

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 860 465**

51 Int. Cl.:

**B01F 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2014** **E 14305498 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2021** **EP 2926892**

54 Título: **Móvil de agitación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.10.2021**

73 Titular/es:

**MILTON ROY EUROPE (100.0%)**  
**10 Grande Rue**  
**27360 Pont-Saint-Pierre, FR**

72 Inventor/es:

**SAVREUX, FREDERIC y**  
**COGNART, PATRICE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 860 465 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**

Móvil de agitación

La presente invención hace referencia a un móvil de agitación que comprende al menos dos palas y apto para ser fijado en un árbol de rotación.

- 5 La fabricación de abundantes productos exige una operación de homogeneización, de dilución, de disolución, de recalentamiento...

Para ello, la mayoría de las veces se utilizan agitadores mecánicos de árbol giratorio, provistos de una actuación, la mayoría de las veces, por motor eléctrico, de un árbol y de un móvil de agitación o agitador. El conjunto consta, pues, de un continente, de un producto y de un agitador.

- 10 La presente invención trata del diseño de agitadores que suelen ser hélices o turbinas que comprenden un móvil de agitación montado sobre un árbol de rotación.

Una turbina está provista de palas rectas a 90° con respecto a la vertical, aunque se acostumbra denominar turbina a todo móvil constituido a partir de palas rectas, incluso posicionadas inclinadas.

Una turbina genera un caudal radial, generador de cizalladura, de disipación de energía.

- 15 Una hélice preferentemente está determinada a partir de una porción de paso de un helicoides, acusadamente inclinada, de una chapa curvada o doblada.

Una hélice desarrolla un caudal axial y metódico.

La rotación del móvil de agitación provoca un desplazamiento del líquido que permite efectuar la operación buscada, con mayor o menor eficacia según la forma del móvil, su tamaño y la velocidad de rotación.

- 20 La rotación, asimismo, puede provocar una cizalladura y disipar energía en el líquido que ha de mezclarse.

En ocasiones se necesitan estos dos fenómenos, en una reacción, en la formación de una emulsión.

La invención, más específicamente, trata el caso en que se pretende minimizar las pérdidas de energía por cizalladura con el fin de obtener un desplazamiento del líquido y su mezcla con escasas pérdidas, lo que supone un elevado rendimiento.

- 25 En tal caso, lo que da el mejor resultado es la utilización de una hélice. En efecto, estas operaciones tan solo requieren una movilización del producto, es decir, un caudal de bombeo.

Se tratará de desarrollar este caudal con la menor energía posible, y sabido es que las hélices consumen menos energía que las turbinas para un caudal equivalente.

- 30 Antiguamente, tan solo se utilizaban turbinas, al no requerir un diseño particular, y posteriormente, hace aproximadamente un siglo, aparecieron las hélices marinas, más eficientes y menos ávidas de energía.

Cabe distinguir dos grandes familias de hélices, representadas por las patentes US 4.147.437 y FR 1578991.

Estas dos familias de hélices aún son utilizadas en la actualidad, habida cuenta de sus prestaciones con respecto a las hélices marinas.

- 35 Sin embargo, para ciertos mercados, resulta ser difícil la utilización de turbinas, a causa de la acusada potencia requerida y, por consiguiente, del coste, o de hélices de alto rendimiento.

Tal utilización, en efecto, se considera en muchos casos demasiado onerosa, pues el alto rendimiento no se aprecia a su justo valor, siendo solo el coste de inversión lo que realmente se considera. El alto rendimiento tan solo se considera como interesante para máquinas de entidad, o cuando el coste de la energía es elevado o, como mínimo, tomado en cuenta.

- 40 La fabricación de las hélices de alto rendimiento es difícil y/o lenta, por lo tanto, costosa, y tan solo se puede efectuar mediante máquinas especiales. En efecto, abundan los problemas técnicos debido especialmente al espesor de la chapa y a las delicadas curvaturas que han de obtenerse. No es posible hacer fabricar estas hélices en otro taller o en otro continente, por ejemplo, algo que acarrea un elevado coste de transporte.

- 45 Existen ya en el mercado hélices plegadas, pero presentan una forma muy específica con un pliegue en esquina de pala para limitar las fugas radiales. La mejora del rendimiento no era el problema técnico que pretendían tratar sus diseñadores.

