresenta una vista della sezione operata lungo la traccia IX-IX di figura 7;

– la figura 10 rappresenta una vista prospettica di parte di una virola di un ventilatore in accordo con l'invenzione;

– la figura 11 rappresenta una vista ingrandita del dettaglio indicato con XI in figura 10;

– la figura 12 rappresenta un aeromobile comprendente un rotore intubato in accordo con l'invenzione;

– la figura 13 rappresenta una vista ingrandita del dettaglio indicato con XIII in figura 12;

– la figura 14 rappresenta schematicamente una vista ingrandita del dettaglio indicato con XIV in figura 13; e

– le figure 15 rappresentano viste della sezione operata lungo la traccia XV-XV di figura 14, in tre diverse configurazioni.

Nell'ambito della presente trattazione, sono state assunte alcune convenzioni terminologiche al fine di rendere più semplice e scorrevole la lettura. Tali convenzioni terminologiche vengono chiarite di seguito con riferimento alle figure allegate.

Con il termine "virola" si intende di seguito la parete laterale, solitamente cilindrica, che circonda il ventilatore intubato creando un condotto all'interno del quale è vincolato il flusso d'aria.

Il ventilatore secondo l'invenzione è destinato a creare un flusso d'aria diretto da una zona di aspirazione (in basso nei disegni allegati) ad una zona di scarico (in alto nei disegni allegati). Si intende dunque che in relazione alla direzione del flusso (indicata con *a* nei disegni) siano definiti in modo univoco i termini "a monte", "precedente", e simili, rispetto ai termini "a valle", "successivo", e simili.

In relazione alla direzione del flusso *a* devono anche essere interpretati i termini "convergente" e "divergente".

Poiché il ventilatore secondo l'invenzione definisce in modo univoco un asse di rotazione *X*, in relazione a tale asse sono definiti i termini "assiale", "radiale", "tangenziale" e "circonferenziale".

Di seguito si descriveranno misure "leggermente" differenti tra loro. Con l'avverbio "leggermente" si intende indicare differenze comprese entro il 10% della misura maggiore tra le due, preferibilmente comprese entro il 5% della misura maggiore tra le due.

L'invenzione riguarda un ventilatore assiale intubato, indicato di seguito nel suo complesso con 20. Il ventilatore 20 comprende:

- un rotore 22 girevole attorno ad un asse *X* e comprendente una pluralità di pale 24; e
- una virola 26 adatta a definire un condotto 28 a sezione circolare che si sviluppa in direzione assiale attorno al rotore 22.

Nel ventilatore 20 in accordo con l'invenzione, la virola 26 comprende una sede anulare 30 che si estende circonferenzialmente attorno al rotore 22; e le estremità delle pale 24 sono accolte almeno parzialmente nella sede anulare 30 della virola 26.

In altre parole, in corrispondenza della sede anulare 30, il diametro esterno *Dr* del rotore 22 è maggiore del diametro interno *Ds* della sede anulare 30 (si veda ad esempio figura 9).

A titolo di esempio, il diametro esterno *Dr* del rotore 22 è maggiore di 0,5 metri, preferibilmente maggiore di 1 metro.

Preferibilmente, il rotore 22 del ventilatore 20 comprende un mozzo 23 che

definisce l'asse di rotazione X. Sul mozzo 23 è montata una pluralità di pale 24. Preferibilmente le pale 24 sono realizzate in modo strutturalmente indipendente dal mozzo 23 e sono successivamente montate sul mozzo 23 in modo da poterne variare il passo a seconda delle specifiche esigenze di progetto. Preferibilmente, le pale 24 sono montate sul mozzo 23 mediante bulloni (si veda ad esempio figura 6).

Preferibilmente, almeno una pala 24 del ventilatore 20 comprende una winglet di estremità 32, detta anche semplicemente winglet 32. La winglet 32 è un dispositivo in sé noto che viene predisposto all'estremità delle pale 24 per ridurne la rumorosità e per ridurre la resistenza indotta dalla formazione di vortici di estremità. Preferibilmente, la winglet 32 ha una paratia 34 che si estende almeno parzialmente in direzione assiale. Vantaggiosamente, lo sviluppo principale della paratia 34 della winglet 32 segue una superficie definita dalla direzione assiale e dalla direzione circonferenziale o tangenziale.

Una virola di tipo noto ha forma cilindrica a sezione circolare, almeno nel tratto assiale che comprende il rotore. Inoltre, in modo in sé noto, la virola ha diametro interno leggermente maggiore del diametro esterno del relativo rotore.

La virola 26 secondo l'invenzione, ed in particolare la sua sede anulare 30, possono assumere configurazioni differenti, a seconda delle forme di realizzazione.

In accordo con alcune forme di realizzazione, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare nel tratto assiale che comprende il rotore 22 e ha diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. In accordo con altre forme di realizzazione, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare e nel tratto immediatamente a monte del rotore 22 ha diametro interno leggermente minore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. In queste forme di realizzazione la virola 26 si interrompe dunque in prossimità del rotore 22, là dove viene predisposta la sede anulare 30. In tal caso, a monte del rotore 22, il diametro interno della

virola 26 coincide con il diametro interno *Ds* della sede anulare 30. A valle del rotore 22, in alcune forme di realizzazione la virola 26 assume un diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno del rotore 22, mentre in altre forme di realizzazione la virola 26 assume nuovamente un diametro interno *Ds* leggermente minore del diametro esterno del rotore 22.

In accordo con alcune forme di realizzazione, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare e nel tratto immediatamente a monte del rotore 22 e in corrispondenza del rotore 22 (cioè là dove viene predisposta la sede anulare 30) ha diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. In alcune di tali forme di realizzazione la virola 26 prosegue a valle del rotore 22 con un diametro interno leggermente minore del diametro esterno del rotore 22. In tal caso, a valle del rotore 22, il diametro interno della virola 26 coincide con il diametro interno *Ds* della sede anulare 30.

In accordo con alcune forme di realizzazione, la sede anulare 30 comprende una superficie di raccordo aerodinamico 36. Ad esempio, la sede anulare 30 può comprendere una superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c, preferibilmente disposta immediatamente a monte del rotore 22. In alternativa o in aggiunta, la sede anulare 30 può comprendere una superficie di raccordo aerodinamico divergente 36d, preferibilmente disposta immediatamente a valle del rotore 22.

In accordo con alcune forme di realizzazione, la superficie di raccordo aerodinamico 36 (convergente 36c e/o divergente 36d) determina un restringimento nel condotto 28 definito dalla virola 26.

In accordo con alcune forme di realizzazione, la sede anulare 30 è aperta in direzione assiale. Ad esempio, la sede anulare 30 può essere aperta assialmente verso monte (cioè verso la zona di aspirazione) o verso valle (cioè verso la zona di scarico).

In accordo con alcune forme di realizzazione, la sede anulare 30 è aperta in direzione radiale verso l'interno della virola 26. Preferibilmente la sede

anulare 30 si estende in direzione assiale verso monte e/o verso valle.

In accordo con alcune forme di realizzazione, la sede anulare 30 si sviluppa complessivamente all'esterno della virola 26, mentre in altre forme di realizzazione la sede anulare 30 si sviluppa complessivamente all'interno della virola 26.

In accordo con alcune forme di realizzazione, almeno una pala 24 del ventilatore 20 comprende una winglet di estremità 32 avente una paratia 34 che si estende in direzione assiale. Ad esempio, la paratia 34 della winglet 32 può estendersi assialmente verso monte, verso valle, o in entrambi i versi. Preferibilmente, ciascuna pala 24 comprende una winglet 32.

La winglet 32 può assumere forme differenti. In figura 6 è mostrato ad esempio un rotore 22 comprendente delle winglet 32 di tipo noto, la cui paratia 34 ha un'estensione piuttosto ridotta in direzione assiale. Altre conformazioni della winglet 32 sono mostrate nelle figure 3 e 8. In questi casi si nota come l'estensione assiale verso monte della winglet 32 sia maggiore e sia più estesa in direzione tangenziale (cioè lungo la corda del profilo della pala 24). Nel ventilatore 20 in accordo con l'invenzione, questo tipo di winglet 32 con maggiore estensione assiale consente di impegnare maggiormente la sede anulare 30.

In alcune forme di realizzazione, la virola 26 del ventilatore 20 in accordo con l'invenzione comprende un imbocco convergente 38. In modo in sé noto, l'imbocco convergente 38 è definito all'estremità a monte della virola 26 e assolve la funzione di accogliere il flusso d'aria nella zona di aspirazione e di convogliarlo dolcemente verso il rotore 22. Nelle forme di realizzazione delle figure 5, 6 e 8-11, l'imbocco convergente 38 è definito in modo in sé noto dalla parete della virola 26 stessa. In accordo con altre forme di realizzazione, schematizzate ad esempio nelle figure 4.k e 4.l, l'imbocco convergente 38 è definito da un prolungamento verso monte della superficie di raccordo aerodinamico 36, in particolare della superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c.

