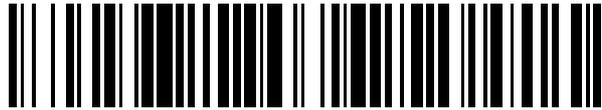


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 684**

51 Int. Cl.:

**F03B 3/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2003 E 03773816 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2012 EP 1546549**

54 Título: **Rodete de tipo Francis**

30 Prioridad:

**02.10.2002 FR 0212199**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**25.02.2013**

73 Titular/es:

**ALSTOM HYDRO FRANCE (100.0%)  
3 AVENUE ANDRE MALRAUX  
92300 LEVALLOIS PERRRET, FR**

72 Inventor/es:

**BAZIN, DANIELE y  
COUSTON, MICHEL, HENRI**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 396 684 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Rodete de tipo Francis

[0001] La invención se refiere a un rodete de tipo Francis y a una turbina dotada de este rodete.

5 [0002] Los rodetes de tipo Francis pueden equipar diferentes tipos de máquinas hidráulicas, tales como turbinas, bombas o turbinas-bombas, ver el documento US - A - 4 479 757. Comprenden unos álabes distribuidos alrededor de un árbol central de rotación y que definen entre sí unos conductos de circulación de agua. En el caso de las turbinas, la geometría de los álabes de estos rodetes está definida para que la circulación del agua induzca un par de rotación sobre la rodete. La potencia que puede suministrar una turbina dotada de este rodete depende de su geometría, muy especialmente de su diámetro, en relación con su velocidad de rotación.

10 [0003] En determinadas configuraciones de una máquina hidráulica Francis, el diámetro del rodete está impuesto, en especial en caso de rehabilitación de una instalación donde el diámetro no se puede modificar sin de importantes trabajos de ingeniería civil.

15 [0004] En el caso de una turbina Francis clásica, representada parcialmente con vistas en planta y vista al interior parcial de la figura 1, la velocidad  $V$  de inyección del agua se descompone en una velocidad lineal  $U$  del borde de ataque  $B$  de un álabe  $A$  de turbina y una velocidad relativa  $W$  del chorro de agua con respecto al álabe  $A$ . En estas condiciones, es habitual concebir un rodete de turbina Francis para que la fibra media  $M$  de cada álabe esté orientada según una recta  $\Delta$  que forma un ángulo  $\alpha$  inferior a  $90^\circ$  con respecto a la velocidad lineal de avance  $U$  de su borde de ataque  $B$ .

20 [0005] Se prevé, en el artículo « Why not make the turbines cavitation free » de Monsieur Brekke (Proceedings of International Conférence on Hydropower vol 3, 1997) diferentes orientaciones para el borde de ataque de los álabes de un rodete de turbina Francis.

25 [0006] Sin embargo, en especial en caso de rehabilitación, las condiciones de utilización de la turbina pueden verse modificadas, en especial por disminución de la velocidad de rotación y/o aumento de la altura de caída, en cuyo caso la orientación del borde de ataque de los álabes deja de ser compatible con el ángulo de incidencia del chorro de agua. En este caso, se crean unos torbellinos y/o fenómenos de cavitación a proximidad de las superficies de intrados y extrados de los álabes, lo cual disminuye el rendimiento de la máquina hidráulica y favorece los fenómenos de desgaste.

[0007] Son estos inconvenientes a los que más especialmente da remedio la invención proponiendo un nuevo rodete Francis que puede funcionar de manera satisfactoria en las nuevas condiciones de utilización definidas.

30 [0008] Con este espíritu, la invención se refiere a un rodete de tipo Francis que comprende un plafón, una cintura y unos álabes, que se extienden entre este plafón y esta cintura, definiendo estos álabes entre sí unos conductos de circulación de líquido. Este rodete se caracteriza por el hecho de que la relación del espesor máximo de cada álabe con respecto a la longitud desarrollada media de su fibra media está comprendida entre 0,1 y 0,2 mientras que, al nivel del borde de ataque de este álabe, la fibra media está orientada, sobre sensiblemente toda la altura del borde  
35 de ataque, según una recta que forma un ángulo ( $\alpha$ ) superior a  $90^\circ$  con respecto a la velocidad lineal de avance del borde de ataque del álabe en el sentido de rotación del rodete.