El documento EP 0771586 A1 describe, en su Figura 13, un móvil de agitación que comprende tres palas y apto para

5 ser fijado en un árbol de rotación, incluyendo cada pala un borde de ataque encarado con el fluido que ha de agitarse y un borde de fuga opuesto al borde de ataque, en el que cada pala se obtiene por doblado de una chapa plana, donde cada pala incluye dos pliegues sensiblemente longitudinales en la mayor parte de la pala y que se cortan en el extremo distal de la pala, y en el que el borde de ataque presenta un ángulo de incidencia positivo en su parte proximal y un ángulo de incidencia negativo en su parte distal. El documento US 2005/243646 A1 también describe otro móvil de agitación. Existe, por lo tanto, una necesidad de una hélice fácil de construir, es decir, sin equipo especial o competencia particular, que aporte un buen caudal, que es el factor esencial de determinación de la agitación, sin consumir con todo demasiada potencia como haría una pala simple de forma plana e inclinada, que conduciría, de hecho, a una acusada potencia, un árbol grueso y un acusado espesor de pala y, a fin de cuentas, a un coste de fabricación no competitivo.

10 De acuerdo con la invención, se proporciona un móvil de agitación con unas características de la reivindicación 1.

La longitud de cada pliegue puede ser superior al 75% del radio máximo de la pala. Los dos pliegues son paralelos.

Al menos uno de los pliegues puede ser perpendicular al borde exterior de la hélice.

15 El ángulo entre el borde de ataque y el eje radial de la pala que pasa por el centro de rotación y perpendicular al borde exterior, denominado ángulo de incidencia, es positivo, atacando el fluido el extremo distal del borde exterior, distante del árbol, antes que el extremo proximal, cuando el móvil está girando.

El ángulo de incidencia está comprendido entre 6 y 15°.

Ventajosamente, el móvil de agitación no comprende más que dos palas, en orden a facilitar su introducción por la abertura del continente del fluido que va a agitarse.

20 Cada pala puede presentar, debido a la presencia de los dos pliegues, una sección transversal sensiblemente en forma de U en un plano paralelo al eje de rotación del móvil y paralelo al borde exterior de la pala.

La sección de cada pala, asimismo, puede ser sensiblemente en forma de Z en un plano paralelo al eje de rotación del móvil y paralelo al borde exterior de la pala.

25 El borde de fuga puede presentar un ángulo comprendido entre 30 y 70° con la intersección con el plano de corte de un plano ortogonal al eje de rotación del móvil, ángulo este que se denomina ángulo de fuga.

Preferentemente, si denotamos por I la anchura de la pala en su extremo distal y, por L, la anchura de la pala en su base en correspondencia con el eje, entonces  $I > 0,5 L$ .

Preferentemente, para cada pala, el ángulo de ataque a entre la faceta que incluye el borde de ataque y la faceta central está comprendido entre 13 y 25°.

30 Otras características y ventajas de la invención se irán poniendo de manifiesto en la descripción que sigue de una forma preferida de realización con referencia a los dibujos que se acompañan, pero que no tiene carácter limitativo alguno. En estos dibujos:

la Figura 1 es una vista en alzado lateral de un agitador según la invención,

35 la Figura 2 es una vista en perspectiva esquemática, a mayor escala, de una primera forma de realización de una pala de un móvil de agitación según la invención,

la Figura 3 es una vista desde arriba de la pala de la Figura 2,

la Figura 4 es una vista desde un extremo de la pala de la Figura 2,

la Figura 5 y la Figura 6 son sendas vistas en perspectiva que ilustran la introducción de hélices de agitación de tres palas en un continente,

40 la Figura 7 es una vista esquemática en perspectiva de una segunda forma de realización de una hélice de agitación según la invención,

la Figura 8 es una vista desde arriba de la hélice de la Figura 7,

la Figura 9 es una vista similar a la Figura 7 de una tercera forma de realización de una hélice según la invención, que incluye tres palas,

45 la Figura 10 es una vista desde arriba de la hélice de la Figura 9,

la Figura 11 es una vista similar a la Figura 7 de una cuarta forma de realización de una hélice según la invención, que incluye tres palas,

la Figura 12 es una vista desde arriba de una hélice que no es una forma de realización de una hélice según la invención, y

la Figura 13 es un esquema que ilustra las velocidades lineales en diferentes puntos de las hélices.

5 En toda la descripción que sigue de diferentes formas de realización de hélices según la invención, los términos relativos tales como "superior", "inferior", "anterior", "posterior", "horizontal" y "vertical" deberán interpretarse cuando la hélice según la invención está instalada en situación de funcionamiento.

