

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 964**

51 Int. Cl.:

B01F 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.02.2013 PCT/FI2013/050185**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2013 WO13124539**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2013 E 13751453 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2817089**

54 Título: **Pala de impulsor de flujo axial e impulsor de flujo axial**

30 Prioridad:

20.02.2012 FI 20125193

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

04.08.2017

73 Titular/es:

**OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)
Puolikkotie 10
02230 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**XIA, JILIANG;
TYLLI, NICLAS y
HIRSI, TUOMAS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 628 964 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

Pala de impulsor de flujo axial e impulsor de flujo axial

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una pala de un impulsor de flujo axial y adicionalmente a un impulsor de flujo axial que incluye dichas palas. Los impulsores se usan ampliamente en procesos metalúrgicos y químicos en mezcladores y reactores para la mezcla, combinación y agitación de líquidos y lodos, suspensiones de sólidos y líquidos. Los impulsores de flujo axial, también denominados impulsores de palas perfiladas, producen un flujo axial del líquido.

Antecedentes de la invención

10 Los impulsores de flujo axial se conocen, por ejemplo, a partir de los documentos siguientes WO 2010/103172 A1, que divulga una pala de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, WO 2010/059572 A1 y EP 0465636 B1. Una pala de un impulsor de flujo axial se puede conectar a un buje central del impulsor. El impulsor comprende dos o más de dichas palas. La pala se forma sustancialmente a partir de un material de tipo placa. La pala incluye un borde de ataque, un borde de salida, una punta, y una raíz que puede fijarse al buje central del impulsor. Se
15 extiende un primer doblez recto a lo largo de la pala en una primera dirección y divide la pala en una primera parte del perfil localizado adyacente al borde de ataque y una segunda parte del perfil. La primera y segunda partes del perfil se unen en el primer doblez de modo que la primera parte del perfil está angulada a un primer ángulo hacia abajo respecto a la segunda parte del perfil. Se extiende un segundo doblez recto a lo largo de la pala en una segunda dirección que es diferente de dicha primera dirección y localizado separado del primer doblez. El segundo
20 doblez divide la pala adicionalmente en una tercera parte del perfil localizada adyacente al borde de salida. La segunda y tercera partes del perfil se unen en dicho segundo doblez de modo que la tercera parte del perfil está angulada a un segundo ángulo hacia abajo respecto a la segunda parte del perfil. La segunda parte del perfil está angulada a un tercer ángulo en relación con el plano horizontal.

25 Existen en el mercado algunos tipos conocidos de impulsores de flujo axial comercialmente disponibles que se comportan con un rendimiento razonablemente bueno.

Sin embargo, aún existe una necesidad de un impulsor de flujo axial incluso mejor con un bajo consumo de energía y que aún proporcione una elevada capacidad de bombeo y eficiencia de bombeo. En muchas aplicaciones metalúrgicas (por ejemplo, tanques de procesamiento y almacenamiento de oro), existe una necesidad de un impulsor de flujo axial que tenga una capacidad de bombeo tan alta como sea posible por potencia de eje. Para los
30 procesos del oro es también crucial que la zona del impulsor esté tan libre de zonas de disipación de energía como sea posible dado que estas actuarían para destruir el carbono que se usa para recoger el oro.

Por lo tanto, es deseable proporcionar un impulsor de flujo axial eficiente que se comporte bien para satisfacer requisitos del proceso de menor consumo de potencia, menos tiempo de residencia, eficiencia de bombeo más alta y menor peso.

35 Un objeto de la presente invención es proporcionar una pala para un impulsor de flujo axial que proporcione al impulsor de flujo axial características de rendimiento mejores que los impulsores de flujo axial existentes. El objeto de la invención es también proporcionar una pala y un impulsor de flujo axial que tenga un bajo consumo de potencia y bajos costes operativos, elevada capacidad de bombeo y eficiencia de bombeo y gran caudal en masa de bombeo por unidad de consumo de energía. Adicionalmente, el objeto es también proporcionar una forma de pala y
40 reglas de escalado para la pala del impulsor de flujo axial que permitan su escalado arriba y abajo.

Sumario de la invención

Un primer aspecto de la invención es una pala de un impulsor de flujo axial de acuerdo con la reivindicación 1, siendo conectable dicha pala a un buje central del impulsor, siendo formada la pala sustancialmente a partir de un material de tipo placa y teniendo un borde de ataque, un borde de salida, una punta, una raíz que puede fijarse al
45 buje central del impulsor, un primer doblez recto que se extiende a lo largo de la pala en una primera dirección y que divide a la pala en una primera parte del perfil localizada adyacente al borde de ataque y una segunda parte del perfil, uniéndose la primera y la segunda partes del perfil en el primer doblez de modo que la primera parte del perfil está angulada a un primer ángulo hacia abajo respecto a la segunda parte del perfil, un segundo doblez recto que se extiende a lo largo de la pala en una segunda dirección que es diferente de dicha primera dirección y localizado
50 separado del primer doblez y que divide a la pala adicionalmente en una tercera parte del perfil localizada adyacente al borde de salida, uniéndose dicha segunda y tercera partes del perfil en dicho segundo doblez de modo que la tercera parte del perfil está angulada a un segundo ángulo hacia abajo respecto a la segunda parte del perfil, estando la segunda parte del perfil angulada a un tercer ángulo en relación con el plano horizontal. En una vista en planta, la pala tiene la forma general de un rectángulo envolvente con cortes de transición al menos en las esquinas del lado de raíz del rectángulo, teniendo dicho rectángulo una longitud que es la dimensión longitudinal desde el eje
55 de giro del impulsor hasta la punta de la pala, y una anchura que es la dimensión a lo ancho de la pala en perpendicular a la dirección longitudinal, teniendo el rectángulo envolvente esquinas interiores adyacentes a la raíz y

esquinas exteriores adyacentes a la punta.