Nella forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.a, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare nel tratto assiale che comprende il rotore 22 e ha diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. In tale forma di realizzazione, la sede anulare 30 è ottenuta dunque a partire da una virola 26 di tipo tradizionale mediante l'aggiunta di una superficie di raccordo aerodinamico 36. In particolare, è predisposta una superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c, immediatamente a monte del rotore 22. La superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c determina dunque un restringimento nel condotto 28 compreso nella virola 26, tanto che il diametro interno *Ds* della sede anulare 30 è leggermente minore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. A motivo della forma della superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c, la sede anulare 30 è aperta assialmente verso valle. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34 che si estende assialmente verso monte e che viene accolta nella sede anulare 30.

Nella forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.b, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare e nel tratto immediatamente a monte del rotore 22 ha diametro interno leggermente minore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. In questo caso, a monte del rotore 22, il diametro interno della virola 26 coincide con il diametro interno *Ds* della sede anulare 30. La virola 26 si interrompe dunque in prossimità del rotore 22, là dove viene predisposta la sede anulare 30, e prosegue in corrispondenza del rotore 22 e a valle di esso con un diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. A motivo della forma della virola 26, la sede anulare 30 è aperta assialmente verso valle. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34 che si estende assialmente verso monte e che viene accolta nella sede anulare 30.

La forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.c è molto simile a quella di figura 4.a, alla cui descrizione si rimanda. In

aggiunta, in questa forma di realizzazione è predisposta una superficie di raccordo aerodinamico divergente 36d, immediatamente a valle del rotore 22. La sede anulare 30 che ne risulta si sviluppa complessivamente all'interno del condotto 28 della virola 26. Tale sede anulare 30 è aperta in direzione radiale verso l'interno e si estende in direzione assiale verso valle e verso monte. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34. L'estremità della pala 24 è accolta radialmente nella sede anulare 30 e la paratia 34 della winglet 32 si estende assialmente verso valle e verso monte all'interno della sede anulare 30.

Nella forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.d, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare nel tratto assiale che comprende il rotore 22 e ha diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. In tale forma di realizzazione, la sede anulare 30 è ottenuta dunque a partire da una virola 26 di tipo tradizionale mediante l'aggiunta di una superficie di raccordo aerodinamico 36. In particolare è predisposta una superficie di raccordo aerodinamico divergente 36d, immediatamente a valle del rotore 22. La superficie di raccordo aerodinamico divergente 36d determina dunque un restringimento nel condotto 28 compreso nella virola 26, tanto che il diametro interno *Ds* della sede anulare 30 è leggermente minore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. A motivo della forma della superficie di raccordo aerodinamico divergente 36d, la sede anulare 30 è aperta assialmente verso monte. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34 che si estende assialmente verso valle e che viene accolta nella sede anulare 30.

Nella forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.e, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare e nel tratto immediatamente a monte e immediatamente a valle del rotore 22 ha diametro interno leggermente minore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. In questo caso il diametro interno della virola 26 coincide con il diametro interno *Ds* della sede anulare 30. La virola 26 si interrompe

dunque in prossimità del rotore 22, là dove viene predisposta la sede anulare 30. La sede anulare 30 che ne risulta si sviluppa complessivamente all'esterno del condotto 28 della virola 26. Tale sede anulare 30 è aperta in direzione radiale verso l'interno e si estende in direzione assiale verso valle e verso monte. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34. L'estremità della pala 24 è accolta radialmente nella sede anulare 30 e la paratia 34 della winglet 32 si estende assialmente verso valle e verso monte all'interno della sede anulare 30.

Nella forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.f, la virola 26 assume una forma simile a quella che si ottiene ribaltando la virola 26 di figura 4.b. La virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare e nel tratto immediatamente a monte del rotore 22 e in corrispondenza del rotore 22, là dove viene predisposta la sede anulare 30, ha diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. La virola 26 prosegue a valle del rotore 22 con un diametro interno leggermente minore del diametro esterno del rotore 22. In questo caso, a valle del rotore 22, il diametro interno della virola 26 coincide con il diametro interno *Ds* della sede anulare 30. A motivo della forma della virola 26, la sede anulare 30 è aperta assialmente verso monte. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34 che si estende assialmente verso valle e che viene accolta nella sede anulare 30.

La forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.g è molto simile a quella di figura 4.f, alla cui descrizione si rimanda. In aggiunta, in questa forma di realizzazione è predisposta una superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c, immediatamente a monte del rotore 22. La sede anulare 30 che ne risulta è aperta in direzione radiale verso l'interno e si estende in direzione assiale verso valle e verso monte. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34. L'estremità della pala 24 è accolta radialmente nella sede anulare 30 e la

paratia 34 della winglet 32 si estende assialmente verso valle e verso monte all'interno della sede anulare 30.

La forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.h è molto simile a quella di figura 4.b, alla cui descrizione si rimanda. In aggiunta, in questa forma di realizzazione è predisposta una superficie di raccordo aerodinamico divergente 36d, immediatamente a valle del rotore 22. La sede anulare 30 che ne risulta è aperta in direzione radiale verso l'interno e si estende in direzione assiale verso valle e verso monte. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34. L'estremità della pala 24 è accolta radialmente nella sede anulare 30 e la paratia 34 della winglet 32 si estende assialmente verso valle e verso monte all'interno della sede anulare 30

La forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.i è molto simile a quella di figura 4.c, alla cui descrizione si rimanda. In questa forma di realizzazione tuttavia, la pala 24 non comprende alcuna winglet di estremità 32. L'estremità della pala 24 è accolta radialmente nella sede anulare 30.

La forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.j è molto simile a quella di figura 4.e, alla cui descrizione si rimanda. In questa forma di realizzazione tuttavia, la pala 24 non comprende alcuna winglet di estremità 32. L'estremità della pala 24 è accolta radialmente nella sede anulare 30.

Nella forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.k, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare nel tratto assiale che comprende il rotore 22 e ha diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno *Dr* del rotore 22. In tale forma di realizzazione, la sede anulare 30 è ottenuta dunque a partire da una virola 26 di tipo tradizionale mediante l'aggiunta di una superficie di raccordo aerodinamico 36. In particolare, è predisposta una superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c, immediatamente a monte del rotore 22. Inoltre, la superficie di raccordo aerodinamico si prolunga verso monte a

formare l'imbocco convergente 38. In modo simile a quanto descritto sopra in relazione alla figura 4.a, la superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c determina un restringimento nel condotto 28, il diametro interno *Ds* della sede anulare 30 è leggermente minore del diametro esterno *Dr* del rotore 22, la sede anulare 30 è aperta assialmente verso valle. La pala 24 comprende una winglet di estremità 32 con una paratia 34 che si estende assialmente verso monte e che viene accolta nella sede anulare 30.

La forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.l è simile a quella di figura 4.e, alla cui descrizione si rimanda. In questa forma di realizzazione tuttavia, la parete della virola 26 è conformata in modo da formare, a monte del rotore 22, l'imbocco convergente 38.

La forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.m è molto simile a quella di figura 4.a, alla cui descrizione si rimanda. In questa forma di realizzazione tuttavia, la superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c non è sagomata in modo da definire un restringimento dolce e continuo nel condotto 28, ma è sagomata con un profilo spigoloso che introduce un restringimento brusco a gradino.

La forma di realizzazione rappresentata schematicamente in figura 4.n è molto simile a quella di figura 4.c, alla cui descrizione si rimanda. In questa forma di realizzazione tuttavia, la superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c e la superficie di raccordo aerodinamico divergente 36d non sono sagomate in modo da definire variazioni dolci e continue nel condotto 28, ma sono sagomate con profili spigolosi che introducono variazioni brusche a gradino.

Queste forme di realizzazione schematizzate nelle figure 4.m e 4.n, benché non siano ottimali dal punto di vista aerodinamico, possono risultare vantaggiose in alcune specifiche condizioni per la loro maggior semplicità realizzativa.

Le configurazioni della virola 26 e della sede anulare 30 descritte sopra con riferimento alle figure 4 sono riportate a titolo di esempio. Come la

persona esperta può ben comprendere, la sede anulare 30 può assumere forme differenti da quelle qui descritte in dettaglio, allo scopo di soddisfare specifiche esigenze.

Come la persona esperta può ben notare osservando le figure 4, la configurazione in accordo con l'invenzione della sede anulare 30 e della estremità della pala 24, consentono di ottenere una sorta di tenuta a labirinto. In modo in sé noto, una tenuta a labirinto definisce un percorso tortuoso che riduce sensibilmente il passaggio spontaneo di un fluido da una zona ad alta pressione ad una zona a bassa pressione. Nel caso specifico, la configurazione della sede anulare 30 e dell'estremità della pala 24 (con o senza winglet 32) definiscono un percorso tortuoso per l'aria che tende spontaneamente a fluire dalla zona ad alta pressione (sopra la pala 24) alla zona a bassa pressione (sotto la pala 24). Riducendo la quantità d'aria che passa da una zona all'altra all'estremità della pala 24, si riduce l'entità del vortice di estremità e, di conseguenza, la resistenza indotta.

Le forme di realizzazione delle figure da 5 e 11 sono simili a quella schematizzata in figura 4.a. Più in particolare, le figure 5 e 6 rappresentano una forma di realizzazione del rotore 22, mentre le figure 7, 8 e 9 rappresentano una diversa forma di realizzazione del rotore 22. La differenza principale tra le due forme di realizzazione consiste nella forma e nell'estensione della paratia 34 della winglet 32. In figura 6 si nota una winglet 32 più piccola di quella che si può apprezzare in figura 8. La virola 26 e la sede anulare 30 sono comuni ad entrambe le forme di realizzazione e sono rappresentate più in dettaglio nelle figure 10 e 11.