Podemos ver, en las Figuras 2 a 4, una primera forma de realización de una hélice según la invención, realizada con 2 pliegues, solución económica y realizable con el concurso de útiles de los que disponen la mayoría de los talleres de mecánica-calderería.

10 Por cuanto que cada pala de la hélice incluye dos pliegues, cada pala presenta, por tanto, tres facetas y, en una vista en sección, es preciso definir tres ángulos para definir el perfil de la pala. Estos ángulos son visibles más en particular en la Figura 4.

15 El ángulo de ataque es el ángulo  $a$  entre la faceta que incluye el borde de ataque y la faceta central. El ángulo  $d$  es el ángulo de posicionamiento entre la faceta central de la pala y la horizontal, cuando el eje de rotación es vertical. El ángulo de fuga  $f$  es el ángulo entre la faceta que incluye el borde de fuga y la faceta central.

20 Esta hélice presenta un ángulo de ataque  $a$  y un ángulo de fuga  $f$  de  $21^\circ$ . El primer pliegue A, es decir, aquel que va a atacar el fluido en primer lugar, está realizado siguiendo un eje pasante por el eje de rotación de la hélice. El segundo pliegue se denota por B. Cabe señalar que el extremo distal del borde de fuga está situado por delante con respecto al extremo proximal de este mismo borde de fuga y al sentido de rotación de la hélice. Por lo tanto, el extremo distal va a atacar el fluido en primer lugar.

Las palas están dobladas al objeto de obtener un coeficiente de combadura inferior al 12%, en orden a mejorar la eficiencia energética. El ángulo de ataque está comprendido entre  $13$  y  $22^\circ$  con el fin de tener un  $C_x$  adecuado. En efecto, rebasando  $30^\circ$ , los esfuerzos radiales generados serán de gran consideración. Se da una convergencia entonces hacia el caso de la turbina.

25 El área de pala es generosa y prácticamente en forma de cuadrilátero, con el fin de obtener un elevado caudal de bombeo, pues el volumen desplazado es función de la superficie de la pala.

Si denotamos por  $l$  la anchura de la pala en su extremo y, por  $L$ , la anchura de la pala en su base en correspondencia con el eje, las magnitudes  $l$  y  $L$  son muy cercanas y  $l > 0,5 L$  y, preferentemente,  $l > 0,75 L$ .

30 Este elemento ha primado aun siendo contrario a la práctica habitual. Y es que la mayor parte de las hélices tienen un extremo estrecho, en forma de trapecio, con el fin de limitar el par afinando la pala en su extremo.

Los estudios han mostrado que, habida cuenta de la combinación de los ángulos elegidos, de los doblados de la pala y de su forma, las prestaciones con respecto a las hélices conocidas son completamente aceptables.

Si denotamos, respectivamente, por:

P: potencia hidráulica

35  $\Delta P$  = presión diferencial entre la entrada y la salida del móvil

Q = caudal

D = diámetro del móvil

N = velocidad de rotación del móvil

$\rho$  = densidad

40  $v$  = velocidad del fluido

S = área del móvil

k = constante

el caudal de una hélice viene dado por la siguiente relación simple:

$$Q_p = N_q N D^3$$

45 con  $N_q$ , número adimensional que caracteriza la hélice (su forma, el número de palas, etc.).

## ES 2 860 465 T3

La potencia consumida se calcula como sigue:  $P = N_p \rho N^3 D^5$

con  $N_p$ , número adimensional que caracteriza la hélice (su forma, número de palas, etc.).

El rendimiento es la relación de la energía que otorga el caudal de bombeo y de la energía necesaria para hacer girar el móvil.

- 5 El rendimiento se puede expresar sencillamente con la relación general de la Mecánica de fluidos y la relación simplificada de Bernoulli:

Relación general de Mecánica de fluidos:  $P_1 = \rho \Delta Q$  (1)

Caudal de bombeo:  $Q_p = N_q N D^3$  (2)

Potencia necesaria para la rotación del móvil:  $P_2 = N_p \rho N^3 D^5$  (3)

- 10 Relación de Bernoulli simplificada:  $\Delta P = 1/2 \rho v^2$

$v = Q/S =$

$$v = \frac{N_q N D^3}{\pi \frac{D^2}{4}} = \kappa N D \qquad \frac{P_2}{P_3} = \kappa \frac{N q^3}{N_p}$$

Nótese que el cálculo es idéntico buscando la potencia consumida para generar 1 m<sup>3</sup>/h, por ejemplo.