[0009] Gracias a la invención, la combinación de la orientación particular del borde de ataque y del espesor máximo del álabe permite un funcionamiento sin creación de torbellinos o fenómenos de cavitación molestos.

40 [0010] Según otros aspectos ventajoso de la invención, este rodete incorpora una o varias de las características siguientes:

- la relación precitada es superior a 0,13 y, preferentemente, superior a 0,15.

- El ángulo medio entre la velocidad lineal de progresión de un álabe al nivel de su borde de ataque y la fibra media de este álabe al nivel de este borde está comprendido entre  $110^\circ$  y  $140^\circ$ .

45 - Cada álabe está formado por una piel que constituye sus caras laterales y que define un volumen interno hueco del álabe. Una tal estructura permite concebir la creación de álabes relativamente gruesos sin que su masa no sea demasiado elevada y sin que su precio de coste de material sea demasiado elevado. En este caso, la piel puede ser metálica o estar hecha de materia compuesta. Se puede también prever que la piel esté formada por ensamblado de dos placas que constituyen respectivamente el intrados y el extrados del álabe. Según un aspecto ventajoso, el volumen interno del álabe puede rellenarse con un material de relleno.

50 [0011] La invención también se refiere a una turbina hidráulica de tipo Francis que comprende un rodete tal como el anteriormente descrito.

**[0012]** La invención será mejor comprendida y otras ventajas de esta aparecerán más claramente a la luz de la descripción siguiente de un modo de realización de un rodete de turbina Francis conforme a su principio, determinada únicamente a título de ejemplo y hecha con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

5 - la figura 2 es una vista, en perspectiva y con vista parcial al interior, de un rodete de turbina Francis conforme a la invención;

- la figura 3 es una vista análoga a la figura 1 para la turbina de la figura 2 y

- la figura 4 es una sección transversal de principio, a mayor escala, de un álabe del rodete de las figuras 2 y 3.

10 **[0013]** El rodete 1 representado en las figuras 2 a 4 comprende unos álabes 2 idénticos y distribuidos alrededor de un eje central X-X' de rotación del rodete 1. Un plafón 3 está previsto en la parte superior del rodete 1, mientras que una cintura 4 bordea la parte inferior, radial y externa de los álabes 2. Un conducto de circulación 5 queda así definido entre cada par de dos álabes 2 adyacentes, estando este conducto bordeado por el plafón 3 y la cintura 4.

**[0014]** Se indica con 21 el borde de ataque de un álabe 2. Se indica con 22 su borde de fuga. Se define la fibra media 23 del álabe 2 como siendo, en cada plano transversal de este álabe, una curva situada a igual distancia de la cara de intrados 24 y de la cara de extrados 25 del álabe 2.

15 **[0015]** Se indica con L la longitud media de esta fibra 23, siendo esta media igual a la semisuma de la longitud de la fibra media de un álabe 2 al nivel del plafón 3 y al nivel de la cintura 4.

**[0016]** Se indica con  $e$  el espesor máximo del álabe 2.

**[0017]** La geometría del álabe 2 se escoge de tal manera que la relación  $e/L$  está comprendida entre 0,1 y 0,2, es decir que  $e$  representa entre 10 y 20% de L.

20 **[0018]** Se han llevado a cabo unos ensayos concluyentes con valores de  $e/L$  comprendidos entre 0,13 y 0,18. En particular, un rodete con un relación  $e/L$  igual a aproximadamente 0,16 funciona de manera muy satisfactoria.

**[0019]** Además, la geometría del álabe 2 es tal que, en la vecindad del borde de ataque 21, la fibra neutra 23 se extiende según una recta  $\Delta_{23}$  que forma un ángulo  $\alpha$  superior a  $90^\circ$  con respecto a la velocidad lineal de avance U del borde de ataque 21.

