

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901983459A1

Publication Date

20130330

Applicant

ENEL GREEN POWER S.P.A.

Title

PALA PER GENERATORE EOLICO E METODO DI ASSEMBLAGGIO DI
DETTA PALA

**"Pala per generatore eolico e metodo di assemblaggio di
detta pala"**

Titolare: ENEL GREEN POWER SPA

5 Inventori: Ing. Luigi La Pegna, Arch. Renzo Piano

DESCRIZIONE

[0001] La presente descrizione si riferisce al settore tecnico della produzione di energia elettrica e riguarda
10 in particolare una pala per un generatore eolico ed un metodo di assemblaggio di tale pala.

[0002] Le fonti di energia rinnovabile sono sempre più diffusamente impiegate per la produzione di energia elettrica. Nell'ambito delle energie rinnovabili, desta
15 attualmente un particolare interesse la conversione dell'energia eolica in energia elettrica. Tale conversione avviene per mezzo di opportune macchine elettromeccaniche, denominate generatori eolici, in grado di trasformare l'energia cinetica del vento in energia
20 elettrica pronta per essere immessa su una rete elettrica. Si possono distinguere generatori eolici di due tipologie differenti, in particolare generatori eolici ad asse verticale e generatori eolici ad asse orizzontale.

25 [0003] I generatori eolici ad asse orizzontale, attualmente più diffusi di quelli ad asse verticale,

generalmente comprendono una struttura verticale di supporto, una navicella orientabile girevolmente incernierata alla sommità della struttura verticale di supporto, un rotore eolico comprendente un gruppo di pale
5 fissate ad un mozzo, un albero rotante collegato al mozzo ed un alternatore elettrico ospitato all'interno della navicella ed adatto a convertire l'energia meccanica rotazionale dell'albero in energia elettrica. Il rotore eolico per effetto del vento intercettato dal gruppo di
10 pale è tale da ruotare attorno ad un asse generalmente orizzontale, o lievemente inclinato rispetto ad un asse esattamente orizzontale, per mettere in rotazione l'albero rotante.

[0004] La tecnologia dei generatori eolici presenta
15 indiscutibilmente diversi aspetti vantaggiosi, in modo particolare dal punto di vista della riduzione dell'inquinamento ambientale, quantomeno a livello locale. Tuttavia, la fonte energetica eolica presenta l'inconveniente di essere una fonte energetica di tipo
20 intermittente e di rendere disponibili già all'origine concentrazioni di potenza relativamente basse se paragonate ad esempio a quelle rese disponibili dai combustibili fossili. Per questa ragione i generatori eolici sono solitamente muniti di pale lunghe anche
25 parecchi metri e sono molto spesso raggruppati

all'interno di cosiddetti parchi eolici che sono realizzati in siti scelti in modo opportuno, per esempio sulla base dei valori di ventosità media annua di ciascun sito. In pratica, ciascun parco eolico comprende
5 generalmente una moltitudine di generatori eolici che sono tipicamente installati in ambienti naturali, quali ad esempio colline, creste di montagne o spazi in mare aperto. Molto spesso, a causa del numero di generatori installati all'interno di un parco eolico e delle
10 dimensioni relativamente elevate dei singoli generatori eolici, questi ultimi sono quindi accusati di deturpare il paesaggio o comunque di avere un impatto visivo negativo sull'ambiente circostante. Ciò rappresenta attualmente uno dei principali ostacoli alla diffusione
15 di tale tecnologia.

[0005] Un obiettivo generale della presente descrizione è quello di mettere a disposizione una pala per un generatore eolico che sia tale da ovviare almeno in parte agli inconvenienti sopra descritti con riferimento alla
20 tecnica nota.

[0006] Più in particolare, un obiettivo della presente descrizione è quello di mettere a disposizione una pala per un generatore eolico che consenta di ridurre l'impatto visivo di un generatore eolico in modo da
25 consentirne una migliore armonizzazione con l'ambiente

circostante rispetto ai generatori eolici della tecnica nota.

[0007] Questi ed altri obiettivi vengono conseguiti mediante una pala per un generatore eolico come definita
5 nella rivendicazione 1 nella sua forma più generale, e nelle rivendicazioni da questa dipendenti in alcune forme di esecuzione particolari.

[0008] Un ulteriore obiettivo della presente descrizione è quello di mettere a disposizione un generatore eolico
10 come definito nella rivendicazione 11.

[0009] Un ulteriore obiettivo della presente descrizione è quello di mettere a disposizione un metodo di assemblaggio di una pala per un generatore eolico come definito nella rivendicazione 12 nella sua forma di
15 realizzazione generale, e nelle rivendicazioni da questa dipendenti in alcune forme di realizzazione particolari.

[0010] L'invenzione sarà meglio compresa dalla seguente descrizione dettagliata di sue forme di esecuzione, fatta a titolo esemplificativo e pertanto in nessun modo
20 limitativo in relazione agli uniti disegni, in cui:

- la figura 1 mostra una vista piana in elevazione laterale di un generatore eolico secondo una forma di realizzazione attualmente preferita;

- la figura 2 mostra una vista piana frontale di una pala
25 del generatore eolico di figura 1 secondo una forma di

realizzazione attualmente preferita;

- la figura 3 mostra un profilo alare della pala di figura 2, corrispondente ad una sezione della pala lungo la linea A-A di figura 2;

5 - la figura 4 mostra una vista in sezione della pala di figura 2 lungo la linea B-B di figura 2;

- la figura 5 mostra una vista prospettica della pala di figura 2;

- la figura 6 mostra una vista prospettica in esploso
10 della pala di figura 2;

- la figura 7 mostra una vista prospettica della pala di figura 2 in cui alcuni componenti della pala sono stati rimossi;

- la figura 8 mostra una vista prospettica di due
15 componenti della pala di figura 2 disaccoppiati fra loro;

- la figura 9 mostra una vista prospettica dei componenti di figura 8 accoppiati fra loro;

- la figura 10 mostra una vista prospettica parziale di ulteriori due componenti della pala di figura 2
20 disaccoppiati fra loro; e

- la figura 11 mostra un diagramma di flusso di un metodo di assemblaggio di una pala per un generatore eolico secondo una forma di realizzazione attualmente preferita.

[0011] Nelle annesse figure elementi uguali o simili
25 verranno indicati mediante gli stessi riferimenti

numerici.

[0012] Con riferimento alla figura 1, è mostrata una forma di realizzazione non limitativa di un generatore eolico per la conversione di energia eolica in energia elettrica globalmente indicato con 1. Nell'esempio, il generatore eolico 1 è in particolare un generatore eolico ad asse orizzontale.

[0013] In accordo ad una forma di realizzazione, senza per questo introdurre alcuna limitazione, il generatore eolico 1 è un generatore di tipo cosiddetto mini-eolico in quanto è in grado di sviluppare una potenza elettrica inferiore a 200 kW, ad esempio pari a circa 50-60 kW.

[0014] Il generatore eolico 1 comprende una torre di sostegno 200 che nell'esempio rappresentato è fissata ad una base di supporto 201 in carpenteria ed è a questa assicurata tramite una pluralità di funi 202, ad esempio in acciaio. La base di supporto 201 è ad esempio adatta ad essere interrata in modo che una sua faccia superiore sia a filo con il livello del terreno.

[0015] Il generatore eolico 1 comprende inoltre una navicella 2 comprendente una porzione di testa 2A ed una porzione di coda 2B. La navicella 2 è fissata alla sommità della torre di sostegno 200 ed è ad esempio a questa girevolmente incernierata, in modo da poter essere orientata in modo controllabile, ad esempio attraverso un

servomotore (non rappresentato nelle figure).

[0016] In accordo ad una forma di realizzazione preferita nella navicella 2 è definito un vano di alloggiamento adatto ad ospitare alcuni dei componenti
5 meccanici, elettrici ed elettromeccanici del generatore eolico 1.

[0017] Il generatore eolico 1 comprende un rotore eolico primario 3 girevole rispetto alla navicella 2 attorno ad un asse di rotazione primario A1. Il rotore eolico
10 primario 3 include un mozzo di fissaggio 4 o ogiva 4 aggettante dalla porzione di testa 2A della navicella 2, ed una coppia di pale 5, 6 montate girevoli rispetto al mozzo di fissaggio ciascuna attorno ad un rispettivo asse di rotazione A2, A3. Nell'esempio, gli assi di rotazione
15 A2, A3 si estendono in direzione radiale o essenzialmente radiale rispetto all'asse di rotazione primario A1.

[0018] In modo per sé noto il generatore eolico 1 comprende inoltre un albero primario (non rappresentato nelle figure) che è adatto ad essere movimentato in
20 rotazione dal rotore eolico primario 3 e che è supportato in rotazione attorno all'asse di rotazione primario A1. Tale albero primario è inoltre connesso o operativamente connesso in modo per sé noto ad almeno un generatore elettrico (non rappresentato nelle figure) che è
25 preferibilmente alloggiato nella navicella 2 e che è tale

da convertire l'energia eolica intercettata dalle pale 5, 6 in energia elettrica.

[0019] Con riferimento alla figura 2 è illustrata una delle pale 5, 6 secondo una forma di realizzazione attualmente preferita. Nello specifico in figura 2 è illustrata solamente la pala 6, tuttavia si osservi che le pale 5, 6 sono strutturalmente identiche fra loro e pertanto le caratteristiche che saranno di seguito descritte in relazione alla pala 6 saranno valide, *mutatis mutandis*, anche per la pala 5.

[0020] Come si può osservare in figura 2, la pala 6 è stesa longitudinalmente lungo un asse di pala X1. In accordo con una forma di realizzazione preferita, quando la pala 6 è montata al mozzo di fissaggio 4, l'asse di pala X1 coincide preferibilmente con l'asse di rotazione A2. La pala 6 presenta un lato di estradosso o faccia di estradosso visibile ad esempio in figura 2, ed un opposto lato di estradosso o faccia di intradosso.

