



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 683939 A5

(51) Int. Cl.⁵: F 03 B 1/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT** A5

(21) Gesuchsnummer: 2080/91

(22) Anmeldungsdatum: 12.07.1991

(24) Patent erteilt: 15.06.1994

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 15.06.1994

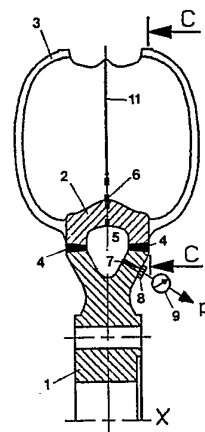
(73) Inhaber:
Sulzer-Escher Wyss AG, Zürich

(72) Erfinder:
Angehrn, Richard, Bülach
Schneebeli, Fritz, Oberengstringen

(74) Vertreter:
Sulzer Management AG, Winterthur

(54) **Pelton-Laufrad und dessen Herstellung.**

(57) Das Laufrad einer Pelton-Wasserturbine wird hergestellt, indem die einzelnen Schaufelbecher (3) zu einem Kranz miteinander verschweisst werden und an der Innenseite des Kranzes ein Ring (2) gebildet wird, der mit dem Aussenrand der Radscheibe (1) zum Laufrad verschweisst wird. Bei einer Ausführung mit zwei in Achsenrichtung (X) nebeneinander vorgesehenen Schweissnähten (4) wird zwischen Ring (2) und Radscheibe (1) ein geschlossener Hohlraum (5) gebildet, welcher mit Druckfluid gefüllt ist. Bei Druckabfall im Hohlraum (5) infolge von Ermüdungsrissen wird über einen Drucksensor (9) ein Notsignal ausgelöst und die Maschine abgestellt, bevor eine Havarie durch Laufradbruch erfolgen kann. Der Ring (2) kann beispielsweise durch formgebendes Auftragsschweissen hergestellt werden.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Laufrad einer Pelton-Wasserturbine mit einer Vielzahl von am Aussenrand einer Radscheibe angeordneten Bechern, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Wasserturbinen dieser Art sind aus einer Vielzahl von Publikationen bekannt, beispielsweise aus U.S. Patent No. 233 692 von Lester A. Pelton.

Die Laufräder solcher Pelton-Turbinen werden heute meist als integrale Gussteile aus einem geeigneten Gussstahl hergestellt und anschliessend durch Materialabtragung in die vorgesehene Form gebracht.

Die Fertigstellung eines solchen Pelton-Rades erfordert jedoch einen erheblichen Bearbeitungsaufwand an einem grossen Werkstück mit einem Durchmesser von mehreren Metern. Ein derart gefertigtes Pelton-Rad weist zudem kritische Spannungen an der Schaufelwurzelzone hinter der Mittelschneide des Bechers auf, die sich bisher kaum beseitigen liessen. Eine zerstörungsfreie Prüfung des Laufrades in der Wurzelzone auf Risse oder dergleichen war nach Fertigstellung des Kranzes bisher infolge der schlechten Zugänglichkeit schwierig, und eine sicherheitstechnische Überwachung während des Laufes war praktisch unmöglich. Daher war eine periodische Inspektion im Stillstand in relativ kurzen Zeitintervallen erforderlich. Das Entstehen von Radbrüchen konnte dadurch nicht immer verhindert werden.

Die Erfindung setzt sich die Aufgabe, die angeführten Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und ein Pelton-Laufrad zu schaffen, welches mit geringerem Arbeitsaufwand herstellbar ist, welches kritische Materialbeanspruchungen durch einen günstigeren Eigenspannungsaufbau vermeidet und welches eine verbesserte zerstörungsfreie Prüfbarkeit nach Fertigstellung des Laufrades und eine sicherheitstechnische Überwachung zur Erkennung von Ermüdungsschäden und zur Vermeidung von Radbrüchen gestattet.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die einzelnen Becher an ihren Wurzeln zu einem ringförmigen Kranz verschweisst sind und der Kranz an seiner Innenseite mit wenigstens einer ringförmigen Schweissnaht mit dem Aussenrand der Radscheibe verschweisst ist.

Mit Vorteil erfolgt der Aufbau des Kranzes von den Becherwurzeln aus nach innen durch formgebendes Auftragsschweissen bis zur Position der Schweissnähte mit dem Aussenrand der Radscheibe.

