

Álabe de una turbina Pelton

La invención se relaciona con un álabe de una turbina Pelton con un borde de salida curvado, al menos en segmentos.

Las turbinas Pelton han sido parte del estado de la técnica anterior durante mucho tiempo y son conocidas en particular por el documento CA 32918 A. Mientras que inicialmente solo se usaban álabes con bordes de salida planos, como se describe, por ejemplo, en el documento DE 39 38 356 C2, los álabes de turbinas Pelton con bordes de salida curvos también son conocidos desde hace algún tiempo, en particular por los documentos EP 1 386 076 B1 y EP 2 868 912 A1. El objetivo siempre ha sido mejorar la eficiencia mediante una influencia beneficiosa en el flujo producida por la forma del álabe.

En consecuencia, el objeto de la presente invención también es especificar un álabe de Pelton del tipo nombrado al principio con el cual se pueda lograr una eficiencia particularmente alta.

De acuerdo con la invención, este objetivo se alcanza mediante un álabe del tipo mencionado al inicio, en el cual el borde de salida forma una protuberancia posterior en una vista lateral, en donde un centro de curvatura de la protuberancia está situado por debajo del borde de salida en una vista lateral y un punto máximo de la protuberancia está situado más cerca de la base de la cavidad del álabe que de la cara del álabe.

En el transcurso de la invención, se descubrió que, de esta manera, se puede aumentar una altura de salida del chorro de agua, logrando así un mejor control del flujo de salida, lo cual, a su vez, da lugar a un aumento de la eficiencia.

La realización de acuerdo con la invención permite diseñar perfiles de álabe innovadores con más posibilidades geométricas en cuanto a posiciones, curvaturas y ángulos para:

- optimizar la transferencia de energía al rodete para una mejor eficiencia hidráulica;
- optimizar el flujo inverso de agua desde la cavidad del álabe, con el fin de reducir el flujo inverso hacia las boquillas y el rodete, y alterar los puntos de impacto del agua en las boquillas o la carcasa;
- optimizar la distribución del grosor en el rodete para mejorar el nivel de tensión en el rodete;
- optimizar la distribución de masa en el rodete para mejorar las características dinámicas del eje principal.

Un extremo radial interno del álabe o de la cavidad del álabe, cuando el álabe está dispuesto en una rueda Pelton, se entiende como la base de la cavidad, y un extremo radial externo de la cavidad, en una disposición del álabe en la turbina Pelton según lo previsto, se entiende o denomina como la cara del álabe. Así, la protuberancia posterior suele estar dispuesta en una mitad radial interna del álabe y en su mayoría no sobresale más allá del diámetro primitivo. En particular, un punto máximo de la protuberancia, es decir, un punto en el cual la protuberancia alcanza su distancia máxima desde un borde de salida plano teórico, se encuentra típicamente en la posición radial dentro del diámetro primitivo.

Es beneficioso si la protuberancia sobresale más allá de un divisor central. Una porción plana del borde de salida, es decir, una región en la que el borde de salida en una vista lateral forma una línea de conexión esencialmente recta entre la

cara del álabe y la base de la cavidad del álabe, puede estar dispuesta por debajo del divisor central de modo que, en una realización preferida, el borde plano quede por debajo del divisor central y que sólo la protuberancia sobresalga por encima del divisor central.

Ha demostrado su efectividad que un centro de masa de la protuberancia posterior esté situado entre la base de la cavidad del álabe y un centro entre la base de la cavidad del álabe y la cara del álabe. De este modo, se consigue un flujo beneficioso tanto en una región radial externa como en una región posterior, o una región de la cavidad del álabe que se encuentra radialmente más hacia el interior. Aquí, la parte de la cavidad del álabe que sobresale más allá de una línea de conexión directa y recta de la base de la cavidad del álabe y la cara del álabe se define o denomina protuberancia. Por consiguiente, el centro de masa de esta pieza, que sobresale más allá del borde plano, se entiende como el centro de masa.

En este caso, las expresiones radial interno y radial externo se refieren, por supuesto, a un sistema de coordenadas cilíndricas que parte del eje de rotación de la rueda Pelton en la cual el álabe está dispuesto, o puede estar dispuesto, según lo previsto.

Preferiblemente se dispone que la protuberancia posterior se extienda desde la base de la cavidad del álabe aproximadamente hasta un centro entre la base de la cavidad del álabe y la cara del álabe.

