(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 332 357**

(51) Int. Cl.:
F03B 1/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **02722201 .7**
(96) Fecha de presentación : **11.03.2002**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1386076**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **04.02.2004**

(54) Título: **Álabe Pelton.**

(30) Prioridad: **11.05.2001 EP 01111517**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.02.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.02.2010

(73) Titular/es: **Andritz Hydro GmbH**
Penzinger Strasse 76
1141 Wien, AT

(72) Inventor/es: **Geppert, Lothar y**
Schärer, Christoph

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Álabe Pelton.

El invento se refiere a un álabe Pelton de un rodete Pelton, así como a un procedimiento para fabricar un álabe Pelton.

Los rodetes Pelton son conocidos por ejemplo por el documento DE-A-39 38 356.

Los álabes Pelton se han construido hasta ahora con bordes de salida planos. Preferentemente en caso de relaciones de círculo de chorro pequeñas, es decir, cuando los álabes deben aproximarse sobre un diámetro de círculo de chorro muy pequeño, los bordes de salida con frecuencia únicamente eran achaflanados hacia abajo en la raíz del cangilón, puesto que de lo contrario en la raíz del cangilón queda demasiado poco sitio entre los álabes Pelton para el agua que tiene que fluir a la salida, por lo que queda disminuido el ángulo de deflexión del chorro. Debido a los bordes de salida planos se reducen forzosamente los anchos de luz entre álabes consecutivos, por lo que queda menos sitio para el agua que fluye a la salida. Además la longitud de recorrido necesaria para la deflexión se alarga así inútilmente. Todos estos inconvenientes repercuten negativamente en el rendimiento de la turbina Pelton.

El presente invento se ha planteado por eso el problema de optimizar la deflexión del chorro mediante un álabe especialmente configurado y por lo tanto mejorar el rendimiento de la turbina Pelton.

El problema planteado es solucionado según el invento para el álabe Pelton y el procedimiento para fabricar un álabe Pelton porque el borde de salida del álabe Pelton del rodete Pelton al menos por secciones está curvado de forma cóncava.

Debido a esta forma del borde de salida la energía cinética del chorro es aprovechada óptimamente durante la conducción en el álabe Pelton y transmitida al rodete Pelton, con lo que se obtiene una mejora del rendimiento de la turbina Pelton. En total puede obtenerse así una ganancia de rendimiento de 0,3 a 0,4%, lo que en las potencias de uso corriente de algunos cientos de MW en el caso de turbinas Pelton significa una ganancia considerable. Esta forma especial resulta de una optimización de la deflexión del chorro y garantiza que el chorro no es conducido hacia fuera a través de la longitud de recorrido necesaria para la deflexión limpia.

Además de esto gracias a esta forma el ángulo de salida del álabe Pelton puede ser más cerrado, lo que asimismo repercute favorablemente en el rendimiento de la turbina Pelton.

Mediante el rebaje del borde de salida en la zona del centro del cangilón se proporciona como efecto adicional más sitio para el agua que fluye por delante del cangilón precedente, por lo tanto resulta un aumento del ancho de luz. Como consecuencia directa de ello para conservar los anchos de luz óptimos los ángulos de salida del álabe Pelton pueden ser más cerrados en esta zona, lo que de nuevo repercute favorablemente en el rendimiento de la turbina Pelton.

En una realización ventajosa el borde de salida del álabe Pelton en la zona de la raíz del cangilón está levantado con respecto a un borde de salida plano, por lo que se pueden aumentar los ángulos de deflexión del chorro, lo que según el principio de impulsión repercute positivamente en el rendimiento de una turbina Pelton. En caso de relaciones de círculo de chorro D_1/B_2 pequeñas, $D_1/B_2 < 3{,}3$, simultáneamente con la elevación del borde de salida en la zona de la raíz del cangilón debería aumentarse el ángulo de abertura en el borde de salida en esta zona, para evitar que el chorro que fluye a la salida roce demasiado fuertemente en el álabe subsiguiente. Mediante la guía más larga del chorro en el álabe resulta en particular una ganancia de rendimiento.

Otra ventajosa forma de realización se obtiene si el borde de salida en la zona del frente del álabe se levanta con respecto a un borde de salida plano, lo que adicionalmente deja juego en la optimización de la forma del álabe Pelton.

Para asegurar transiciones de la forma del álabe lo más fluidas posible el borde de salida ventajosamente al menos por secciones está curvado de forma convexa con respecto a un plano radial del rodete Pelton. De este modo el chorro puede ser desviado pasante y sin pérdidas innecesarias en el álabe Pelton y salir del álabe Pelton.