[0021] Con riferimento alla figura 7, in accordo con una forma di realizzazione preferita la pala 6 comprende una struttura di pala indicata globalmente con 7 che estesa longitudinalmente lungo l'asse di pala X1. La struttura di pala 7 comprende una punta di pala 11, o porzione di punta di pala 11, ed una opposta radice di pala 12, o porzione di base 12. Nell'esempio la radice di

pala 12 comprende una porzione di fissaggio 12A, o mozzo di pala 12A, per fissare la pala 6 al mozzo di fissaggio 4. Inoltre, la struttura di pala 7 comprende una porzione longitudinale di bordo d'attacco 13, che è associata o
5 connessa al bordo d'attacco longitudinale della pala 6, ed una porzione longitudinale di bordo d'uscita 14, che è associata o connessa al bordo di uscita longitudinale della pala 6. Le porzioni longitudinali di bordo d'attacco e di bordo d'uscita 13, 14 sono estese
10 longitudinalmente fra la punta di pala 11 e la radice di pala 12. Preferibilmente la struttura di pala 7 comprende inoltre una pluralità di costole di rinforzo 15 che sono fra loro spaziate nella direzione dell'asse di pala X1 e sono estese trasversalmente a tale asse X1 fra la
15 porzione longitudinale di bordo d'attacco 13 e la porzione longitudinale di bordo d'uscita 14. Nell'esempio la pala 6 comprende, non limitativamente, dodici costole di rinforzo 15. In figura 4, è rappresentata una vista in sezione trasversale della pala 6 lungo la linea B-B in
20 corrispondenza di una delle costole di rinforzo 15. Preferibilmente e non limitativamente la struttura di pala è realizzata interamente o pressoché interamente con un materiale composito in fibra di carbonio.

[0022] Con riferimento alla figura 5, la pala 6
25 comprende un guscio aerodinamico esterno 20 che definisce

un profilo alare indicato globalmente con 25 in figura 3. Con riferimento alla figura 3, nella quale è mostrata una vista in sezione trasversale della pala 6 lungo la linea A-A di figura 2, si può osservare che il profilo alare 25
5 comprende un bordo d'attacco di profilo alare 26 ed un bordo d'uscita di profilo alare 27. Inoltre, il profilo alare 25 comprende un estradosso di profilo alare 28 ed un intradosso di profilo alare 29 fra i suddetti bordi di attacco e d'uscita di profilo alare 26, 27. Si osservi
10 che in figura 3 è rappresentato un solo profilo alare della pala 6. Tuttavia è evidente che il guscio aerodinamico esterno 20 definisce una pluralità di profili alari lungo l'estensione longitudinale della pala 6. A tal riguardo si osservi che ai fini della presente
15 descrizione i termini "bordo d'attacco longitudinale" e "bordo d'uscita longitudinale" riferiti alla pala 6 indicano rispettivamente l'insieme dei bordi d'attacco di profilo alare e l'insieme dei bordi d'uscita di profilo alare della pluralità di profili alari della pala 6.
20 Inoltre si osservi che poiché in accordo ad forma di realizzazione attualmente preferita la pala 6 è una pala svergolata, tali profili alari sono variamente ruotati fra loro attorno all'asse di pala X1.

[0023] Con riferimento alle figure 5 e 6, secondo una
25 forma di realizzazione preferita la pala 6 comprende una

coppia di pannelli di estradosso 31, 32 ed una coppia di pannelli di intradosso 33, 34 che sono fissati alla struttura di pala 7 in modo da definire almeno in parte il guscio aerodinamico 20. Secondo una forma di
5 realizzazione preferita i pannelli di estradosso 31, 32, e analogamente i pannelli di intradosso 33, 34 sono affiancati nella direzione dell'asse di pala X1 e si estendono per una porzione significativa dell'estensione longitudinale della pala. Ad esempio secondo una forma di
10 realizzazione preferita tali pannelli si estendono per almeno metà della lunghezza della pala 6, e più preferibilmente per circa i due terzi della lunghezza della pala 6. In accordo ad una forma di realizzazione preferita lo spessore dei pannelli di estradosso e di
15 intradosso è variabile nella direzione di estensione longitudinale della pala 6. Più preferibilmente tale spessore decresce ad esempio dalla radice di pala 12 verso la punta di pala 11. Ciascuno di tali pannelli di estradosso ed intradosso comprende una faccia interna
20 31A, 32A, 33A, 34A ed una opposta faccia esterna 31B, 32B, 33B, 34B. I pannelli di estradosso e di intradosso sono disposti mutuamente affacciati in modo tale da definire almeno in parte rispettivamente l'estradosso e l'intradosso dei profili alari della pala 6. Ad esempio
25 con riferimento alla figura 3, si può osservare che il

pannello di estradosso 31 ed il pannello di intradosso 33 sono disposti fra loro affacciati e definiscono parzialmente rispettivamente l'estradosso 28 e l'intradosso 29 del profilo alare 25.

5 **[0024]** Con riferimento alla figura 7, nella quale la pala 6 è rappresentata con tutti i pannelli di estradosso e di intradosso 31-34 rimossi dalla struttura di pala 7, si può osservare che in accordo ad una forma di realizzazione preferita la struttura di pala 7 definisce
10 una pluralità di regioni trasparenti 40 che sono fra loro affiancate nella direzione dell'asse di pala X1. Più in particolare nell'esempio la struttura di pala 7 definisce non limitativamente undici regioni trasparenti 40, ciascuna delle quali è delimitata preferibilmente fra una
15 coppia di costole di rinforzo 15 adiacenti e fra le suddette porzioni longitudinali di bordo d'attacco e di bordo d'uscita 13, 14. In altre parole, nell'esempio la struttura di pala 7 delimita una pluralità di finestre 40, o aperture passanti 40, ciascuna delle quali ha
20 preferibilmente una forma generalmente quadrangolare.

[0025] Ritornando alla figura 6, convenientemente i pannelli di estradosso 31, 32 ed i pannelli di intradosso 33, 34 sono realizzati in un materiale trasparente. Per materiale trasparente si intende un materiale
25 essenzialmente trasparente alla luce solare ed

essenzialmente incolore. In altre parole per materiale trasparente si intende un materiale che è tale da fornire un effetto visivo simile a quello fornito da una comune finestra di vetro impiegata normalmente nelle abitazioni civili. Secondo una forma di realizzazione preferita e non limitativa i pannelli di estradosso 31, 32 ed i pannelli di intradosso 33, 34 sono realizzati tramite dei fogli di polycarbonato che sono stati preferibilmente sagomati a caldo. Nell'esempio, una pluralità di regioni trasparenti 40 è interposta fra ciascuna coppia 31, 33 e 32, 34 dei suddetti pannelli trasparenti mutuamente affacciati. Più in particolare nell'esempio sei regioni trasparenti 40 sono interposte fra la coppia di pannelli trasparenti 31, 33 mentre cinque regioni trasparenti 40 sono interposte fra la coppia di pannelli trasparenti 32, 34. In tal modo, guardando ad esempio attraverso la coppia di pannelli trasparenti affacciati 31, 33 e attraverso le regioni trasparenti 40 interposte fra tali pannelli 31, 33 è possibile vedere attraverso la pala 6. Analogamente, guardando ad esempio attraverso la coppia di pannelli trasparenti affacciati 32, 34 e attraverso le regioni trasparenti 40 interposte fra tali pannelli 32, 34 è possibile vedere attraverso la pala 6

[0026] Ritornando alla figura 7, in accordo ad una forma di realizzazione preferita la struttura di pala 7

comprende una sede di fissaggio di estradosso 50 situata dal lato di estradosso della pala 6 per fissare i pannelli di estradosso 31, 32 alla struttura di pala 7. La sede di fissaggio 50 comprende preferibilmente una
5 superficie di fissaggio 51, 52, 53 che è arretrata verso l'interno della pala 6 rispetto al guscio aerodinamico esterno 20. La superficie di fissaggio 51-53 è rivolta verso la facce interne 31A, 32A dei pannelli di estradosso ed è fissata a tali facce interne 31A, 32A.
10 Come si può osservare in figura 7 la superficie di fissaggio 51-53 comprende due porzioni di superficie longitudinali 51, 52 che si estendono fra la punta di pala 11 e la radice di pala 12 e che sono associate o connesse rispettivamente alla porzione longitudinale di
15 bordo d'attacco 13 ed alla porzione longitudinale di bordo d'uscita 14. Preferibilmente la superficie di fissaggio 51-53 comprende inoltre una pluralità di superfici trasversali 53 che sono estese trasversalmente rispetto all'asse di pala X1 fra le porzioni di
20 superficie longitudinali 51, 52. Sul lato di intradosso della pala 6 la struttura di pala 7 comprende inoltre una sede di fissaggio di intradosso (non rappresentata nelle figure) per fissare i pannelli di intradosso 33, 34 alla struttura di pala 7. La sede di fissaggio di intradosso è
25 analoga alla sede di fissaggio di estradosso 50. Inoltre

i pannelli di intradosso 33, 34 sono fissati alla sede di fissaggio di intradosso in modo analogo al fissaggio dei pannelli di estradosso 31, 32 alla sede di fissaggio di estradosso 50. Per tale ragione la sede di fissaggio di intradosso ed il fissaggio dei pannelli di intradosso 33, 34 alla sede di fissaggio di intradosso non vengono descritti di seguito ulteriormente in dettaglio.

[0027] In accordo ad una forma di realizzazione preferita, la pala 6 comprende un primo ed un secondo tipo di elementi di fissaggio diversi fra loro per fissare i pannelli trasparenti 31, 32 e 33, 34 alle rispettive sedi di fissaggio di estradosso e di intradosso. Più in particolare gli elementi di fissaggio del primo tipo comprendono un collante o una sostanza adesiva mentre gli elementi di fissaggio del secondo tipo comprendono preferibilmente delle viti o altri equivalenti elementi di fissaggio. Nell'esempio, in cui la struttura di pala 7 è realizzata in fibra di carbonio, gli elementi di fissaggio del primo tipo comprendono preferibilmente una resina epossidica mentre gli elementi di fissaggio del secondo tipo comprendono preferibilmente una pluralità di viti 55 (figure 2-4) avvitate preferibilmente in una corrispondente pluralità di madre viti (non rappresentate nelle figure) che sono annegate nella struttura di pala 7. Ad ogni modo, si

osservi che in generale non è strettamente necessario impiegare elementi di fissaggio di un primo ed un secondo tipo fra loro diversi per fissare i suddetti pannelli trasparenti 31-34 alla struttura di pala 7. Ad esempio, 5 in accordo a forme di realizzazione alternative, i pannelli trasparenti potrebbero essere fissati alla struttura di pala sia esclusivamente tramite una sostanza adesiva sia esclusivamente tramite viti o altri equivalenti elementi di fissaggio. Tuttavia si osservi 10 che il fatto di impiegare simultaneamente un primo tipo di elementi di fissaggio comprendenti una sostanza adesiva ed un secondo tipo elementi di fissaggio diverso dal primo tipo di elementi di fissaggio, consente convenientemente di garantire un fissaggio 15 particolarmente sicuro ed affidabile dei pannelli trasparenti ed allo stesso tempo di ridurre il quantitativo di sostanza adesiva da impiegare in modo da evitare che questa possa sporcare i pannelli trasparenti e/o di impiegare una sostanza adesiva avente 20 caratteristiche di adesività relativamente peggiori ma che sia più economica. Inoltre si osservi che il fatto di impiegare una sostanza adesiva per fissare i pannelli trasparenti, garantisce convenientemente una relativa tenuta adatta ed evitare o ridurre infiltrazioni di 25 umidità fra i pannelli trasparenti e la struttura di pala

7.