De acuerdo con la invención el contorno de la pala se define por las dimensiones proporcionales a los cortes de transición a partir del rectángulo envolvente. Los cortes comprenden

- 5 - un primer corte que es adyacente a la raíz y a una primera esquina interior del rectángulo en el lado del borde de ataque, teniendo el primer corte forma de triángulo rectángulo con el cateto longitudinal que tiene una dimensión $A = 0,2R$, un cateto a lo ancho que tiene una dimensión $B = 0,2W_b$, y una hipotenusa que forma un primer borde de corte de la pala que se extiende desde el buje hasta el borde de ataque,
- 10 - un segundo corte que es adyacente a la raíz y a una segunda esquina interior del rectángulo en el lado del borde de salida, teniendo el segundo corte forma de triángulo rectángulo con el cateto longitudinal que tiene una dimensión $C = 0,2R$, un cateto a lo ancho que tiene una dimensión $D = 0,2W_b$, y una hipotenusa que forma un segundo borde de corte de la pala que se extiende desde el buje hasta el borde de salida,
- 15 - un tercer corte que es adyacente a la punta y a una primera esquina exterior del rectángulo en el lado del borde de ataque, teniendo el tercer corte forma de triángulo rectángulo con el cateto longitudinal que tiene una dimensión $E = 0,5R$, un cateto a lo ancho que tiene una dimensión $F = (0,1 \text{ a } 0,2)R$, y una hipotenusa que forma un tercer borde de corte de la pala que se extiende desde el borde de ataque hasta la punta conectándose el tercer borde de corte a la punta con un redondeo que tiene un radio de curvatura $G = 0,2W_b$, y
- 20 - un cuarto corte que es adyacente a la punta y a una segunda esquina exterior del rectángulo en el lado del borde de salida, teniendo el cuarto corte forma de triángulo rectángulo con el cateto longitudinal que tiene una dimensión $H = 0,25R$, un cateto a lo ancho que tiene una dimensión $I = 0,1R$, y una hipotenusa que forma un cuarto borde de corte de la pala que se extiende desde el borde de salida hasta la punta, conectándose el cuarto borde de corte a la punta con un redondeo que tiene un radio de curvatura $G = 0,2W_b$. El primer doblez intersecta el lado longitudinal del rectángulo envolvente en el punto de unión del primer borde de corte y el borde de ataque a la distancia $A = 0,2R$ desde la primera esquina interior, y el primer doblez intersecta el lado a lo ancho del rectángulo envolvente adyacente a la punta a la distancia $J = 0,4R$ desde la tercera esquina. El segundo doblez intersecta el lado a lo ancho del rectángulo envolvente adyacente a la raíz a una distancia a lo ancho $K = 0,1W_b$ desde la primera esquina, y el segundo doblez intersecta el lado del rectángulo envolvente adyacente a la punta a una distancia a lo ancho $L = 0,1R$ desde la cuarta esquina. El primer ángulo es $6^\circ \pm 1^\circ$, el segundo ángulo es $8^\circ \pm 1^\circ$ y el tercer ángulo es de 19° a 25° .

30 Un segundo aspecto de la presente invención es un impulsor de flujo axial de acuerdo con la reivindicación 4 que comprende un buje central adaptado como conectable a un eje giratorio que tiene un eje central de giro, y al menos dos palas que tienen un contorno tal como se ha mencionado anteriormente, estando unidas las palas al buje y extendiéndose radialmente hacia el exterior desde el buje.

35 La ventaja de la invención es que el nuevo impulsor con forma de pala optimizada es fácil de fabricar y escalable arriba y abajo de acuerdo con las reglas propuestas. El impulsor se caracteriza por un bajo consumo de potencia, elevada capacidad de bombeo y eficiencia de bombeo, y gran caudal en masa de bombeo por unidad de consumo de energía.

En una realización de la invención, el borde de ataque está achaflanado o adelgazado.

En una realización de la invención, el borde de salida está achaflanado o adelgazado.

En una realización de la invención, el impulsor comprende al menos tres palas equidistantemente espaciadas.

40 En una realización de la invención, el impulsor comprende cuatro o más palas equidistantemente espaciadas.

Se ha de entender que los aspectos y realizaciones de la invención descritos anteriormente pueden usarse en cualquier combinación entre sí. Varios de los aspectos y realizaciones pueden combinarse juntos para formar una realización adicional de la invención.

Breve descripción de los dibujos

45 Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención y constituyen una parte de la presente memoria, ilustran realizaciones de la invención y junto con la descripción ayudan a explicar los principios de la invención. En los dibujos:

la Fig. 1 es una vista axonométrica de un impulsor de flujo axial de acuerdo con una realización de la invención;

la Fig. 2 es una vista lateral del impulsor de la Fig. 1;

50 la Fig. 3 es una vista en planta del impulsor de la Fig. 1 visto desde arriba,

la Fig. 4 es una vista en planta de una pala de un impulsor de flujo axial de acuerdo con una realización de la

invención:

la Fig. 5 es una vista lateral V-V de la pala de la Fig. IV;

la Fig. 6 muestra una segunda realización del impulsor de flujo axial que tiene palas diseñadas de acuerdo con las reglas de escalado de la invención;

5 la Fig. 7 muestra una tercera realización del impulsor de flujo axial que tiene palas diseñadas de acuerdo con las reglas de escalado de la invención;

la Fig. 8 muestra el patrón de flujo en un reactor con el impulsor de flujo axial de la invención.

Descripción detallada de la invención

10 Se hará ahora referencia en detalle a las realizaciones de la presente invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos.

Las Figuras 1 a 3 muestran un impulsor de flujo axial 1 que tiene tres palas 4 equidistantemente espaciadas que se conectan permanentemente o extraíblemente a un buje central 2 o eje giratorio 3. Aunque la realización mostrada tiene tres palas, pueden utilizarse dos, tres, cuatro o más de 4 palas de acuerdo con la presente invención.