Alternativamente a esto puede conseguirse una simplificación en la fabricación de un álabe Pelton según el invento si la configuración curvada en forma cóncava y/o convexa al menos por secciones es aproximada por una red poligonal.

El rendimiento de la turbina Pelton es influido positivamente si el ángulo del flujo de descarga del chorro en el álabe Pelton es regulado mediante la forma del borde de salida de manera que la componente radial de la velocidad de salida del chorro se haga mínima.

Puede obtenerse una mejora adicional del rendimiento si el ángulo del flujo de descarga del chorro en el álabe Pelton se regula mediante la forma del borde de salida de manera que la deflexión del chorro al menos parcialmente se maximice con respecto a 180º. El rendimiento puede ser mejorado aún más regulándose el ángulo del flujo de descarga en el álabe Pelton de manera que el chorro a la salida fuera del álabe Pelton roce sólo parcialmente en el subsiguiente álabe Pelton.

Se pueden obtener buenos resultados de optimización si el desarrollo del ángulo de salida primeramente se calcula, por ejemplo con ayuda de modelos numéricos, de dinámica de fluidos y/o matemáticos, y el ajuste exacto se realiza en ensayos de modelos.

El invento se describe con ayuda de las Figuras esquemáticas, a manera de ejemplo y no limitativas 1 a 4. Las Figuras 1 a 4 muestran:

La Figura 1 el flujo de descarga del chorro en un álabe Pelton con borde de salida plano.

La Figura 2 una comparación de un álabe Pelton con borde de salida plano con álabes Pelton según el invento.

La Figura 3 el flujo de descarga del chorro en un álabe Pelton según el invento.

La Figura 4 una vista en planta de un álabe Pelton según el invento.

Una turbina Pelton gira en una carcasa alrededor de un eje de giro y es atacada con un medio, en la mayoría de los casos agua, desde una tubería de presión mediante un chorro 2, o simultáneamente por varios chorros, tangencialmente a un diámetro medio de círculo de chorro D_1. El medio que se mueve con movimiento de traslación entra en el álabe Pelton giratorio 1 a través de un sector en el frente del álabe, es dividido en dos en el filo 5 del álabe, desviado en los dos cangilones del álabe Pelton 1 y abandona el álabe Pelton 1 por ambos lados a través del borde exterior del álabe, como está representado esquemáticamente en la Figura 1 y en la Figura 2.

Según el principio de impulsión, la fuerza F sobre un álabe Pelton 1 parado resulta

$$F = (1 + \cos \varepsilon_3)\rho A c^2.$$

Donde ε_3 es el ángulo del flujo de descarga con respecto al eje de entrada del chorro 2, ρ es la densidad del medio, c la velocidad del chorro y A la sección transversal del chorro. Como se desprende de la relación para la fuerza, la fuerza se hace máxima cuando ε_3 tiende a cero, es decir, cuando el medio es desviado 180º. Puesto que el rodete Pelton gira con los álabes 1, en rodetes Pelton convencionales, por lo tanto con borde de salida 3 plano, resultan ángulos de deflexión con respecto al eje de entrada del chorro 2 entre unos 130º hasta en intervalos casi 180º.

Según la ecuación para turbinas de Euler,

$$P = \rho Q(u_3 c_{3u} - u_0 c_{0u}),$$

la potencia P de una turbina Pelton es máxima cuando el medio fluye en la descarga del rodete en dirección periférica, (índice u), cuando por lo tanto no existe ninguna componente radial (índice r) de la velocidad c del chorro y es válido

$$c_{3r} = 0 \rightarrow c_3 = c_{3u}.$$

Donde ρ designa de nuevo la densidad del medio, Q el flujo volumétrico y u la velocidad periférica del álabe. El índice 0 se refiere a la entrada del chorro en el álabe Pelton 1 y el índice 3 a la salida del álabe Pelton 1.

Para un funcionamiento óptimo de una turbina Pelton por lo tanto el ángulo de deflexión durante la fase de deflexión completa debería ser maximizado con respecto a 180º y simultáneamente la velocidad de salida c_3 presentar sólo una componente periférica c_{3u}.

