



(19)

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer:

AT 412 495 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1446/2002 (51) Int. Cl.⁷: F03B 3/02
(22) Anmeldetag: 26.09.2002 F03B 3/10, 3/12
(42) Beginn der Patentdauer: 15.08.2004
(45) Ausgabetag: 25.03.2005

| | |
|---|---|
| (56) Entgegenhaltungen: DE 19803390C1 DE 1944360A US 6135716A US 6155783A US 3639080A | (73) Patentinhaber: VA TECH HYDRO GMBH & CO A-1141 WIEN (AT). |
| | (72) Erfinder: KECK HELMUT DR. DIETLIKON (CH). |

(54) LAUFRAD EINER HYDRAULISCHEN MASCHINE

B (57) Laufradschaufeln (2) eines Laufrades (1) einer hydraulischen Maschine sollen derart geformt sein, dass zum Einen ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden kann und zum Anderen die hydraulische Maschine auch in Teillastbereichen ohne größere Einschränkungen betrieben werden kann, wobei immer auch ein gutes Kavitationsverhalten der hydraulischen Maschine erwünscht ist und dieses Laufrad (1) auch noch möglichst einfach ohne Einschränkungen durch sehr kleine Lichtweiten mit Bearbeitungsmaschinen hergestellt und montiert werden soll. Um diese Ziele zu erreichen wird erfindungsgemäß ein Laufrad (1) vorgeschlagen, bei dem Laufradschaufeln (2) geteilt ausgeführt werden, sodass ein Teil (2a) der Laufradschaufeln (2) vom Laufrad (1) gelöst werden kann.

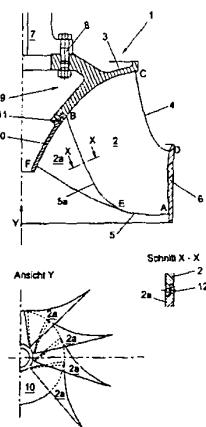


Fig. 1

AT 412 495 B

Die gegenständliche Anmeldung betrifft ein Laufrad einer hydraulischen Maschine, vorzugsweise vom Überdrucktyp, wie z.B. eine Francis-Turbine, Francis-Pumpturbine oder Radial- bzw. Diagonalglockenpumpe, mit einer Anzahl von Laufradschaufeln, wobei zumindest eine Laufradschaufel geteilt ausgeführt ist und zumindest zwei Laufradschaufelteile voneinander lösbar angeordnet sind, geteilt ausgeführt ist und zumindest zwei Laufradschaufelteile voneinander lösbar angeordnet sind,

- 5 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Laufrades.
- Ein Laufrad einer hydraulischen Maschine, wie z.B. eine Francis-Turbine oder -Pumpturbine, weist eine Mehrzahl von Laufradschaufeln auf, wobei jeweils zwei Schaufeln einen Strömungskanal für ein Betriebsmedium, z.B. Wasser, ausbilden, durch den das Betriebsmedium im Betrieb der hydraulischen Maschine fließt und so den Läufer in Rotation versetzt. Die Fertigung eines solchen Laufrades ist aufgrund der komplexen geometrischen Formen der Laufradschaufeln sehr aufwendig. Um die Fertigung des Laufrades, z.B. durch Schweißen, etc., und/oder eine entsprechende Bearbeitung der Oberflächen, z.B. durch Schleifen, Polieren, etc., mittels Bearbeitungsmaschinen, wie z.B. Robotern, etc., zu ermöglichen, dürfen die Laufradschaufeln nicht zu knapp aneinander liegen. Darüber hinaus besteht bei eng benachbarten Schaufelregionen immer die Gefahr, dass Schwemmgut im Laufrad stecken bleibt und somit den Betrieb beeinträchtigt, oder sogar die Abschaltung der hydraulischen Maschine notwendig macht.

