

RODETE SECCIONADO

5

CAMPO DE LA TÉCNICA

- 10 La presente invención se refiere al campo del diseño en máquinas, turbomaquinaria hidráulica, que sirven para bombear algún fluido o transformar la energía de un aprovechamiento hidráulico en potencia mecánica en un eje. La presente invención aplica tanto para turbomaquinaria de flujo compresible como incompresible. En particular en el diseño de rodets pernados que incluyan
- 15 secciones con alabes para luego ser armados.

OBJETO DE LA INVENCION

- 20 Proporcionar un dispositivo que impulse un fluido o aproveche la energía de un fluido, que tenga un eje de entrada o salida rotacional que es modular y ensamblable. Además que mejore, facilite el reemplazo de sus partes así como la aplicación de recubrimientos superficiales para el control de desgaste erosivo y minimizar los costos de reparación por desgaste, los cuales están asociados al
- 25 mantenimiento, pérdida de eficiencia de los rodets y pérdida de generación por paradas.

ESTADO DE LA TÉCNICA

- 5 En el estado de la técnica existen diferentes tipos de rodets o impulsores para para turbomaquinaria hidráulica y de flujo compresible. Tanto para bombas como turbinas y en general estos se caracterizan por la dirección de flujo como rodets/impulsores radiales, mixtos y axiales. Los anteriores con distintas modificaciones constructivas y geométricas según la aplicación, los rodets
10 normalmente son de tres tipos radiales, mixtos y axiales, y existen un sin número de geometrías y proporciones implícitas a cada diseño.

- En el caso de turbomaquinaria hidráulica y en particular en las turbinas de reacción tanto Francis (rodete radial o mixto) o Axiales (Kaplan, bulbo),
15 tradicionalmente se han manufacturado mediante fundición, y presentan buen desempeño donde las condiciones de operación no son severas a nivel de desgaste erosivo. Tal es el caso de centrales hidroeléctricas con represa, la cual actúa naturalmente como desarenador reduciendo de manera significativa los sedimentos, principales responsables del desgaste por erosión de los elementos
20 hidráulicos de las turbinas., es decir para centrales con represa donde esta actúa como desarenador, impidiendo que los sedimentos lleguen a las turbinas.

- Sin embargo, con la creciente demanda energética y el aumento de las centrales hidroeléctricas en el país, han sido instaladas centrales a filo de río donde los
25 niveles de sedimento son elevados. Para este tipo de centrales, los rodets tradicionales no cumplen las expectativas de tiempo de servicio surgiendo la necesidad de instalar rodets con condiciones especiales que varían de acuerdo al sitio de instalación.

El deterioro de las turbinas hidráulicas básicamente se presenta por desgaste, con pérdida de masa y modificación de la geometría que lleva a pérdida de eficiencia o a la propagación de fisuras por fatiga por el aumento en vibraciones. El desgaste de las turbinas se puede disminuir mediante la utilización de materiales resistentes al desgaste, esto es, con la aplicación de tratamientos superficiales como el nitrurado o la aplicación de recubrimientos cerámicos mediante técnicas como la proyección térmica HVOF (High Velocity Oxygen Fuel). La aplicación de estos recubrimientos requiere de un diseño de rodete que permita la accesibilidad a todas sus superficies para la aplicación homogénea de estos recubrimientos, lo cual no es posible con el diseño tradicional de rodetes. En los rodetes tradicionales en una pieza, los recubrimientos son aplicados solamente en las zonas expuestas y capas muy delgadas de recubrimiento se usan como transición entre las superficies recubiertas y sin recubrir generando rápido deterioro en operación. El concepto de rodete fraccionado o seccionado debe garantizar la accesibilidad a todos los sectores y también debe garantizar la integridad estructural con factores de seguridad estáticos y dinámicos adecuados, similares a los de la manufactura convencional.