Se señala, por ejemplo:

Tipo de móvil	$N_q$	$N_p$	rendimiento
Nueva hélice de 3 palas	0,68	0,58	0,54
Nueva hélice de 2 palas	0,59	0,40	0,50
Estado de la técnica 1	0,60	0,41	0,53
Estado de la técnica 2	0,61	0,49	0,46
Turbina con palas inclinadas 45°	0,75	1,20	0,37
Turbina con 6 palas rectas	0,85	5,5	0,12

- 15 Se comprueba que los rendimientos de las hélices que se proponen son particularmente buenos con relación al estado de la técnica y a las hélices y turbinas corrientes tales como la hélice marina o la turbina con palas inclinadas 45°.

El número de palas de las hélices aumenta la cantidad de líquido desplazado, pero también la potencia consumida.

Sin ser del todo proporcional, se aprecia muchas veces que la potencia consumida aumenta proporcionalmente al número de palas siguiendo un factor 0,8.

- 20 Pero en el presente caso, habida cuenta de la superficie y de los ángulos, las velocidades medias de fluido muestran que, con 2 palas, la potencia disminuye en el 31% con respecto a una hélice de tres palas, mientras que el caudal solamente disminuye en el 13%.

Por lo tanto, es múltiple el interés de utilizar una hélice de dos palas.

- 25 Desde un punto de vista económico, fabricar dos palas en lugar de tres permite un ahorro del 33% en el dominio del material, de la mano de obra para constituir la pala y soldarla a un cubo.

La implantación de la hélice es más sencilla. En efecto, según el diámetro del árbol, en ocasiones no es posible implantar tres palas alrededor del mismo.

- 30 Además, ciertos productos resultan parcialmente destruidos por la cizalladura introducida por las palas. En efecto, a cada giro, la pala "corta" el producto para romperlo (copos, emulsión, polímeros...) y un móvil equipado con dos palas tan solo cizallará dos veces por giro, y no tres veces.

Finalmente, la hélice puede ser realizada en una parte por diferentes motivos, por ejemplo soldada al árbol impulsor para permitir su eventual recubrimiento en medio corrosivo o abrasivo, o cuando no es posible fijarla a continuación. La hélice de tres palas es particularmente difícil de introducir en una tubuladura cuando el móvil sobrepasa 500 mm, pero una hélice de dos palas, de igual diámetro, se introduce fácilmente, como se ilustra en las Figuras 5 y 6.

## ES 2 860 465 T3

Obsérvese, en especial en la Figura 13, un perfil del campo de velocidad que sale de la pala prácticamente idéntico para las tres hélices que se proponen, merced a la superficie de la pala, a los pliegues y a los ángulos combinados, se consigue conservar un perfil netamente axial idéntico.

- 5 La hélice se busca por su caudal que sale de la pala con carácter axial, con el fin de impulsar hacia el fondo en la misma línea y de ascender a la pared, para barrer el fondo de de eventuales partículas depositadas.

Hélices "simples" que constan de palas inclinadas e incluso determinadas a partir de un pliegue no permiten aportar un flujo mayoritariamente axial a causa de las "fugas radiales y tangenciales, para la invención, se señala una corriente mayoritariamente axial.

La fabricación de las hélices del estado de la técnica es compleja.

- 10 En ciertos casos, precisa de una máquina compleja con posibilidad de torsionar palas para hélices de 10 m de diámetro, máquina única, siempre en producción.

Las hélices de tipo sable, habida cuenta de su curvatura, exigen una plantilla para cada diámetro y forma, resultando en una combinación de más de cien plantillas.

- 15 La fabricación de las hélices que se proponen es relativamente fácil con el concurso de una plegadora, por lo que se puede apuntar una mejor competitividad de los subcontratistas, un mayor número de ellos donde elegir.

La determinación mecánica de un agitador viene dictada por su diámetro y su velocidad de rotación para una operación dada y, por consiguiente, de la potencia originada para la rotación del móvil.

- 20 La ganancia en potencia para un mismo caudal de bombeo, elemento esencial de cálculo de una agitación para efectuar una mezcla, permite un ahorro sobre el motor, el reductor de velocidad que transmite el par, sobre el sistema de guía y sobre la estanqueidad, el árbol portador del móvil y el espesor del móvil. Se aprecia, por ejemplo, una ganancia del 20% en potencia entre la hélice que se propone y una hélice marina.

Es fácil imaginar el ahorro económico conseguido desde el punto de vista de la inversión para el usuario, como del interés competitivo para el constructor.

