

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50629/2017
(22) Anmeldetag: 28.07.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2021

(51) Int. Cl.: **F03B 3/12** (2006.01)
B23P 15/00 (2006.01)
B23P 15/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 2012127260 A
US 6318964 B1
DE 102015219331 A1
DE 1173038 B
AT 224578 B

(73) Patentinhaber:
ANDRITZ HYDRO GmbH
1120 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Lötscher Benno
6034 Inwil (CH)
Kuhn Klaus
88121 Ravensburg (DE)
Isler Pascal
6215 Beromünster (CH)

(74) Vertreter:
WIRNSBERGER & LERCHBAUM
Patentanwälte OG
8700 Leoben (AT)

(54) Laufrad

(57) Die Erfindung betrifft ein Laufrad (1) für eine hydraulische Turbine, Pumpe oder Pumpturbine, insbesondere für eine Francisturbine, welches um eine Rotationsachse (10) drehbar lagerbar ist und entlang einer Umfangsrichtung um die Rotationsachse (10) angeordnete Laufradschaufeln (4) aufweist, wobei das Laufrad (1) zumindest zwei über Kontaktflächen (9) miteinander verbundene Laufradteile aufweist. Um eine einfache Herstellbarkeit zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass sämtliche Kontaktflächen (9) senkrecht zur Rotationsachse (10) ausgerichtet sind, sodass ein Moment um die Rotationsachse (10) zwischen den Laufradteilen im Wesentlichen über Kräfte tangential zu den Kontaktflächen (9) übertragbar ist, wobei jeder Laufradteil einen Teil jeder Laufradschaufel (4), einen Teil eines Kranzes (7) und einen Teil einer Nabe (6) des Laufrades (1) aufweist, wobei die einzelnen Laufradteile über eine Schraubverbindung an der Nabe (6) und am Kranz (7) des Laufrades verbunden und in einem Bereich der Laufradschaufeln (4) voneinander beabstandet sind.

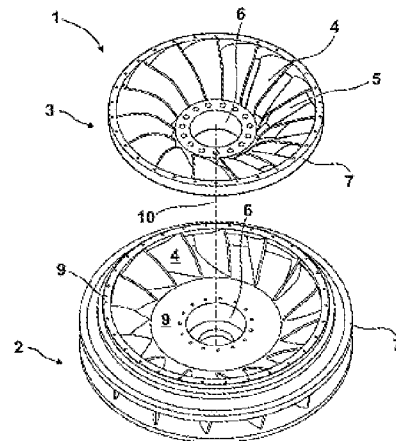


Fig. 1

Beschreibung

LAUFRAD

[0001] Die Erfindung betrifft ein Laufrad für eine hydraulische Turbine, Pumpe oder Pumpturbine, insbesondere für eine Francisturbine, welches um eine Rotationsachse drehbar lagerbar ist und entlang einer Umfangsrichtung um die Rotationsachse angeordnete Laufradschaufeln aufweist, wobei das Laufrad zumindest zwei lösbar über Kontaktflächen miteinander verbundene Laufradteile aufweist.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Laufräder der eingangs genannten Art bekannt geworden. Derartige Laufräder werden insbesondere für Francisturbinen eingesetzt, um beispielsweise elektrische Energie aus Wasserkraft zu gewinnen oder um Flüssigkeiten zu pumpen, und in aller Regel als Integralgussteil, als Schweißkonstruktion oder als geschmiedetes Bauteil hergestellt. Um einen Verschleiß derartiger Laufräder zu minimieren, ist es günstig, wenn die Laufräder mit einer verschleißmindernden Beschichtung beschichtet sind. Das Aufbringen einer solchen Beschichtung ist jedoch bei kleinen und mittelgroßen Laufrädern meist nicht vollständig möglich, weil ein Laufradschaufelkanal zwischen den räumlich stark gekrümmten Laufradschaufeln häufig nicht gänzlich zugänglich ist.