En la Figura 1 está indicado un rodete Pelton con dos álabes de rodete convencionales 1, que está atacado por un chorro 2. El chorro 2 es dividido en dos en el filo 5 del álabe, es desviado en los cangilones y sale fuera del álabe Pelton 1 con el ángulo de flujo de descarga ε_3. En los álabes Pelton convencionales el ángulo de flujo de descarga ε_3 es aproximadamente de 40º a 50º. Debido al desarrollo del ángulo de salida condicionado por el ángulo de salida plano 3 resulta una velocidad de salida c_3 que presenta una componente radial c_{3r}, con los inconvenientes conocidos por las realizaciones arriba mencionadas. Para evitar que el agua que fluye a la salida roce demasiado fuertemente en el subsiguiente álabe Pelton 1, lo que repercutiría negativamente en la potencia de la turbina Pelton, frecuentemente se prevé en la zona de la raíz del cangilón un borde de salida 4 achaflanado. De este modo el agua al salir en efecto roza menos en el lado exterior del subsiguiente álabe Pelton 1, pero el ángulo de flujo de descarga ε_{3s} aumenta sin embargo todavía más y la velocidad de salida resultante c_{3s} presenta así una componente radial todavía mayor. De acuerdo con las realizaciones arriba mencionadas es directamente entendible con claridad que así el rendimiento de la turbina Pelton empeora.

En la Figura 2, a) está representado un álabe Pelton 1 convencional con un borde de salida 3 plano. A este álabe Pelton 1 convencional están contrapuestos en las Figuras 2, b) y c) álabes Pelton 1 según el invento, en los cuales en cada caso como comparación está indicado un borde de salida 3 plano. En la Figura 2, b) se observa que el borde

de salida 6 del álabe Pelton según el invento presenta una curvatura cóncava. Bajo una curvatura cóncava se entiende aquí de acuerdo con la definición una curvatura cuyo centro de curvatura en una vista lateral del álabe Pelton 1 según la Figura 2, a) queda situado por encima del borde de salida. Un borde de salida convexo tiene por consiguiente un centro de curvatura por debajo del borde de salida 6, es decir, por ejemplo en el propio cuerpo del álabe Pelton. El borde de salida 6 está además rebajado con respecto al borde de salida plano 3 en la zona del centro del cangilón, es decir, sobre el diámetro de chorro circular D_1, y en la zona de la raíz del cangilón está levantado con respecto al borde de salida plano 3, de manera que en suma resulta un ángulo de salida 6 que se desarrolla curvado de forma cóncava. En particular resulta por lo tanto en este ejemplo de realización referente a un plano radial del rodete Pelton un contorno que en el frente del álabe presenta una configuración que se desarrolla curvada de forma convexa y luego se convierte hasta la raíz del cangilón en una configuración que se desarrolla curvada de forma cóncava. Naturalmente también son posibles y concebibles otras configuraciones. Esta configuración resulta de una optimización en cuanto a la minimización de la componente radial c_{3r} de la velocidad de salida c_3, ventajosamente $c_{3r} = 0$. Como otro factor influye en la optimización la minimización del ángulo de flujo de descarga ε_3, en cuanto a un ángulo de deflexión máximo referente a 180º, y la longitud de recorrido necesaria para la deflexión limpia del chorro 2 en el álabe Pelton 1.

La optimización del ángulo de salida curvado se realiza con ayuda de modelos de cálculo, por ejemplo modelos numéricos, de dinámica de fluidos o matemáticos, y se verifica en subsiguientes ensayos de modelos y/o simulaciones. Naturalmente también es posible optimizar la forma sólo mediante ensayos de modelos. Para ello se han mostrado ventajosas en la práctica las siguientes escalas de valores.

En la Figura 2, d) están mostrados dos puntos X1 y X2, que resultan del punto de intersección del borde de salida curvado 6 con la superficie interior de un cangilón. El círculo de base con el radio R_G sobre el eje del rodete Pelton resulta entonces el círculo que toca tangencialmente con la prolongación de la línea X1-X2. Para rodetes Pelton, como es conocido por los expertos, con relaciones de círculo de chorro $D_1/B_2 \approx 6$ el radio es $R_G = (0{,}25 \text{ a } 0{,}85)B_2$, con $D_1/B_2 \approx 3$ el radio es $R_G = (0{,}55 \text{ a } 1{,}2)B_2$. La profundidad T_{BR} del borde de salida curvado 6 en la zona del diámetro de círculo de chorro D_1 debería entonces estar situada en el intervalo $T_{BR} = (0{,}03 \text{ a } 0{,}17)B_2$. B_2 designa el ancho del álabe Pelton 1, como está representado en la Figura 4.