25 **[0020]** El ángulo  $\alpha$  tiene un valor media sobre la altura del borde 21 comprendido entre  $110^\circ$  y  $140^\circ$ , con preferentemente un valor máximo inferior a  $150^\circ$ .

**[0021]** La configuración representada a la figura 3 es la que prevalece sobre la mayor parte de la altura del borde de ataque 21 entre su punto de fijación al plafón 3 y su punto de fijación 214 a la cintura 4.

30 **[0022]** En otros términos, al nivel del borde de ataque 21, la fibra media 23 orientada del borde de fuga 22 hacia el borde de ataque 21 se prolonga en la dirección de la recta  $\Delta_{23}$  que, con respecto a un radio  $R_{21}$  del rodete 1 que pasa por el borde de ataque 21, se opone a la velocidad lineal U de progresión del borde 21. En la figura 3, se pasa por lo tanto del radio  $R_{21}$  a la recta  $\Delta_{23}$  por una rotación R en el sentido trigonométrico inverso. Si el rodete gira en sentido inverso, es decir en el sentido trigonométrico inverso, el reparto geométrico mencionado más arriba se invierte. Así, con una velocidad incidente V del chorro de agua análoga a aquella prevista para la turbina del estado de la técnica y como este chorro está orientado según la misma dirección, se puede obtener, con una velocidad lineal U del borde 21 relativamente reducida, una dirección de incidencia del chorro de agua sobre el borde de ataque 21 alineada con la recta  $\Delta_{23}$ , tal como figura por la flecha W que representa, en la figura 3, la velocidad del chorro incidente en la referencia del borde de ataque.

40 **[0023]** El espesor  $e$  relativamente elevado del álabe 2 es tal que, sobre su cara de intrados 24, hay poco riesgo de creación de torbellinos.

**[0024]** Tal como se representa en la figura 4, y teniendo en cuenta su espesor  $e$  relativamente importante, un álabe 2 está hecho con una piel 26 metálica que envuelve un volumen cuerpo  $V_2$ , lo cual permite una ganancia de peso y de materia apreciable con respecto al caso en que el álabe 2 sería previsto como mono-bloque y macizo. La piel 26 está formada por soldadura de dos placas de chapa 26<sub>1</sub> y 26<sub>2</sub> al nivel de dos zonas de soldadura 27<sub>1</sub> y 27<sub>2</sub>.

45 **[0025]** Como variante, pueden utilizarse unas placas de materia compuesta, que comprenden una resina orgánica cargada de fibras de refuerzo, para constituir la piel 26.

**[0026]** Con el fin de conferir una buena estabilidad dimensional al álabe 2, el volumen  $V_2$  puede rellenarse con una masa 28 de material de relleno, por ejemplo de espuma de materia plástica.

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Rodete de tipo Francis que comprende un plafón, una cintura y unos álabes que se extienden entre dicho plafón y dicha cintura, definiendo dichos álabes entre sí unos conductos de circulación de líquido, **caracterizado por el hecho de que** la relación ( $e/L$ ) del espesor máximo ( $e$ ) de cada álabe sobre la longitud desarrollada media ( $L$ ) de su fibra media (23) está comprendido entre 0, 1 y 0, 2 y por el hecho de que, al nivel del borde de ataque (21) de cada álabe, dicha fibra media está orientada, sobre sensiblemente toda la altura de dicho borde de ataque, según una recta ( $\Delta_{23}$ ) que forma un ángulo ( $\alpha$ ) superior a  $90^\circ$  con respecto a la velocidad lineal ( $U$ ) de avance de dicho borde de ataque en el sentido de rotación del rodete.
- 10 **2.** Rodete según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** dicha relación ( $e/L$ ) es superior a 0,13, preferentemente a 0,15.
- 3.** Rodete según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** el ángulo medio ( $\alpha$ ) entre la velocidad lineal ( $U$ ) de progresión de un álabe (2) al nivel de su borde de ataque (21) y la fibra media (23) de dicho álabe al nivel de dicho borde de ataque está comprendido entre  $110^\circ$  y  $140^\circ$ .
- 15 **4.** Rodete según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** cada álabe (2) está formado por una piel (26) que constituye las dos caras laterales (24, 25) de dicho álabe y que define un volumen interno hueco ( $V_2$ ) de dicho álabe.
- 5.** Rodete según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** dicha piel (26) es metálica.
- 6.** Rodete según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** dicha piel (26) está hecha de materia compuesta.
- 20 **7.** Rodete según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado por el hecho de que** dicha piel (26) está formada por ensamblado (271, 272) de dos placas ( $z_{61}$ , 262) que constituyen respectivamente el intrados (24) y el extrados (25) de dicho álabe (2).
- 8.** Rodete según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizado por el hecho de que** dicho volumen ( $v_2$ ) está relleno con un material de relleno (28).
- 25 **9.** Turbina hidráulica de tipo Francis dotada de un rodete (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