- Andererseits ist im Bereich der Austrittskante (=Eintrittskante bei einer Pumpturbine im Pumpbetrieb) der Laufradschaufeln ein kleiner Radius an der inneren Deckscheibe erwünscht, da dies für den Betrieb, vor allem in Betriebspunkten abseits des Auslegebetriebspunktes, von Vorteil ist. Bei kleinem Radius würde sich beispielsweise die Wirbelbildung am Austritt der Laufrades in Teillastbereichen wesentlich verbessern. Viele Laufräder weisen auch eine Laufradhaube auf, um die Strömung nach dem Austritt aus der Laufradschaufel kontrolliert weiterführen zu können, die bei solchen kleinen Radien jedoch eine Montage des Laufrades an der Welle erschweren oder gar unmöglich machen würde. Am Laufradaustritt führt eine hohe Schaufelzahl und kleine Durchmesser zu sehr engen Platzverhältnissen. Eine kleine Schaufelzahl führt andererseits am Laufradeintritt zu weiten Abständen und einer hohen Belastung und Kavitation am Laufradeintritt.

- Um diesen grundsätzlichen Widerspruch zu beseitigen, wurden Laufräder z.B. derart gefertigt, dass jede zweite oder dritte Schaufel im gesamten Austrittsbereich der Laufradschaufeln kürzer als die benachbarten Laufradschaufeln ausgeführt wurde, sogenannte „splitter blade runner“, und die Laufradschaufeln im Eintrittsbereich allesamt gleich belassen wurden. Der Vorteil dieser Ausführung ist der, dass damit im Austrittsbereich mehr Platz geschaffen wurde, womit die obigen Nachteile im Wesentlichen beseitigt waren. Allerdings erhöht sich dabei die Kavitationsgefahr im Bereich der äußeren Deckscheibe zwischen Schaufelmitte und Austrittskante, da sich dort aufgrund der teilweise reduzierten Schaufellängen die Schaufelbelastungen erhöhen.

- Aus der US 6,135,716 wiederum ist ein Läufer einer Francis-Turbine bekannt, bei dem das Kavitationsverhalten verbessert wurde, indem die Eintritts- und die Austrittskanten der Laufradschaufeln bezüglich der Rotationsachse der Turbine besonders geformt werden. Die Längen aller Laufradschaufeln werden dabei gleich belassen, entsprechen somit einem herkömmlichen Laufrad. Damit ergeben sich jedoch wieder die oben angeführten Nachteile in Bezug auf die Fertigung und Betrieb abseits der Auslegung.

- Der DE 198 03 390 C1 zeigt ein Laufrad, das aus mehreren Einzellaufräden besteht, um ein besonders anpassungsfähiges Laufrad zu erhalten, das für einen sehr breiten Bereich von Betriebsbedingungen einen möglichst hohen Wirkungsgrad erzielt. Ein solches Laufrad bedingt aber einen sehr hohen Fertigungsaufwand.

- Die Fertigung von Laufrädern kann unter Umständen vereinfacht werden, indem das Laufrad und/oder die Laufradschaufeln aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt wird. Beispiele dafür finden sich in der DE 19 44 360 A oder der US 6,155,783 A.

- Bei all diesen Varianten bleibt jedoch das Problem der Befestigung bzw. Montage des Laufrades bei Laufrädern mit Laufradschaufeln die sehr nahe an die Drehachse der hydraulischen Maschine herangeführt werden, was ja den Betrieb der hydraulischen Maschine in Teillastbereichen verbessert, erhalten.

- Eine Aufgabe der vorliegenden Anmeldung ist es daher, ein Laufrad einer hydraulischen Maschine anzugeben, das auch bei sehr kleinen Laufradschaufeldurchmessern im Bereich der inneren Deckscheibe eine einfache Montage des Laufrades ermöglicht.

- 55 Diese Aufgabe wird durch die gegenständliche Erfindung gelöst, indem zumindest ein Teil der

Laufradschaufel an einer vom Laufrad lösbarer Laufradhaube angeordnet ist.

Durch die Teilung der Laufradschaufel ist es nun möglich einen Teil der Laufradschaufel vom Rest des Laufrades zu lösen und damit die Verbindung zwischen Laufrad und Welle zugänglich zu machen. Damit können aber auch sehr kleine Laufradschaufeldurchmesser ohne Einschränkungen verwirklicht werden.