[0028] Con riferimento alla figura 6, in accordo ad una forma di realizzazione preferita la struttura di pala 7 comprende quattro strutture conformate generalmente a
5 pettine 61, 62, 63, 64. Ciascuna di tali strutture a pettine 61-64 comprende una costola di pettine 61A, 62A, 63A, 64A ed una pluralità di denti di pettine 61B, 62B, 63B, 64B che sono formati preferibilmente in un sol pezzo con la costola di pettine e che si aggettano
10 trasversalmente da tale costola. Le strutture a pettine 61-64 sono accoppiate fra loro a due a due in modo da formare due segmenti o tronconi della struttura di pala 7 che sono destinati ad essere connessi sia fra loro sia alla porzione longitudinale di bordo d'attacco 13. A tal
15 proposito, in figura 8 sono rappresentate le strutture a pettine 62, 64 disaccoppiate fra loro. In figura 9 le stesse strutture a pettine 62, 64 sono rappresentate accoppiate fra loro per formare un troncone o segmento di struttura 65 della struttura di pala 7 che nell'esempio è
20 fissato alla punta di pala 11. Come si può osservare in figura 9 le strutture a pettine 62, 64 sono accoppiate fra loro in modo tale che le costole di pettine 62A, 64A definiscono una parte della porzione longitudinale di bordo d'uscita 14 (fig. 7) mentre i denti di pettine 62B,
25 64B definiscono una pluralità delle suddette costole

rinforzo 15. In altre parole le strutture a pettine 62, 64 sono preferibilmente accoppiate fra loro affacciate in modo tale che la costola di pettine 62A è affacciata alla costola di pettine 64A e ciascun dente di pettine 62B è affacciato ad un corrispondente dente di pettine 64B. Le strutture a pettine 61, 63 (fig.6) sono accoppiate fra loro in modo analogo alle strutture a pettine 62, 64 in modo da formare un ulteriore troncone o segmento di struttura (non rappresentato nelle figure) della struttura di pala 7 che è analogo al segmento di struttura 65. Si osservi che il fatto di prevedere delle strutture a pettine in cui i denti di pettine sono realizzati di pezzo con le costole di pettine permette convenientemente di ottenere una struttura di pala particolarmente robusta che consente di compensare l'indebolimento strutturale della pala dovuto al fatto di impiegare i suddetti pannelli trasparenti realizzati ad esempio in polycarbonato.

[0029] Con riferimento alle figure 2-4, in accordo ad una forma di realizzazione preferita, la porzione longitudinale di bordo d'attacco 13 comprende un organo tubolare longitudinale 13. Come si può osservare in figura 3, secondo una forma di realizzazione conveniente l'organo tubolare 13 presenta un profilo della sezione trasversale conformato ad anello chiuso che comprende una

coppia di gradini 71, 72 situati su due lati opposti dell'organo 13 per definire le suddette sedi di fissaggio di estradosso 50 e di intradosso. Più in particolare, i gradini 71, 72 servono per definire almeno in parte
5 rispettivamente la porzione di superficie longitudinale 51 ed una opposta porzione di superficie longitudinale della sede di fissaggio di intradosso. Con riferimento alle figure 3-4, si può osservare che secondo una forma di realizzazione la porzione longitudinale di bordo di
10 uscita 14, presenta un profilo della sezione trasversale sagomato essenzialmente a freccia.

[0030] Con riferimento alla figure 6 e 10, in accordo ad una forma di realizzazione preferita l'organo tubolare longitudinale 13 comprende una pluralità di recessi di
15 fissaggio 75 per fissare i due tronconi di struttura summenzionati all'organo tubolare 13. In particolare nei recessi di fissaggio 75 sono ricevute e fissate corrispondenti alette di fissaggio 76 (fig. 8 e 9) dei denti di pettine 61B-64B, in modo tale che le alette di
20 fissaggio 76 definiscano almeno in parte due delle suddette porzioni di superficie longitudinali appartenenti rispettivamente alla sede di fissaggio di estradosso 50 (fig. 7) ed alla sede di fissaggio di intradosso. Preferibilmente ciascuno dei denti di pettine
25 61B, 62B, 63B, 64B è munito di una rispettiva aletta di

fissaggio 76 in corrispondenza di una rispettiva porzione di estremità distale dalla costola di pettine 61A, 62A, 63A, 64A.

[0031] Sempre con riferimento alle figure 6 e 10, in
5 accordo ad una forma di realizzazione preferita l'organo
tubolare longitudinale 13 comprende un primo ed un
secondo segmento tubolare 13A, 13B che sono connessi fra
loro per formare l'organo 13. Come si può osservare in
figura 10, il segmento tubolare 13A comprende una
10 rispettiva porzione di estremità a manicotto 78 che è
atta ad innestarsi in una porzione di estremità coniugata
79 del segmento tubolare 13B. La porzione 79 è coniugata
rispetto alla porzione 78 per accoppiare fra loro tali
segmenti tubolari 13. Nell'esempio, in cui la punta di
15 pala 11 è anch'essa un organo cavo, il segmento tubolare
13B comprende preferibilmente una ulteriore porzione di
estremità a manicotto simile alla porzione di estremità
78 per accoppiare il segmento tubolare 13B alla punta di
pala 11. Secondo una forma di realizzazione, i due
20 suddetti tronconi o segmenti di struttura possono essere
fissati fra loro in corrispondenza di estremità
mutuamente affacciate delle costole di pettine accoppiate
62A, 64A e 61A, 63A. Ad esempio tali estremità delle
costole di pettine accoppiate possono essere ad esempio
25 incollate fra loro di testa e/o possono essere munite di

porzioni di accoppiamento analoghe alle porzioni 78 e 79.

[0032] Si osservi che in base alla struttura della pala 6 sopra descritta, è in pratica stato descritto un metodo di assemblaggio 100 (fig. 11) per assemblare una pala per
5 un generatore eolico 1. In accordo con una forma di realizzazione preferita, il metodo di assemblaggio 100 comprende una fase 110 di fornire una struttura di pala 7 estesa longitudinalmente lungo un asse di pala X1 e delimitante almeno una regione trasparente 40. La
10 struttura di pala comprende una punta di pala 11, un'opposta radice di pala 12, una porzione longitudinale di bordo d'attacco 13 ed una porzione longitudinale bordo d'uscita 14 che sono estese fra la radice di pala 12 e la punta di pala 11.

15 **[0033]** Il metodo di assemblaggio 100 comprende inoltre una fase 120 di fornire un pannello di estradosso 31 ed un pannello di intradosso 33 realizzati in un materiale trasparente ed una fase 130 di fissare alla struttura di pala 7 tali pannelli trasparenti 31, 33 disposti fra loro
20 affacciati. La regione trasparente 40 è interposta fra i pannelli trasparenti 31, 33 in modo tale che è possibile vedere attraverso la pala 6 guardando attraverso i pannelli trasparenti 31, 33 e la regione trasparente 40.

[0034] I pannelli trasparenti 31, 33 sono tali da
25 definire insieme alla struttura di pala 7 un guscio

aerodinamico esterno 20. Il guscio aerodinamico 20 definisce un profilo alare 25 includente un bordo d'attacco di profilo alare 26, un bordo d'uscita di profilo alare 27 e un estradosso ed un intradosso di profilo alare 28, 29 fra detti bordi d'attacco e d'uscita di profilo alare 26, 27. I pannelli trasparenti 31, 33 sono fissati alla struttura di pala 7 in modo da definire almeno in parte rispettivamente l'estradosso di profilo alare 28 e l'intradosso di profilo alare 29.

10 **[0035]** In accordo ad una forma di realizzazione preferita la fase 110 di fornire la struttura di pala 7 comprende un'operazione di fornire una coppia di strutture conformate generalmente a pettine 62, 64 comprendenti ciascuna una costola di pettine 62A, 64A ed

15 una pluralità di denti di pettine 62B, 64B che sono formati in un sol pezzo con la costola di pettine 62A, 64A e che si aggettano trasversalmente da tale costola 62A, 64A. Inoltre, fase 110 di fornire la struttura di pala 7 comprende un'operazione di accoppiare fra loro le

20 suddette strutture a pettine 62, 64 in modo tale che le costole di pettine 62A, 64A definiscono almeno in parte la porzione longitudinale di bordo d'uscita 14 mentre i denti di pettine 62B, 64B definiscono una pluralità delle suddette costole rinforzo 15. In accordo ad una forma di

25 realizzazione preferita prima dell'operazione di

accoppiare fra loro le strutture a pettine 62, 64, la fase 110 comprende un'operazione di disporre fra loro affacciate le strutture a pettine 62, 64 in modo tale che la costola di pettine 62A è affacciata alla costola di pettine 64A e ciascun dente di pettine 62B è affacciato ad un corrispondente dente di pettine 64B.

[0036] In accordo ad una forma di realizzazione preferita del metodo di assemblaggio 100, i denti di pettine 62B, 64B comprendono delle alette di fissaggio 76. Inoltre la porzione longitudinale di bordo d'attacco 13 comprende preferibilmente una pluralità di recessi di fissaggio 75 e la struttura di pala 7 comprende una sede di fissaggio di estradosso 50 ed una sede di fissaggio di intradosso situate rispettivamente sul lato di estradosso e sul lato di intradosso della pala 6 per fissare i pannelli trasparenti 31, 33 alla struttura di pala 7. La fase 110 di fornire la struttura di pala 7 comprende preferibilmente un'operazione di inserire le alette di fissaggio 76 nei recessi di fissaggio 75 per accoppiare le strutture a pettine 62, 64 alla porzione longitudinale di bordo d'attacco 13. In particolare le alette di fissaggio 76 sono preferibilmente ricevute nei recessi di fissaggio 75 in modo tale da definire almeno in parte due porzioni di superficie longitudinali (delle quali solo la porzione di superficie longitudinale 51 è visibile in

figura 7) appartenenti rispettivamente alla sede di fissaggio di estradosso 50 ed alla sede di fissaggio di intradosso.

[0037] In accordo ad una forma di realizzazione preferita, la fase 110 di fornire la struttura di pala 7 comprende un'operazione di fornire un primo segmento tubolare 13A avente una porzione di estremità a manicotto 78 ed un'operazione di fornire un secondo segmento tubolare 13B avente una porzione di estremità coniugata 79 che è coniugata rispetto alla porzione a manicotto 78. Inoltre, la fase 110 di fornire la struttura di pala 7 comprende preferibilmente un'operazione di innestare la porzione di estremità a manicotto 78 nella porzione di estremità coniugata 79 per accoppiare fra loro il primo ed il secondo segmento tubolare 13A, 13B in modo da formare un organo tubolare longitudinale 13 che è adatto a definire la porzione longitudinale di bordo d'attacco 13. In accordo ad una forma di realizzazione preferita, prima della suddetta operazione di innestare la porzione a manicotto 78 nella porzione coniugata 79, la fase 110 comprende un'operazione di disporre sulla porzione a manicotto 78 una sostanza adesiva, quale ad esempio una resina epossidica.