Por otro lado, es de anotar que en Colombia la energía hidroeléctrica ocupa la principal fuente de energía del país con alrededor del 68% del total de la capacidad instalada. En el país se tiene proyectada una expansión de 3419 MW para el periodo 2012-2018, correspondiente al 25% de la capacidad instalada. Dicha expansión será hidráulica en el 89,5%, lo cual hará que cambie la composición del parque de generación del 68% actual al 72% en el 2018. Este crecimiento del mercado de generación de energía eléctrica contempla una inversión de USD \$ 6000 millones en el mencionado periodo. Del cual al menos el 10% será invertido en centrales a filo de agua con potenciales problemas de desgaste lo cual requiere que en un futuro cercano el grueso de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) del país deban enfrentar de forma estratégica las severas condiciones de trabajo de éstas.

Los rodetes seccionados tienen como principal ventaja, sobre los rodetes en una sola pieza, que en los primeros las superficies se pueden tratar con facilidad. Una aplicación correcta de un recubrimiento requiere: i) la preparación de la superficies por impacto con chorros de abrasivos que deben impactar la superficie con un ángulo específico produciendo una rugosidad recomendada, ii) limpieza de la superficie y iii) aplicación del recubrimiento manteniendo el ángulo y la distancia constantes en valores que han sido optimizados alrededor de 250 mm. Cuando no se consiguen estas condiciones de aplicación, el recubrimiento presentará defectos como descomposición del carburo de tungsteno, distribución poco uniforme del carburo en la matriz, poros, grietas dentro de las láminas, óxidos y defectos de adherencia, todos ellos con potencial para afectar el desempeño del recubrimiento ante la erosión. Con las restricciones de espacio impuestas por los alabes en los rodetes en una sola pieza los recubrimientos solo pueden ser aplicados en algunas zonas y muchas veces en condiciones que no son las óptimas.

El rodete de una turbina Francis es uno de los componentes principales de la máquina siendo el elemento donde la energía cinética y potencial del fluido se convierte en trabajo mecánico, un rodete de una turbina tipo Francis está compuesto por corona, banda y un determinado número de alabes.

Inicialmente los rodetes de turbinas Francis fueron manufacturados en una sola pieza fundida, siendo este proceso de manufactura utilizado actualmente para pequeñas, medianas y grandes centrales. Con la creciente demanda energética y el aumento de capacidad instalada de las centrales hidroeléctricas, su construcción evolucionó a rodetes fabricados en piezas fundidas o forjadas por partes que posteriormente se unen mediante soldadura. Actualmente la elección del proceso de fabricación para el rodete depende de la calidad requerida, agrupándose los procesos de manufactura en dos grupos principales fundición y

forja, la elección de uno u otro dependerá de las características específicas como tiempo de servicio y factor de seguridad que se quieran lograr en la central hidroeléctrica.

- 5 Para lograr disminuir el tiempo entre mantenimientos mayores las turbinas con rodets sin recubrimiento superficial deben ser paradas cuando el agua viene con altas concentraciones de sedimento, lo que implica una pérdida importante en MW generados en la central.
- 10 Una alternativa para mejorar la resistencia al desgaste de rodets de turbinas es aplicar tratamientos superficiales como recubrimientos duros por HVOF o procedimiento o técnica de la proyección térmica, tratamiento térmico de nitruración o tratamientos de deformación superficial como el deep rolling o rolado profundo para los cuales es necesario un rodete que garantice la accesibilidad a
15 todas sus áreas. Todas estas soluciones requieren también la ausencia de procesos de ensamble mediante soldadura dado que modificarían las propiedades superficiales o serían inaplicables en el caso que se utilicen recubrimientos cerámicos.
- 20 Existe en el estado de la técnica diversos tipos de rodets por ejemplo la solicitud de patente US 2006/0115357 muestra un rodete para una turbina hidráulica de tipo Francis, que comprende una banda, una corona y un número de alabes que tienen una forma curvada y que están unidas a la banda y la corona, comprendiendo cada cuchilla un borde divisor de flujo de entrada adaptado para
25 dirigirse hacia arriba en la turbina y un borde de salida adaptado para dirigirse hacia abajo desde la turbina hacia un tubo de aspiración, comprendiendo el borde de salida un borde continuo que se extiende entre la corona y la banda y el borde de salida que comprende una porción de borde desviada situada adyacente a la banda que reúne la banda en un primer punto de unión, definiendo la porción de
30 borde desviada una porción de extensión de punta reductora de esfuerzo de la