Nelle forme di realizzazione delle figure da 5 e 11, la virola 26 ha forma cilindrica a sezione circolare nel tratto assiale che comprende il rotore 22 e ha diametro interno *Dd* leggermente maggiore del diametro esterno *Dr* del rotore 22 (si veda figura 9). La sede anulare 30 è ottenuta dunque a partire da una virola 26 di tipo tradizionale mediante l'aggiunta della superficie di raccordo aerodinamico 36. In particolare è predisposta la

superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c, immediatamente a monte del rotore 22. La superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c determina dunque un restringimento nel condotto 28 compreso nella virola 26, tanto che il diametro interno *Ds* della sede anulare 30 è leggermente minore del diametro esterno *Dr* del rotore 22 (si veda ancora figura 9). A motivo della forma della superficie di raccordo aerodinamico convergente 36c, la sede anulare 30 è aperta assialmente verso valle. Le pale 24 comprendono rispettive winglet di estremità 32 che assumono forme diverse, ma che in ogni caso hanno una paratia 34 che si estende assialmente verso monte e che viene accolta nella sede anulare 30.

Ciascuna delle varianti descritte sopra consente di ottenere alcuni specifici vantaggi, alcuni di quali vengono descritti di seguito a titolo di esempio.

Le forme di realizzazione che comprendono una virola 26 di tipo tradizionale cui vengono aggiunte superfici di raccordo aerodinamico 36, consentono di modificare un ventilatore 20 già esistente in modo da renderlo conforme all'invenzione. Tali forme di realizzazione sono ad esempio mostrate nelle figure 4.a, 4.c, 4.d, 4.i, 4.k, 4.m e 4.n.

Le forme di realizzazione che comprendono un restringimento del condotto 28 in corrispondenza della sede anulare 30, consentono di ottenere una accelerazione locale del flusso d'aria. A questo proposito, si consideri che la differenza tra il diametro interno *Dd* della virola 26 e il diametro interno *Ds* della sede può arrivare in alcuni casi fino al 5% del diametro interno *Dd* della virola 26. Nella maggior parte dei casi tuttavia tale differenza è inferiore al 2% di *Dd*. Poiché tale riduzione è localizzata proprio alla periferia radiale, laddove la velocità del flusso è maggiore, l'effetto locale del restringimento sulla velocità del flusso risulta ancora più evidente. Tali forme di realizzazione sono ad esempio mostrate nelle figure 4.a, 4.c, 4.d, 4.f, 4.g, 4.i, 4.m e 4.n.

Le forme di realizzazione che comprendono un allargamento del condotto 28 in corrispondenza della sede anulare 30, consentono di predisporre in modo ottimale il flusso d'aria per le applicazioni che richiedono uno sbocco

allo scarico divergente dell'intera virola 26. Tali forme di realizzazione sono ad esempio mostrate nelle figure 4.b, 4.h e 4.k.

Preferibilmente il ventilatore 20 in accordo con l'invenzione comprende anche un motore (non mostrato) adatto a mettere in rotazione il rotore 22 alla velocità di progetto. Inoltre il ventilatore 20 in accordo con l'invenzione comprende preferibilmente un'incastellatura (non mostrata) adatta a reggere saldamente la virola 26, il rotore 22 ed eventualmente il motore in tutte le condizioni di funzionamento.

In accordo con alcune forme di realizzazione, rappresentate schematicamente nelle figure 14 e 15, il rotore 22 è del tipo a passo variabile. In accordo con queste forme di realizzazione, ogni singola pala 24 può essere ruotata attorno ad un asse *p* avente direzione sostanzialmente radiale. La possibilità di ruotare simultaneamente ciascuna pala 24 attorno al rispettivo asse *p* consente di modificarne l'incidenza rispetto all'aria (si vedano le figure 15), variando di conseguenza la portata del ventilatore intubato 20 stesso. I ventilatori intubati 20 a passo variabile consentono dunque di adattarsi a differenti condizioni operative e sono pertanto ampiamente impiegati in svariati settori.

Un settore nel quale sono particolarmente apprezzati i ventilatori intubati 20 a passo variabile è il settore aeronautico. Svariate tipologie di aeromobili impiegano ventilatori intubati 20 a passo variabile, ad esempio per la propulsione e/o per il controllo dell'aeromobile.

Un particolare esempio di ventilatore intubato 20 a passo variabile è il rotore di coda intubato di un elicottero 40 (si veda a titolo di esempio figura 12). Tale soluzione, detta comunemente anche *fenestron,* pur essendo ampiamente apprezzata presenta gli stessi svantaggi già individuati sopra per i ventilatori intubati per uso industriale.

Anche in questo caso risulta particolarmente vantaggioso predisporre sulla virola 26 una sede anulare 30 che si estende circonferenzialmente attorno al rotore 22, in cui le estremità delle pale 24 sono accolte almeno

parzialmente nella sede anulare 30.

In questo tipo di applicazione, risultano particolarmente adatte le forme di realizzazione rappresentate schematicamente nelle figure 4.c, 4.e, 4.i e e.j, sebbene anche altre forme di realizzazione possano essere impiegate utilmente.

La descrizione che precede si dilunga sulle caratteristiche tecniche che distinguono l'invenzione rispetto alle soluzioni della tecnica nota. Per tutte le altre caratteristiche, che possono essere comuni alla tecnica nota e all'invenzione, si rimanda eventualmente all'introduzione dove viene descritta e commentata la tecnica nota.

Come la persona esperta può ben comprendere, l'invenzione permette di superare gli inconvenienti evidenziati in precedenza con riferimento alla tecnica nota.

In particolare, la presente invenzione rende disponibile un ventilatore assiale intubato che ha un'efficienza migliorata.

Inoltre, la presente invenzione rende disponibile un ventilatore assiale intubato che limita maggiormente la formazione dei vortici di estremità rispetto ai ventilatori di tipo noto.

Inoltre, la presente invenzione rende disponibile un ventilatore assiale intubato che, oltre ad introdurre ulteriori vantaggi, mantiene anche i vantaggi già ottenuti dai ventilatori di tipo noto.

È chiaro che le specifiche caratteristiche sono descritte in relazione a diverse forme di realizzazione dell'invenzione con intento esemplificativo e non limitativo. Ovviamente un tecnico del ramo potrà apportare alla presente invenzione ulteriori modifiche e varianti, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti e specifiche. Ad esempio, le caratteristiche tecniche descritte in relazione ad una forma di realizzazione dell'invenzione potranno essere estrapolate da essa ed applicate ad altre forme di realizzazione dell'invenzione. Tali modifiche e varianti sono peraltro contenute nell'ambito di protezione dell'invenzione, quale definito dalle seguenti rivendicazioni.

IL MANDATARIO

Ing. Giancarlo BELLONI

(Albo iscr. n. 1113B)

RIVENDICAZIONI

1. Ventilatore (20) assiale intubato, comprendente un rotore (22) girevole attorno ad un asse *X* e comprendente una pluralità di pale (24);
una virola (26) adatta a definire un condotto (28) a sezione circolare che si sviluppa in direzione assiale attorno al rotore (22); in cui
la virola (26) comprende una sede anulare (30) che si estende circonferenzialmente attorno al rotore (22)
e in cui le estremità delle pale (24) sono accolte almeno parzialmente nella sede anulare (30) della virola (26).

2. Ventilatore (20) in accordo con la rivendicazione 1, in cui, in corrispondenza della sede anulare (30), il diametro esterno del rotore (22) *Dr* è maggiore del diametro interno *Ds* della sede anulare (30).

3. Ventilatore (20) in accordo con la rivendicazione 1 o 2, in cui almeno una pala (24) comprende una winglet di estremità (32).

4. Ventilatore (20) in accordo con la rivendicazione 3, in cui la winglet di estremità (32) ha una paratia (34) che si estende almeno parzialmente in direzione assiale.

5. Ventilatore (20) in accordo con una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la sede anulare (30) comprende una superficie di raccordo aerodinamico (36).

6. Ventilatore (20) in accordo con una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la sede anulare (30) comprende una superficie di raccordo aerodinamico convergente (36c) disposta immediatamente a monte del rotore (22).

7. Ventilatore (20) in accordo con una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la sede anulare (30) comprende una superficie di raccordo aerodinamico divergente (36d) disposta immediatamente a valle del rotore (22).

8. Ventilatore (20) in accordo con una o più delle rivendicazioni da 5 a 7, in cui la superficie di raccordo aerodinamico (36) determina un restringimento nel condotto (28) definito dalla virola (26).

9. Ventilatore (20) in accordo con la rivendicazione precedente, in cui il restringimento comprende una differenza tra il diametro interno *Dd* della virola (26) e il diametro interno *Ds* della sede anulare (30), e in cui tale differenza è minore del 5% di *Dd*, preferibilmente minore del 2% di *Dd*.

10. Ventilatore (20) in accordo con una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la sede anulare (30) è aperta assialmente verso valle.

11. Ventilatore (20) in accordo con la rivendicazione precedente quando essa dipende dalla rivendicazione 4, in cui la paratia (34) si estende assialmente verso monte e viene accolta nella sede anulare (30).