[0038] In accordo con una forma di realizzazione preferita la fase 130 di fissare i pannelli trasparenti

31, 33 comprende un'operazione di impiegare un primo tipo di elementi di fissaggio ed un'operazione di impiegare un secondo tipo di elementi di fissaggio 55 diverso dal primo di tipo di elementi di fissaggio per fissare
5 ciascuno dei pannelli trasparenti 31, 33 alla struttura di pala 7. In particolare gli elementi di fissaggio del primo tipo comprendono preferibilmente una sostanza adesiva, quale ad esempio una resina epossidica.

[0039] Si osservi che numerose modifiche e/o varianti
10 possono essere apportate ad una pala per generatore eolico e/o ad un metodo di assemblaggio secondo la presente descrizione.

[0040] Ad esempio realizzando la struttura di pala 7 con un materiale sufficientemente resistente, la pala può
15 essere provvista di una singola regione trasparente 40 anziché comprendere una pluralità di regioni trasparenti 40 come sopra descritto. Tale regione trasparente può essere ad esempio ottenuta rimuovendo una pluralità di costole di rinforzo 15 in modo che la regione trasparente
20 sia delimitata ad esempio dalla punta di pala 11, dalla radice di pala 12 e dalle porzioni longitudinali di bordo d'attacco e di bordo d'uscita 13, 14. Si osservi inoltre che secondo una forma di realizzazione meno conveniente, la regione trasparente 40 potrebbe anche comprendere un
25 materiale trasparente anziché essere formata da una

cavità o da un'apertura passante.

[0041] In accordo ad ulteriori varianti realizzative, a seconda delle dimensioni della pala il numero dei pannelli trasparenti e/o il numero delle strutture a
5 pettine e/o il numero di segmenti tubolari che formano l'organo tubolare longitudinale possono essere diversi, e più in particolare sia minori che maggiori, rispetto a quelli sopra indicati.

[0042] Ad esempio in generale è necessario che la pala 6
10 comprenda almeno un pannello di estradosso ed almeno un pannello di intradosso realizzati in un materiale trasparente.

[0043] In accordo ad una variante realizzativa, la pala 6 può comprendere un organo tubolare longitudinale 13 che
15 comprende un unico segmento tubolare connesso rispettivamente alla radice di pala ed alla punta di pala, senza quindi la necessità di prevedere una pluralità di segmenti tubolari connessi fra loro.

[0044] In accordo ad una variante realizzativa, la
20 struttura di pala può comprendere una sola coppia di strutture a pettine atte ad essere accoppiate fra loro per formare un unico troncone di struttura connesso rispettivamente alla porzione longitudinale di bordo d'attacco ed alla punta di pala.

25 **[0045]** In base a quanto sopra descritto, è possibile

dunque comprendere come una pala per generatore eolico ed un metodo di assemblaggio di tale pala secondo la presente descrizione consentano di conseguire gli obiettivi sopra citati.

5 **[0046]** Il fatto di mettere a disposizione una pala per un generatore eolico che sia almeno parzialmente trasparente, consente infatti convenientemente di vedere attraverso le pale l'ambiente che si trova oltre le pale stesse, riducendo in tal modo l'impatto visivo del
10 generatore eolico e permettendo quindi una migliore armonizzazione di quest'ultimo con l'ambiente circostante rispetto ai generatori eolici della tecnica nota.

[0047] Fermo restando il principio dell'invenzione, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione
15 potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto ed illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione come definito nelle annesse rivendicazioni.

20

RIVENDICAZIONI

1. Pala (6) per un generatore eolico (1) per la conversione di energia eolica in energia elettrica, comprendente:

- 5 - una struttura di pala (7) estesa longitudinalmente lungo un asse di pala (X1) e comprendente una punta di pala (11), un'opposta radice di pala (12), una porzione longitudinale di bordo d'attacco (13) ed una porzione longitudinale bordo d'uscita (14) che sono estese fra la
10 radice di pala (12) e la punta di pala (11); e
- un guscio aerodinamico esterno (20) che definisce un profilo alare (25) includente un bordo d'attacco di profilo alare (26), un bordo d'uscita di profilo alare (27) e un estradosso ed un intradosso di profilo alare
15 (28, 29) fra detti bordi d'attacco e d'uscita di profilo alare (26, 27);

detta pala (6) essendo caratterizzata dal fatto che il guscio aerodinamico esterno (20) comprende un pannello di estradosso (31) ed un pannello di intradosso (33) che
20 sono realizzati in un materiale trasparente e sono fissati alla struttura di pala (7) in modo da definire almeno in parte rispettivamente l'estradosso e l'intradosso di profilo alare (28, 29), in cui detta pala (6) comprende una regione trasparente (40) fra detti
25 pannelli trasparenti (31, 33) e in cui detti pannelli

trasparenti (31, 33) sono disposti fra loro affacciati in modo tale che è possibile vedere attraverso la pala (6) guardando attraverso detti pannelli trasparenti (31, 33) e detta regione trasparente (40).

5 2. Pala (6) secondo la rivendicazione 1, in cui detto generatore eolico (1) è un generatore mini-eolico.

3. Pala (6) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la struttura di pala (7) comprende una pluralità di costole di rinforzo (15) che sono fra loro spaziate nella
10 direzione dell'asse di pala (X1) e sono estese trasversalmente a detto asse di pala (X1) fra la porzione longitudinale di bordo d'attacco (13) e la porzione longitudinale di bordo d'uscita (14), detta pala (6) comprendendo una pluralità di regioni trasparenti (40)
15 che sono fra loro affiancate nella direzione dell'asse di pala (X1) ed interposte fra detti pannelli trasparenti (31, 32, 33, 34), ciascuna di dette regioni trasparenti (40) essendo delimitata fra una coppia di costole di rinforzo (15) adiacenti e fra dette porzioni
20 longitudinali di bordo d'attacco e di bordo d'uscita (13, 14).

4. Pala secondo la rivendicazione 3, in cui ciascuno di detti pannelli trasparenti (31, 33) comprende una faccia interna (31A, 33A) ed una opposta faccia esterna
25 (31B, 33B), e in cui la pala (6) comprende una sede di

fissaggio di estradosso (50) ed una sede di fissaggio di intradosso situate rispettivamente sul lato di estradosso e sul lato di intradosso della pala (6) per fissare detti pannelli trasparenti (31, 33) alla struttura di pala (7),
5 ciascuna di dette sedi di fissaggio (50) comprendendo una superficie di fissaggio (51, 52, 53) che è arretrata verso l'interno della pala (6) rispetto al guscio aerodinamico esterno (20) e che è rivolta verso la faccia interna (31A) del rispettivo pannello trasparente (31),
10 la superficie di fissaggio (51, 52, 53) essendo fissata a tale faccia interna (31A) e comprendendo:
- due porzioni di superficie longitudinali (51, 52) che si estendono fra la punta di pala (11) e la radice di pala (12) e che sono associate o connesse rispettivamente
15 alla porzione longitudinale di bordo d'attacco (13) ed alla porzione longitudinale di bordo d'uscita (14); e
- una pluralità di superfici trasversali (53) che sono estese trasversalmente rispetto all'asse di pala (X1) fra le porzioni di superficie longitudinali (51, 52).
20 5. Pala (6) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la struttura di pala (7) comprende una coppia di strutture conformate generalmente a pettine (62, 64) comprendenti ciascuna una costola di pettine (62A, 64A) ed una pluralità di denti
25 di pettine (62B, 64B) che sono formati in sol pezzo con

la costola di pettine (62A, 64A) e che si aggettano trasversalmente da tale costola (62A, 64A), le strutture a pettine di detta coppia (62, 64) essendo accoppiate fra loro in modo tale che dette costole di pettine (62A, 64A) 5 definiscono almeno in parte la porzione longitudinale di bordo d'uscita (14) mentre detti denti di pettine (62B, 64B) definiscono una pluralità di dette costole rinforzo (15).

6. Pala (6) secondo una qualsiasi delle 10 rivendicazioni precedenti, in cui la porzione longitudinale di bordo d'attacco (13) comprende un organo tubolare longitudinale (13), detto organo tubolare longitudinale (13) avendo un profilo della sezione trasversale conformato ad anello chiuso che comprende una 15 coppia di gradini (71, 72) situati su due lati opposti dell'organo tubolare longitudinale (13) per definire dette sedi di fissaggio di estradosso (50) e di intradosso.

7. Pala secondo la rivendicazione 6, in cui l'organo 20 tubolare longitudinale comprende un primo segmento tubolare (13A) avente una porzione di estremità a manicotto (78) ed un secondo segmento tubolare (13B) avente una porzione di estremità coniugata (79) rispetto a detta porzione a manicotto (78), la porzione di 25 estremità a manicotto essendo adatta ad essere innestata

nella porzione di estremità coniugata (79) per accoppiare fra loro detti primo e secondo segmento tubolare (13A, 13B).

8. Pala (6) secondo la rivendicazione 6 in quanto
5 dipendente dalle rivendicazioni 3 e 5, in cui i denti di pettine di dette strutture a pettine (62, 64) comprendono delle alette di fissaggio (76) e in cui detto organo tubolare longitudinale (13) comprende una pluralità di recessi di fissaggio (75) in cui sono ricevute e fissate
10 le alette di fissaggio (76) in modo tale che le alette di fissaggio (76) definiscano almeno in parte due di dette porzioni superficie longitudinali (51) appartenenti rispettivamente alla sede di fissaggio di estradosso (50) ed alla sede di fissaggio di intradosso.

15 9. Pala (6) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un primo ed un secondo tipo di elementi di fissaggio (55) diversi fra loro per fissare ciascuno di detti pannelli trasparenti (31, 33) alla struttura di pala (7), gli elementi di
20 fissaggio del primo tipo comprendendo una sostanza adesiva.

10. Pala (6) per generatore eolico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti in cui la struttura di pala (7) è realizzata interamente o
25 pressoché interamente in fibra di carbonio.