[0003] Das Dokument JP 2012 127260A offenbart ein geteiltes Laufrad für eine Francis-Turbine.

[0004] Aus dem Dokument DE 1 173 038 B ist ein Laufrad für eine Francis-Turbine mit zwei ineinandergreifenden und miteinander verschraubten Schaufelkranzteilen bekannt geworden.

[0005] Aus dem Dokument DE 10 2015 219 331 A1 ist es bekannt geworden, das Laufrad geteilt auszubilden, um einfacher zugängliche Schaufelteile zu erhalten. Die Herstellung eines in diesem Dokument offenbarten Laufrades ist jedoch mit hohem Aufwand verbunden, weswegen kleine und mittelgroße Laufräder des Standes der Technik nur mit hohen Kosten oder nicht verschleißbeständig herstellbar sind.

[0006] Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Laufrad der eingangs genannten Art anzugeben, welches auf einfache Weise mit einer Beschichtung versehen werden kann und gleichzeitig einfach und somit kostengünstig herstellbar ist.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Laufrad der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem sämtliche Kontaktflächen senkrecht zur Rotationsachse ausgerichtet sind, dass ein Moment um die Rotationsachse zwischen den Laufradteilen im Wesentlichen über Kräfte tangential zu den Kontaktflächen übertragbar ist, wobei jeder Laufradteil einen Teil jeder Laufradschaufel, einen Teil eines Kranzes und einen Teil einer Nabe des Laufrades aufweist, wobei die einzelnen Laufradteile über eine Schraubverbindung an der Nabe und am Kranz des Laufrades verbunden und in einem Bereich der Laufradschaufeln voneinander beabstandet sind.

[0008] Im Rahmen der Erfindung wurde erkannt, dass eine einfache Herstellbarkeit eines Laufrades, bei welchem insbesondere der Laufradschaufelkanal zwischen den Laufradschaufeln auf einfache Weise vollflächig beschichtet werden kann, dann erreicht wird, wenn die Kontaktflächen der einzelnen Laufradteile derart positioniert und ausgerichtet sind, dass ein Moment um die Rotationsachse zwischen den Laufradteilen im Wesentlichen über Kräfte tangential zu den Kontaktflächen übertragbar ist. Derartige Kontaktflächen können einfach gefertigt und mit hoher Präzision hergestellt sowie bearbeitet werden, beispielsweise durch Drehen oder Fräsen. Dadurch ist eine erhebliche Reduktion einer Komplexität in der Fertigung gegenüber geteilten Laufrädern des Standes der Technik gegeben.

[0009] Die Kontaktflächen sind zur Übertragung eines Momentes um die Rotationsachse im Wesentlichen über Kräfte tangential zu den Kontaktflächen als Flächen senkrecht zur Rotationsachse ausgebildet. Derartige Flächen sind auf einfache Weise herstellbar.

[0010] Eine Verbindung der Laufradteile über die Kontaktflächen, um ein Moment um die Rotationsachse tangential zur Kontaktfläche zu übertragen, kann grundsätzlich auf verschiedenste

Weisen erfolgen, beispielsweise über Adhäsion. Bevorzugt sind die Laufradteile über die Kontaktflächen lösbar verbunden, um eine Reparatur bzw. einen Austausch eines Laufradteiles auf einfache Weise zu ermöglichen.

[0011] Es hat sich bewährt, dass die einzelnen Laufradteile im Wesentlichen kraftschlüssig verbunden sind. Eine Übertragung eines Drehmomentes zwischen den Laufradteilen erfolgt dann im Wesentlichen kraft- bzw. reibschlüssig. Mit Vorteil sind die einzelnen Laufradteile ausschließlich kraftschlüssig verbunden. Mit einer reibschlüssigen Verbindung werden eine Kontaktkorrosion sowie ein Fretting bzw. lokales Verschweißen und Losreißen vermieden, welche bei einer formschlüssigen Kraftübertragung auftreten würden. Ferner sind Verbindungselemente, welche die Laufradteile verbinden, beispielsweise Schrauben, dann bei einem Betrieb im Wesentlichen nur quasi-statisch beansprucht, sodass eine mechanische Belastung derselben minimal und eine hohe Sicherheit gegen Materialermüdung gegeben ist.