hoja adyacente a la banda y estando el primer punto de unión (B) aguas abajo en la dirección de rotación del canal desde un punto de unión previsto (B') del borde de salida sin la porción de borde desviada.

- 5 La patente US 4,479,757 revela un rodete de turbina hidráulica tipo Francis que puede girar alrededor de un eje de rotación y que tiene una corona que forma el extremo axial superior de la misma cuando dicho eje de rotación es sustancialmente vertical, una banda concéntrica con dicha corona en dicho eje de rotación y una serie de aletas entre dicha y dicha corona, terminando dicha corona
- 10 en su extremo inferior en un extremo de salida, teniendo cada una de dichas palas una cara de succión y una cara de presión arrastrando dicha cara de succión en la dirección de rotación, encontrándose dichas caras de succión y presión entre dicha banda y dicha cara corona en la periferia exterior de cada una de dichas aletas en un borde de división de flujo, proporcionando dichas superficies
- 15 aerodinámicas sustancialmente lisas para definir trayectos de flujo entre adyacentes de dichas aletas en dicho conjunto, correspondiendo cada uno de dichos bordes de división de flujo con dicha banda adyacente Un borde superior de dicha banda en una unión, una primera porción de dicha superficie de succión de cada cuchilla situada inmediatamente adyacente a dicha unión y dicho flujo
- 20 dividido estando expuesto dicho borde de salida cuando se observa en una dirección axial mirando hacia dicho extremo de salida de modo que dicha primera porción de dicha cara de succión que se extiende desde dicha banda hacia dicha corona que está inclinada hacia atrás en la dirección de rotación de dicho canal, una segunda porción de cada una de dichas superficies de succión situadas
- 25 separadas de dicha primera porción, estando dichas segundas porciones expuestas cuando se observan en una dirección axial mirando desde dicha salida y estando situadas por debajo de dichas uniones.

- La patente US 9,175,662 muestra un rodete de tipo Francis para una máquina
- 30 hidráulica, que comprende: una banda con simetría de revolución alrededor de un

eje central de la corona, una corona con simetría de revolución alrededor del eje y una pluralidad de alabes que se extienden entre la corona y la banda, Al menos dos elementos que definen al menos parcialmente la banda y al menos dos elementos que definen al menos parcialmente la corona, y en el que un primer
5 borde de cada alabe está dispuesto entre dos elementos de banda adyacentes y un segundo borde de cada pala está dispuesto entre dos elementos de corona adyacentes, en el que el primer borde y el segundo borde de cada cuchilla descansan al ras con las superficies exteriores de los respectivos elementos de banda adyacentes y elementos de corona adyacentes, estando cada elemento de
10 banda y cada elemento de corona fijados entre dos hojas adyacentes por soldadura, Elementos y aristas de cada uno de los elementos de corona fijados a las respectivas hojas que están biseladas para definir chaflanes para soldadura. .