## REIVINDICACIONES

1. Móvil de agitación (M) que comprende al menos dos palas y apto para ser fijado en un árbol de rotación, incluyendo cada pala un borde de ataque encarado con el fluido que ha de agitarse y un borde de fuga opuesto al borde de ataque, obteniéndose cada pala por doblado de una chapa plana, incluyendo cada pala dos pliegues longitudinales,
- 5 siendo la longitud de cada pliegue superior al 60% del radio máximo de la pala,
- siendo el ángulo entre el borde de ataque y el eje radial de la pala que pasa por el centro de rotación y perpendicular al borde exterior, al que se denominan ángulo de incidencia, positivo, en el sentido de que el extremo distal del borde exterior, distante del árbol, podrá atacar el fluido antes que el extremo proximal, cuando el móvil está girando,
- 10 en el que los dos pliegues son paralelos y el ángulo de incidencia está comprendido entre 6 y 15°.
2. Móvil de agitación (M) según la reivindicación 1, caracterizado por ser la longitud de cada pliegue superior al 75% del radio máximo de la pala.
3. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que al menos uno de los pliegues es perpendicular al borde exterior de la hélice.
- 15 4. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que no comprende más que dos palas.
5. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que cada pala presenta, debido a la presencia de los dos pliegues, una sección transversal sensiblemente en forma de U en un plano paralelo al eje de rotación del móvil y paralelo al borde exterior de la pala.
- 20 6. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que cada pala presenta, debido a la presencia de los dos pliegues, una sección transversal sensiblemente en forma de Z en un plano paralelo al eje de rotación del móvil y paralelo al borde exterior de la pala.
7. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el borde de fuga presenta un ángulo comprendido entre 30 y 70° con la intersección con el plano de corte de un plano ortogonal al eje de rotación del móvil, ángulo este que se denomina ángulo de fuga.
- 25 8. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, si denotamos por  $l$  la anchura de la pala en su extremo distal y, por  $L$ , la anchura de la pala en su base en correspondencia con el eje,  $l > 0,5 L$ .
9. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, para cada pala, el ángulo de ataque  $a$  entre la faceta que incluye el borde de ataque y la faceta central está comprendido entre 13 y 25°.
- 30 10. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, si denotamos por  $l$  la anchura de la pala en su extremo distal y, por  $L$ , la anchura de la pala en su base en correspondencia con el eje,  $l > 0,75 L$ .
- 35 11. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el primer pliegue (A), es decir, aquel que va a atacar el fluido en primer lugar, está realizado siguiendo un eje pasante por el eje de rotación de dicho móvil.
- 40 12. Móvil de agitación (M) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el extremo distal del borde de fuga está situado por delante con respecto al extremo proximal de este mismo borde de fuga y al sentido de rotación de la hélice, atacando así dicho extremo distal el fluido en primer lugar.