[0012] Um einen gewünschten Reibwert an den Kontaktflächen trotz eines das Laufrad bei einem Betrieb üblicherweise umgebenden Mediums, in der Regel Wasser, zu gewährleisten, können die Kontaktflächen abgedichtet sein, beispielsweise durch O-Ringe zwischen den Laufradteilen.

[0013] Zur Übertragung eines hohen Momentes ist es vorteilhaft, wenn die Laufradteile mittelbar verbunden sind, insbesondere über eine oder mehrere reibwerterhöhende Folien. Dadurch kann auch bei einer geringen Normalkraft bzw. einer geringen Belastung von Verbindungsschrauben eine Übertragung eines hohen Momentes gewährleistet werden.

[0014] Um eine besonders einfache Herstellbarkeit zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass sämtliche Kontaktflächen etwa parallel sind. Die einzelnen, üblicherweise planen Kontaktflächen können dabei in einer Ebene oder in voneinander beabstandeten Ebenen liegen. Dadurch wird eine Nacharbeitung der Kontaktflächen beispielsweise bei einer Revision des Laufrades besonders vereinfacht, weil eine beispielsweise durch Einbringung von Wärme wellig oder konisch verformte Kontaktfläche einfach saniert werden kann, beispielsweise durch Drehen. Dabei ist häufig eine Bearbeitung in einem Zehntelmillimeterbereich ausreichend, um die Verformung zu beseitigen. Eine derartige Bearbeitung wirkt sich im Wesentlichen nicht auf die hydraulischen Eigenschaften des Laufrades aus, sodass eine Sanierung einer Kontaktfläche einfach und ohne Nachteil für eine Funktionsweise des Laufrades möglich ist.

[0015] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass sämtliche Kontaktflächen senkrecht zur Rotationsachse sind. Eine nachträgliche Bearbeitung einer Kontaktfläche ist dann besonders einfach möglich und hat nur minimale oder keine Auswirkungen auf eine hydraulische Funktion des Laufrades.

[0016] Um eine besonders einfache Herstellbarkeit zu erreichen, ist bevorzugt vorgesehen, dass die Kontaktflächen an einem Laufradteil durch nur zwei plane und parallele Oberflächen an Kranz und Nabe des Laufradteiles gebildet werden, welche senkrecht zur Rotationsachse sind. Ein Laufradteil kann dabei auch als hydraulisch eigenständig wirkendes Laufrad ausgebildet sein.

[0017] Eine besonders einfache Herstellbarkeit eines vollflächig beschichtbaren Laufrades wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass jeder Laufradteil einen Teil jeder Laufradschaufel aufweist. Sämtliche Laufradschaufeln sind so ausgestaltet, dass diese leicht zugänglich und einfach beschichtbar sind. Eine Umschlingung und eine Länge der einzelnen Laufradschaufeln werden dabei reduziert, sodass ein besserer Zugang zum Laufradschaufelkanal erreicht wird, wodurch die Laufradschaufelkanäle zwischen den Laufradschaufeln auch bei sehr kleinen Laufrädern besonders einfach beschichtet werden können. In dem Zusammenhang ist es besonders günstig, wenn sämtliche Laufradschaufeln eines Laufradteiles im Wesentlichen ident sind, um eine Komplexität in der Fertigung zu minimieren. Sofern die einzelnen Laufradteile als hydraulisch eigenständig wirkende Laufräder ausgebildet sind, weist jede Laufradschaufel jedes Laufradteiles eine eigene Eintrittskante und eine eigene Austrittskante auf.

[0018] Mit Vorteil ist vorgesehen, dass jeder Laufradteil die Rotationsachse umschließt. Das Laufrad wird somit axial in mehrere Laufradteile geteilt, wodurch eine gleichmäßige Spannungsverteilung in den einzelnen Laufradteilen erreicht wird.