12. Ventilatore (20) in accordo con una o più delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre un motore e/o una incastellatura.

13. Ventilatore (20) in accordo con una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui il rotore (22) è del tipo a passo variabile.

14. Ventilatore (20) in accordo la rivendicazione precedente, in cui il ventilatore (20) è il rotore di coda di un elicottero (40).

IL MANDATARIO
Ing. Giancarlo BELLONI
(Albo iscr. n. 1113B)

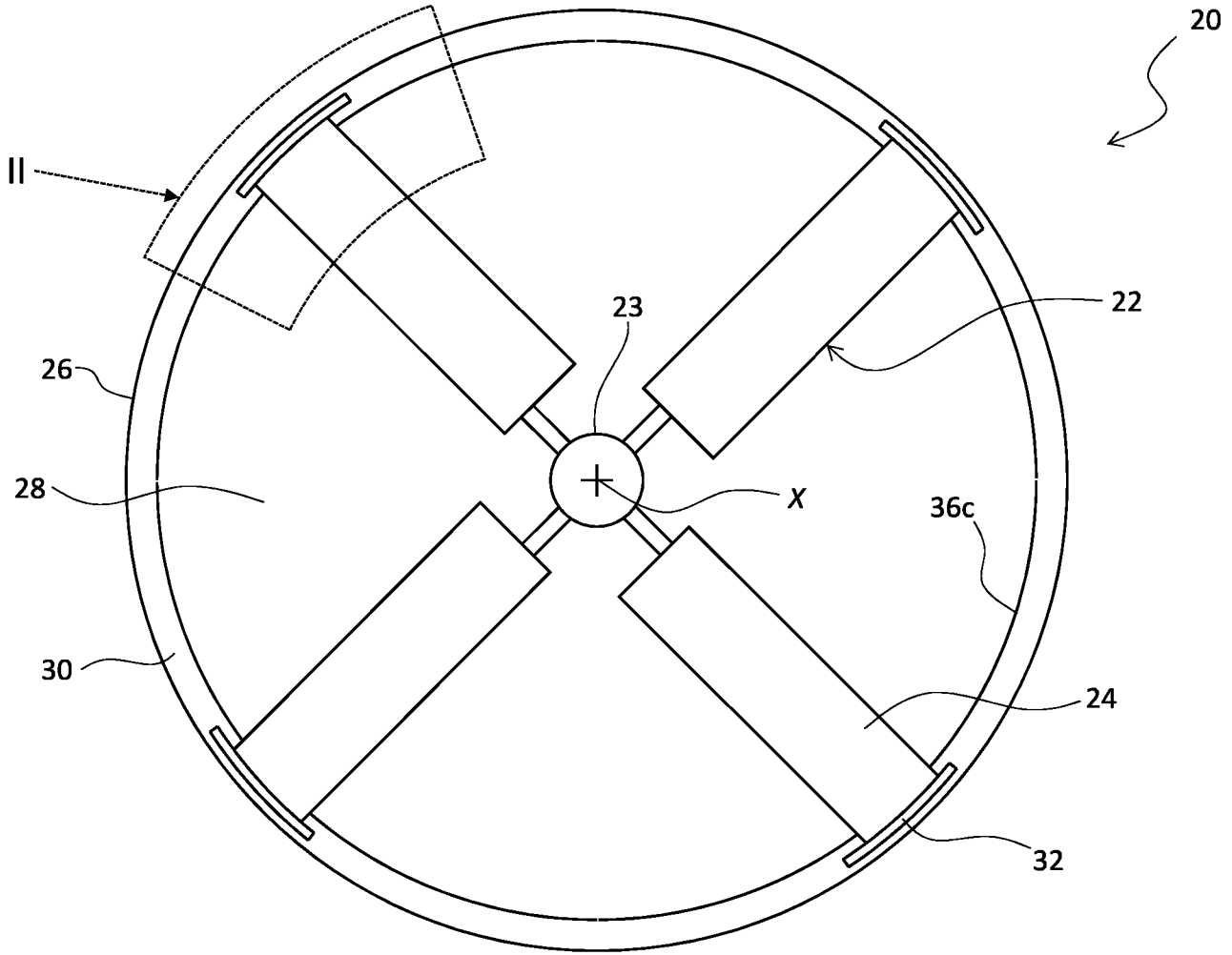
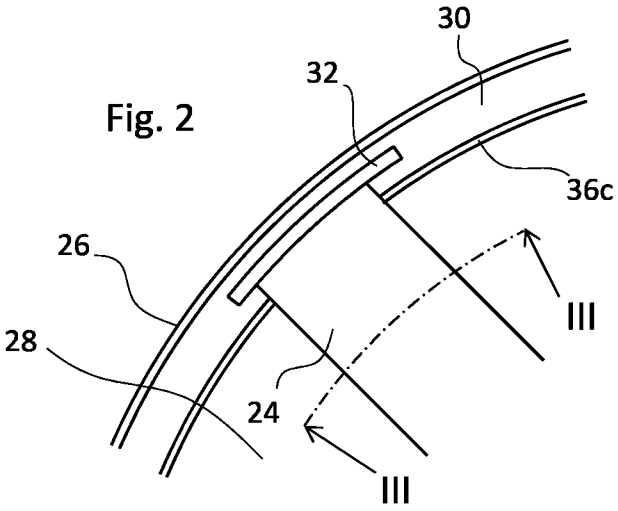