En la Figura 2, c) el borde de salida curvado fue aproximado por una red poligonal 7. Además se observa que adicionalmente todavía el borde de salida 7 en la zona del frente del álabe está levantado con respecto al borde de salida plano 3. Esta elevación naturalmente también es posible en bordes de salida curvados 6.

La Figura 3 muestra un rodete Pelton, que está indicado por dos álabes Pelton 1 con borde de salida 6 curvado de forma cóncava, que es atacado por un chorro 2. El ángulo de flujo de descarga ε_3 resultante de la deflexión en este ejemplo de realización resulta de tal modo que la componente radial c_{3r} de la velocidad de salida c_3 óptimamente desaparece y tan sólo queda la componente periférica, de manera que es válido $c_3 = c_{3u}$. Como comparación está indicada la velocidad de salida c_{3s} de un álabe Pelton 1 convencional, que debido al mayor ángulo de salida ε_{3s} presenta una componente radial.

En la Figura 4 está indicado el desarrollo del ángulo de salida a través de la longitud B_L del álabe Pelton en tres puntos mediante los respectivos ángulos de salida β_2. Los ángulos de salida β_2 se regulan de manera que el chorro desviado no roce demasiado fuertemente en la superficie exterior del subsiguiente álabe Pelton. Para cada relación de círculo de chorro D_1/B_2 existe un desarrollo óptimo del ángulo de salida. Este desarrollo del ángulo de salida puede ser calculado y/o simulado con ayuda de modelos numéricos, de dinámica de fluidos y/o matemáticos, o se determina en ensayos de modelos. Naturalmente también puede emplearse una combinación cualquiera de los procedimientos para determinar el desarrollo óptimo del ángulo de salida.

REIVINDICACIONES

1. Álabe Pelton (1) de un rodete Pelton, **caracterizado** porque el borde de salida (6) del rodete Pelton al menos por secciones está curvado de forma cóncava, estando la curvatura cóncava definida de tal manera que su centro de curvatura en una vista lateral del álabe Pelton (1) está situado por encima del borde de salida (6).

2. Álabe Pelton (1) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el borde de salida (6) del álabe Pelton (1) en la zona del diámetro medio de círculo de chorro (D_1) está rebajado con respecto a un borde de salida plano (3).

3. Álabe Pelton (1) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque el borde de salida (6) del álabe Pelton en la zona de la raíz del cangilón está levantado con respecto a un borde de salida plano (3).

4. Álabe Pelton (1) según la reivindicación 1, 2 o 3, **caracterizado** porque el borde de salida (6) del álabe Pelton en la zona del frente del álabe está levantado con respecto a un borde de salida plano (3).

5. Álabe Pelton (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque la curvatura del borde de salida (6) al menos por secciones está curvada de forma convexa.

6. Álabe Pelton (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque la configuración curvada de forma cóncava y/o convexa al menos por secciones está aproximada por una red poligonal (7).

7. Álabe Pelton (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque el ángulo (ε_3)del flujo de descarga del chorro en el álabe Pelton es regulado mediante la forma del borde de salida (6) de manera que se minimiza la componente radial (c_{3r}) de la velocidad de salida del chorro.

8. Álabe Pelton (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque el ángulo (ε_3) del flujo de descarga en el álabe Pelton es regulable mediante la forma del borde de salida (6) de manera que la deflexión del chorro al menos parcialmente se maximiza con respecto a 180º.

9. Álabe Pelton (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el desarrollo óptimo del ángulo del flujo en el borde de salida (6) es calculable con ayuda de modelos numéricos, de dinámica de fluidos y/o matemáticos.

10. Álabe Pelton (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque el desarrollo óptimo del ángulo del flujo en el borde de salida (6) es determinable en ensayos de modelos.

11. Álabe Pelton (1) según la reivindicación 9 o 10, **caracterizado** porque el desarrollo del ángulo del flujo en el borde de salida (6) en el álabe Pelton es regulable de manera que el chorro al salir fuera del álabe Pelton roza al menos sólo parcialmente en el subsiguiente álabe Pelton.

12. Procedimiento para fabricar un álabe Pelton (1), **caracterizado** porque el borde de salida (6) del álabe Pelton (1) al menos por secciones está realizado curvado de forma cóncava.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado** porque el borde de salida (6) en la zona del diámetro medio de círculo de chorro (D_1) está rebajado con respecto a un borde de salida plano (3).

14. Procedimiento según la reivindicación 12 o 13, **caracterizado** porque el borde de salida (6) en la zona de la raíz del cangilón está levantado con respecto a un borde de salida plano (3).