Die Laufradhaube eignet sich ganz besonders gut zur Aufnahme zumindest eines Teiles der Laufradschaufeln, da diese in Regel vom Laufrad lösbar ausgeführt ist, um die Montage zu erleichtern. Außerdem ist die Laufradhaube ein im Vergleich zum restlichen Laufrad kompakter und einfacher handzuhabender Bauteil, sodass die Montage des Laufrades mit den geteilten Laufradschaufeln einfach bewerkstelligt werden kann.

10 Dazu ist es auch günstig die Laufradhaube mittels eines Verbindungsmittel direkt mit der Laufradnabe lösbar zu verbinden, was ebenfalls die Montage erleichtert.

Ein besonders einfach zu fertigendes Laufrad erhält man, wenn die Laufradschaufel zweigeteilt ausgeführt ist. Damit kann das Laufrad einfach zusammengesetzt werden.

15 Um das Betriebsverhalten einer geteilten Laufradschaufel zu verbessern, ist es günstig die einzelnen Teile der Laufradschaufel miteinander zu verbinden. Dadurch kann das Schwingverhalten der Laufradschaufel durch Erhöhung der Stabilität wesentlich verbessert werden.

Ein besonders vorteilhaftes Laufrad ergibt sich, wenn ein Kontaktspur zwischen innerer Deckscheibe und Eintrittskante und/oder ein Kontaktspur zwischen innerer Deckscheibe und Austrittskante zumindest einer ersten Laufradschaufel einen bezüglich der Drehachse der hydraulischen Maschine größeren Radius aufweist wie die entsprechenden Kontaktspuren einer unmittelbar benachbarten zweiten Laufradschaufel, wobei die Kontaktspuren zwischen äußerer Deckscheibe und Ein- und Austrittskante der ersten und zweiten Laufradschaufel im Wesentlichen den selben Radius aufweisen.

20 25 Damit gelingt es zum Einen, im Austrittsbereich des Laufrades an der inneren Deckscheibe sehr kleine Radianen zu realisieren, ohne Fertigungsprobleme oder Probleme durch eine zu enge Schaufelanordnung zu verursachen. Zum Anderen, wird die Belastung in den Bereichen hoher Schaufellast, also im Kontaktbereich der Schaufel mit der äußeren Deckscheibe nicht, bzw. nur unwesentlich vergrößert, da die Kontaktlängen in diesen Bereichen gegenüber herkömmlichen Laufrädern nicht verändert werden, sodass sich hinsichtlich der Kavitation keine Verschlechterung im Betrieb ergibt.

Hydraulisch und fertigungstechnisch ist es vorteilhaft, wenn die Eintritts- und Austrittskanten einer ersten und zweiten Laufradschaufel des Läufers zumindest abschnittsweise gleich geformt sind, wobei die Kanten vorzugsweise zwischen dem Kontaktspur an der äußeren Deckscheibe und einem beliebigen Punkt auf der Eintritts- bzw. Austrittskante gleich geformt sind.

Um die hydraulische Maschine auch in Teillastbereichen reibungslos betreiben zu können, wird das Verhältnis zwischen dem kleinsten Radius eines Kontaktspur der Austrittskante mit der inneren Deckscheibe einer Schaufel und dem Radius des Kontaktspur der Austrittskante mit der äußeren Deckscheibe dieser Schaufel kleiner oder gleich 0,4, vorzugsweise kleiner oder gleich 0,2, vorgegeben. Damit erreicht man, dass der Austrittswirbel aus dem Laufrad verringert wird und sich die hydraulischen Maschine auch in Teillastbereichen einwandfrei betreiben lässt.

Die Anzahl der Laufradschaufeln des Laufrades wird vorteilhaft durch zwei oder drei teilbar gewählt, wobei dann jede zweite oder dritte Laufradschaufel unterschiedliche Ein- und/oder Austrittskanten aufweist, wodurch sich zumindest im Bereich kleiner Radiane fertigungstechnische Vorteile ergeben, da dadurch die einzelnen Laufradschaufeln problemlos bearbeitbar sind.