11. Generatore eolico (1) comprendente almeno una pala come definita in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

12. Metodo di assemblaggio (100) di una pala (6)
5 per un generatore eolico (1) per la conversione di energia eolica in energia elettrica, comprendente una fase (110) di fornire una struttura di pala (7) estesa longitudinalmente lungo un asse di pala (X1) e delimitante almeno una regione trasparente (40), la
10 struttura di pala comprendendo una punta di pala (11), un'opposta radice di pala (12), una porzione longitudinale di bordo d'attacco (13) ed una porzione longitudinale bordo d'uscita (14) che sono estese fra la radice di pala (12) e la punta di pala (11);

15 detto metodo di assemblaggio (100) essendo caratterizzato dal fatto di comprendere:

- una fase (120) di fornire un pannello di estradosso (31) ed un pannello di intradosso (33) realizzati in un materiale trasparente;
- 20 - una fase (130) di fissare alla struttura di pala (7) detti pannelli trasparenti (31, 33) fra loro affacciati, detta regione trasparente (40) essendo interposta fra detti pannelli trasparenti (31, 33) in modo tale che è possibile vedere attraverso la pala (6) guardando
25 attraverso detti pannelli trasparenti (31, 33) e detta

regione trasparente (40);

detti pannelli trasparenti essendo tali da definire insieme alla struttura di pala (7) un guscio aerodinamico esterno (20), detto guscio aerodinamico (20) definendo un
5 profilo alare (25) includente un bordo d'attacco di profilo alare (26), un bordo d'uscita di profilo alare (27) e un estradosso ed un intradosso di profilo alare (28, 29) fra detti bordi d'attacco e d'uscita di profilo alare (26, 27), detti pannelli trasparenti essendo
10 fissati alla struttura di pala (7) in modo da definire almeno in parte rispettivamente l'estradosso e l'intradosso di profilo alare (28, 29).

13. Metodo di assemblaggio (100) secondo la rivendicazione 12, in cui detta fase (110) di fornire la
15 struttura di pala (7) comprende:

- un'operazione di fornire una coppia di strutture conformate generalmente a pettine (62, 64) comprendenti ciascuna una costola di pettine (62A, 64A) ed una pluralità di denti di pettine (62B, 64B) che sono formati
20 in un sol pezzo con la costola di pettine (62A, 64A) e che si aggettano trasversalmente da tale costola (62A, 64A); e

- un'operazione di accoppiare fra loro dette strutture a pettine (62, 64) in modo tale che dette costole di
25 pettine (62A, 64A) definiscono almeno in parte la

porzione longitudinale di bordo d'uscita (14) mentre detti denti di pettine (62B, 64B) definiscono una pluralità di dette costole rinforzo (15).

14. Metodo di assemblaggio (100) secondo la
5 rivendicazione 13, in cui detti denti di pettine (62B, 64B) comprendono delle alette di fissaggio (76), detta porzione longitudinale di bordo d'attacco (13) comprende una pluralità di recessi di fissaggio (75) e detta struttura di pala (7) comprende una sede di fissaggio di
10 estradosso (50) ed una sede di fissaggio di intradosso situate rispettivamente sul lato di estradosso e sul lato di intradosso di detta pala (6) per fissare detti pannelli trasparenti (31, 33) alla struttura di pala (7), detta fase (110) di fornire la struttura di pala (7)
15 comprendendo un'operazione di inserire le alette di fissaggio (76) nei recessi di fissaggio per accoppiare dette strutture a pettine (62, 64) alla porzione longitudinale di bordo d'attacco (13), le alette di fissaggio (76) essendo ricevute nei recessi di fissaggio
20 (75) in modo tale da definire almeno in parte due porzioni di superficie longitudinali (51) appartenenti rispettivamente a detta sede di fissaggio di estradosso (50) e a detta sede di fissaggio di intradosso.

15. Metodo di assemblaggio (100) secondo una
25 qualsiasi delle rivendicazioni da 12 a 14, in cui detta

fase (110) di fornire la struttura di pala (7) comprende:

- un'operazione di fornire un primo segmento tubolare (13A) avente una porzione di estremità a manicotto (78);
- un'operazione di fornire un secondo segmento tubolare (13B) avente una porzione di estremità coniugata (79) rispetto a detta porzione a manicotto (78); e
- un'operazione di innestare la porzione di estremità a manicotto (78) nella porzione di estremità coniugata (79) per accoppiare fra loro detti primo e secondo segmento tubolare (13A, 13B) in modo da formare un organo tubolare longitudinale (13) che è adatto a definire detta porzione longitudinale di bordo d'attacco (13).

CLAIMS

1. Blade (6) for a wind turbine (1) for converting wind energy into electric energy, comprising:

- a blade structure (7) longitudinally extending along a blade axis (X1) and comprising a blade tip (11), an opposite blade root (12), a longitudinal leading edge portion (13) and a longitudinal trailing edge portion (14) which are extended between the blade root (12) and the blade tip (11); and

- an outer aerodynamic shell (20) defining an airfoil (25) including an airfoil leading edge (26), an airfoil trailing edge (27) and an airfoil suction side and an airfoil pressure side (28, 29) between said airfoil leading and trailing edges (26, 27);

said blade (6) being characterized in that the outer aerodynamic shell (20) comprises a suction side panel (31) and a pressure side panel (33) which are made of a transparent material and are fastened to the blade structure (7) so as to define, at least partially, the airfoil suction side and the airfoil pressure side (28, 29), respectively, wherein said blade (6) comprises a transparent region (40) between said transparent panels (31, 33) and wherein said transparent panels (31, 33) are arranged facing one another so that it is possible to see through the blade (6) looking through said transparent

panels (31, 33) and said transparent region (40).

2. Blade (6) according to claim 1, wherein said wind turbine (1) is a mini-wind turbine.

3. Blade (6) according to claim 1 or 2, wherein the
5 blade structure (7) comprises a plurality of reinforcement
ribs (15) which are spaced apart from each other in the
direction of the blade axis (X1) and extend transversally
with respect to said blade axis (X1) between the
longitudinal leading edge portion (13) and the longitudinal
10 trailing edge portion (14), said blade (6) comprising a
plurality of transparent regions (40) which are arranged
adjacent to one another in the direction of the blade axis
(X1) and interposed between said transparent panels (31,
32, 33, 34), each one of said transparent regions (40)
15 being delimited by a pair of adjacent reinforcement ribs
(15) and by said longitudinal leading and trailing edge
portions (13, 14).

4. Blade according to claim 3, wherein each of said
transparent panels (31, 33) comprises an inner face (31A,
20 33A) and an opposite outer face (31B, 33B), and wherein the
blade (6) comprises a suction side fastening seat (50) and
a pressure side fastening seat arranged on the suction side
and pressure side of the blade (6) respectively to fasten
said transparent panels (31, 33) to the blade structure
25 (7), each of said fastening seats (50) comprising a

fastening surface (51, 52, 53) set back towards the inside of the blade (6) with respect to the outer aerodynamic shell (20) and facing towards the inner face (31A) of the respective transparent panel (31), the fastening surface
5 (51, 52, 53) being fastened to such inner face (31A) and comprising:

- two longitudinal surface portions (51, 52) extending between the blade tip (11) and the blade root (12) and which are associated or connected to the longitudinal
10 leading edge portion (13) and to the longitudinal trailing edge portion (14), respectively; and

- a plurality of transversal surfaces (53) extending transversally with respect to the blade axis (X1) between the longitudinal surface portions (51, 52).

15 5. Blade (6) according to any one of the previous claims, wherein the blade structure (7) comprises a pair of generally comb-shaped structures (62, 64) each comprising a comb spine (62A, 64A) and a plurality of comb teeth (62B, 64B) which are integrally formed with the comb spine (62A, 64A) and transversally projecting from said spine (62A, 64A), the comb-shaped structures of said pair (62, 64)
20 being mutually coupled in such a way that said comb spines (62A, 64A) define at least partially the longitudinal trailing edge portion (14), whereas said comb teeth (62B, 64B) define a plurality of said reinforcement ribs (15).
25

6. Blade (6) according to any one of the previous claims, wherein the longitudinal leading edge portion (13) comprises a longitudinal tubular member (13), said longitudinal tubular member (13) having a cross-section
5 profile shaped as a closed loop comprising a pair of steps (71, 72) arranged on two opposite sides of the longitudinal tubular member (13) to define said suction side and pressure side fastening seats (50).

7. Blade according to claim 6, wherein the longitudinal
10 tubular member comprises a first tubular segment (13A) having a sleeve end portion (78) and a second tubular segment (13B) having a conjugated end portion (79) with respect to said sleeve end portion (78), the sleeve end portion being adapted to be fitted in the conjugated end
15 portion (79) to mutually couple said first and second tubular segments (13A, 13B).

8. Blade (6) according to claim 6 when depending on claims 3 and 5, wherein the comb teeth of said comb-shaped structures (62, 64) comprise fastening fins (76) and
20 wherein said longitudinal tubular member (13) comprises a plurality of fastening recesses (75) in which the fastening fins (76) are received and fastened in such a way that the fastening fins (76) define at least partially two of said longitudinal surface portions (51) respectively belonging
25 to the suction side fastening seat (50) and the pressure

side fastening seat.

9. Blade (6) according to any one of the previous claims, comprising a first and a second kind of fastening elements (55) different from each other to fasten each of
5 said transparent panels (31, 33) to the blade structure (7), the fastening elements of the first kind comprising an adhesive substance.

10. Blade (6) for wind turbine according to any one of the previous claims wherein the blade structure (7) is
10 entirely or almost entirely made of carbon fiber.

11. Wind turbine (1) comprising at least one blade as defined in any one of the previous claims.

12. Method (100) for assembling a blade (6) for a wind turbine (1) for converting wind energy into electric
15 energy, comprising a step (110) of providing a blade structure (7) longitudinally extending along a blade axis (X1) and delimiting at least a transparent region (40), the blade structure comprising a blade tip (11), an opposite blade root (12), a longitudinal leading edge portion (13)
20 and a longitudinal trailing edge portion (14) which are extended between the blade root (12) and the blade tip (11);

said assembly method (100) being characterized in that it comprises:

25 - a step (120) of providing a suction side panel (31)

and a pressure side panel (33) made of a transparent material;

- a step (130) of fastening to the blade structure (7) said transparent panels (31, 33) facing each other, said transparent region (40) being interposed between said transparent panels (31, 33) in such a way that it is possible to see through the blade (6) looking through said transparent panels (31, 33) and said transparent region (40);

said transparent panels being such as to define together with the blade structure (7) an outer aerodynamic shell (20), said aerodynamic shell (20) defining an airfoil (25) including an airfoil leading edge (26), an airfoil trailing edge (27) and an airfoil suction side and an airfoil pressure side (28, 29) between said airfoil leading and trailing edges (26, 27), said transparent panels being fastened to the blade structure (7) so as to define at least partially the airfoil suction side and the airfoil pressure side (28, 29) respectively.