Las anteriores solicitudes y patentes no solucionan los problemas de modularidad
15 o seccionado en su armado y no mejoran o no facilitan la aplicación de recubrimientos superficiales, además no permiten reparación por soldadura de los alabes sin que las deformaciones impidan el montaje posterior.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

5

La invención consiste en un rodete seccionado, que incluye una unidad de rodete modular, pues está compuesto por varios módulos que en su conformación final sean acoplados y formen una unidad de rodete modular. La unidad de rodete modular está unida de forma axial por una tapa corona y un buje de eje y de forma
10 combinada radial y axial a través de una tapa banda. El rodete puede tener una capa de recubrimiento superficial más duro o que aumente su resistencia a la erosión, corrosión o desgaste.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Las figuras 1 y 2 muestran una vista isométrica de un rodete seccionado (1) compuesto por una unidad de rodete modular (10), fijada por el costado frontal con una tapa de banda (20) por medio de elementos de sujeción de preferencia pernos
20 o tornillos, remaches o elementos análogos de sujeción. Por el costado posterior la unidad de rodete modular (10) está fijada a una tapa de corona (30) y a un buje de eje (40), por medio de elementos de sujeción de preferencia pernos o tornillos, remaches o elementos análogos de sujeción. La tapa de banda (20) envuelve en parte la unidad de rodete modular (10).

25

La figura 3 muestra una vista lateral derecha de un rodete seccionado (1), compuesto por una unidad de rodete modular (10), fijada a una tapa de banda (20) por medio de elementos de sujeción de preferencia pernos o tornillos, remaches o
30 elementos análogos de sujeción. La unidad de rodete modular (10) está fijada a una tapa de corona (30) y a un buje de eje (40), por medio de elementos de

sujeción de preferencia pernos o tornillos, remaches o elementos análogos de sujeción. La tapa banda (20) podría tener la forma de acople axial si así lo requiera el diseño de la unidad rodete modular (10).

- 5 La figura 4 muestra una vista frontal de un rodete seccionado con una sección de corte A-A.

La figura 5 muestra la vista de sección A-A de un rodete seccionado (1), en la que tapa corona (30) y el buje de eje (40) se acoplan al lado posterior de la unidad de rodete modular (10) y la tapa banda corona (20) es acoplada por el lado frontal de la unidad de rodete modular (10).

10

La figura 6 muestra una vista isométrica la unidad de rodete modular (10), con las secciones de rodete (11) que lo componen; las secciones unión (110) y (112) se acoplan con la tapa de banda (20) no mostrada en la figura.

15

La figura 7 muestra una vista isométrica de la tapa banda (20) en la que se muestran la porción de acople radial (220) con agujeros (221) y la porción de acople axial (210) con agujeros (211), donde la porción de acople axial (210) es unida a la sección de unión (110) no mostrada en la figura y la porción de acople radial (220) es unida a la sección de acople (112) de cada sección de rodete (11).

20

La figura 8 muestra una vista isométrica del buje eje (40) que tiene una porción de acople axial (400) con agujeros (401), y una parte de ensamble (410) para un eje.

25

La figura 9 muestra una vista isométrica de la tapa corona (30) que tiene una porción de unión axial (300) con agujeros (301).

Las figuras 10 a 15 muestran una sección de rodete (11) que tiene secciones de unión axial (110) (113) y una sección de unión radial (112). La sección de unión

30

axial (110) tiene agujeros (110a), la sección de unión axial (113) tiene agujeros (113a) y la sección de unión radial (112) tiene agujeros (112a).

5 La sección de rodete (11) tiene un alabe (111) que tiene superficie superior (111s) y una superficie inferior (111i), el alabe (111) recorre toda la sección de rodete (11) formado una curva tridimensional arqueada, donde la porción de entrada o ataque (111e) corresponde al punto de entrada de un fluido en la trayectoria del alabe (111) y es la más angosta y la porción de salida (111f) corresponde al punto de salida del fluido en la trayectoria del alabe (111) que es más ancha, lo anterior es
10 para una turbina, para el caso de un rodete de una bomba centrífuga o mixta el sentido de flujo en inverso.

La sección de entrada del perfil forma una H entre la sección de unión axial (110), la sección de unión axial (113) y la porción de entrada (111e), la cual se va
15 desarrollando en una curva extendida hasta terminar en la sección de unión radial (112), el final de la sección de unión axial (113) y la porción de salida (111f).