Aus hydraulischen Gründen ist es günstig, den Kontaktspur zwischen Austrittskante und innerer Deckscheibe zumindest einer Schaufel in axialer Richtung unterhalb der Mitte der Eintrittskante dieser Schaufel und bezüglich der Drehrichtung des Laufrades die Kontaktspuren der Ein- und Austrittskante mit der äußeren Deckscheibe zumindest einer Schaufel vor den entsprechenden Kontaktspuren der Ein- und Austrittskante mit der inneren Deckscheibe dieser Schaufel anzurichten. Zusätzliche Verbesserungen des hydraulischen Verhaltens der Maschine ergeben sich, wenn bezüglich der Drehachse des Laufrades der radiale Abstand zwischen den Kontaktspuren der Austrittskante mit der äußeren und inneren Deckscheibe zumindest einer Schaufel größer als der radiale Abstand zwischen den Kontaktspuren der Eintrittskante mit der äußeren und inneren Deckscheibe dieser Schaufel ist, vorteilhaft größer 10°, vorzugsweise größer 15°. Unter anderem

kann damit das Kavitationsverhalten der hydraulischen Maschine noch weiter verbessert werden. Ein Fazit wird nun anhand der folgenden schematischen, nicht einschränkenden

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der folgenden schematischen, nicht einschränkenden Figuren 1 bis 4 beschrieben, wobei die

- Fig. 1 ein erfundungsgemäßes Laufrad,
Fig. 2 eine Laufradschaufel eines herkömmlichen Laufrades einer hydraulischen Maschine,
5 Fig. 3 Laufradschaufeln einer hydraulischen Maschine mit unterschiedlichen Ein- bzw. Aus-
trittskanten und
Fig. 4 ein Ansicht in axialer Richtung einer Laufradschaufel

zeigt. Eine solche Turbine, die auf einer Welle zwei oder mehrere Turbinenflügel aufweist, ist eine **Multi-Flügel-Turbine**.

In Verlängerung der Laufradnabe 9 ist eine Laufradhaube 10 angeordnet, an der ein Teil der Laufradschaufel 2a befestigt ist, z.B. wieder durch Schweißen. Gleichfalls könnte die Laufradhaube 10 mit dem Laufradschaufelteil 2a als ein Teil gegossen werden. Die Laufradschaufel 2 ist hier also zweigeteilt, wobei die beiden Teile voneinander lösbar sind. Dazu ist ein Verbindungsmitte 11 vorgesehen, hier z.B. Senkschrauben, mit dem die Laufradnabe 9 mit der Laufradhaube 10 lösbar verbunden werden kann. Damit ist es möglich einen Teil der Laufradschaufel 2a mit der Laufradhaube 10 vom restlichen Laufrad abzunehmen, wodurch die Zugänglichkeit im axialen Bereich des Laufrades 1, z.B. zur Laufradbefestigung 8, verbessert wird. Selbstverständlich wäre auch jede andere Verbindung zwischen Laufradhaube 10 bzw. Laufrad 1 und Laufradnabe 9 denkbar.

Die Ansicht Y der Fig. 1 zeigt die Laufradhaube 10 in einer axialen Ansicht, wobei in diesem Beispiel alle Laufradschaufeln 2 geteilt ausgeführt sind, was, wie weiter unten noch beschrieben wird, jedoch nicht notwendiger Weise der Fall sein muss.

Der Schnitt X - X durch die Verbindungsleitung der Laufradschaufelteile der Fig. 1 zeigt, dass die einzelnen Teile durch ein geeignetes Verbindungsmittel 12, wie hier z.B. Senkschrauben, auch entlang der Verbindungsleitung miteinander verbunden werden können, was das Betriebsverhalten der Laufradschaufeln 2, vor allem hinsichtlich Schwingungsverhalten und Stabilität, verbessert.

Selbstverständlich könnten anstelle von Senkschrauben 11, 12 auch beliebige andere geeignete Verbindungsmittel zur Anwendung kommen.