[0019] Erfindungsgemäß wird das Laufrad entlang der Rotationsachse in mehrere Laufradteile geteilt, wobei eine Größe der einzelnen Laufradteile bzw. eine Position von Teilungsebenen üblicherweise derart gewählt werden, dass an einem Kranz und an einer Nabe des Laufrades Kontaktflächen senkrecht zur Rotationsachse gebildet werden. Ein Laufradteil kann dabei auch als eigenständiges Laufrad ausgebildet sein, sodass das Laufrad aus mehreren eigenständigen Laufrädern zusammengestellt ist. Ferner werden Größe der einzelnen Laufradteile oder Laufräder und eine Position von einer oder mehreren Teilungsebenen üblicherweise derart gewählt, dass eine Zugänglichkeit zu den Bereichen optimal ist, um eine Beschichtung aufbringen sowie Reparaturen von beispielsweise durch Abrasion bedingten Schäden, insbesondere Schweiß- oder Schleifarbeiten, einfach durchführen zu können.

[0020] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass jeder Laufradteil einen Teil eines Kranzes des Laufrades aufweist. Darüber hinaus ist gemäß der Erfindung vorgesehen, dass jeder Laufradteil einen Teil einer Nabe des Laufrades aufweist. Das Laufrad wird somit axial in mehrere Laufradschaufelringe geteilt, welche jeweils als hydraulisch eigenständige Laufräder arbeiten können. Bei einer Unterteilung des Laufrades in zwei Laufradteile wird dann beispielsweise eine Aufteilung in einen Laufradteil, welcher einen Hochdruck-Laufradschaufelring bildet, und einen Laufradteil, welcher einen Niederdruck-Laufradschaufelring bildet, erreicht, wobei der Niederdruck-Laufradschaufelring dem Hochdruck-Laufradschaufelring bei einer Anwendung des Laufrades für eine Turbine in Strömungsrichtung nachgelagert ist, sodass eine Serienschaltung der Laufradschaufelringe gegeben ist. Es versteht sich, dass bei Verwendung des Laufrades für eine Pumpe der Hochdruck-Laufradschaufelring dem Niederdruck-Laufradschaufelring in Strömungsrichtung nachgelagert ist. Die einzelnen Laufradschaufelringe werden dabei so ausgelegt, dass die Serienschaltung eine geforderte hydraulische Charakteristik ergibt. Hierzu kann vorgesehen sein, dass Eintritts- und Austrittskanten der einzelnen Laufradschaufelringe entsprechend profiliert ausgebildet sind.

[0021] Ein erfindungsgemäßes Laufrad kann somit als Hintereinanderschaltung von zwei oder mehr eigenständigen Laufrädern bzw. Laufradschaufelringen ausgebildet sein, welche jeweils Laufradschaufeln mit gesonderten Eintritts- und Austrittskanten aufweisen, die versetzt angeordnet, jedoch mechanisch starr verbunden sind. Die Laufradschaufeln der einzelnen Laufradteile können daher bei einem erfindungsgemäßen Laufrad gleichwertig mit sonstigen Laufradschaufeln bzw. Laufradschaufeln eines eigenständigen Laufrades sein. Im Unterschied dazu weisen geteilte Laufräder des Standes der Technik lediglich geteilte Laufradschaufeln auf, welche über Kontaktflächen dicht und versatzfrei verbunden sind, sodass sich bei Laufrädern des Standes der Technik zwischen den Laufradteilen im Unterschied zum erfindungsgemäßen Laufrad keine zusätzlichen Eintritts- und Austrittskanten ergeben.

[0022] Darüber hinaus ist gemäß der Erfindung vorgesehen, dass die einzelnen Laufradschaufelringe bzw. Laufradteile in einem zusammengebauten Zustand in einem Bereich der Laufradschaufeln voneinander beabstandet sind, um einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen. Dabei entfällt auch eine Kontaktfläche zwischen den Laufradteilen an den Laufradschaufeln, sodass eine reduzierte Komplexität in der Fertigung erreicht wird.