Las figuras 16 y 17 muestran una vista isométrica resaltando una sección de rodete (11) ubicada en un rodete y su ubicación respecto a las otras secciones de
20 rodete (11).

La figura 18 muestra una vista isométrica de dos secciones de rodete (11) y su forma de disposición en el momento del ensamble.

25 Las secciones de rodete (11) pueden tener una capa de recubrimiento superficial que aumente su resistencia a la erosión, corrosión o desgaste.

La secciones de rodete (11) tienen un tratamiento superficial, donde el tratamiento superficial es seleccionado entre un tratamiento termoquímico como nitruración, cementación, cianuración, carbonitruración, sulfinización; un tratamiento mecánico
30

como rolado; tratamiento térmico como temple, forja, revenido, normalizado, recocido o recubrimiento por proyección térmica HVOF, o una combinación de los anteriores.

- 5 El material de preferencia del rodete seccionado (1) es acero, hierro fundido, aluminio, bronce, acero inoxidable, latón, aleaciones de los anteriores con otros materiales, termoplásticos y termostables, más específicamente entre materiales como resinas, polietilenos HDPE, LDPE, PVC, PET, Polipropileno, ABS y policarbonatos.

10

Las secciones del rodete pueden o deben ser adheridas mediante algún epóxido para sellar las juntas y evitar problemas de corrosión y desgaste local debido a la presencia de la junta.

- 15 Se ha fijado un sistema de referencia implícito, usando los términos *frontal*, *posterior inferior*, *posterior*, *lateral izquierdo* y *lateral derecho* basados el Sistema Norma Internacional ISO-A de dibujo técnico, para proporcionar una orientación correcta y aportar claridad a la materia descrita y reclamada.

- 20 El termino *dirección axial* se refiere a la dirección del eje sobre el cual gira el rodete en su forma normal de funcionamiento o líneas sustancialmente paralelas a esta y la *dirección radial* se refiere a la dirección perpendicular o normal a la curva tangente de la circunferencia de los elementos sustancialmente redondos de la presente invención.

25

La anterior descripción solo puede ser tomada como referencia y no limitativa en sus componentes ni en su relación explícita, sino que han sido descritos para proporcionar una idea clara sobre la conformación general de la materia de la invención reclamada.

30

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

5

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características técnicas del invento, se acompaña a la presente memoria descriptiva como parte integrante de la misma, un conjunto de figuras definidas así:

10

La figura 1 muestra una vista isométrica frontal de un rodete seccionado.

La figura 2 muestra una vista isométrica posterior de un rodete seccionado.

15

La figura 3 muestra una vista lateral derecha de un rodete seccionado.

La figura 4 muestra una vista frontal de un rodete seccionado.

20

La figura 5 muestra una vista de sección A-A de un rodete seccionado.

La figura 6 muestra una vista isométrica la unidad de rodete modular, con las secciones que lo componen.

25

La figura 7 muestra una vista isométrica de la tapa banda.

La figura 8 muestra una vista isométrica del buje eje.

La figura 9 muestra una vista isométrica de la tapa corona.

30

La figura 10 muestra una vista isométrica una sección de rodete.

La figura 11 muestra una vista inferior de una sección de rodete.

5 La figura 12 muestra una vista posterior de una sección de rodete.

La figura 13 muestra una vista lateral derecha de una sección de rodete.

La figura 14 muestra una vista frontal de una sección de rodete.

10

La figura 15 muestra una vista lateral izquierda de una sección de rodete.

La figura 16 muestra una vista isométrica frontal resaltando una sección de rodete ubicada en un rodete.

15

La figura 17 muestra una vista isométrica posterior resaltando una sección de rodete ubicada en un rodete.

La figura 18 muestra una vista isométrica de dos secciones de rodete.

20