Eine herkömmliche Laufradschaufel 2 einer hydraulischen Maschine nach Fig. 2 ist zwischen einer inneren 3 und äußeren Deckscheibe 6 angeordnet und weist eine Eintritts- 4 und eine Austrittskante 5 auf, die an den vier Kontaktstellen A, B, C und D die innere 3 und äußere Deckscheibe 6 schneiden.

40 Benachbarte Laufradschaufeln 1 bilden einen Strömungskanal, der vom Betriebsmedium, bei spielsweise Wasser, durchströmbar ist. Für eine hydraulischen Maschine ergäbe sich eine Strö-
mung von der Eintrittskante 4, z.B. von einem hier nicht dargestellten, hinlänglich bekannten Spi-
ralgehäuse und einem Leitapparat, zur Austrittskante 5 und weiter zu einem hier ebenfalls nicht
dargestellten, hinlänglich bekannten Saugrohr, welches in ein Unterwasser mündet. Für eine
45 Pumpe oder Pump-Turbine im Pumpbetrieb würde sich die Strömungsrichtung entsprechend
umkehren, hier also von Austrittskante 5 zur Eintrittskante 3. Durch die Strömung des Betriebsme-
diums wird das Laufrad 1 in Rotation gesetzt (bei einer Turbine) bzw. durch die Rotation des Lau-
fades 1 wird Betriebsmedium gefördert (bei einer Pumpturbine in Pumpbetrieb). Die Drehachse der
Turbine ist durch die strichpunktisierte Linie angedeutet.

Die Laufradschaufel 1 ist in den meisten Fällen nicht eben, sondern kann grundsätzlich eine beliebige räumliche Krümmung aufweisen, wie in Fig. 4 angedeutet, in der eine Ansicht einer Laufradschaufel 2 in axialer Richtung der Drehachse dargestellt ist. Man erkennt, dass die Kon-
taktpunkte C (bzw. G), D der Eintrittskante 4 (bzw. 4a) an der inneren Deckscheibe 3 und an der äußereren Deckscheibe 6 bezüglich der Drehachse der Turbine einen zirkumferentialen Abstand φ_E aufweisen können, also bezogen auf die axiale Richtung der Drehachse nicht auf einer radialen

Linie durch die Drehachse zu liegen kommen, sondern in einem bestimmten Winkel zueinander angeordnet sind. Das Gleiche kann natürlich auch für die Kontaktpunkte B (bzw. F), A der Austrittskante 5 (bzw. 5a) an der inneren 3 und äußeren Deckscheibe 6 gelten, wo ein zirkumferentialem Abstand φ_A vorgesehen werden kann. Für das Kavitationsverhalten der Turbine ist dabei günstig, wenn dieser zirkumferentiale Abstand φ_A der Kontaktspunkte B (bzw. F), A der Austrittskante 5 (bzw. 5a) größer wie der radiale Abstand φ_E der Kontaktspunkte C (bzw. G), D der Eintrittskante 4 (bzw. 4a) gewählt wird. Ein bevorzugter Wert für φ_A ist dabei 15° oder größer.

Außerdem erkennt man in Fig. 4, dass die Kontaktspunkte D, A an der äußeren Deckscheibe 6 in Drehrichtung gesehen vor den entsprechenden Kontaktspunkten B (bzw. F), C (bzw. G) an der inneren Deckscheibe angeordnet sind.

In Fig. 3 ist nun schematisch ein Laufrad 1 dargestellt dessen Laufradschaufeln 1 wieder zwischen einer inneren 3 und äußeren Deckscheibe 6 angeordnet sind und wieder einen Strömungs-kanal für das Betriebsmedium bilden.