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado** porque el borde de salida (6) en la zona del frente del álabe está levantado con respecto a un borde de salida plano (3).

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado** porque el borde de salida (6) al menos por secciones es curvado de forma convexa.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado** porque el desarrollo óptimo del ángulo de salida (ε_3) se calcula con ayuda de modelos numéricos, de dinámica de fluidos y/o matemáticos.

18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 17, **caracterizado** porque el desarrollo óptimo del ángulo de salida (ε_3) se determina en ensayos de modelos.

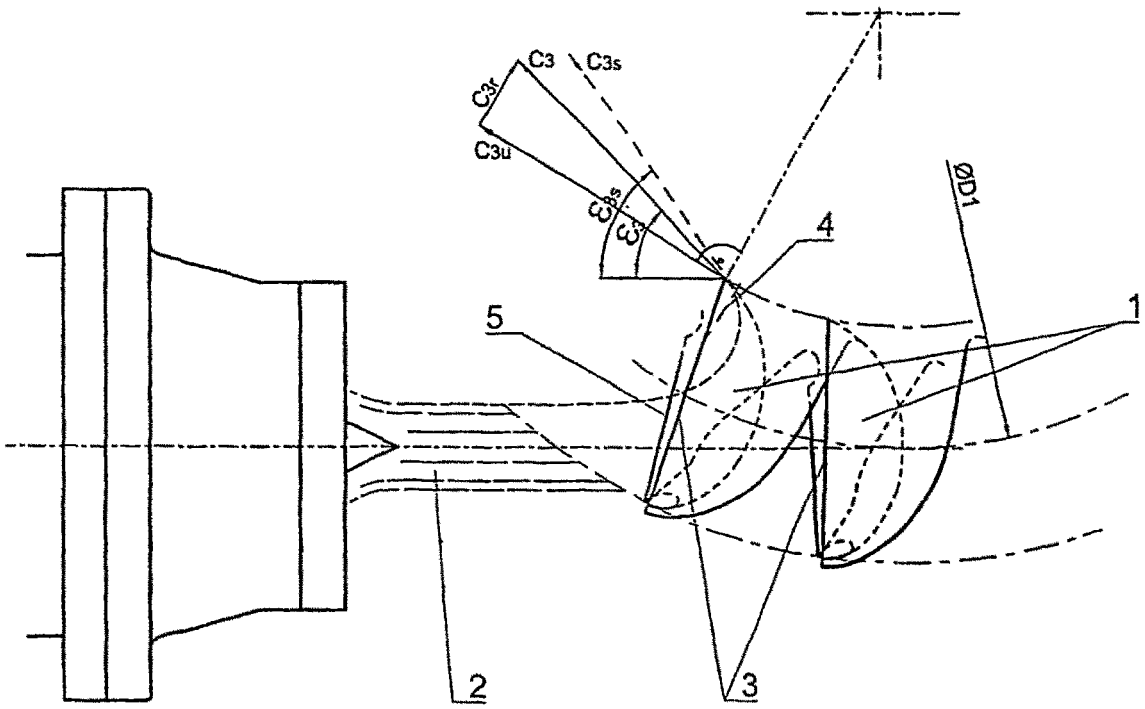


Fig. 1

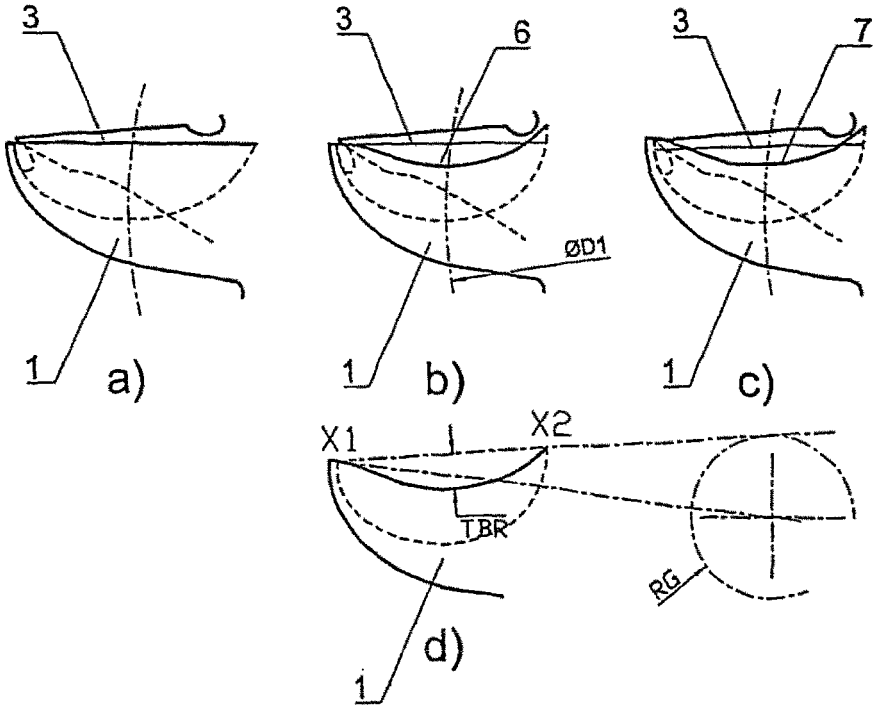


Fig. 2

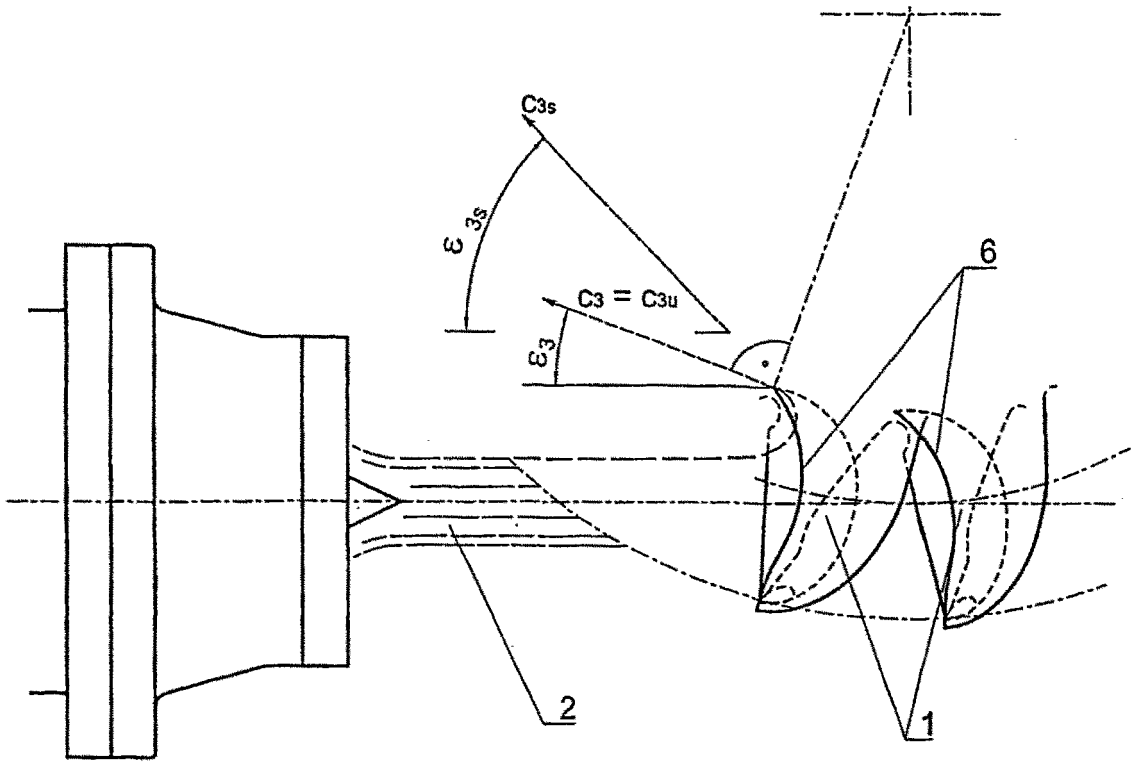


Fig. 3

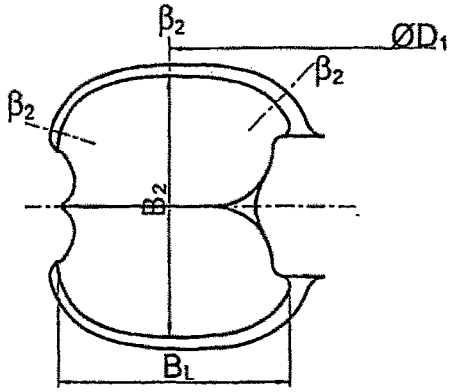


Fig. 4