13. Assembly method (100) according to claim 12, wherein said step (110) of providing the blade structure (7) comprises:

- an operation of providing a pair of generally comb-shaped structures (62, 64) each comprising a comb spine (62A, 64A) and a plurality of comb teeth (62B, 64B)

which are integrally formed with the comb spine (62A, 64A) and transversally projecting from such spine (62A, 64A); and

5 - an operation of mutually coupling said comb-shaped structures (62, 64) in such a way that said comb spines (62A, 64A) define at least partially the longitudinal trailing edge portion (14) whereas said comb teeth (62B, 64B) define a plurality of said reinforcement ribs (15).

14. Assembly method (100) according to claim 13, wherein
10 said comb teeth (62B, 64B) comprise fastening fins (76), said longitudinal leading edge portion (13) comprises a plurality of fastening recesses (75) and said blade structure (7) comprises a suction side fastening seat (50) and a pressure side fastening seat arranged on the suction
15 side and on the pressure side of said blade (6) respectively to fasten said transparent panels (31, 33) to the blade structure (7), said step (110) of providing the blade structure (7) comprising an operation of inserting the fastening fins (76) in the fastening recesses to couple
20 said comb-shaped structures (62, 64) to the longitudinal leading edge portion (13), the fastening fins (76) being received in the fastening recesses (75) in such a way as to define at least partially two longitudinal surface portions (51) belonging to said suction side fastening seat (50) and
25 to said pressure side fastening seat, respectively.

15. Assembly method (100) according to any one of claims 12 to 14, wherein said step (110) of providing the blade structure (7) comprises:

- an operation of providing a first tubular segment
5 (13A) having a sleeve end portion (78);

- an operation of providing a second tubular segment (13B) having a conjugated end portion (79) with respect to said sleeve portion (78); and

- an operation of fitting the sleeve end portion (78) in
10 the conjugated end portion (79) to mutually couple said first and second tubular segment (13A, 13B) in order to form a longitudinal tubular member (13) which is suitable for defining said longitudinal leading edge portion (13).