15 Las Figuras 4 y 5 muestran el contorno de la pala 4 con más detalle. La pala 4 está formada a partir de sustancialmente un material de tipo placa, que la hace fácil y económica de fabricar. La pala 4 comprende un borde de ataque 5, un borde de salida 6, una punta 7 y una raíz 8 que se puede fijar al buje central 2 del impulsor.

20 Se extiende un primer dobléz recto 9 a lo largo de la pala 4 en una primera dirección y divide la pala en una primera parte del perfil 10 localizada adyacente al borde de ataque 5 y una segunda parte del perfil 11. La primera y la segunda partes del perfil 10, 11 se unen en el primer dobléz 9 de modo que la primera parte del perfil 10 está angulada a un primer ángulo α_1 hacia abajo respecto a la segunda parte del perfil 11, véase también la Fig. 5.

Se extiende un segundo dobléz recto 12 a lo largo de la pala 4 en una segunda dirección que es diferente a dicha primera dirección del primer dobléz 9 y se localiza separada del primer dobléz 9 y divide a la pala 4 adicionalmente en una tercera parte del perfil 13 localizada adyacente al borde de salida 6.

25 En los dobleces 9 y 12 los ángulos no tienen que ser ángulos obtusos como se muestra en la Figura 5. En los dobleces 9 y 12 los "ángulos" pueden tener también un radio de curvatura. Esto puede ser cuando la pala es una pieza fundida fabricada mediante fundición.

La segunda y tercera partes del perfil 11, 13 se unen en el segundo dobléz 12 de modo que la tercera parte del perfil 13 está angulada a un segundo ángulo α_2 hacia abajo respecto a la segunda parte del perfil 11, estando la segunda parte del perfil 11 angulada a un tercer ángulo α_3 con relación al plano horizontal, véase la Fig. 5.

30 En una vista en planta, tal como se muestra en la Figura 4, la pala 4 tiene la forma general de un rectángulo envolvente $R \times W_b$ con cortes de transición en cada esquina del rectángulo. El rectángulo tiene una longitud R que es la dimensión longitudinal desde el eje de giro x del impulsor a la punta 7 de la pala 4, y una anchura W_b que es la dimensión a lo ancho de la pala en perpendicular a la dirección longitudinal. El rectángulo envolvente tiene esquinas interiores 14, 15 adyacentes a la raíz 8 y esquinas exteriores 16, 17 adyacentes a la punta 7.

35 El contorno de la pala 4 se define por las dimensiones proporcionales de los cortes de transición 18, 22, 26, 31 desde el rectángulo envolvente. Los cortes comprenden un primer corte 18 que es adyacente a la raíz 8 y a una primera esquina interior 14 del rectángulo en el lado del borde de ataque 5. El primer corte 18 tiene forma de triángulo rectángulo teniendo un cateto longitudinal 19 una dimensión $A = 0,2R$, teniendo un cateto 20 a lo ancho, una dimensión $B = 0,2W_b$, y una hipotenusa que forma un primer borde de corte 21 de la pala que se extiende desde la raíz 8 hasta el borde de ataque 5.

Un segundo corte 22 es adyacente a la raíz 8 y a una segunda esquina interior 15 del rectángulo en el lado del borde de salida 6. El segundo corte 22 tiene forma de triángulo rectángulo, teniendo el cateto longitudinal 23 una dimensión $C = 0,2R$, teniendo un cateto 24 a lo ancho, una dimensión $D = 0,2W_b$, y una hipotenusa que forma un segundo borde de corte 25 de la pala que se extiende desde la raíz 8 hasta el borde de salida 6.

45 Un tercer corte 26 es adyacente a la punta 7 y a una primera esquina exterior 16 del rectángulo en el lado del borde de ataque 5. El tercer corte 26 tiene forma de triángulo rectángulo teniendo el cateto longitudinal 27 una dimensión $E = 0,5R$, teniendo un cateto 28 a lo ancho, una dimensión $F = (0,1 \text{ a } 0,2)R$, y una hipotenusa que forma un tercer borde de corte 29 de la pala que se extiende desde el borde de ataque 5 hasta la punta 7. El tercer borde de corte 29 conecta la punta 7 con un redondeo 30 que tiene un radio de curvatura $G = 0,2W_b$.

50 Un cuarto corte 31 es adyacente a la punta 7 y a una segunda esquina exterior 17 del rectángulo en el lado del borde de salida 6. El cuarto corte 31 tiene forma de triángulo rectángulo teniendo el cateto longitudinal 32 una dimensión $H = 0,25R$, teniendo un cateto 33 a lo ancho, una dimensión $I = 0,1R$, y una hipotenusa que forma un

cuarto borde de corte 34 de la pala que se extiende desde el borde de salida 6 hasta la punta 7. El cuarto borde de corte 34 conecta la punta 7 con un redondeo 35 que tiene un radio de curvatura $G = 0,2W_b$.

5 El primer dobléz 9 intersecta el lado longitudinal del rectángulo envolvente en el punto de unión del primer borde de corte 21 y el borde de ataque 5 a la distancia $A = 0,2R$ desde la primera esquina interior 14. El primer dobléz 9 intersecta el lado a lo ancho del rectángulo envolvente adyacente a la punta 7 a la distancia $J = 0,4R$ desde la tercera esquina 17.

El segundo dobléz 12 intersecta el lado a lo ancho del rectángulo envolvente adyacente a la raíz 8 a una distancia a lo ancho $K = 0,1W_b$ desde la primera esquina 1. El segundo dobléz 12 intersecta el lado del rectángulo envolvente adyacente a la punta 7 a una distancia a lo ancho $I = 0,1R$ desde la cuarta esquina 17.