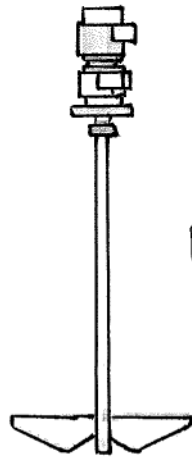


Fig. 1

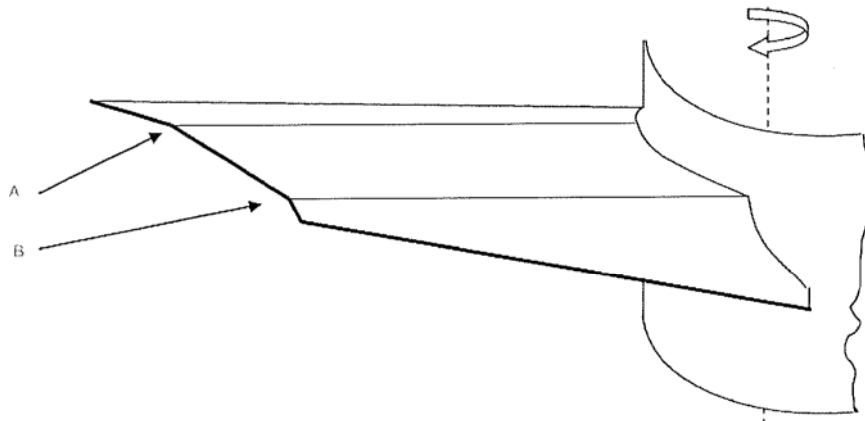


Fig. 2

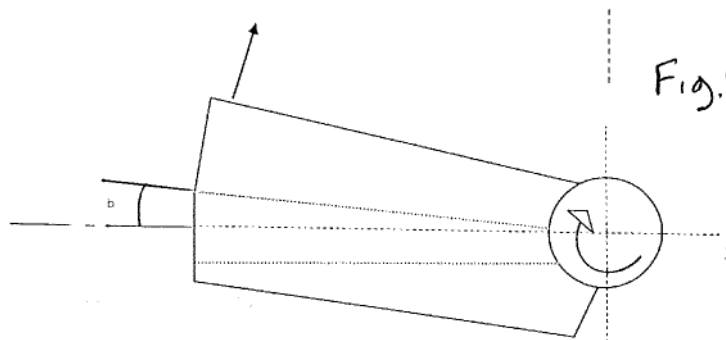


Fig. 3

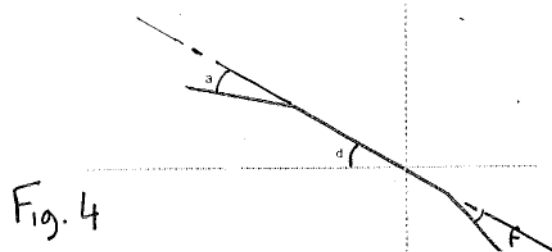
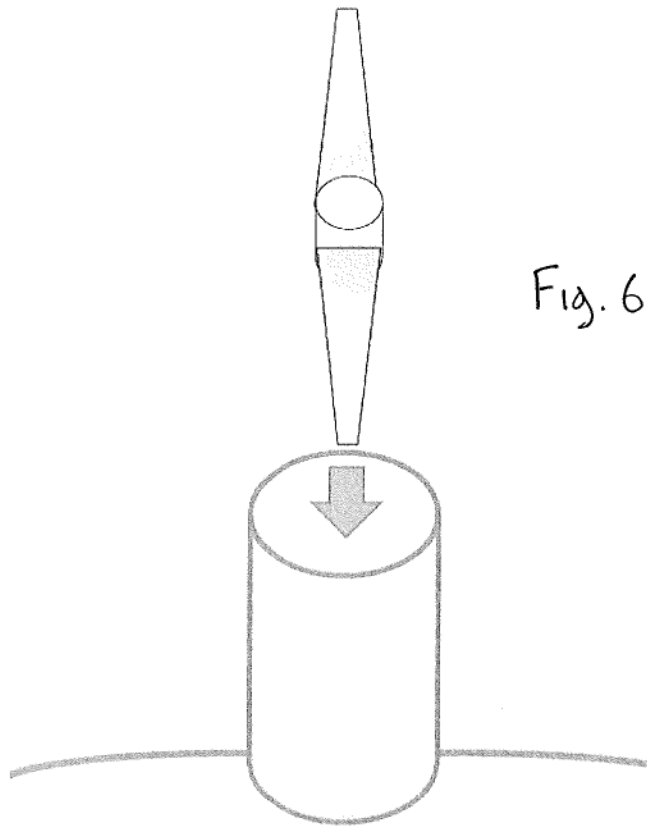