Fig. 1

Fig. 2



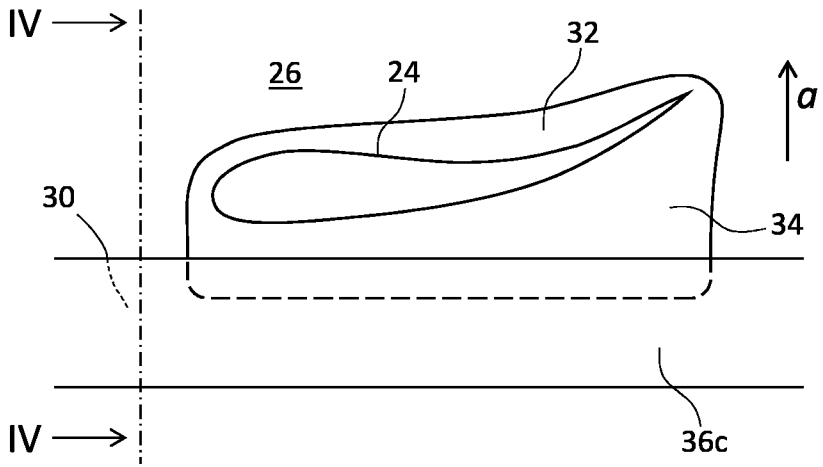


Fig. 3

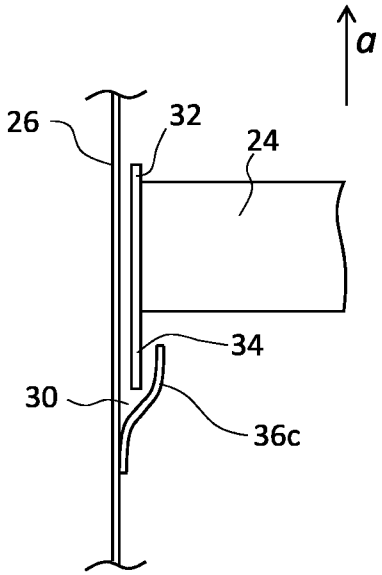


Fig. 4.a

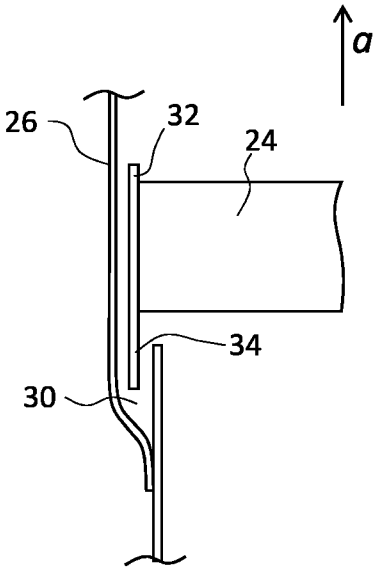


Fig. 4.b

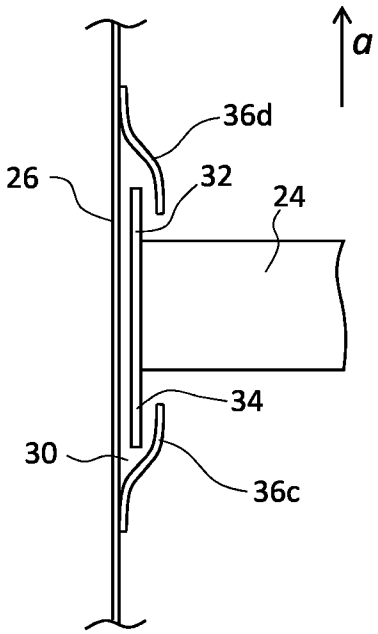


Fig. 4.c

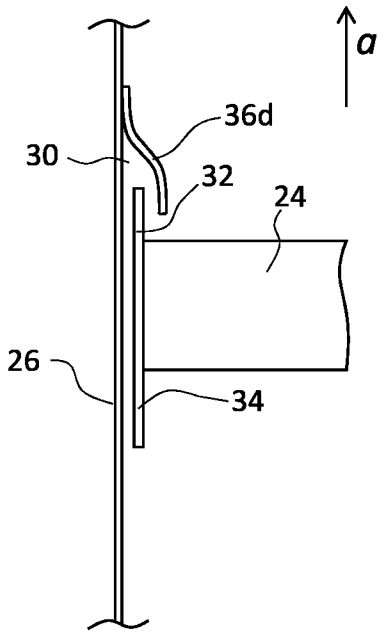


Fig. 4.d

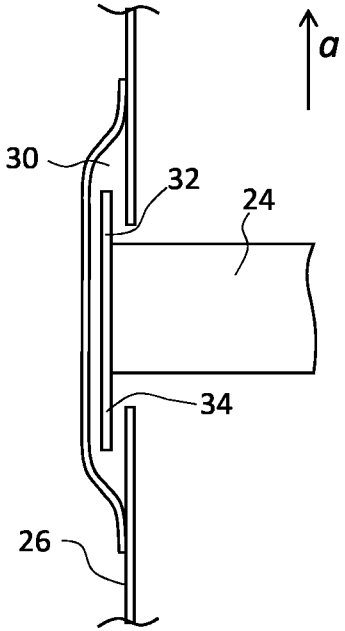


Fig. 4.e

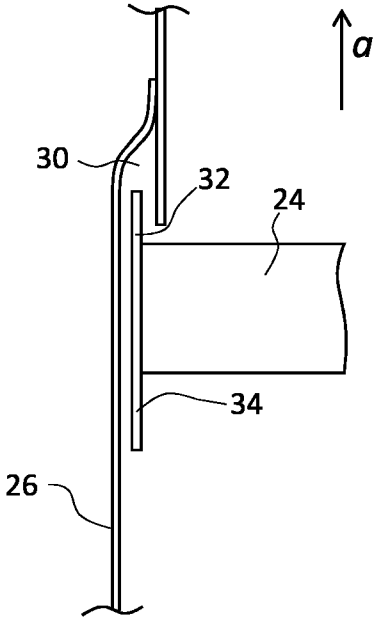


Fig. 4.f