En principio, la protuberancia, que forma parte del borde de salida, puede ser realizada de diversas maneras. Para conseguir unas condiciones de flujo beneficiosas, es preferible que la protuberancia comprenda una primera región cóncava con un centro de curvatura situado por encima del borde de salida en una

vista lateral, una segunda región convexa con un centro de curvatura situado por debajo del borde de salida en una vista lateral y una tercera región cóncava con un centro de curvatura situado por encima del borde de salida en una vista lateral. Preferiblemente, la protuberancia posterior comprende así dos puntos de inflexión y, entre ellos, una formación aproximadamente en forma de cresta, y la primera región cóncava y la tercera región cóncava hacen una transición tangencial hacia el borde adyacente del álabe, que, en consecuencia, suele corresponder en una vista lateral a una línea recta de conexión de la base de la cavidad del álabe y la cara del álabe, o a un borde plano.

Normalmente, se prevé que la protuberancia posterior se extienda aproximadamente hasta la base de la cavidad, pero la base de la cavidad del álabe comprende, en la región de la base de la cavidad, un borde de salida cuya altura corresponde a un borde plano. En este caso, se considera que un borde plano es una línea que, en una vista lateral, forma una conexión recta de la base de la cavidad del álabe y la cara del álabe.

Para conseguir un flujo que sea especialmente beneficioso y una elevada eficiencia, es preferible que el álabe comprenda una protuberancia frontal adicional que esté curvada al menos en segmentos, donde un centro de curvatura esté situado por debajo del borde de salida en una vista lateral, y donde un punto máximo de la protuberancia frontal esté dispuesto más cerca de la cara del álabe que de la base de la cavidad del álabe.

De este modo, un aumento en la altura de la salida del flujo también se traduce en una elevación en la región frontal, o radial externa, del álabe.

La protuberancia frontal preferiblemente también comprende una región cóncava, una región convexa adyacente y otra región cóncava adyacente a la región convexa, de modo que la protuberancia frontal también comprende preferiblemente dos puntos de inflexión y, por lo general, está situada únicamente por encima de un borde plano teórico, o por encima de una línea recta que conecta la base de la cavidad con la cara del álabe. La protuberancia frontal puede extenderse hasta la cara del álabe; sin embargo, también puede disponerse que la protuberancia frontal no se extienda completamente hasta la cara del álabe en un extremo frontal, de modo que resulte en una región recta o plana entre un extremo delantero de la protuberancia frontal y la cara del álabe.

Ha demostrado ser especialmente beneficioso que la protuberancia frontal tenga una altura menor que la protuberancia posterior. Por ejemplo, la protuberancia frontal y la protuberancia posterior pueden tener una altura inferior al 30% de la profundidad máxima de la cavidad del álabe (de acuerdo con la definición del documento DE 39 38 356 C2).

La presente invención también se puede combinar con un álabe que comprenda un borde de salida que tenga una región cóncava, como se describe en el documento EP 1 386 076 B1, por ejemplo. En este caso, se puede disponer que el borde de salida comprenda una región cóncava, en particular entre una protuberancia posterior y una protuberancia frontal.

Los álabes de las turbinas Pelton típicamente están dispuestos simétricamente con respecto a un divisor central. En consecuencia, se ha demostrado que es beneficioso que las protuberancias estén dispuestas

simétricamente en ambos lados de un plano central teórico del álabe, cuyo plano central normalmente contiene los divisores centrales.

Se entenderá que normalmente se disponen álabes correspondientes en una rueda Pelton de una turbina Pelton, en donde la rueda Pelton preferiblemente contiene únicamente álabes realizados de acuerdo con la invención.

Las características, ventajas y efectos adicionales de la invención se desprenden de las realizaciones ejemplares descritas a continuación. En los dibujos de referencia:

La Fig. 1 muestra un segmento de una rueda Pelton con tres álabes realizado de acuerdo con la invención;

La Fig. 2 muestra otro segmento de una rueda Pelton de acuerdo con la invención con tres álabes realizados de acuerdo con la invención;

La Fig. 3 muestra una rueda Pelton;

La Fig. 4 muestra un álabe de una rueda Pelton;

La Fig. 5 muestra una rueda Pelton.

La Fig. 1 muestra un segmento de una rueda Pelton 1 de acuerdo con la invención, con tres álabes (2) representados. Como se puede apreciar, cada álabe (2) comprende una cara del álabe (4), una base de la cavidad del álabe (3) y un divisor central (5). En ambos lados del divisor central (5) y en posición simétrica con respecto a un plano central, los álabes (2) ilustrados comprenden en los bordes de salida (6) protuberancias posteriores (7) que se extienden más allá del borde plano (9) ilustrado, es decir, más allá de una línea recta de conexión entre la base de la cavidad del álabe (3) y la cara del álabe (4) en una vista lateral. De este modo, se aumenta la altura de salida del flujo en la región de las protuberancias posteriores

(7), lo que da lugar a unas propiedades de flujo más beneficiosas. Para que resulte especialmente evidente, el borde plano (9) se ilustra como una línea de trazos en la región de las protuberancias posteriores (7). Fuera de una región de las protuberancias posteriores (7), el borde de salida (6) corresponde al borde plano (9).