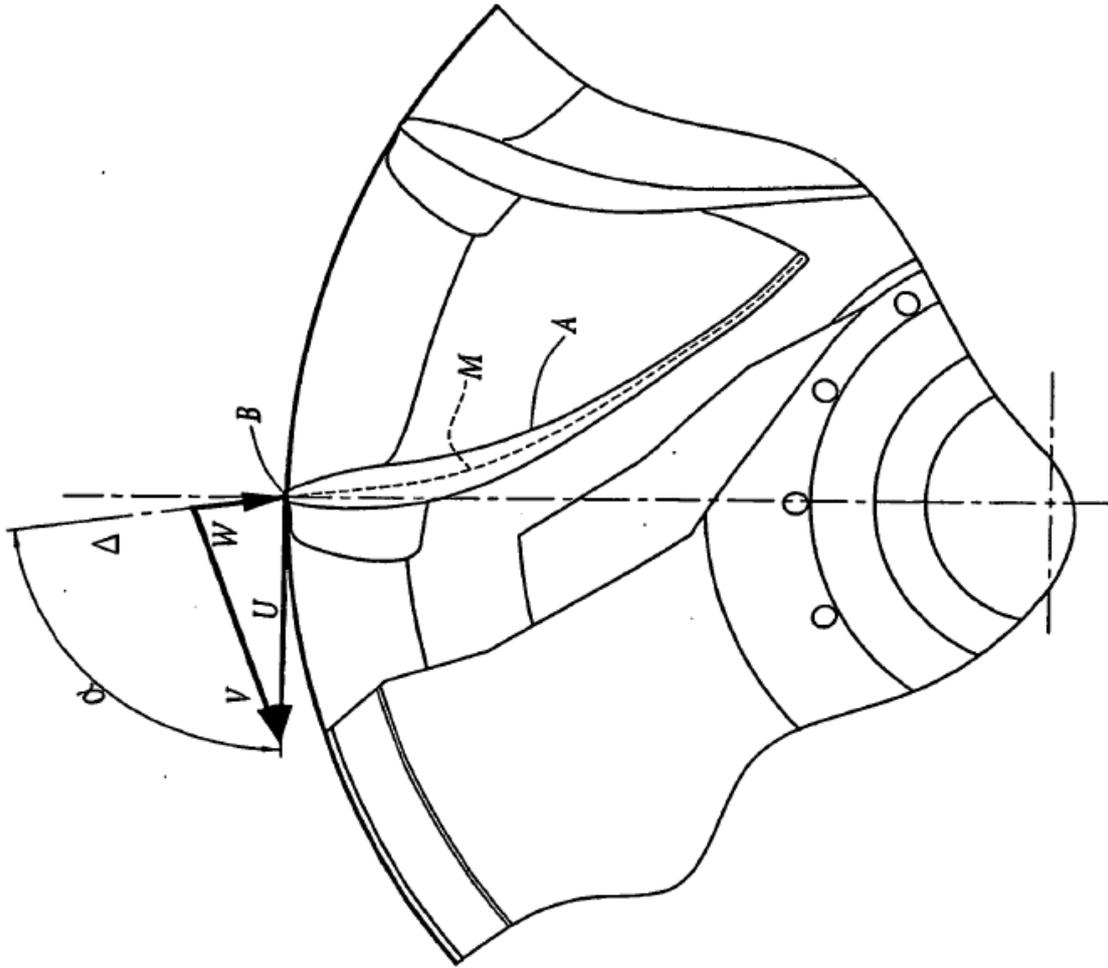


Fig. 1