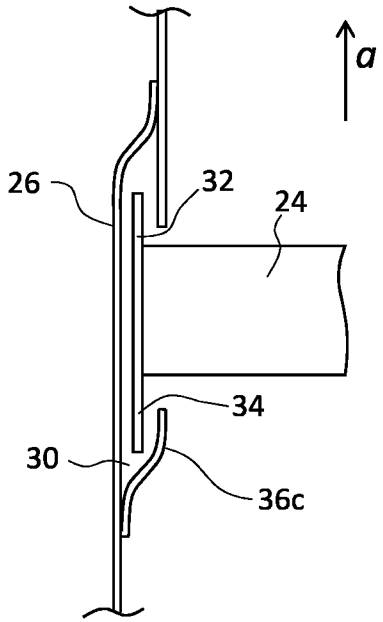


Fig. 4.g

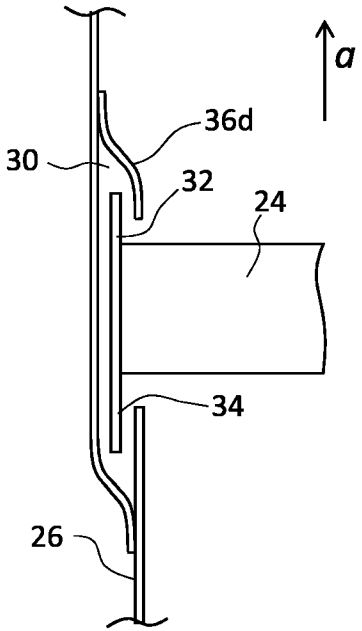


Fig. 4.h

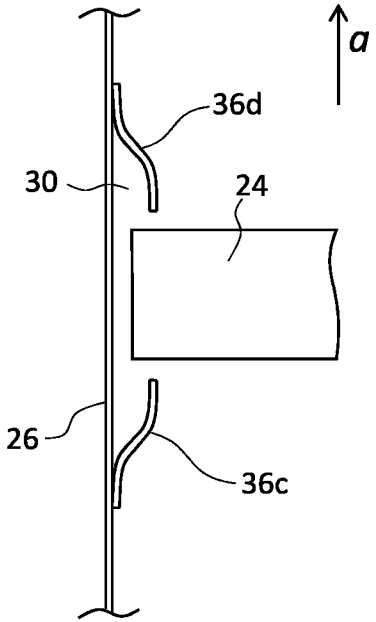


Fig. 4.i

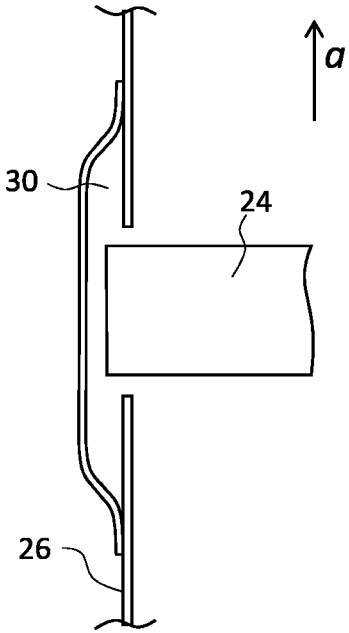


Fig. 4.j

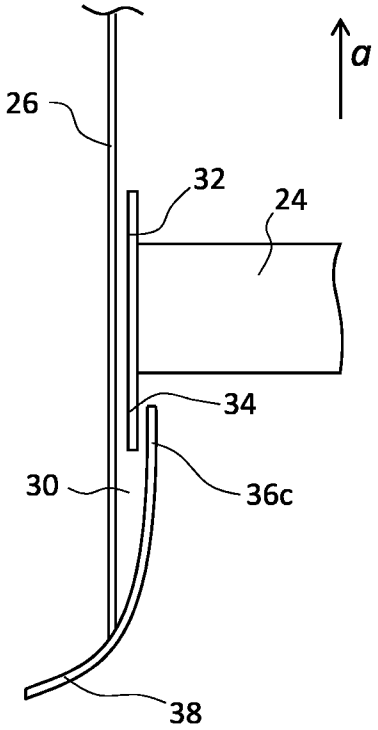


Fig. 4.k

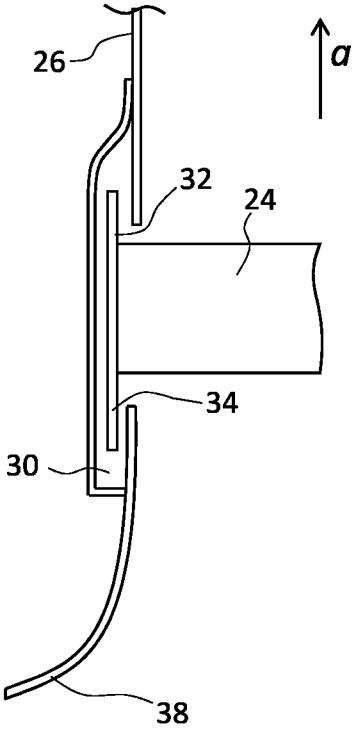


Fig. 4.l

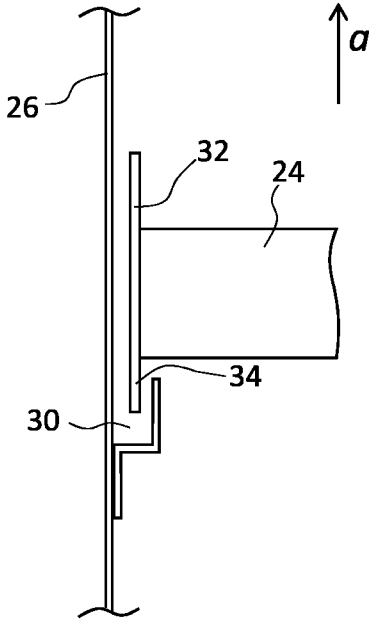


Fig. 4.m

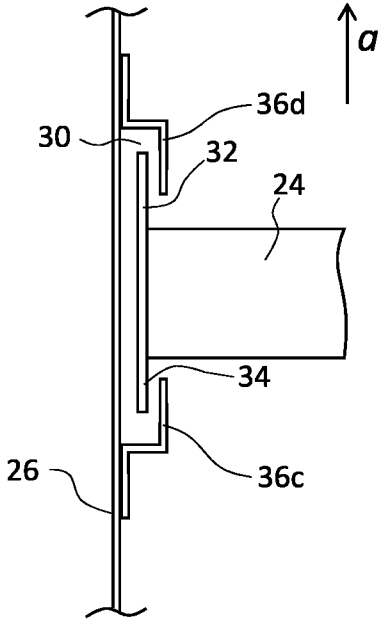