Besonders vorteilhaft ist es, zwei ringförmige Schweissnähte in Achsenrichtung nebeneinander an dem die Becherwurzeln verbindenden Kranz bzw. dem Aussenrand der Radscheibe vorzusehen, welche am Aussenrand der Radscheibe einen abgeschlossenen toroidförmigen Ringraum bilden. Durch Füllung des Ringraumes mit einem Fluid unter Überdruck und Überwachung des Fluiddruckes im ringförmigen Hohlraum kann ein Ermüdungsrisss bereits vor einem Bruch signalisiert und durch den Ort des Fluidaustrittes lokalisiert werden.

Die Erfindung wird anhand der in den Figuren

dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Pelton-Laufrad im Axialschnitt in der Ebene B-B,

Fig. 2 einen Schnitt in der Ebene C-C durch mehrere Becher senkrecht zur Achse, und

Fig. 3 einen Querschnitt durch einen Becher in der Ebene A-A parallel zur Achse.

Das in den Figuren dargestellte Laufrad einer Pelton-Wasserturbine besteht aus einer Radscheibe 1, die um eine Rotationsachse X drehbar ist, und die an ihrem Aussenrand eine Vielzahl von becherförmigen Schaufeln 3 trägt. Die Schaufeln 3 sind als Doppelbecher mit einer Mittelschneide 11 und steifen Becherrückenrippen 12 versehen, wobei die Mittelschneiden 11 an der Schaufelwurzelzone eine Hohlkehle 10 aufweisen. Das Laufrad ist abweichend von der bisher üblichen integralen Stahlgussausführung, in einer Schweisskonstruktion in mehreren Schritten hergestellt.

Im ersten Schritt werden die einzeln hergestellten becherförmigen Schaufeln 3 an ihren Wurzeln mit Schweissnähten zu einem Kranz zusammengesweisst. Anschliessend wird durch formgebendes Auftragsschweissen sukzessive ein Ring 2 aufgebaut und durch Auftragen einer Anzahl von Lagen auf die Innenseite zu der endgültigen Form gestaltet, entsprechend der Aussenfläche der Radscheibe 1, die als Stahlgussteil ausgeführt sein kann.

In einem weiteren Schritt wird nun der Schaufelring 2 mit seiner Innenseite mit Kreisringnähten 4 an die Aussenseite der Radscheibe 1 angeschweisst und zum fertigen Laufrad zusammengesetzt.

Dabei ist es von besonderem Vorteil, die Innenpartie des Ringes 2 sowie die entsprechende Aussenpartie der Radscheibe 1 so zu gestalten, dass zwei parallele, in Achsenrichtung X etwas versetzte Kreisringnähte 4 symmetrisch zu den Becherschneiden 11 vorgesehen sind.

Beim Zusammenschweissen des Ringes mit der Radscheibe 1 an diesen zwei Kreisringnähten 4 entsteht somit ein geschlossener toroidförmiger Ringraum 5.

Die Vorteile dieser Konstruktion sind, abgesehen vom geringeren Schweissvolumen und einer weniger aufwendigen Bearbeitung, die Entlastung der kritischen Schaufelwurzelzone bei der Hohlkehle 10 hinter der Mittelschneide 11 des Bechers, wodurch eine Reduktion der maximalen Becherspannung erreicht wird. Der Kraftfluss infolge Fliehkraft- und Wasserstrahlbeanspruchung wird von der Mittelebene des Bechers in die zwei seitlichen Ebenen C-C mit den steifen Becherrückenrippen 12 verlagert, wodurch ein ausgeglicheneres Spannungsniveau in der am höchsten beanspruchten Becherwurzelebene A-A entsteht. Durch die Schweisskonstruktion wird ein günstigerer Eigenspannungsaufbau erreicht, wobei die kritischen Stellen unter Druckvorspannung gesetzt werden. Die beschriebene Schweisskonstruktion weist eine niedrigere Spannungsbeanspruchung auf als vorbekannte Stahlgusskonstruktionen.

Von besonderem Vorteil ist es, dass der durch die Schweisskonstruktion entstandene ringförmige Hohlraum 5 zur sicherheitstechnischen Überwachung und zur frühzeitigen Signalisation von Ermüdungsschäden im Laufrad benutzt werden kann. Dadurch können die bei vorbekannten Pelton-Rädern gelegentlich aufgetretenen Becherbrüche, die in der Regel Grossschäden mit Lebensgefahr hervorrufen, mit grosser Sicherheit verhindert werden.