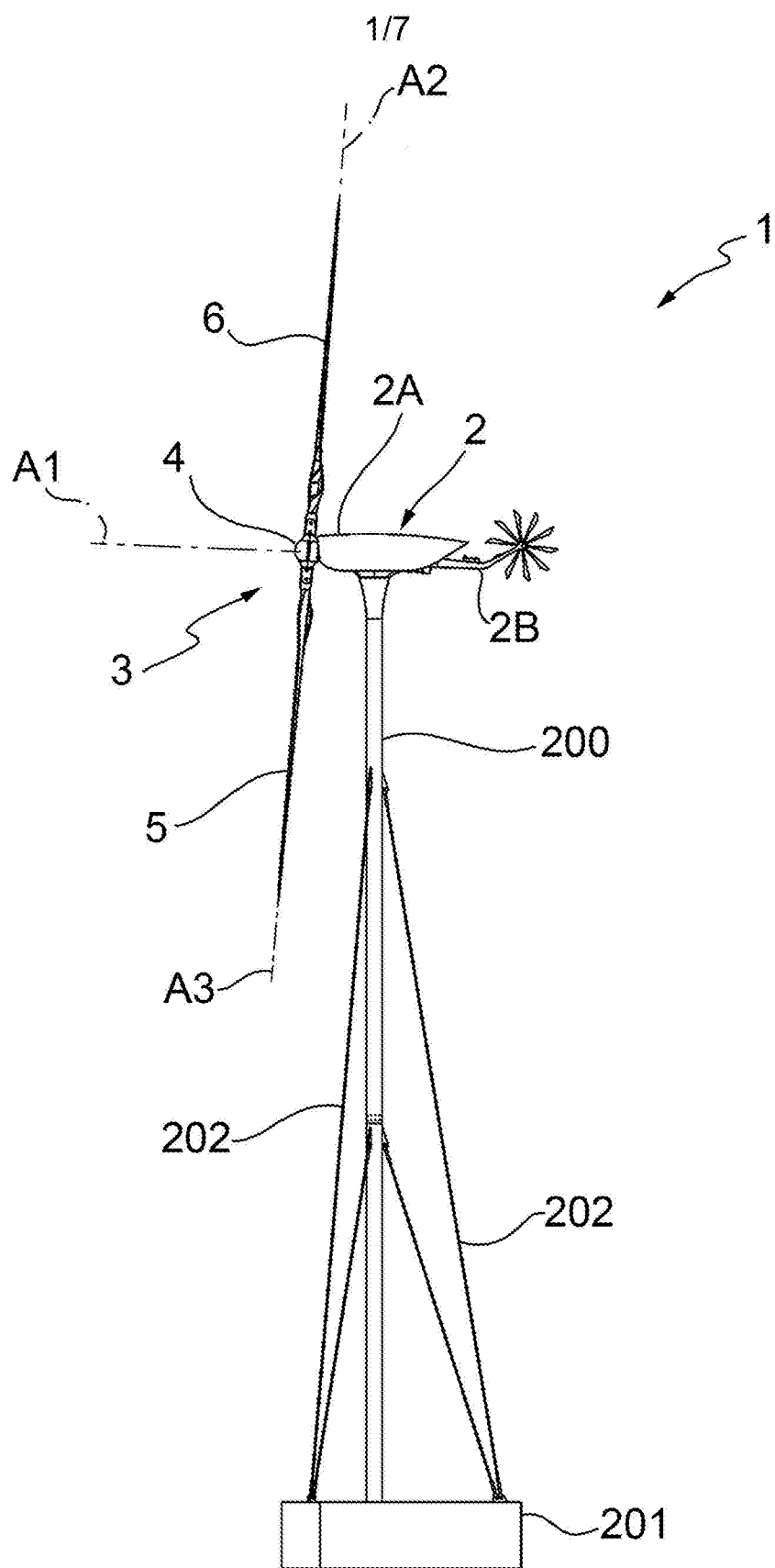


Fig.1

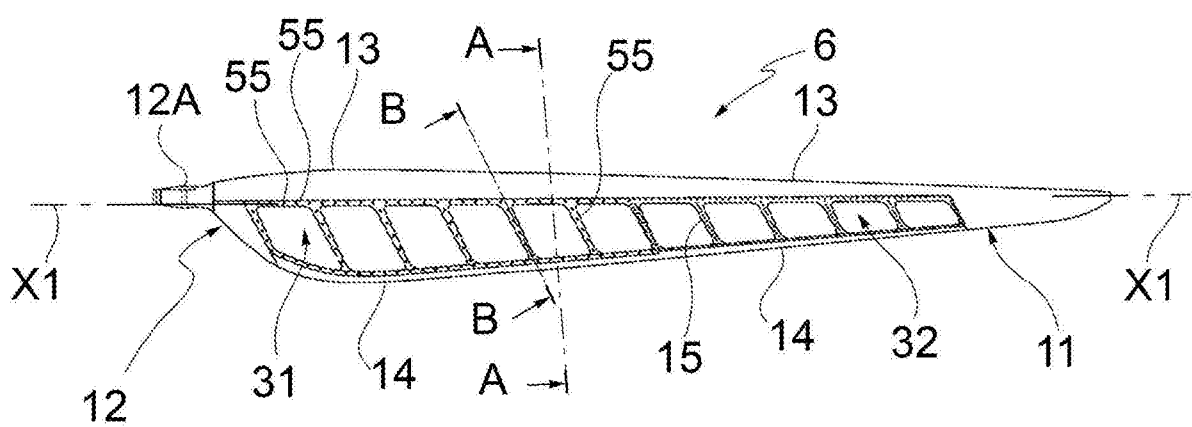


Fig. 2

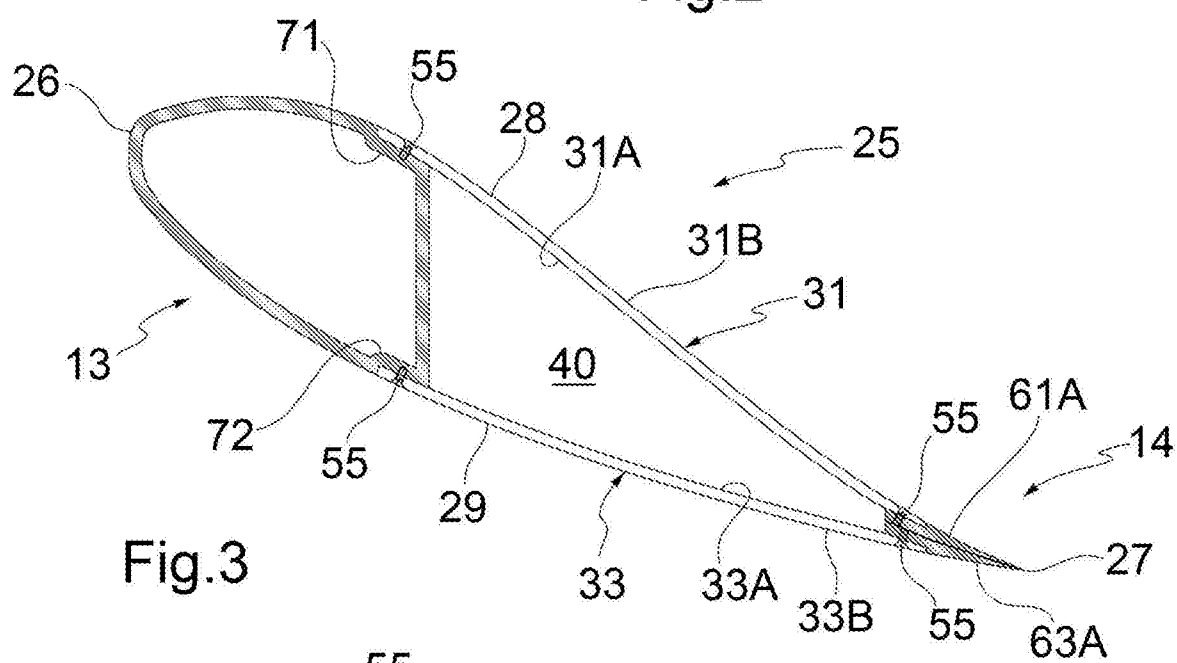


Fig. 3

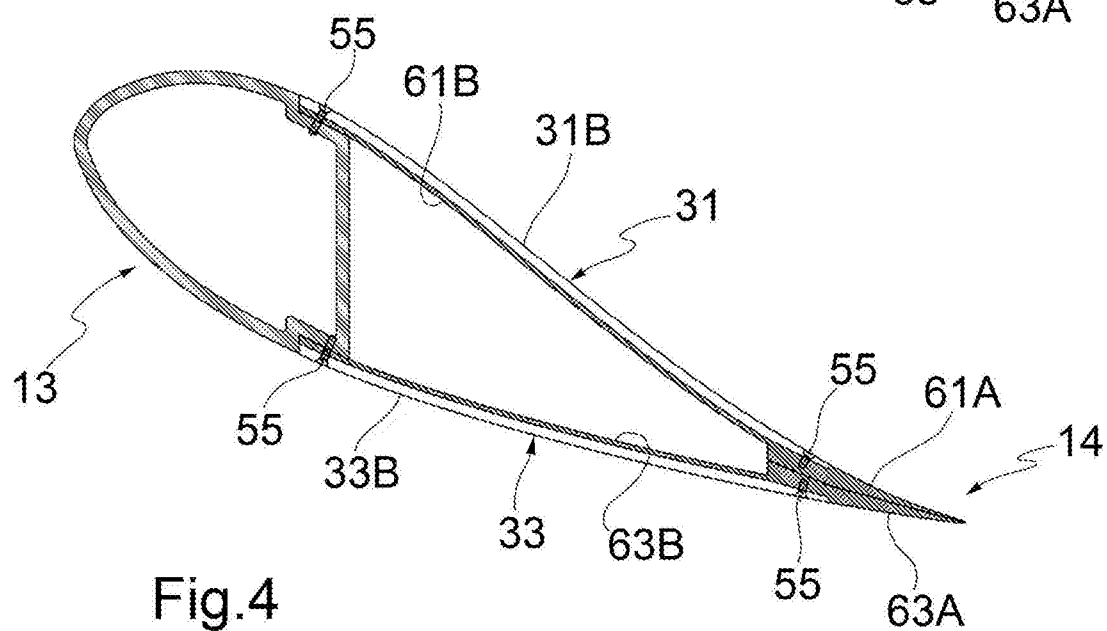


Fig. 4

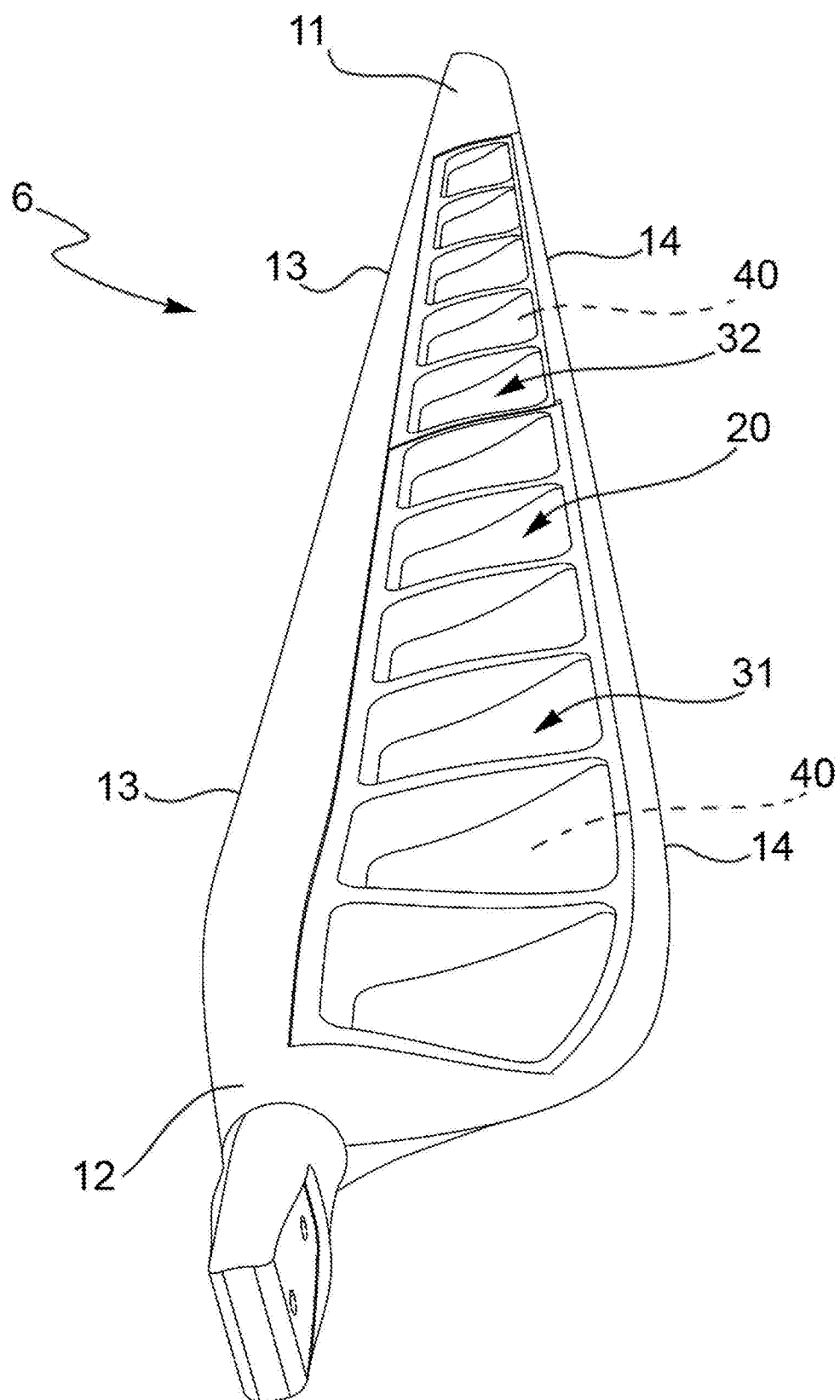


Fig.5

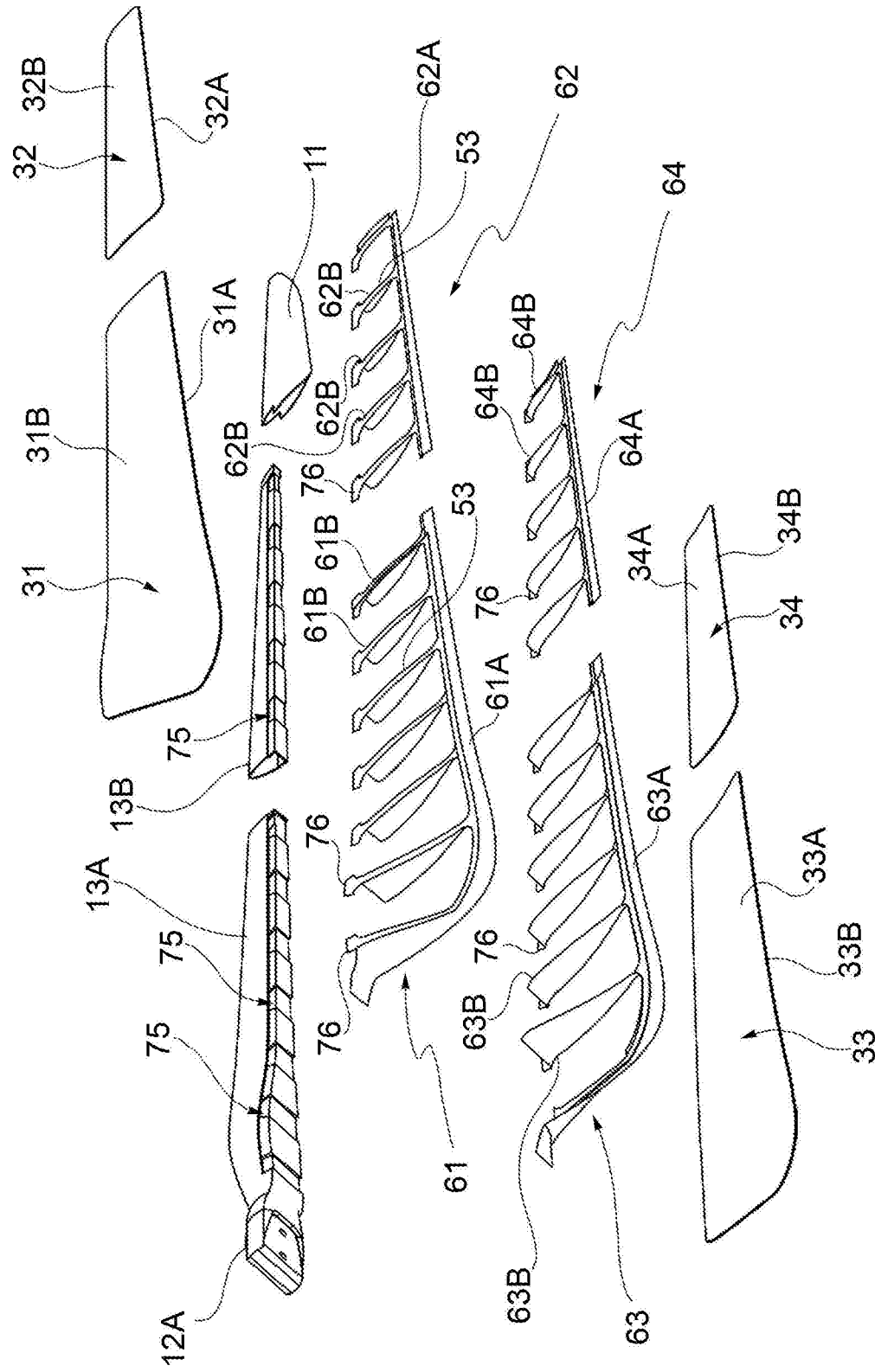