10 Con referencia a la Figura 5, el primer ángulo α_1 es $6^\circ \pm 1^\circ$, el segundo ángulo α_2 es $8^\circ \pm 1^\circ$ y el tercer ángulo α_3 es de 19° a 25° . Así el ángulo de paso ($\alpha_2 + \alpha_3$) de la pala en la raíz unida al buje puede variar en un intervalo de 27° a 33° , dependiendo de los requisitos de una aplicación práctica. Un ángulo de paso de la pala mayor proporciona una capacidad de bombeo más alta, pero puede dar como resultado un mayor consumo de potencia. Se demuestra a continuación que el impulsor inventado puede proporcionar un excelente rendimiento de mezcla con muy bajo consumo de potencia y elevada capacidad de bombeo y efectividad con las reglas anteriormente mencionadas para la configuración de la pala.

15 Los tres perfiles 10, 11, 13 son secciones planas. La pala está libre de curvaturas especiales y se fabrica de secciones planas unidas a lo largo de pliegues rectos, y los cortes a lo largo de los bordes frontal y de salida son rectas directas. Por lo tanto, la pala 4 es fácil de fabricar. Por ello, el escalado del diseño de la pala es fácil y simplificado siguiendo justamente las reglas establecidas anteriormente.

20 Preferentemente, el borde frontal 5 y el borde de salida pueden achaflanarse con un ángulo superficial mediante un plano de la sección respectiva, o pueden adelgazarse y suavizarse con respecto al grosor de la pala. El frente achaflanado o adelgazado y los bordes de salida pueden reducir adicionalmente el rozamiento y mejorar la eficiencia.

25 Las Figuras 6 y 7 muestran dos impulsores de flujo axial 1 que tienen palas 4 dimensionadas de acuerdo con las reglas de la invención establecidas anteriormente. En la Figura 6 las palas 4 tienen un contorno ancho "grueso" y en la Figura 7 las palas 4 tienen un contorno estrecho "delgado".

Aunque solo se muestran en el presente documento unos pocos ejemplos de la forma de la pala, debería entenderse que la invención permite un gran número de formas de pala dentro del alcance de las reivindicaciones.

30 **Ejemplo**

Se usó modelizado CFD (CFD: Computational Fluid Dynamics, o Dinámica de Fluidos Computacional) para simular la dinámica de fluidos en un reactor a escala industrial que se equipó con el impulsor de flujo axial que tenía la forma de pala optimizada de la invención dimensionado tal como se ha descrito anteriormente. La simulación se realizó con las especificaciones listadas en la Tabla I. El reactor cilíndrico tenía 8 m de diámetro y 8 m de altura. La holgura del fondo era de 3,2 m, que es igual al diámetro de la pala del impulsor. Se tuvieron en cuenta tres palas de impulsor.

Tabla I: Especificación del reactor

altura de tanque, H	m	8
diámetro del tanque, T	m	8
diámetro del impulsor, D	m	3,2
anchura del impulsor, W_b	m	1
número de palas		3
ángulo de paso $\alpha_2 + \alpha_3$ (Fig. 5),	°	27-33
velocidad del impulsor, N	rpm	30
holgura inferior del impulsor	m	3,2
diámetro del eje	m	0,6
volumen del tanque	m ³	402,1

número de deflectores		6
anchura del deflector	m	1,0
altura del deflector	m	7,75
localización del deflector	m×m	0,25×0,464

Se variaron dos anchuras de pala ($W_b/T=0,125$ ("pala delgada") y $0,0625$ ("pala gruesa")) y tres ángulos de paso 27° , 30° y 33° para el impulsor propuesto para examinar su rendimiento y para comprobar que las reglas para formar nuevos impulsores eran universales para diferentes condiciones.

5 En la Tabla II se muestra el efecto de la anchura de la pala sobre el rendimiento para el nuevo impulsor.

Tabla II: Efecto de la anchura de la pala sobre el rendimiento

caso	W_b/T	D/T	α	P	N_p	N_q	η_e	λ_p	m_p
			°	kW					kg/s/(kW)
pala delgada	0,125	0,4	30	13,89	0,332	0,616	1,856	0,889	725,0
pala gruesa	0,0625	0,4	30	11,33	0,271	0,557	2,059	0,861	804,2

en la que

W_b es la anchura de la pala

10 T es el diámetro del tanque

D es el diámetro del impulsor

$\alpha = \alpha_2 + \alpha_3$ es el ángulo de paso (véase la Fig. 5)

P es la potencia

N_p es el número de potencia

15 N_q es el número de bombeo

η_e es la efectividad del bombeo

λ_p es la eficiencia del bombeo

m_p es el caudal en masa del bombeo por unidad de consumo de potencia

La Tabla II muestra que el impulsor de acuerdo con la invención tiene excelentes características de rendimiento.

20 En la Tabla III se muestra la fracción de volumen sobre el volumen del reactor con diferentes intervalos de viscosidad turbulenta (kg/ms) para impulsores de palas delgadas y gruesas.

Tabla III

caso	W_b/T	D/T	α	$\mu_t < 10$ (kg/ms)	$10 > \mu_t < 20$	$20 > \mu_t < 30$	$\mu_t \geq 30$
pala delgada	0,0625	0,4	30	0,632	0,249	0,090	0,029
pala gruesa	0,125	0,4	30	0,567	0,276	0,107	0,051

25 Tabla III: Fracción en volumen sobre el volumen del reactor con diferentes intervalos de viscosidad turbulenta (kg/ms) para impulsores de palas delgadas y gruesas.