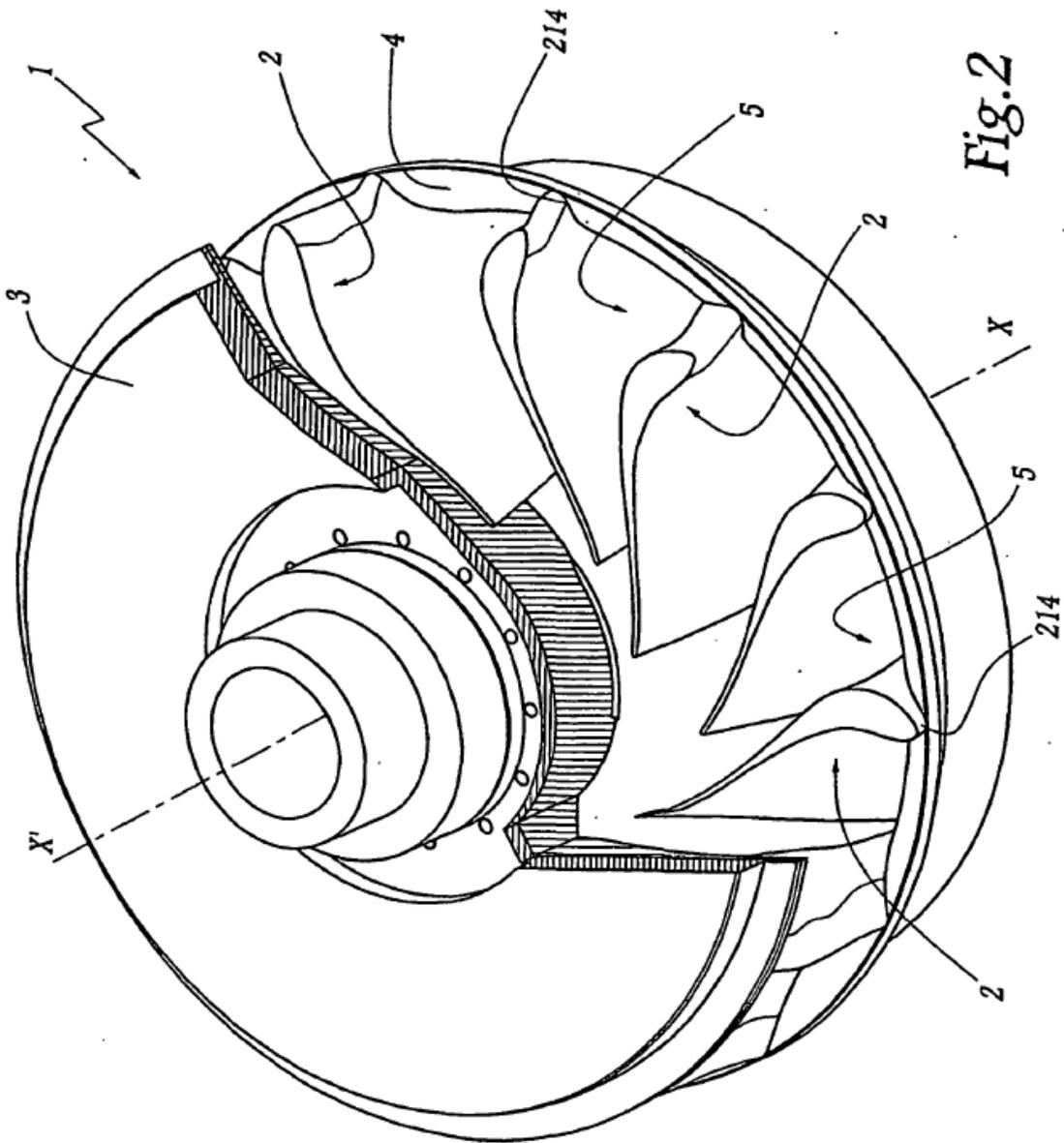


Fig. 2