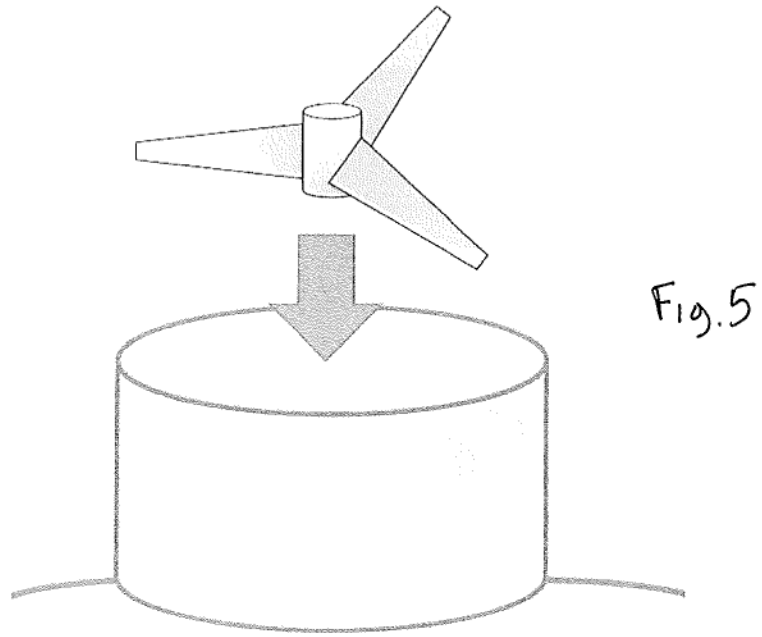
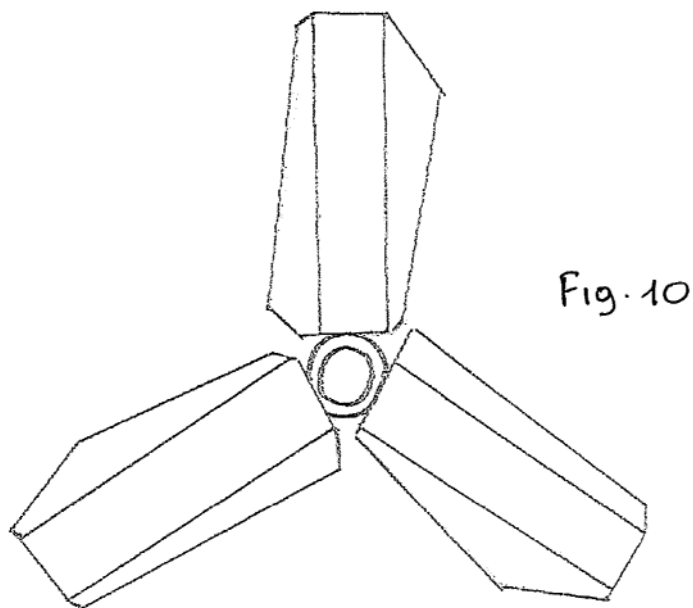
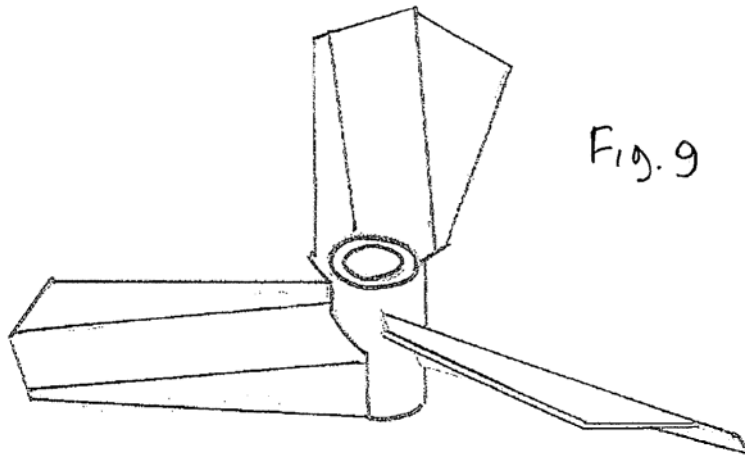
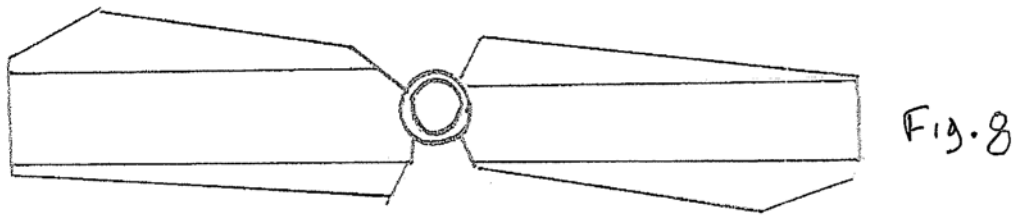
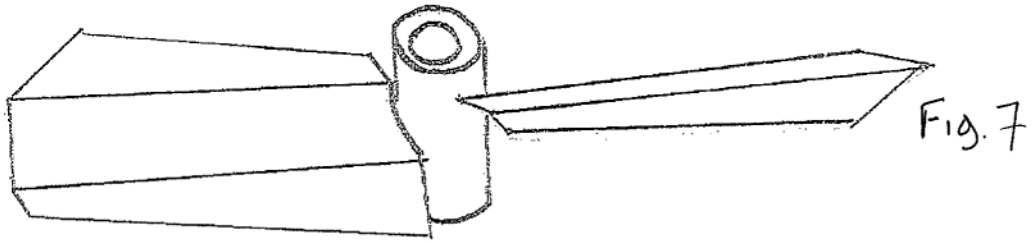