Como se puede apreciar, las protuberancias posteriores (7) comprenden una primera región cóncava (11), una segunda región convexa (12) contigua que incluye un punto máximo (10) y otra región cóncava (11) contigua, donde las regiones cóncavas (11) hacen una transición aproximadamente continua hacia el borde de salida plano (6). Como se puede observar en una vista lateral, el punto máximo (10) de las protuberancias posteriores (7) está situado más cerca de la base de la cavidad del álabe (3) que de la cara del álabe (4), por lo que se encuentra radialmente en el interior del centro de la cavidad del álabe, o dentro de un círculo de acero.

La Fig. 2 muestra otra realización ejemplar de una rueda Pelton (1) con álabes (2) realizada de acuerdo con la invención, donde se ilustra nuevamente una región que comprende tres álabes (2). Además de las protuberancias posteriores (7) ilustradas en la Fig. 1, estos álabes (2) también comprenden protuberancias frontales (8). De este modo, la altura de una salida de flujo también se eleva en las regiones de la zona delantera. Como puede apreciarse en este caso, tanto las protuberancias posteriores (7) como las protuberancias frontales (8) tienen regiones cóncavas (11), una región convexa (12) contigua y otra región cóncava (11) contigua, de modo que se consigue una transición esencialmente continua hacia el borde de salida 6 contiguo a las protuberancias.

También se puede observar que tanto la protuberancia frontal (8) como la protuberancia posterior (7) no se extienden completamente hasta un extremo delantero y trasero, respectivamente, del álabe (2), o hasta una base de la cavidad del álabe (3) y una cara del álabe (4), aunque esto sea posible en principio. En este caso, el punto máximo (10) de la protuberancia posterior (7) también está situado más cerca de la base de la cavidad del álabe (3) que de la cara del álabe (4), mientras que el punto máximo (10) de la protuberancia frontal (8) está situado más cerca de la cara del álabe (4) que de la base de la cavidad del álabe (3). En las protuberancias ilustradas, un centro de masa de las protuberancias posteriores (7) está situado respectivamente más cerca de la base de la cavidad del álabe (3) que de la cara del álabe (4), y un centro de masa de las protuberancias frontales (8) está situado respectivamente más cerca de la cara del álabe (4) que de la base de la cavidad del álabe (3). Así, los centros de masa y los puntos máximos (10) de las protuberancias posteriores (7) se sitúan radialmente dentro de un círculo de acero no ilustrado aquí, y los puntos máximos (10) y los centros de masa de las protuberancias frontales (8) se sitúan radialmente fuera del círculo de acero.

La Fig. 3 muestra otra rueda Pelton (1) con álabes 2 realizada de acuerdo con la invención. Como se puede apreciar, por una parte los álabes (2) comprenden una región cóncava (11) con una curvatura, donde un centro de curvatura se encuentra por encima del borde de salida (6) en una vista lateral. Además, estos álabes 2 también comprenden protuberancias posteriores internas radiales (7) con el fin de influir favorablemente en un flujo. Así, el borde de salida (6) queda por debajo del divisor central (5) en la región cóncava (11).

La Fig. 4 muestra otro álabe (2) de una turbina Pelton que además comprende protuberancias posteriores (7) y protuberancias frontales (8) en ambos lados del divisor central (5). Dichas protuberancias se elevan respectivamente por encima de un borde plano (9) que coincide con el borde de salida (6) por fuera de las protuberancias posteriores (7) y las protuberancias frontal (8). En este caso, una línea de conexión de la cara del álabe y la base de la cavidad del álabe que sea recta en una vista lateral se entiende una vez más como un borde recto. Aquí, las protuberancias frontales (8) se extienden hasta la cara del álabe (4) y, a diferencia de las protuberancias frontales (8) ilustradas en la Fig. 2 los extremos delanteros no comprende ninguna región cóncava (11), sino que hacen una transición convexa hacia la cara del álabe (4). Por consiguiente, las protuberancias frontales (8) en este caso solamente comprenden un punto de inflexión, mientras que las protuberancias posteriores (7) en este caso comprenden, como en la realización ejemplar ilustrada en la Fig. 1, una región cóncava (11), una región convexa contigua (12) y otra región cóncava (11) contigua a la región convexa (12), por lo que comprenden dos puntos de inflexión.

La Fig. 5 muestra una rueda Pelton (1) con los álabes (2) ilustrados en la Fig. 4.

Al incorporar los álabes (2) de una turbina Pelton de acuerdo con la invención, se puede lograr una influencia beneficiosa sobre el flujo y obtener una mayor eficiencia. Además, se posibilita así un diseño previamente imposible de perfiles de álabe innovadores con más opciones geométricas en cuanto a posiciones, curvaturas y ángulos.