[0023] Ferner können die Laufradschaufelringe auch relativ zueinander verdreht angeordnet sein, um einen Wirkungsgrad zu maximieren. Ein zur Wirkungsgradmaximierung erforderlicher Abstand zwischen den Laufradschaufeln sowie ein Verdrehwinkel zwischen den Laufradschaufelringen bzw. Laufradteilen kann dabei in Versuchen und/oder rechnerisch ermittelt werden, beispielsweise in Simulationen.

[0024] Üblicherweise wird das Laufrad dann so ausgelegt, dass ein hydraulisches Moment und ein Axialschub von einem oder mehreren Niederdruck-Laufradschaufelringen an den Hochdruck-Laufradschaufelring übertragen werden, von welchem die Momente und Kräfte an eine Welle übertragen werden, welche beispielsweise mit einem Generator verbunden sein kann. Die Welle ist üblicherweise mit der Nabe des Laufrades verbunden.

[0025] Um Reparaturen auf einfache Weise durchführen zu können, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die einzelnen Laufradteile über Schraubverbindungen an einer Nabe des Laufrades

und einem Kranz des Laufrades verbunden sind. Die Laufradteile können so einfach voneinander gelöst werden.

[0026] Zur Minimierung eines Verschleißes des Laufrades, ist es günstig, wenn die Laufradschaufeln der Laufradteile in einem zusammengebauten Zustand beabstandet und derart angeordnet sind, dass bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb eine Abströmung eines vorgelagerten Laufradteiles in einen Laufradschaufelkanal eines nachgelagerten Laufradteiles führt und die Abströmung des vorgelagerten Laufradteiles im Wesentlichen nicht auf eine Eintrittskante des nachgelagerten Laufradteiles trifft. Insbesondere bei einer Verwendung des Laufrades in Flüssigkeiten mit hohem Feststoffgehalt wie beispielsweise Wasser mit hohem Sandanteil wird dadurch ein Verschleiß einer Eintrittskante nachgelagerter Laufradteile bzw. eines Niederdruck-Laufradschaufelringes auf einfache Weise minimiert. Als Eintrittskante wird hierbei eine Kante der Laufradschaufel des nachgelagerten Laufradteiles verstanden.

[0027] Um eine hohe Standzeit zu erreichen, ist es günstig, wenn die Laufradschaufeln eine vor Abrasion schützende Beschichtung aufweisen. Üblicherweise erfolgt eine Beschichtung mittels Hochgeschwindigkeits-Flammspritzern bzw. in einem sogenannten HVOF-Spritzverfahren. Natürlich kann die Beschichtung auch in einem anderen Verfahren hergestellt werden.

[0028] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich anhand des nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiels. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

[0029] Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Laufrad in Explosionsdarstellung;

[0030] Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Laufrad;

[0031] Fig. 3 und 4 Schnitte durch ein erfindungsgemäßes Laufrad.

[0032] Fig. 1 und 2 zeigen ein erfindungsgemäßes Laufrad 1 in isometrischer Darstellung, wobei Fig. 1 das Laufrad 1 in einer Explosionsdarstellung zeigt, sodass einzelnen Laufradteile ersichtlich sind. Wie dargestellt weist das Laufrad 1 mehrere entlang einer Umfangsrichtung um die Rotationsachse 10 angeordnete Laufradschaufeln 4 sowie einen Kranz 7 und eine Nabe 6 auf. Das dargestellte Laufrad 1 ist in zwei Laufradteile geteilt, wobei jeder Laufradteil einen Teil jeder Laufradschaufel 4 sowie einen Teil der Nabe 6 und einen Teil des Kranzes 7 aufweist. Kontaktflächen 9 zwischen den Laufradteilen sind parallel und senkrecht zur Rotationsachse 10 ausgerichtet. Beim dargestellten Laufrad 1 sind die Laufradschaufeln 4 der einzelnen Laufradteile beabstandet, sodass sich je Laufradteil nur zwei rotationssymmetrische Kontaktflächen 9 ergeben, welche die Rotationsachse 10 umschließen und an Kranz 7 und Nabe 6 der einzelnen Laufradteile angeordnet sind. An den Laufradschaufeln sind somit keine Kontaktflächen 9 vorgesehen, um eine einfache Herstellbarkeit und gleichzeitig einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen. In einer alternativen Ausführung können jedoch auch Kontaktflächen 9 an den Laufradschaufeln 4 vorgesehen sein.