La Tabla III muestra una fracción en volumen sobre el volumen en bruto del reactor con diferentes intervalos de viscosidad turbulenta para impulsores de pala delgada y gruesa. Se ve que los impulsores de acuerdo con la invención proporcionan una viscosidad turbulenta muy baja en la mayor parte del volumen del reactor. Por ejemplo,

5 para el impulsor de pala delgada, la viscosidad turbulenta está por debajo de 10 kg/ms en el 63 % del volumen del reactor, mientras que para el impulsor de pala gruesa, aproximadamente el 57 % del volumen del reactor tiene la viscosidad turbulenta por debajo de 10 kg/ms. Existe un pequeño volumen con viscosidad turbulenta entre 20 y 30 kg/ms. Esto indica que los nuevos impulsores crean muy bajo cizallamiento y proporcionan el comportamiento turbulento razonable que se requiere en muchas aplicaciones metalúrgicas.

En la Figura 8 se muestra un trazado del vector de velocidad para el nuevo impulsor. Se ve que el nuevo impulsor tiene un comportamiento de mezcla mejorado debido a que el flujo axial se mejora obviamente con relación a los componentes de velocidad radial y tangencial. La zona de recirculación se hace sustancialmente grande indicando que el nuevo impulsor es eficiente.

10 Se muestra que el impulsor inventado proporciona un fuerte flujo axial. Un estudio detallado revela que el impulsor inventado puede conseguir una eficiencia de bombeo más alta y un flujo axial más fuerte con un consumo de potencia más pequeño y menor cizallamiento, comparado con otros de los impulsores axiales aplicados.

En el estudio del rendimiento se ha mostrado que el impulsor inventado presente tiene las siguientes ventajas:

- 1) es fácil de fabricar;
- 15 2) es fácil de escalar arriba y escalar abajo de acuerdo con las reglas desarrolladas;
- 3) consume menos potencia, y por ello reduce los costes operativos;
- 4) proporciona una muy alta capacidad de bombeo y eficiencia de bombeo;
- 5) su rendimiento no es sensible a la anchura de la pala;
- 6) la presión sobre la superficie de su pala se distribuye uniformemente;
- 20 7) proporciona un patrón de flujo favorable para la mezcla con baja cizalladura sobre la superficie del impulsor y bombeo eficiente, y crea un muy fuerte flujo axial comparado con el flujo radial y tangencial.

Aunque la presente invención se ha descrito en conexión con un cierto número de realizaciones e implementaciones de ejemplo, las presentes invenciones no están limitadas a ellas, sino que por el contrario cubren varias modificaciones y disposiciones equivalentes, que caen dentro del ámbito de las reivindicaciones prospectivas.

25

REIVINDICACIONES

1. Una pala (4) de un impulsor de flujo axial (1), siendo conectable dicha pala a un buje central (2) del impulsor, estando formada la pala sustancialmente a partir de un material de tipo placa y que tiene

un borde de ataque (5),

5 un borde de salida (6),

una punta (7),

una raíz (8) que puede fijarse al buje central (2) del impulsor,

10 un primer doblez recto (9) que se extiende a lo largo de la pala en una primera dirección y que divide a la pala en una primera parte de perfil (10) localizada adyacente al borde de ataque (5) y una segunda parte de perfil (11), uniéndose la primera y la segunda partes de perfil en el primer doblez de modo que la primera parte de perfil está angulada a un primer ángulo α_1 hacia abajo respecto a la segunda parte de perfil,

15 un segundo doblez recto (12) que se extiende a lo largo de la pala en una segunda dirección que es diferente de dicha primera dirección y localizado separado del primer doblez y que divide a la pala adicionalmente en una tercera parte de perfil (13) localizada adyacente al borde de salida (6), uniéndose dicha segunda y tercera partes de perfil en dicho segundo doblez de modo que la tercera parte de perfil está angulada a un segundo ángulo α_2 hacia abajo respecto a la segunda parte de perfil, estando la segunda parte de perfil (11) angulada a un tercer ángulo α_3 en relación con el plano horizontal,

y, en una vista en planta, la pala tiene la forma general de un rectángulo envolvente $R \times W_b$ con cortes de transición al menos en las esquinas del lado de raíz del rectángulo,

20 teniendo dicho rectángulo una longitud R que es la dimensión longitudinal desde el eje de giro (x) del impulsor a la punta (7) de la pala (4), y una anchura W_b que es la dimensión a lo ancho de la pala en perpendicular a la dirección longitudinal, teniendo el rectángulo envolvente esquinas interiores (14, 15) adyacentes a la raíz (8) y esquinas exteriores (16, 17) adyacentes a la punta (7), caracterizada por que el contorno de la pala (4) está definido por las dimensiones proporcionales a los cortes de transición a partir del rectángulo envolvente,

25 comprendiendo los cortes

- un primer corte (18) que es adyacente a la raíz (8) y a una primera esquina interior (14) del rectángulo en el lado del borde de ataque (5), teniendo el primer corte (18) forma de triángulo rectángulo con el cateto longitudinal (19) que tiene una dimensión $A = 0,2R$, un cateto (20) a lo ancho que tiene una dimensión $B = 0,2W_b$, y una hipotenusa que forma un primer borde de corte (21) de la pala que se extiende desde la raíz (8) hasta el borde de ataque (5),

30

- un segundo corte (22) que es adyacente a la raíz (8) y a una segunda esquina interior (15) del rectángulo en el lado del borde de salida (6), teniendo el segundo corte (22) forma de triángulo rectángulo con el cateto longitudinal (23) que tiene una dimensión $C = 0,2R$, con un cateto (24) a lo ancho que tiene una dimensión $D = 0,2W_b$, y una hipotenusa que forma un segundo borde de corte (25) de la pala que se extiende desde la raíz (8) hasta el borde de salida (6),