Bei diesem Laufrad 1 sind nun jedoch die Eintrittskante 4 und die Austrittskante 5 jeder zweiten oder dritten Laufradschaufel 2 bezogen auf die Drehachse der Turbine teilweise nach außen gezogen (bzw. nach innen gezogen, je nach Sichtweise). D.h., dass nach wie vor ein Teil der Laufradschaufeln 2 herkömmlich, wie in Fig. 1 beschrieben, begrenzt werden, also von einer Eintrittskante 4 zwischen den Kontaktspunkten C und D, einer Austrittskante 5 zwischen den Kontaktspunkten A und B, sowie der inneren 3 und äußeren Deckscheibe 6. Jede zweite oder dritte Laufradschaufel 2 weicht von dieser Begrenzung ab. Die Eintrittskante 4 zweier benachbarter Laufradschaufeln 2, 2' verläuft ausgehend vom Kontaktspunkt D zwischen Eintrittskante 4 und äußerer Deckscheibe 6 bis zu einem beliebigen Punkt H auf der Eintrittskante 4 gleich, ab diesem Punkt H ist die Eintrittskante 4a bezüglich der Drehachse nach außen gezogen, d.h. dass der Kontaktspunkt G der Eintrittskante 4a der Laufradschaufel 2 an der inneren Deckscheibe 3 einen größeren Radius aufweist, wie der entsprechende Kontaktspunkt C der benachbarten Laufradschaufel 2'.

An der Austrittskante 5 gilt das oben gesagte analog. Die Austrittskanten 5 der unmittelbar benachbarten Laufradschaufeln 2, 2' decken sich im Wesentlichen zwischen einem Kontaktspunkt A an der äußeren Deckscheibe 6 und einem beliebigen Punkt E auf der Austrittskante 5. Ausgehend von diesem Punkt E ist die Austrittskante 5a jeder zweiten oder dritten Laufradschaufel 2 nach außen gezogen (bzw. nach innen gezogen, je nach Sichtweise), d.h. dass der Kontaktspunkt B der Austrittskante 5a der Laufradschaufel 2 an der inneren Deckscheibe 3 einen größeren Radius aufweist, wie der entsprechende Kontaktspunkt F der benachbarten Laufradschaufel 2'.

Die Begrenzung eines Teiles der Laufradschaufeln 2 verläuft somit zwischen den Kontaktspunkten C und D, die die Eintrittskante 4 bilden, sowie den Kontaktspunkten A und B, die die Austrittskante 5 bilden, wie bei herkömmlichen Schaufeln, und die Begrenzung jeder zweiten oder dritten Laufradschaufel 2' verläuft zwischen den Punkten D, H und G, die die Eintrittskante 4a bilden und den Punkten A, E und F, die die Austrittskante 5a bilden.

Die obige Beschreibung ist selbstverständlich lediglich beispielhaft. Es wäre natürlich auch denkbar, nur die Eintrittskante 4 oder nur die Austrittskante 5 oder Ein- 4 und Austrittskante 5 abwechselnd abschnittsweise nach außen zu ziehen.

Die Punkte E und H können darüber hinaus an einer beliebigen Position auf der Austritts- 5 bzw. Eintrittskante 4 angeordnet sein, insbesondere könnten diese Punkte E und H in einer erfindungsgemäßen Ausführung auch mit den Kontaktspunkten A und D an der äußeren Deckscheibe 6 zusammenfallen.

Durch diese abwechselnd unterschiedlich verlaufenden Austrittskanten 5, 5a können die Laufradschaufeln 2, 2' sehr nahe an die Drehachse der Turbine herangebracht werden, d.h. dass die Kontaktspunkte F der Austrittskanten 5 an der inneren Deckscheibe 3 sehr kleine Durchmesser aufweisen können. Insbesondere lässt sich ein Radiusverhältnis r_F/r_A an der Austrittskante 5 von kleiner oder gleich 0.2 erzielen, was bisher problematisch, wenn überhaupt möglich, war.

Wird die Austrittskante 5 im Bereich der inneren Deckscheibe 3 sehr nahe an die Drehachse herangeführt, kann es unter Umständen zu Platzproblemen mit der Befestigung des Laufrades 1 an der Welle 7 kommen. Um dieses Problem zu lösen, könnte man z.B., wie zu Fig. 1 bereits beschrieben, zumindest die Laufradschaufeln 2' die nahe an die Drehachse heranreichen zweiteilen und den Laufradschaufelteil der durch die Punkte E, F, B markiert ist auf der Laufradhaube 10

anordnen. Es könnte natürlich die Laufradschaufel 2 auch an jeder anderen beliebigen Stelle geteilt werden, was den erforderlichen Charakter nicht verändern würde. Erst nach der Montage des Laufrades 1 würde dann die Laufradschaufeln 2 komplett ausgebildet sein. Um die Montage zu erleichtern, wäre es auch denkbar an der Laufradhaube 10 und/oder an der Laufradnabe 9 Zentrierungshilfen, wie z.B. eine Nut und ein Keil oder ähnliches, vorzusehen.