[0033] Das Laufrad 1 wird somit in einen Laufradteil, welcher einen Hochdruck-Laufradschaufelring 2 bildet, und einen Laufradteil, welcher einen Niederdruck-Laufradschaufelring 3 bildet, aufgeteilt, welche jeweils hydraulisch eigenständige Laufräder bilden und über die Kontaktflächen 9 lösbar starr verbunden sind.

[0034] Die Laufradteile sind im zusammengebauten Zustand über Verbindungsschrauben 8 verbunden, wobei die Verbindung üblicherweise derart ausgelegt ist, dass ein hydraulisches Moment um die Rotationsachse 10 vom Niederdruck-Laufradschaufelring 3 über eine an den Kontaktflächen 9 gegebene reibschlüssige Verbindung an den Hochdruck-Laufradschaufelring 2 übertragen wird. Über die Kontaktflächen 9 wird ferner ein Axialschub übertragen. Es versteht sich, dass Kräfte in Richtung der Rotationsachse 10 hier auch formschlüssig übertragen werden. Vom Hochdruck-Laufradschaufelring 2 erfolgt eine Übertragung der Kräfte und Momente an eine Welle, welche abhängig von einem Einsatz des Laufrades 1 beispielsweise mit einem Generator oder einem Motor verbunden sein kann. Ein Moment um die Rotationsachse 10 wird somit zwischen den Kontaktfläche 9 durch Kräfte tangential zu den Kontaktflächen 9, üblicherweise über

Reibung, übertragen.

[0035] Wie ersichtlich sind die Laufradschaufeln 4 wie bei Francis-Turbinen üblich stark gekrümmt. Durch eine Aufteilung der Laufradschaufeln 4 auf hier jeweils zwei Teile ist eine vollflächige Beschichtung der Laufradschaufeln 4 möglich, sodass ein durch Abrasion bedingter Verschleiß verringert werden kann.

[0036] Fig. 3 und 4 zeigen Schnitte durch ein erfindungsgemäßes Laufrad 1, bei welchem die einzelnen Laufradteile über Verbindungsschrauben 8 verbunden sind. Wie ersichtlich erfolgt eine Verbindung sowohl an der Nabe 6 als auch an einem Kranz 7 des Laufrades 1. Ferner ist ersichtlich, dass zwischen den Laufradschaufeln 4 keine direkte Verbindung gegeben ist. Kräfte und Momente werden somit ausschließlich über die Kontaktflächen 9 an Nabe 6 und Kranz 7 übertragen. Der Hochdruck-Laufradschaufelring 2 und der Niederdruck-Laufradschaufelring 3 sind ferner derart relativ zueinander verdreht, dass eine Abströmung des Hochdruck-Laufradschaufelringes 2 in einen Kanal des Niederdruck-Laufradschaufelringes 3 führt, sodass eine Eintrittskante des Niederdruck-Laufradschaufelringes 3 vor Verschleiß durch auftreffende Festkörper in einer Flüssigkeit geschützt ist, mit welcher das Laufrad 1 benutzt wird, beispielsweise Wasser mit Sandgehalt.

[0037] Die Verbindungsschrauben 8 sind üblicherweise ebenfalls vor Abrasion und Korrosion geschützt, beispielsweise durch eine Abdeckung oder eine Labyrinthdichtung.