35

- un tercer corte (26) que es adyacente a la punta (7) y a una primera esquina exterior (16) del rectángulo en el lado del borde de ataque (5), teniendo el tercer corte (26) forma de triángulo rectángulo con el cateto longitudinal (27) que tiene una dimensión $E = 0,5R$, un cateto (28) a lo ancho que tiene una dimensión $F = (0,1 \text{ a } 0,2)R$, y una hipotenusa que forma un tercer borde de corte (29) de la pala que se extiende desde el borde de ataque (5) hasta la punta (7), conectando el tercer borde de corte (29) a la punta (7) con un redondeo (30) que tiene un radio de curvatura $G = 0,2W_b$, y

40

- un cuarto corte (31) que es adyacente a la punta (7) y a una segunda esquina exterior (17) del rectángulo en el lado del borde de salida (6), teniendo el cuarto corte (31) forma de triángulo rectángulo con el cateto longitudinal (32) que tiene una dimensión $H = 0,25R$, un cateto (33) a lo ancho que tiene una dimensión $I = 0,1R$, y una hipotenusa que forma un cuarto borde de corte (34) de la pala que se extiende desde el borde de salida (6) hasta la punta (7), conectándose el cuarto borde de corte (34) a la punta (7) con un redondeo (35) que tiene un radio de curvatura $G = 0,2W_b$;

45

por que el primer doblez (9) intersecta el lado longitudinal del rectángulo envolvente en el punto de unión del primer borde de corte (21) y el borde de ataque (5) a una distancia $A = 0,2R$ desde la primera esquina interior (14), y el primer doblez (9) intersecta el lado a lo ancho del rectángulo envolvente adyacente a la punta (7) a la distancia $J = 0,4R$ desde la tercera esquina (17);

50

por que el segundo doblez (12) intersecta el lado a lo ancho del rectángulo envolvente adyacente a la raíz (8) a una distancia a lo ancho $K = 0,1W_b$ desde la primera esquina (14), y el segundo doblez (12) intersecta el lado del rectángulo envolvente adyacente a la punta (7) a una distancia a lo ancho $I = 0,1R$ desde la cuarta

esquina (17);

y por que el primer ángulo $\alpha_1 = 6^\circ \pm 1^\circ$, el segundo ángulo $\alpha_2 = 8^\circ \pm 1^\circ$ y el tercer ángulo $\alpha_3 = 19^\circ$ a 25° .

2. La pala según la reivindicación 1, caracterizada por que el borde de ataque (5) está achaflanado o adelgazado.
3. La pala según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que el borde de salida (5) está achaflanado o adelgazado.
- 5 4. Un impulsor de flujo axial que comprende un buje central (2) adaptado como conectable a un eje giratorio (3) que tiene un eje central de giro (x), y al menos dos palas (4) de acuerdo con la reivindicación 1, estando fijadas las palas al buje y extendiéndose radialmente hacia el exterior desde el buje.
5. El impulsor de flujo axial según la reivindicación 4, caracterizado por que el impulsor (1) comprende al menos tres palas (4) equidistantemente espaciadas.
- 10 6. El impulsor de flujo axial según la reivindicación 4, caracterizado por que el impulsor (1) comprende cuatro o más palas (4) equidistantemente espaciadas.