Fig. 4





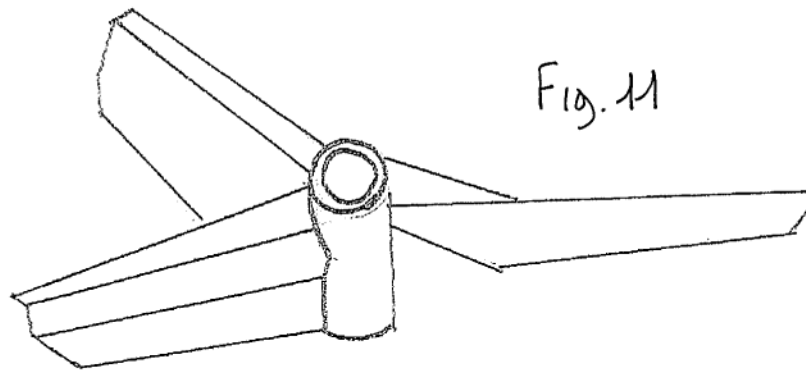


Fig. 11

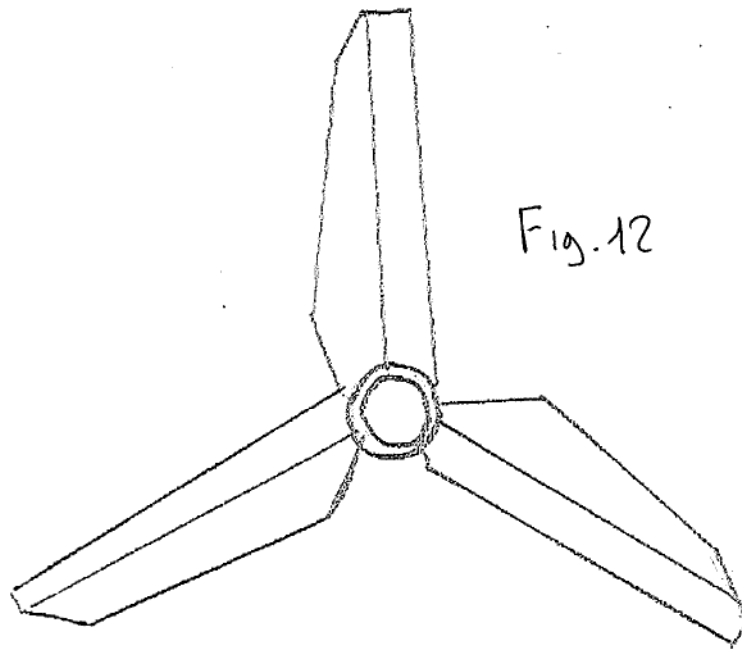


Fig. 12

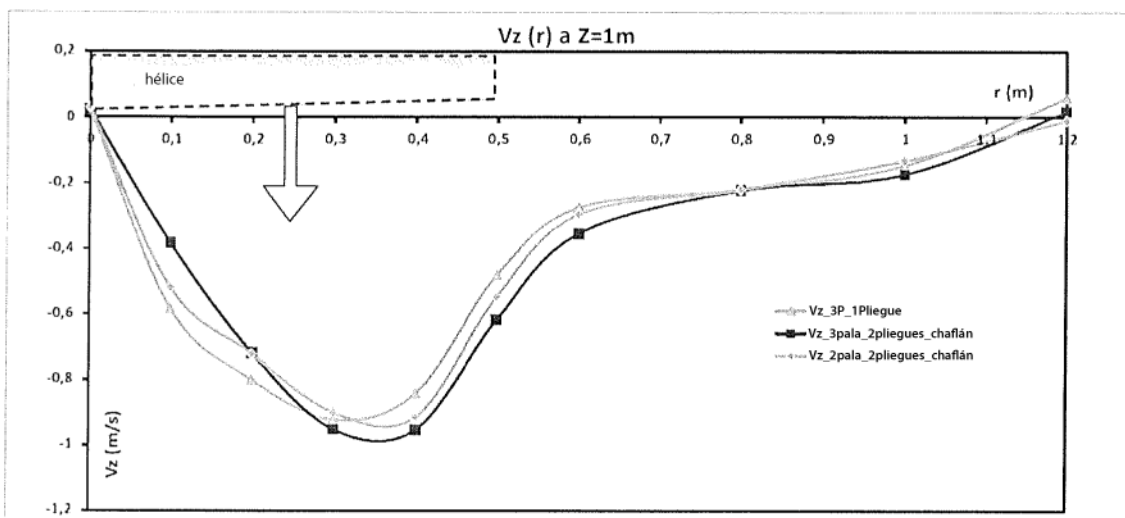


Fig. 13