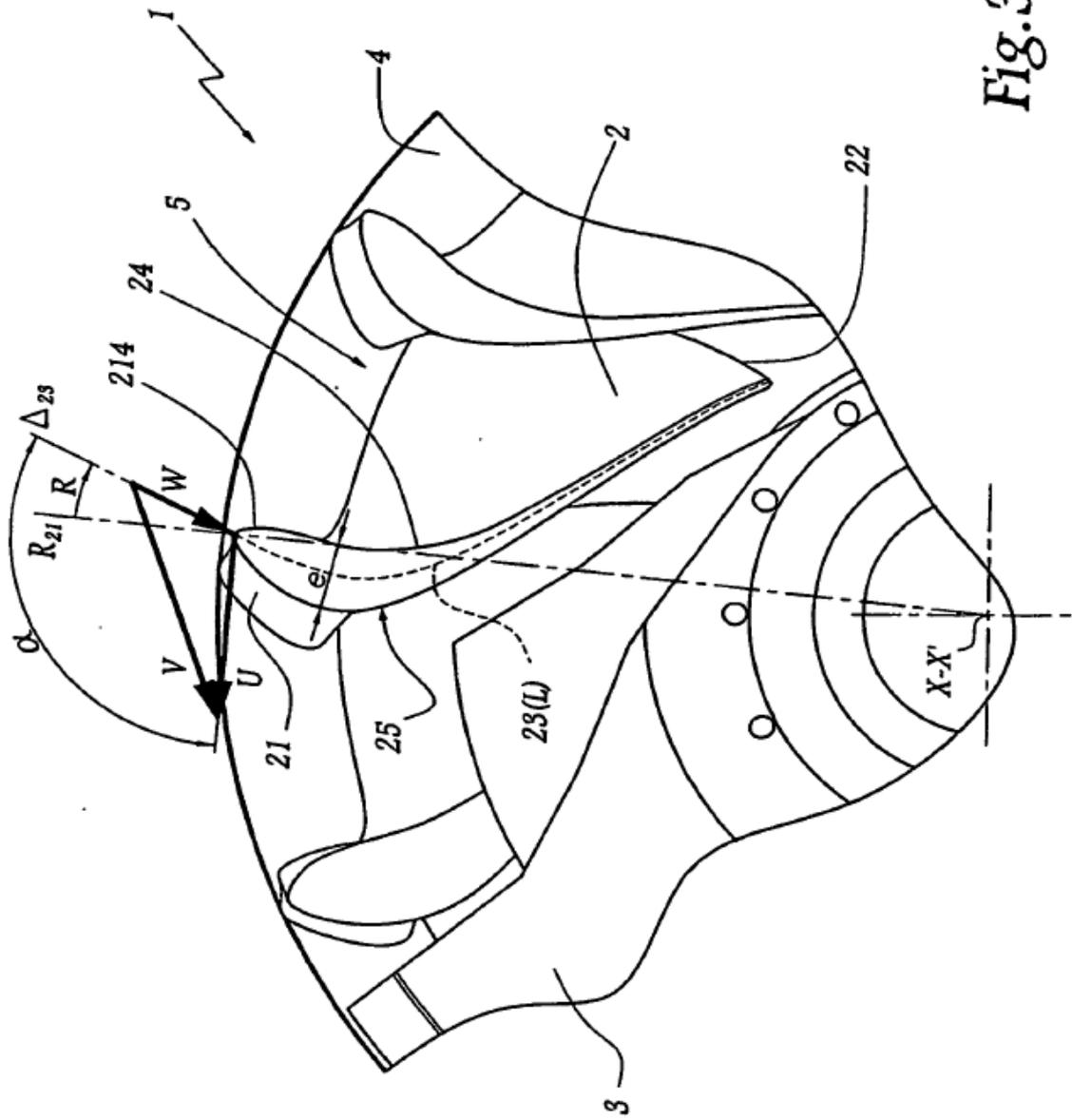


Fig. 3