Fig. 6

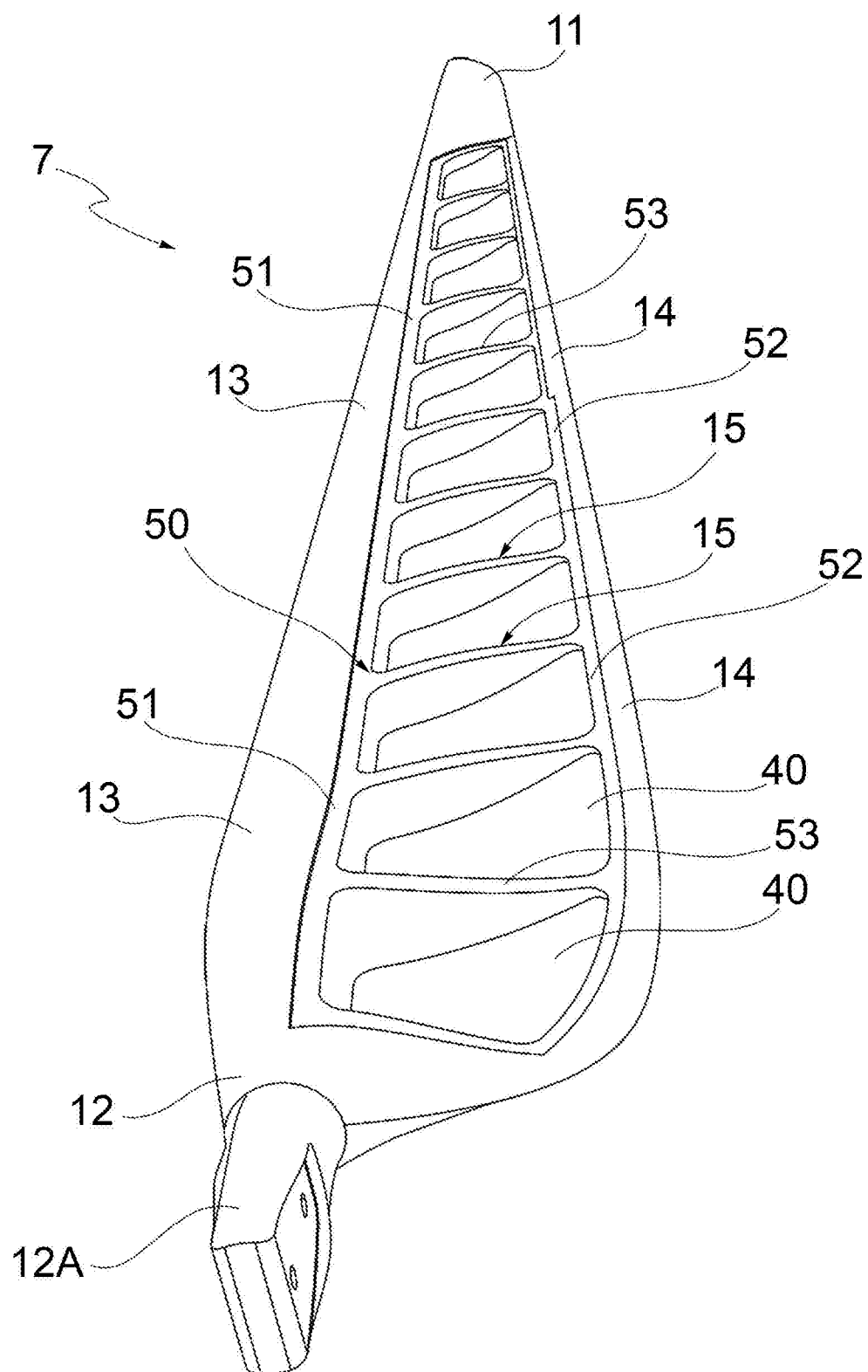


Fig.7

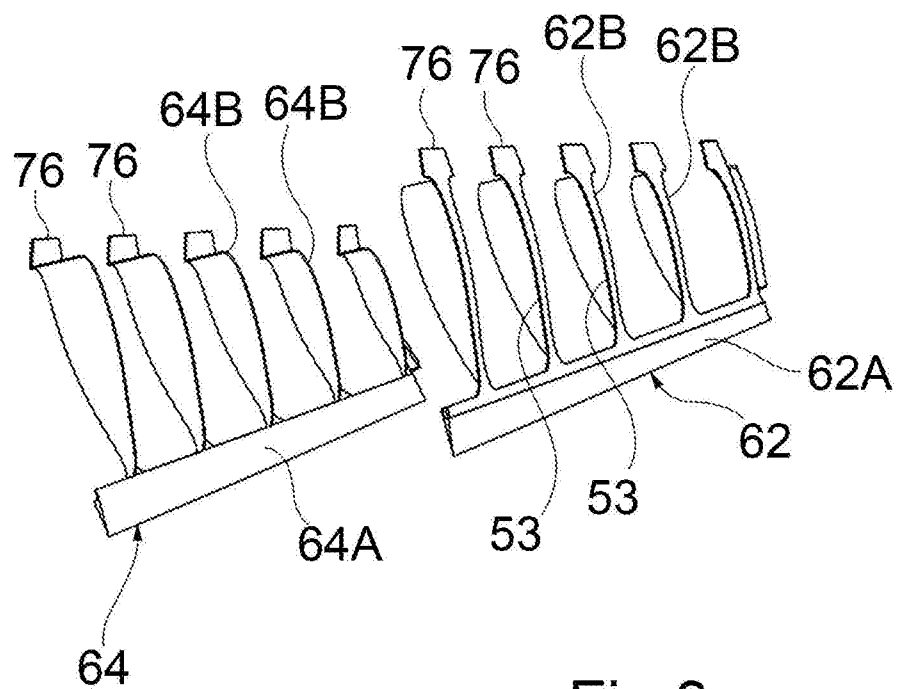


Fig. 8

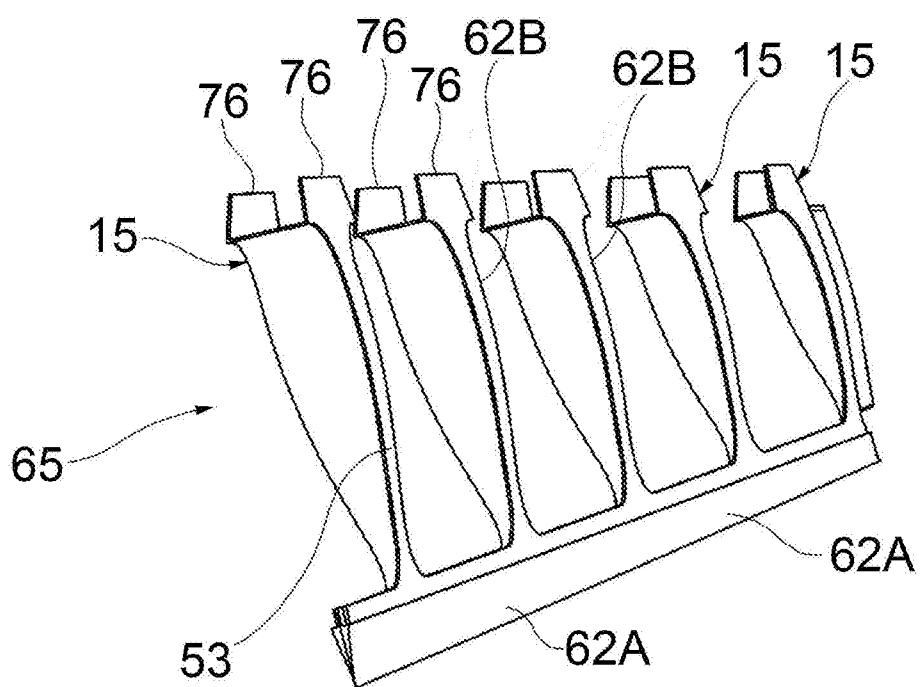


Fig. 9

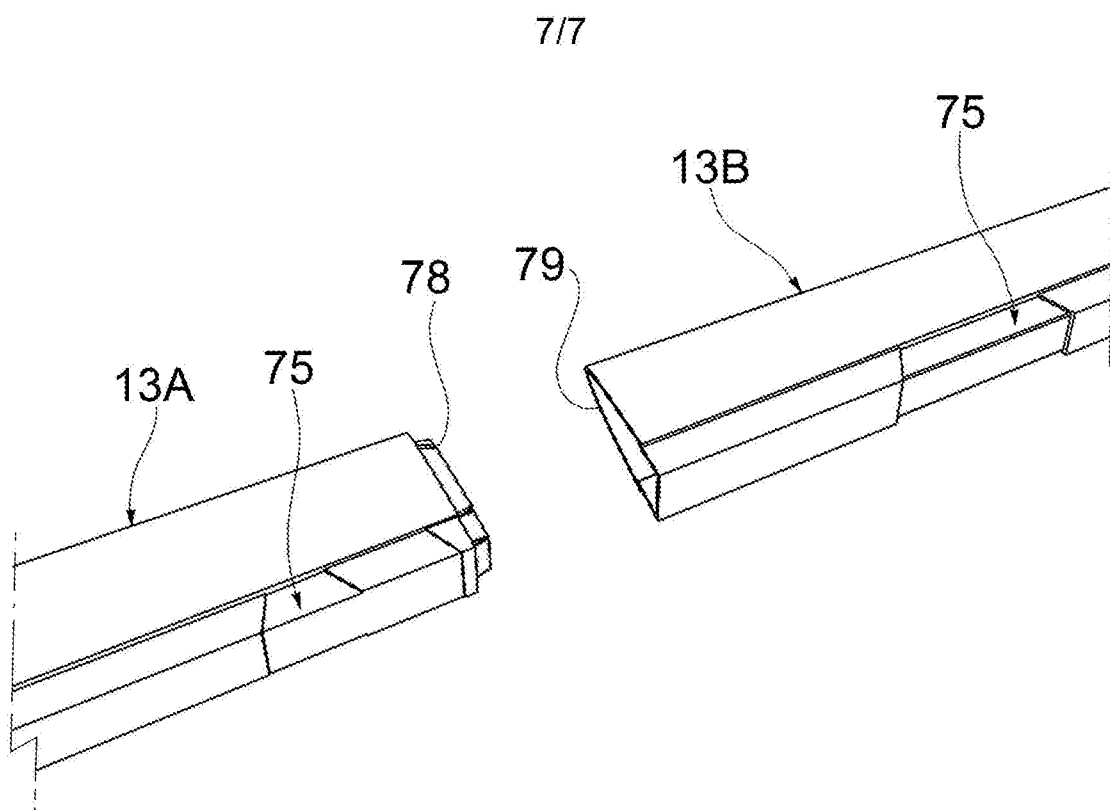


Fig.10

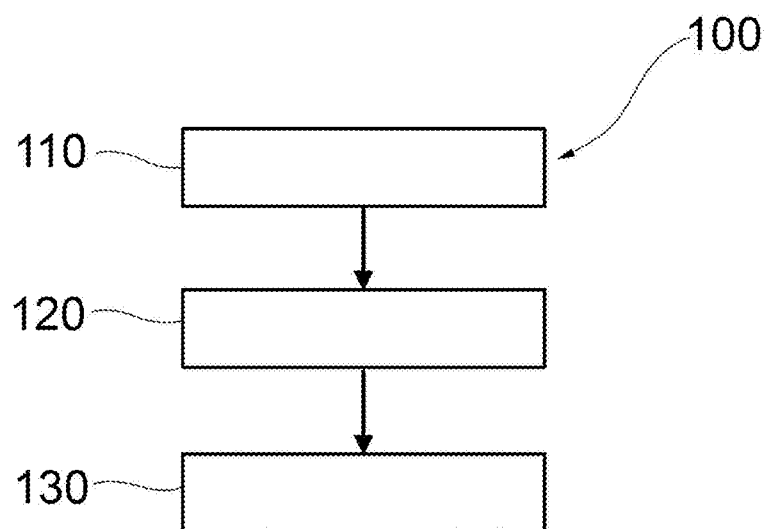


Fig.11