Fig. 4.n

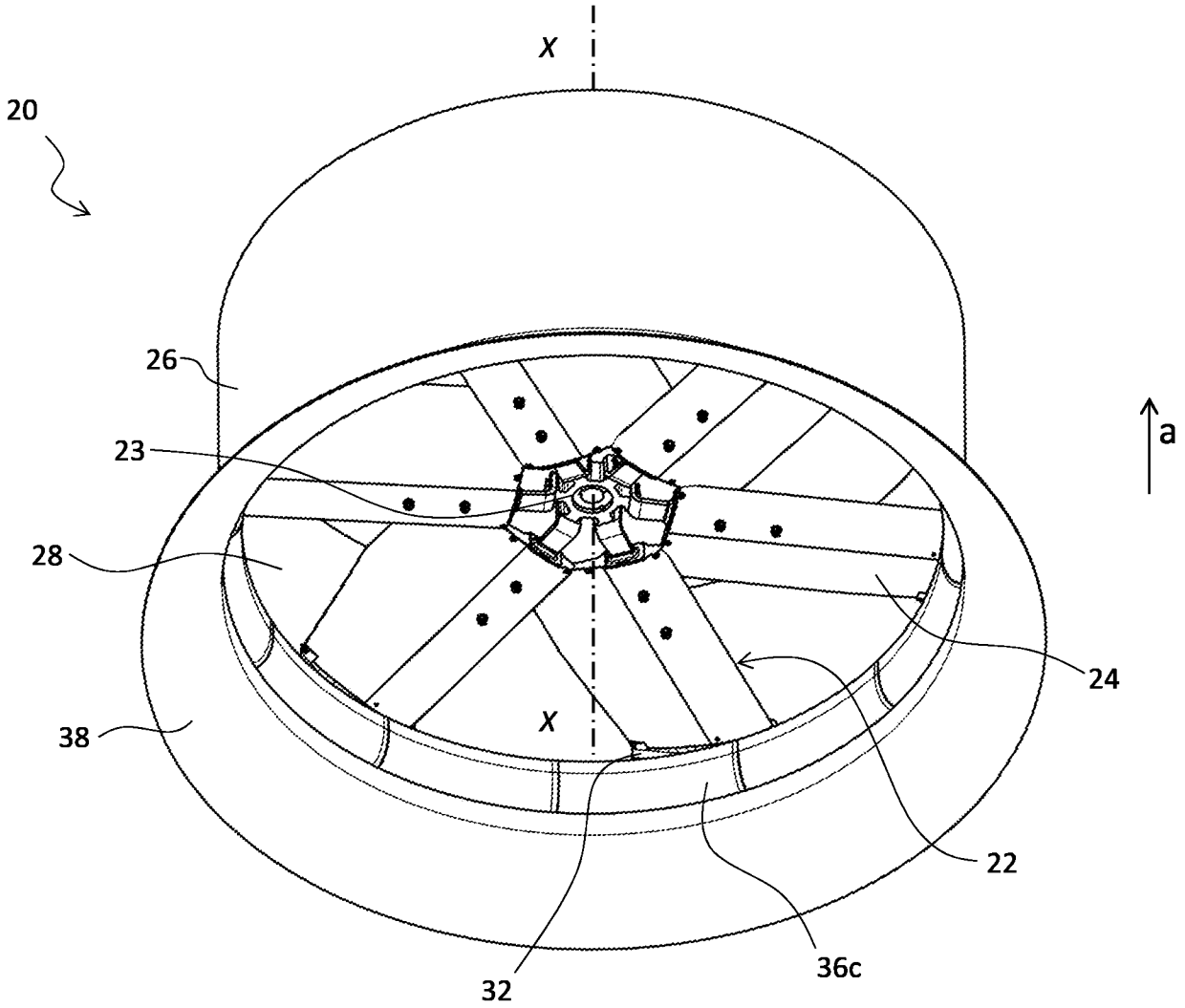


Fig. 5

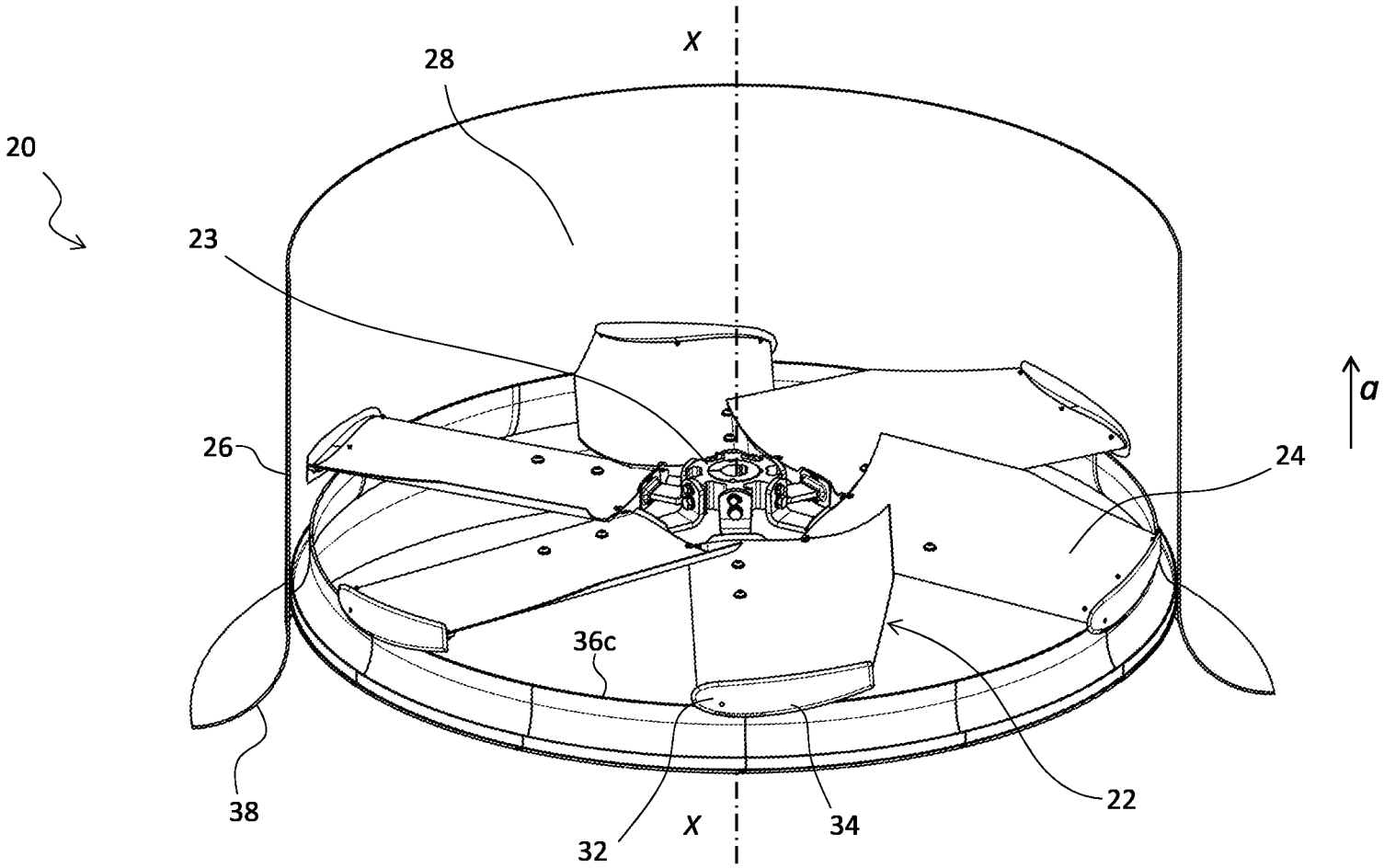


Fig. 6

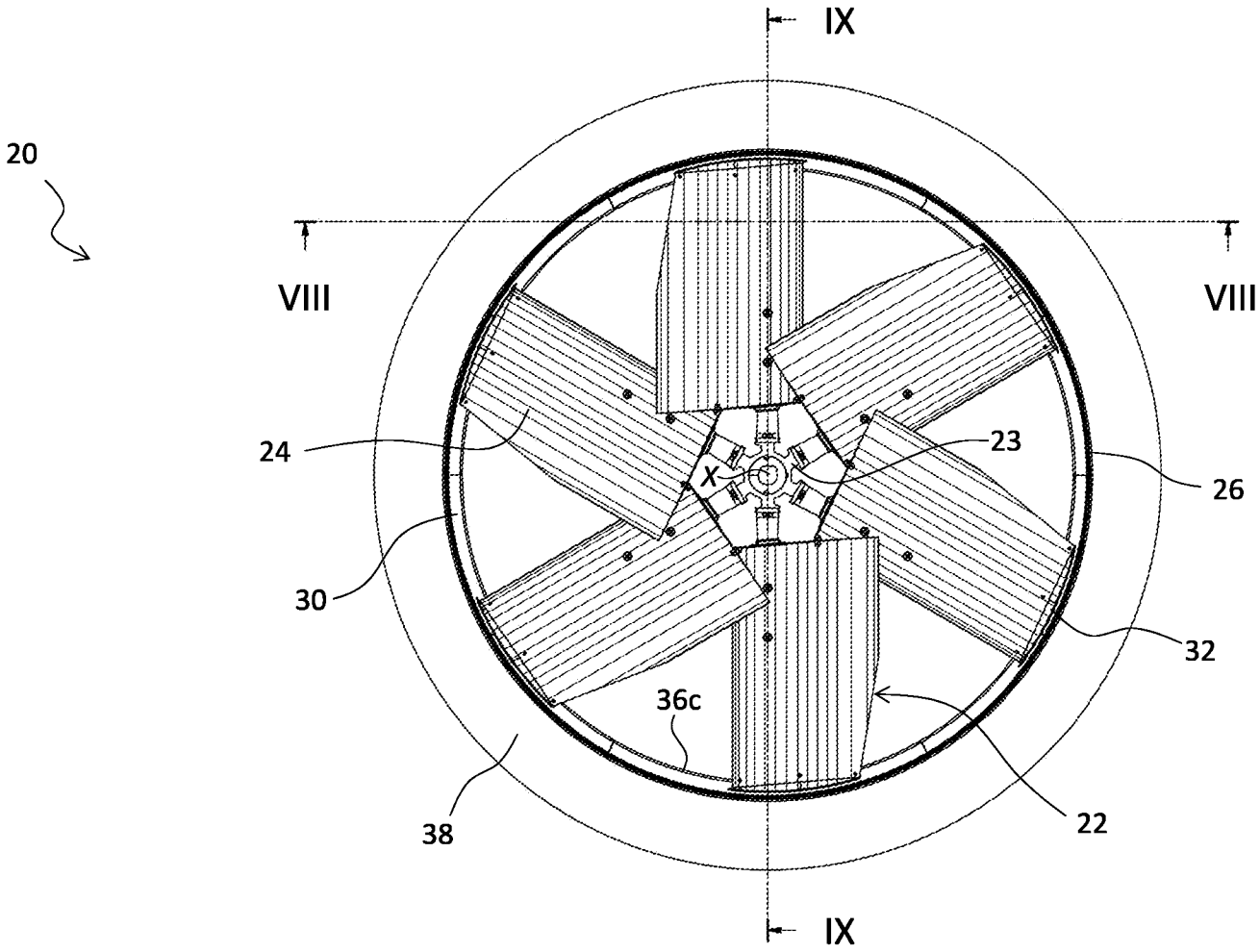


Fig. 7

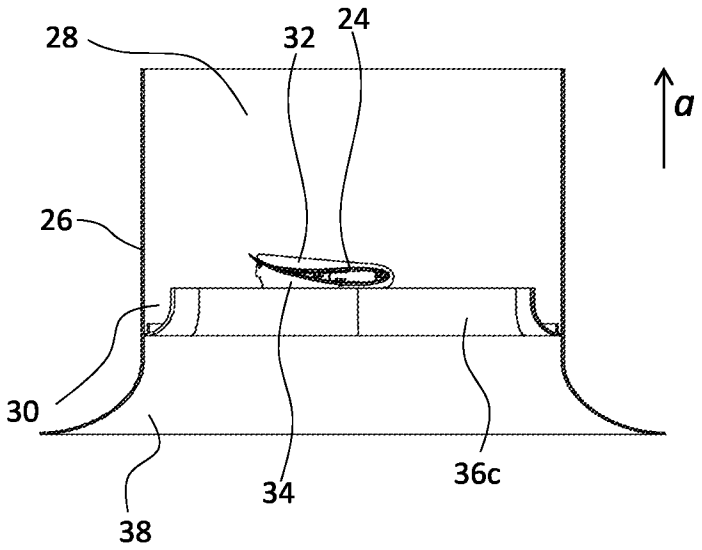

28
32
24
a
26
30
34
36c
38

Fig. 8

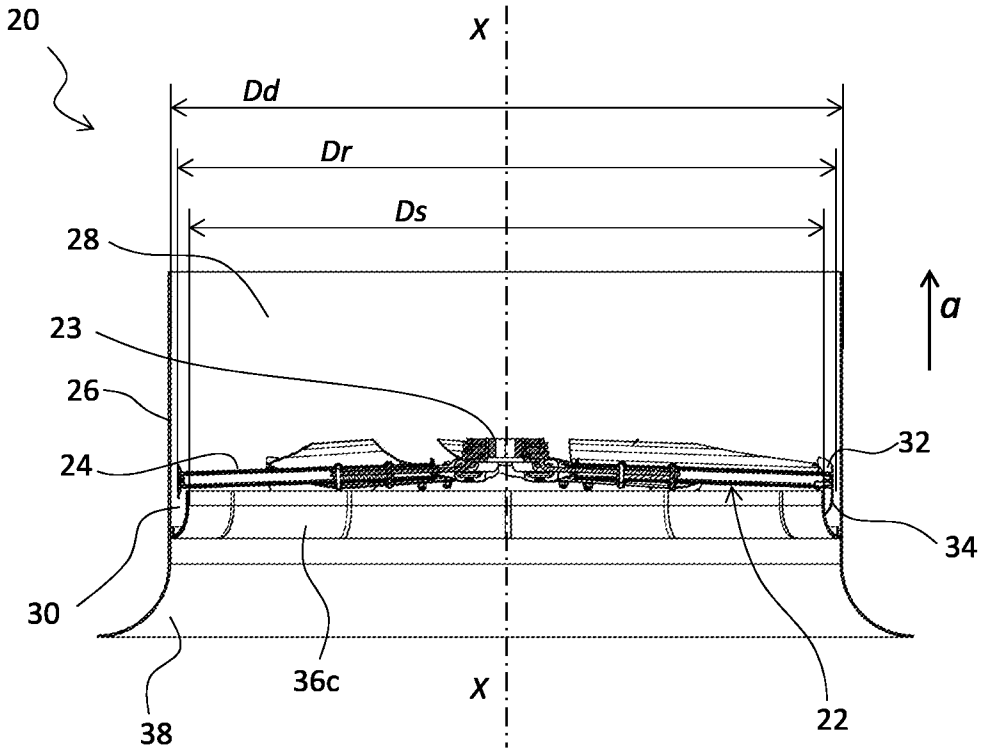

20
X
Dd
Dr
Ds
28
a
23
26
24
32
34
30
36c
X
38
22

Fig. 9

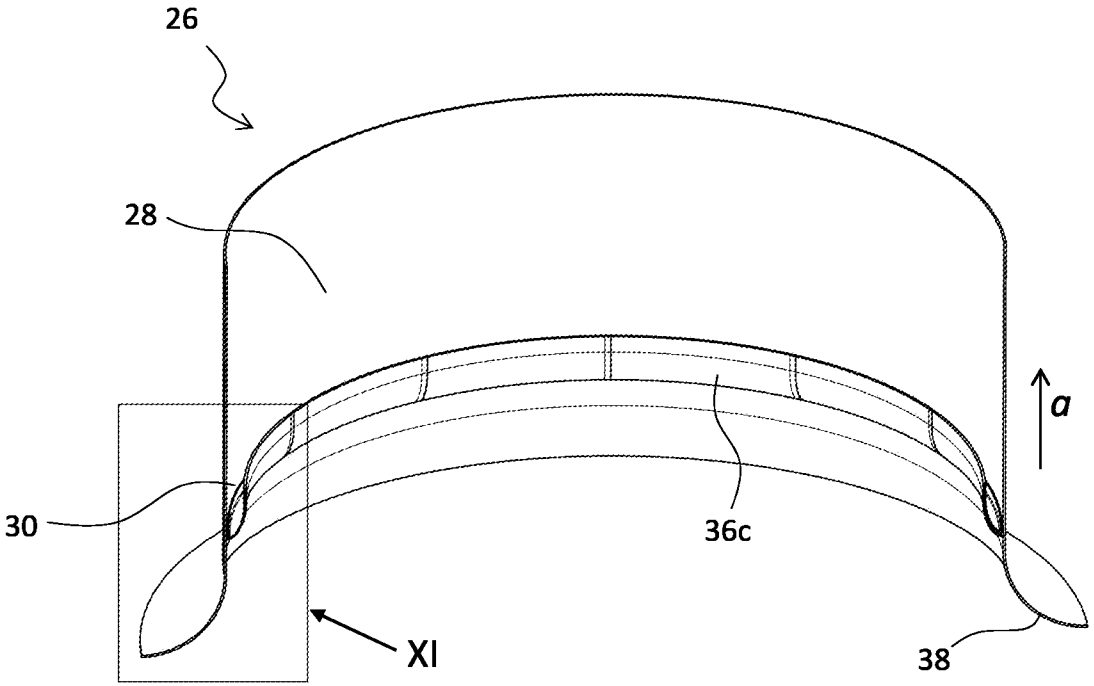