[0038] Mit einem erfindungsgemäßen Laufrad 1 ist eine vollflächige Beschichtung eines Laufradschaufelkanals 5 auch bei kleinen und mittelgroßen Laufrädern möglich, weil der Laufradschaufelkanal 5 geteilt und somit gut zugänglich ist. Darüber hinaus ist durch eine Aufteilung des Laufrades 1 auf mehrere Laufradteile eine verbesserte Möglichkeit zur Bearbeitung in den Laufradschaufelkanälen gegeben, sodass in den Laufradschaufelkanälen der einzelnen Laufradteile Bearbeitungen wie Fräsen, Schweißen oder Schleifen auf einfache Weise möglich sind. Gleichzeitig wird durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Laufrades 1 eine einfache Herstellung und Reparaturfreundlichkeit erreicht, weil die zur Verbindung der Laufradteile erforderlichen Kontaktflächen 9 einfach und mit hoher Präzession bearbeitet werden können.

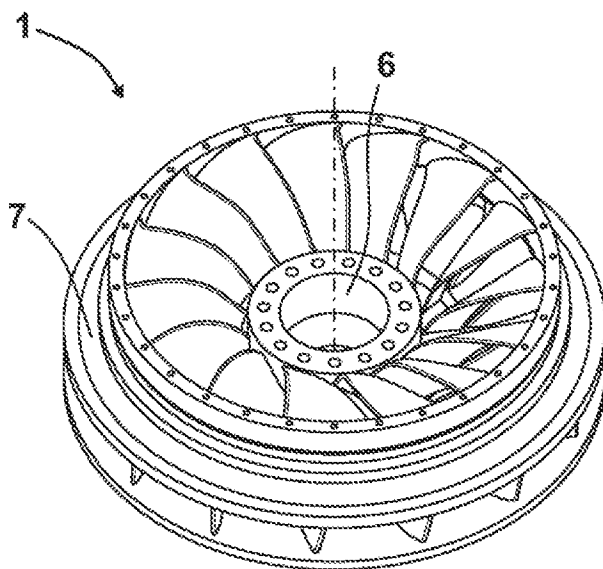
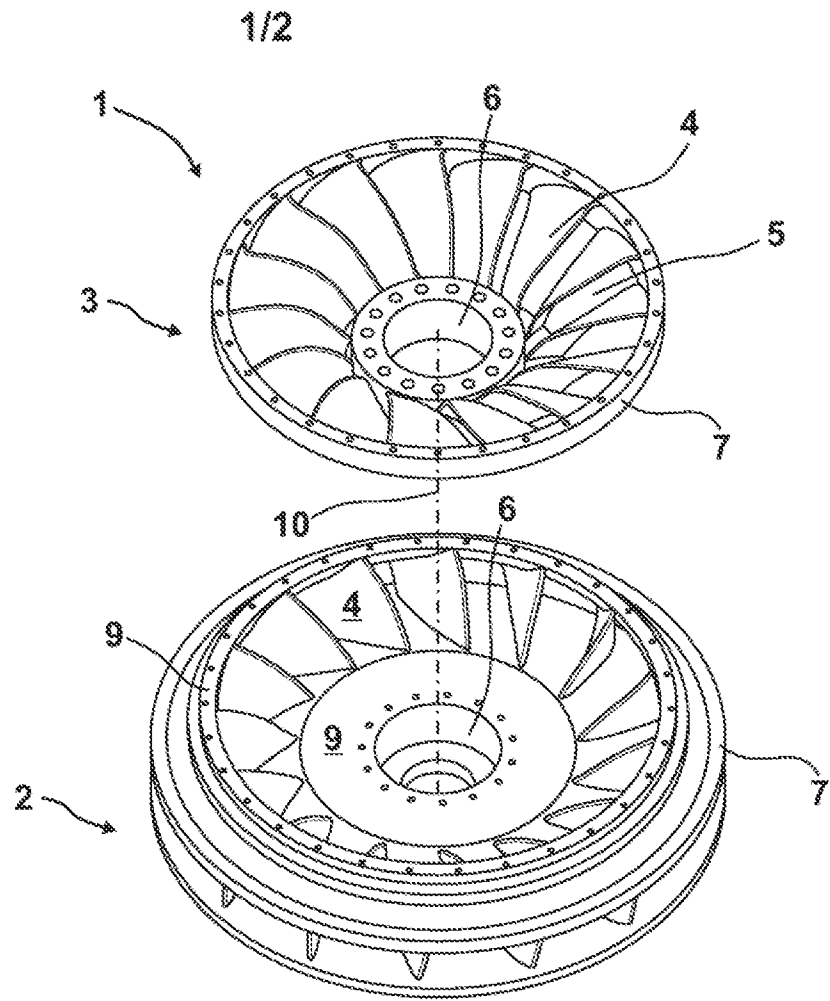
[0039] Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Laufrad 1 auf zwei Laufradteile mit beabstandeten und relativ zueinander verdrehten Laufradschaufeln 4 ausgebildet. Es versteht sich, dass ein erfindungsgemäßes Laufrad 1 auch auf mehr als zwei Laufradteile bzw. Laufradschaufelringe aufgeteilt sein kann und die einzelnen Laufradschaufeln 4 der Laufradteile nicht zwingend relativ zueinander verdreht anzuordnen sind.