Hierzu wird der ringförmige Hohlraum 5 durch eine Bohrung 7 mit einem geeigneten Fluid mit einem von der Aussenatmosphäre verschiedenen Druck, beispielsweise mit einer korrosionspassiven, nicht allzu viskosen Flüssigkeit gefüllt und unter Überdruck gesetzt. Darauf wird der Raum mit einer Schraube 8 druckfest verschlossen. Mit einem in der Schraube 8 integrierten Sensor 9 kann der Druck p im Hohlraum überwacht werden. Sollte der Druck durch ein Leck infolge eines Anrisses absinken, wird ein Notsignal ausgelöst und die Maschine abgestellt. Hierzu wird die Erfahrung ausgenützt, dass vor einem endgültigen Bruch mit einem Leck infolge Ermüdungsrissen gerechnet werden kann. Solche feinen Ermüdungsrisse können auf die beschriebene Weise während des Betriebes kontinuierlich durch den eintretenden Druckabfall signalisiert werden. Der Ort des Ermüdungsrisses kann leicht durch Nachpumpen von Flüssigkeit in den Hohlraum 5 lokalisiert werden. Hierbei ist es von Vorteil, eine eingefärbte Flüssigkeit zu verwenden.

Um die Becherwurzelzone in die Überwachung einzuschliessen, sind feine radiale Sacklochbohrungen 6 vom Hohlraum 5 aus erforderlich, welche etwas über die Ebene A-A hinausreichen. Diese sind unschädlich, wenn sie im Bereich des Flächenschwerpunktes vom Schnitt A-A angebracht sind.

Zur Signalübertragung kann ein Kabel vom Drucksensor 9 aus vom Rad auf die Welle zur Lagerstelle geführt werden. Von dort ist eine berührungslose Signalübertragung leicht zu realisieren.

Bei einer alternativen Ausführung kann der Hohlraum 5 anstatt unter Überdruck auch unter Vakuum oder Teilvakuum gesetzt werden. Auch hier wird der Unterdruck p mittels des Drucksensors 9 überwacht und bei einer Beeinträchtigung des Vakuums ein Notsignal ausgelöst.

Der Vorteil liegt in beiden Fällen darin, dass mittels eines einzigen Signales das Laufrad integral dauernd und mit grosser Sicherheit während des Betriebes überwacht werden kann. Damit können die sonst nötigen kurzen Inspektionsintervalle markant vergrössert werden, so dass sich die Wartungskosten und Stillstandszeiten des mit einem solchen überwachten Laufrad ausgerüsteten Wasserkraftwerkes erheblich reduzieren lassen.

Der Vorteil des geschlossenen Hohlraumes 5 zur Rissüberwachung lässt sich auch unabhängig von der beschriebenen Herstellweise des Schaufelkranzes 2 durch Auftragsschweissen nutzen.

Patentansprüche

1. Laufrad einer Pelton-Wasserturbine mit einer Vielzahl von an einer Radscheibe (1) angeordneten Bechern (3), dadurch gekennzeichnet, dass die ein-

zelnen Becher (3) an ihren Wurzeln zu einem ringförmigen Kranz (2) verschweisst sind und der Kranz (2) an seiner Innenseite mit wenigstens einer ringförmigen Schweissnaht (4) mit dem Aussenrand der Radscheibe (1) verschweisst ist.

2. Laufrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei ringförmige Schweissnähte (4) in Achsenrichtung nebeneinander zur Verbindung des Kranzes (2) mit der Radscheibe (1) vorgesehen sind, welche einen abgeschlossenen toroidförmigen Ringraum (5) am Aussenrand der Radscheibe (1) bilden.

3. Laufrad nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringraum (5) mit einem Fluid gefüllt ist, welches unter einem von der Aussenatmosphäre verschiedenen Druck steht.

4. Laufrad nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringraum (5) mit einem Drucksensor (9) versehen ist, welcher bei einer Druckänderung im Ringraum (5) ein Notsignal auslöst.

5. Laufrad nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringraum (5) mit einer eingefärbten Flüssigkeit unter Überdruck gefüllt ist.

6. Laufrad nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringraum (5) unter Unterdruck steht und mit einem Drucksensor (9) versehen ist, welcher bei einer Beeinträchtigung des Unterdruckes ein Notsignal auslöst.