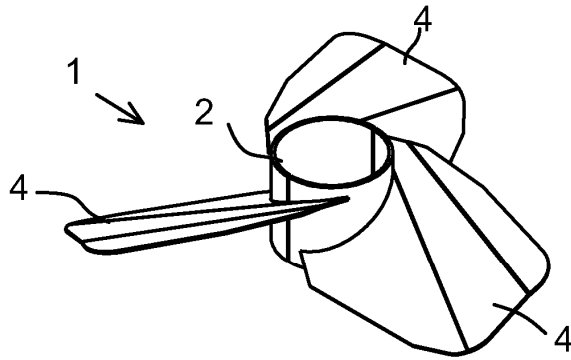


Fig. 1

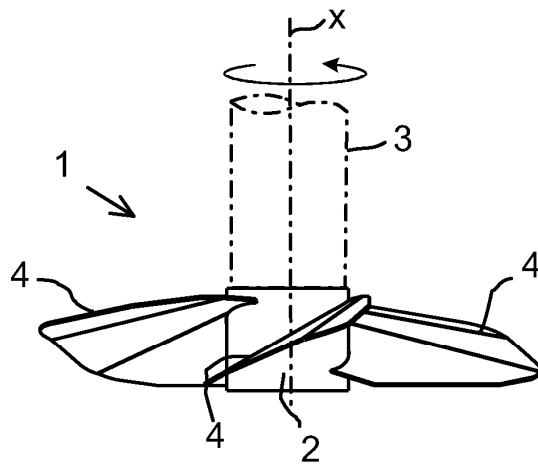


Fig. 2

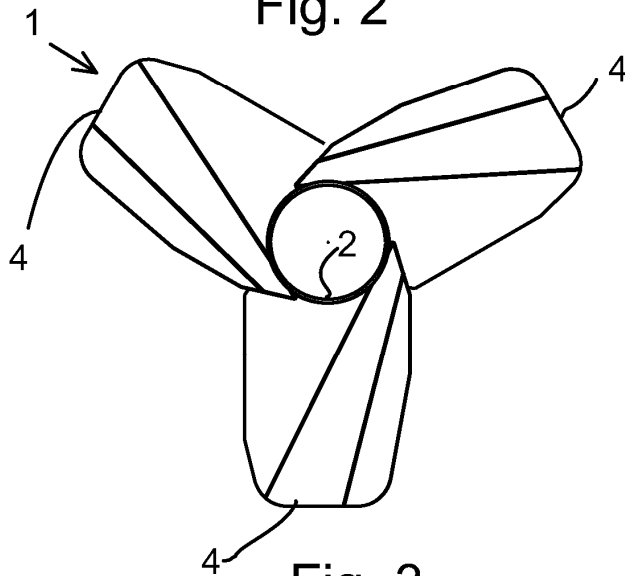


Fig. 3

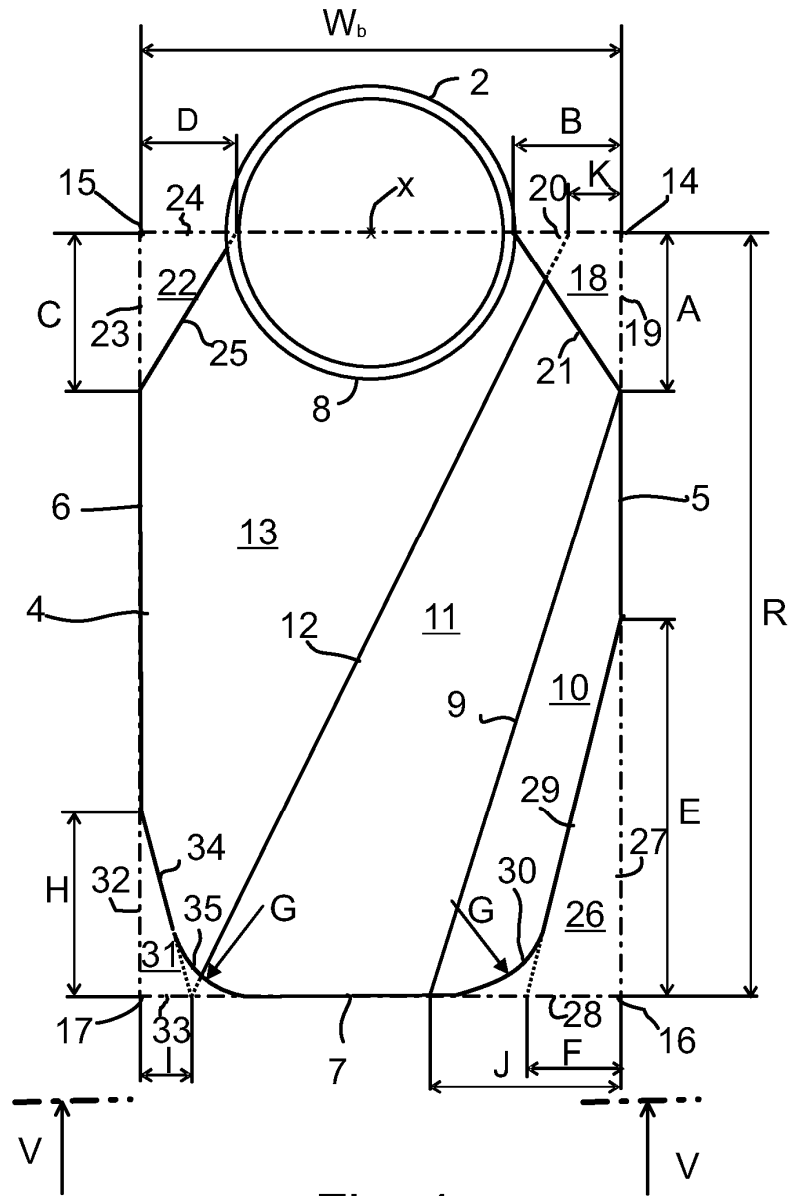