[0040] Mit einem erfindungsgemäßen Laufrad 1 kann insbesondere bei Francis- und Pumpenlaufrädern in Anlagen mit hohem Sandgehalt im Wasser eine Abrasion erheblich minimiert werden, wobei gleichzeitig eine einfache Herstellbarkeit gewährleistet ist. Die Erfindung stellt somit ein einfach und kostengünstig herstellbares Laufrad 1 bereit, mit welchem ein Betriebsrisiko für einen Kraftwerksbetreiber auch bei einem Einsatz in Flüssigkeiten mit hohem Sandgehalt wesentlich reduziert werden kann.

Patentansprüche

1. Laufrad (1) für eine hydraulische Turbine, Pumpe oder Pumpturbine, insbesondere für eine Francisturbine, welches um eine Rotationsachse (10) drehbar lagerbar ist und entlang einer Umfangsrichtung um die Rotationsachse (10) angeordnete Laufradschaufeln (4) aufweist, wobei das Laufrad (1) zumindest zwei über Kontaktflächen (9) miteinander verbundene Laufradteile aufweist, wobei sämtliche Kontaktflächen (9) senkrecht zur Rotationsachse (10) ausgerichtet sind, sodass ein Moment um die Rotationsachse (10) zwischen den Laufradteilen im Wesentlichen über Kräfte tangential zu den Kontaktflächen (9) übertragbar ist, wobei jeder Laufradteil einen Teil jeder Laufradschaufel (4), einen Teil eines Kranzes (7) und einen Teil einer Nabe (6) des Laufrades (1) aufweist, wobei die einzelnen Laufradteile über eine Schraubverbindung an der Nabe (6) und am Kranz (7) des Laufrades verbunden und in einem Bereich der Laufradschaufeln (4) voneinander beabstandet sind.
2. Laufrad (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laufradteile mittelbar verbunden sind, insbesondere über eine oder mehrere reibwerterhöhende Folien.
3. Laufrad (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Laufradteil die Rotationsachse (10) umschließt.
4. Laufrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laufradschaufeln (4) der Laufradteile in einem zusammengebauten Zustand derart angeordnet sind, dass bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb eine Abströmung eines vorgelagerten Laufradteiles in einen Laufradschaufelkanal (5) eines nachgelagerten Laufradteiles führt und die Abströmung des vorgelagerten Laufradteiles im Wesentlichen nicht auf eine Eintrittskante des nachgelagerten Laufradteiles trifft.
5. Laufrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laufradschaufeln (4) eine vor Abrasion schützende Beschichtung aufweisen.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen



2/2