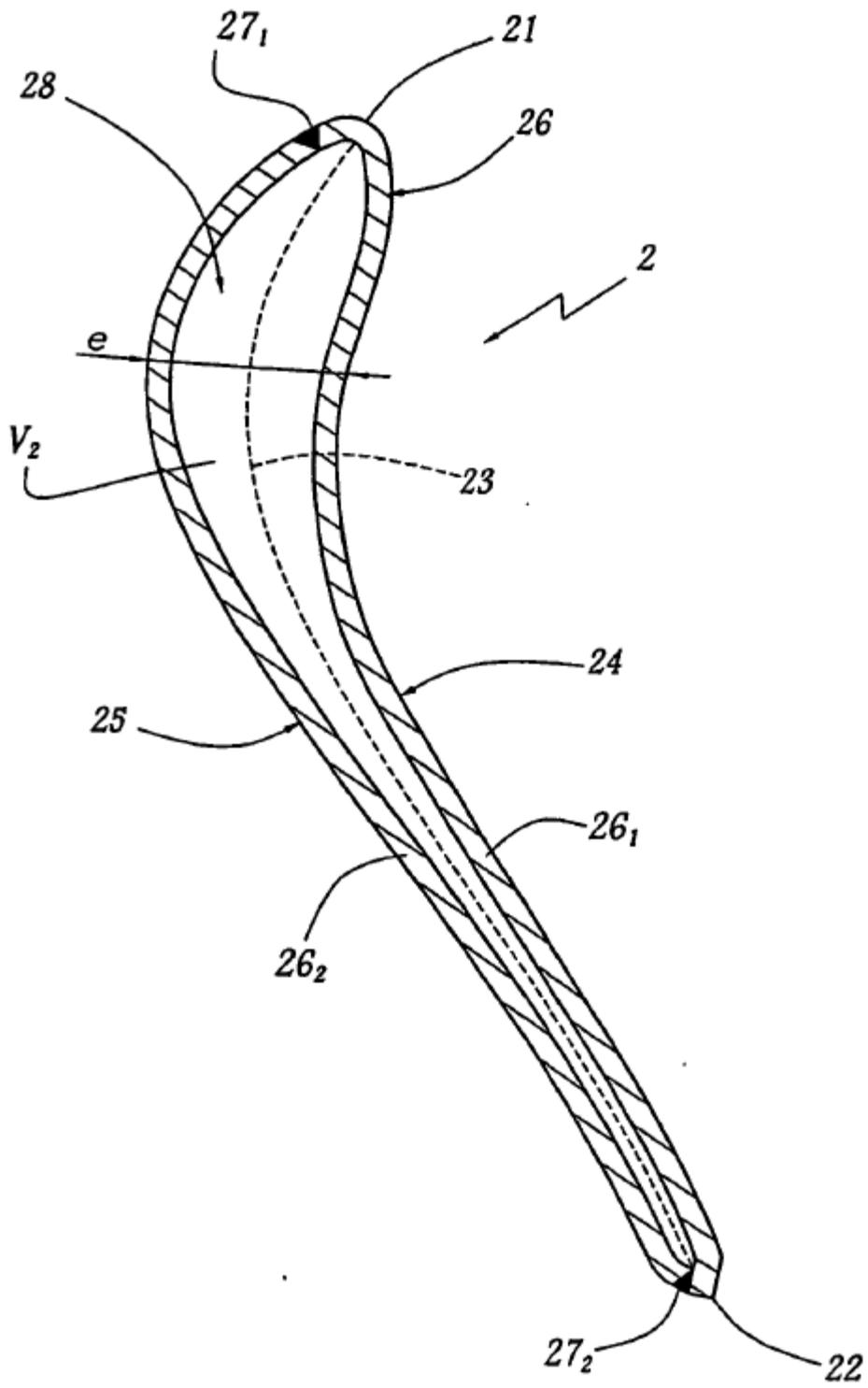


Fig. 4