Fig. 10

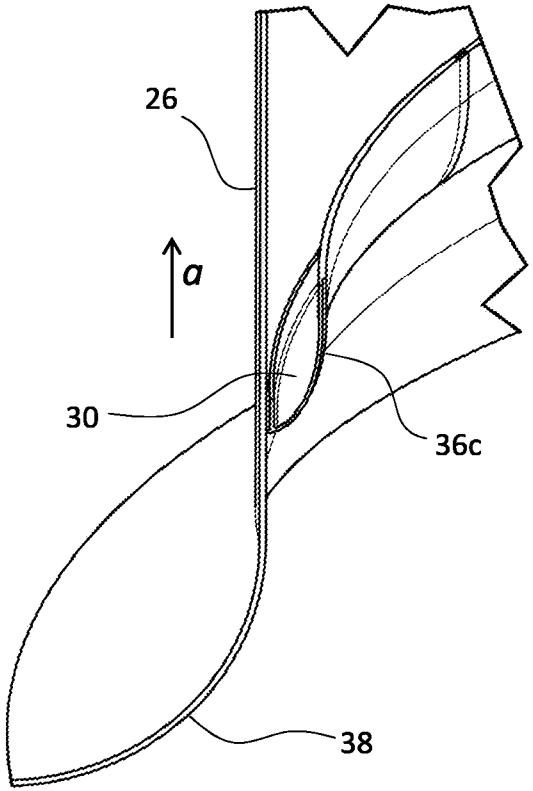


Fig. 11

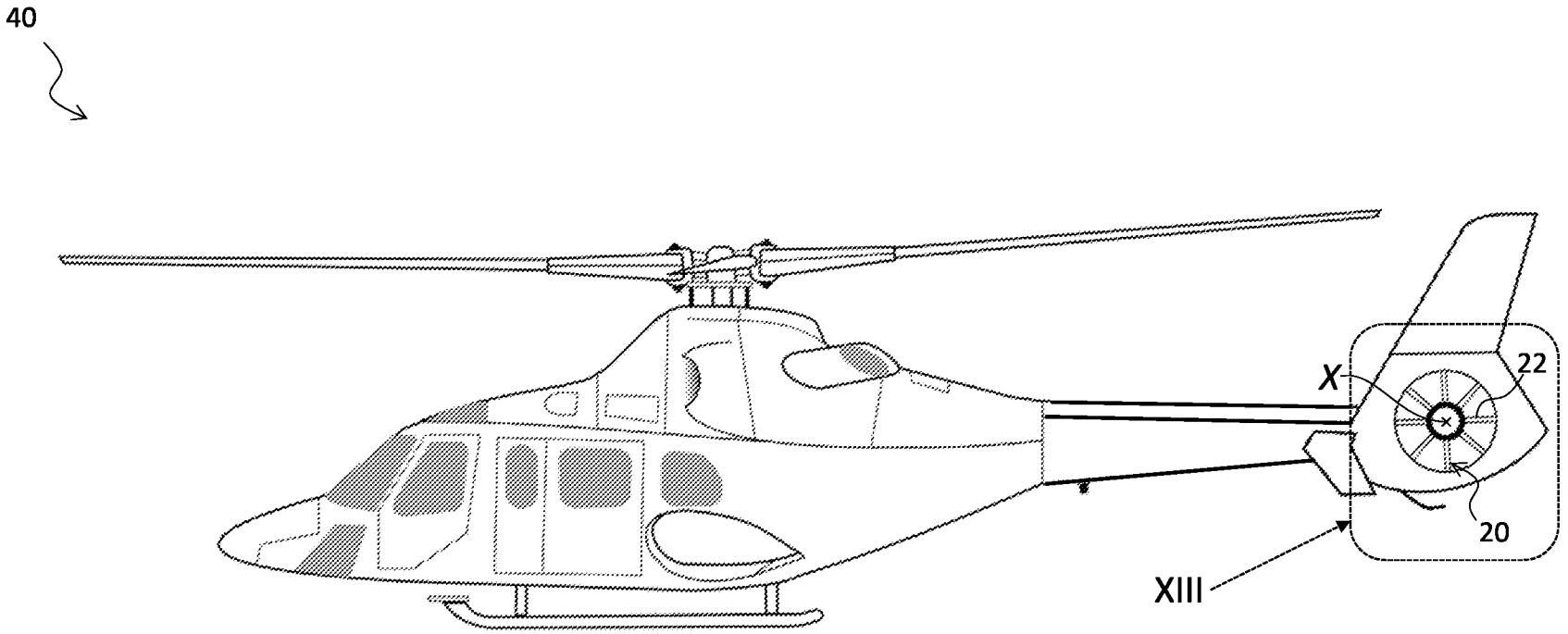


Fig. 12

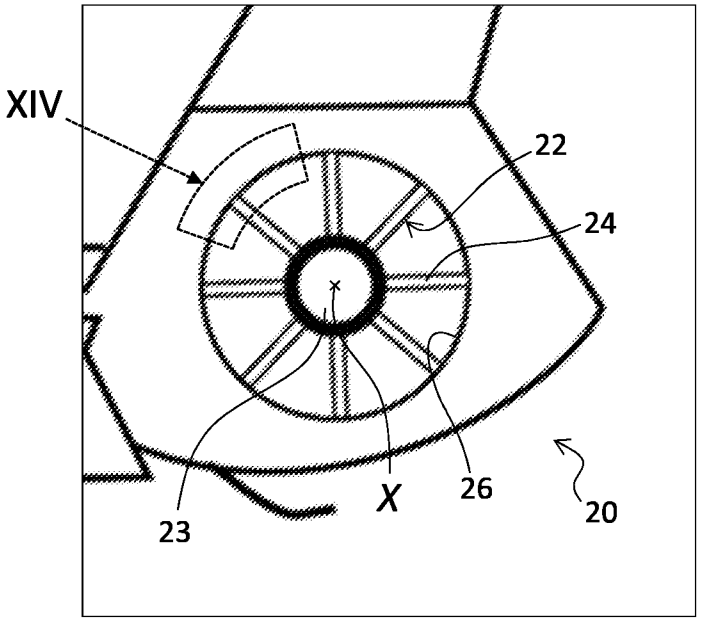


Fig. 13

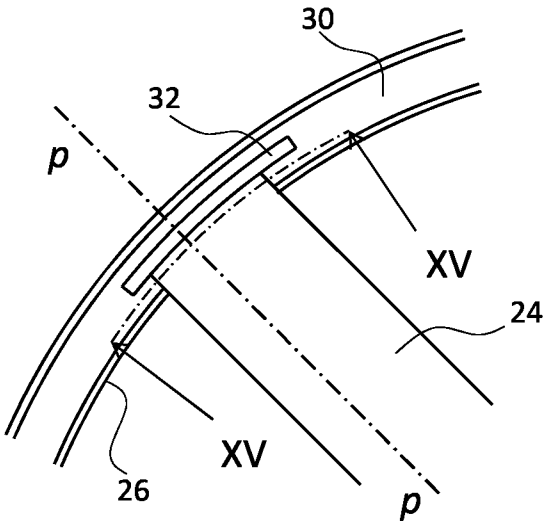


Fig. 14

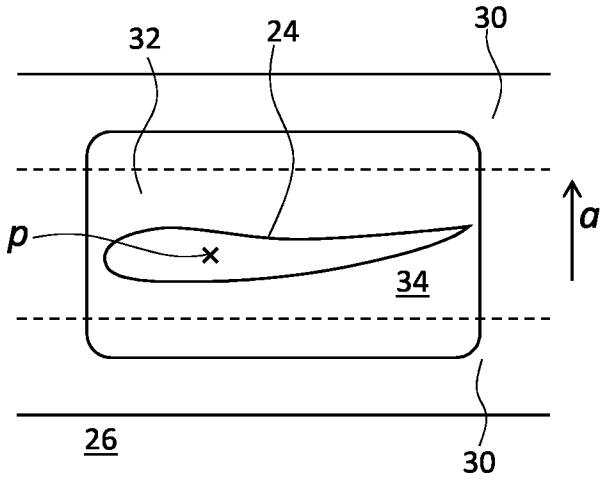


Fig. 15.a

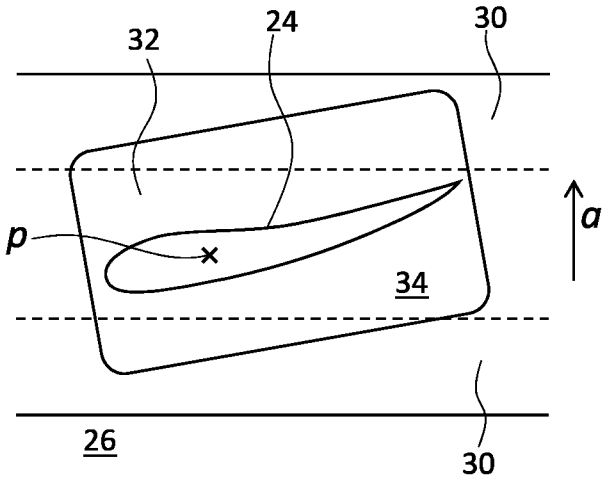


Fig. 15.b

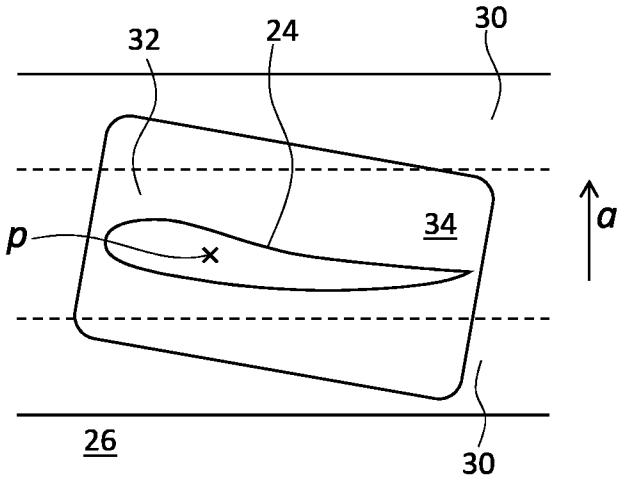


Fig. 15.c