7. Verfahren zur Herstellung eines Laufrades gemäss einem der Ansprüche 1-6, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte, dass

a. die einzeln hergestellten Becher (3) an ihren Wurzeln zu einem Kranz zusammengesweisst werden,

b. der Kranz an seiner Innenseite durch formgebendes Auftragsschweissen in einer Anzahl von Lagen zu einem Ring (2) ausgestaltet wird, und dass

c. der Ring (2) mit seiner Innenseite mit wenigstens einer Kreisringnaht (4) an die Aussenseite der Radscheibe (1) angeschweisst wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenseite des Ringes (2) derart gestaltet und die Aussenseite der Radscheibe (1) derart ausgebildet ist, dass der Ring (2) und das Laufrad (1) durch zwei in Achsenrichtung (X) nebeneinanderliegende Kreisringnähte (4) verschweisst werden, wobei zwischen Ring (2) und Laufrad (1) ein geschlossener Ringraum (5) entsteht.

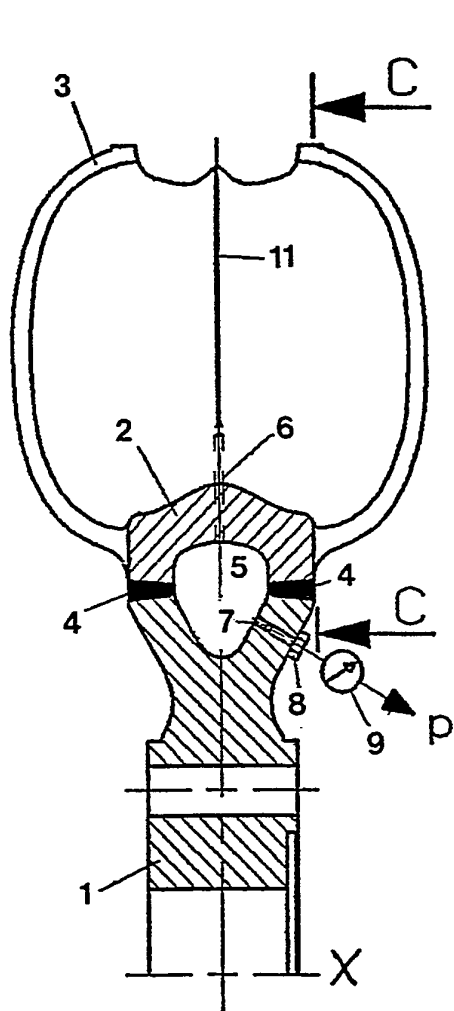


FIG. 1 B-B

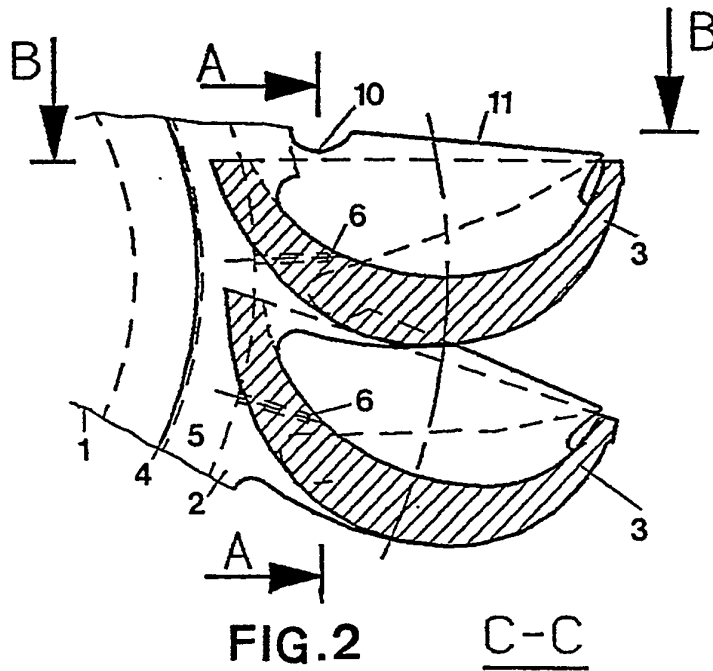


FIG. 2 C-C

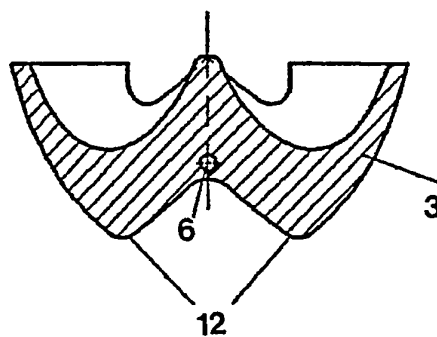


FIG. 3 A-A