Fig. 4

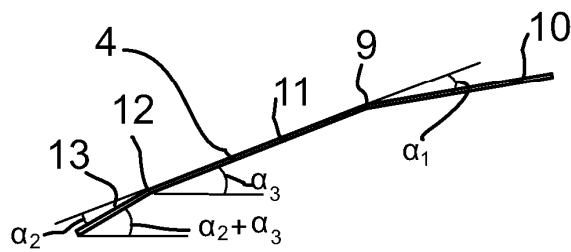
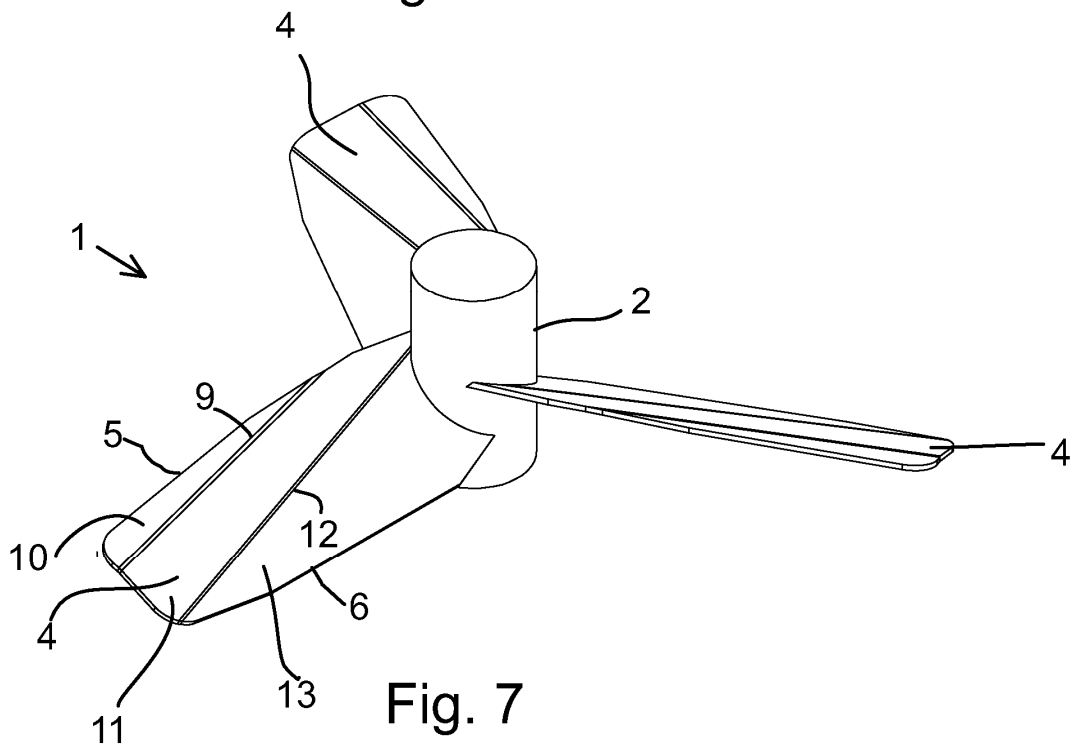
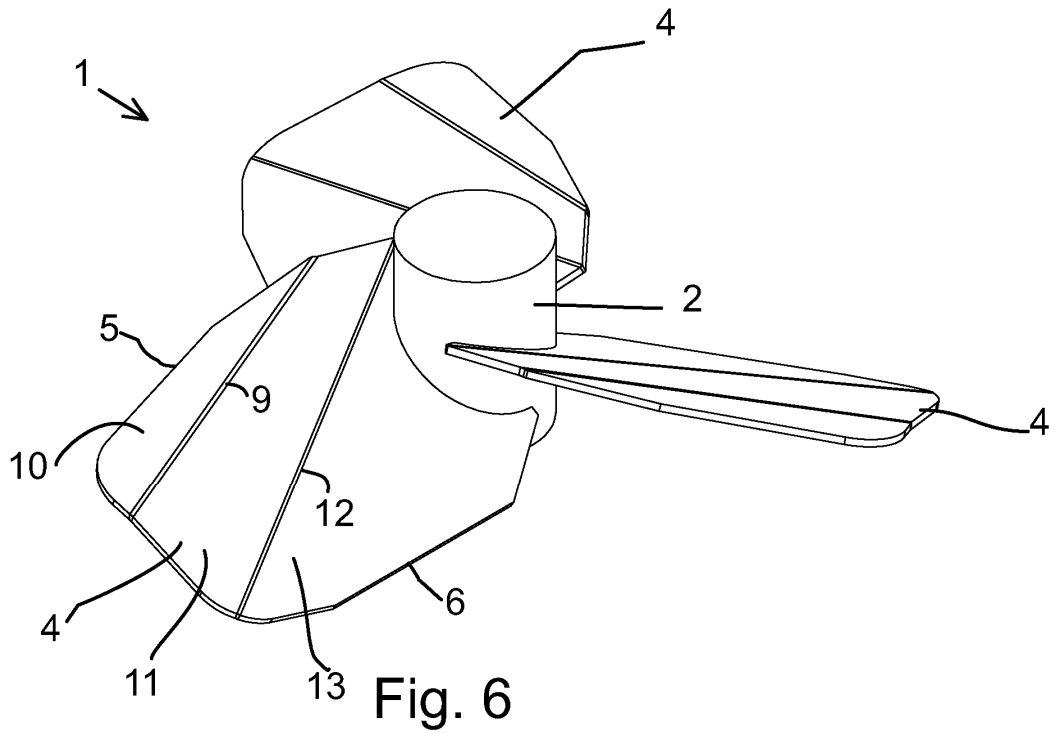


Fig. 5



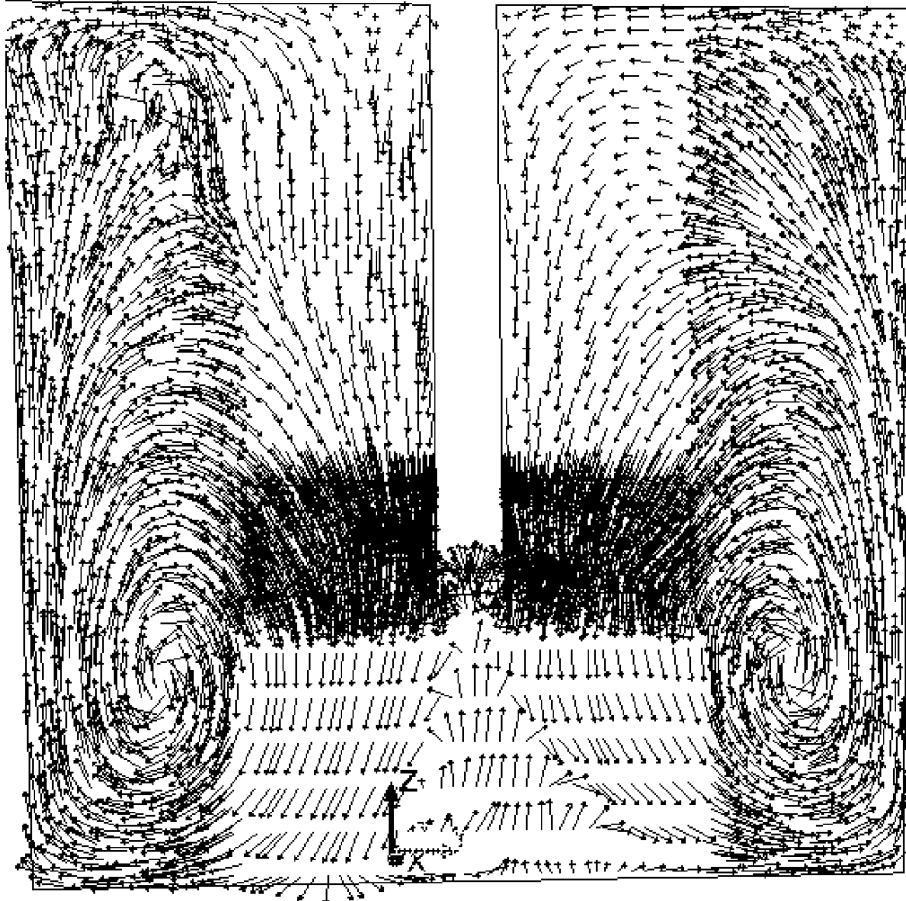


Fig. 8