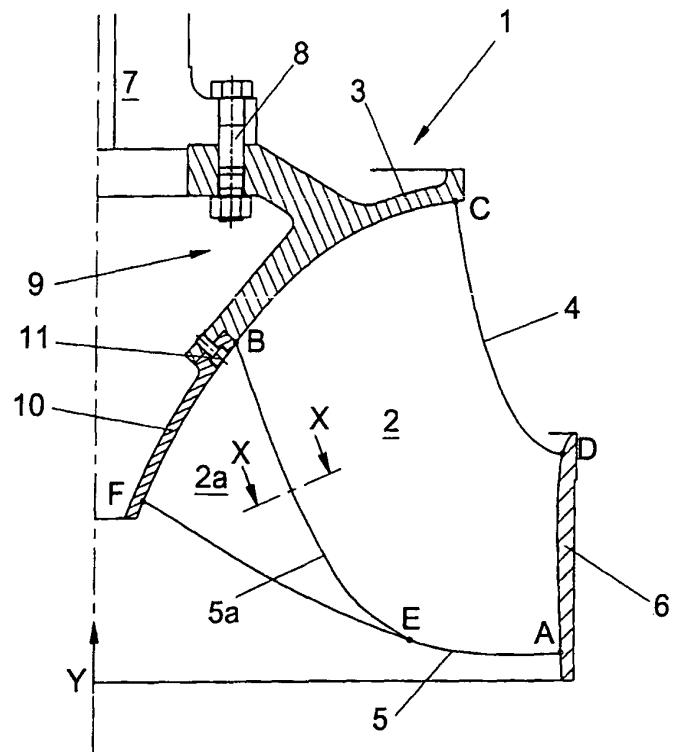
5 Wäre beispielsweise nur jede zweite Laufradschaufel 2, wie oben beschrieben, in Richtung der Drehachse verlängert, z.B. um den Laufradschaufelteil zwischen den Punkten E, F und B, so könnte es auch ausreichen, nur diese verlängerten Laufradschaufel 2 zu teilen, wodurch die Laufradhaube 10 einfacher gefertigt werden könnte.

10

PATENTANSPRÜCHE:

1. Laufrad einer hydraulischen Maschine, vorzugsweise vom Überdrucktyp, wie z.B. eine Francis-Turbine, Francis-Pumpturbine oder Radial- bzw. Diagonalpumpe, mit einer Anzahl von Laufradschaufeln (2), wobei zumindest eine Laufradschaufel (2) geteilt ausgeführt ist und zumindest zwei Laufradschaufelteile (2, 2a) voneinander lösbar angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil (2a) der Laufradschaufel an einer vom Laufrad (1) lösbarer Laufradhaube (10) angeordnet ist.
2. Laufrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufradschaufel (2) zweiteilt ausgeführt ist.
3. Laufrad nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verbindungsmitte (11) vorgesehen ist, mit dem die Laufradhaube (10) mit einer Laufradnabe (9) lösbar verbindbar ist.
4. Laufrad nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verbindungsmitte (12) vorgesehen ist, mit dem zumindest zwei Teile der Laufradschaufel (2, 2a), vorzugsweise lösbar, miteinander verbindbar sind.
5. Laufrad nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kontakt-
punkt (G) zwischen einer inneren Deckscheibe (3) und einer Eintrittskante (4a) und/oder
ein Kontakt-
punkt (B) zwischen innerer Deckscheibe (3) und einer Austrittskante (5a) zu-
mindest einer ersten Laufradschaufel (2) einen bezüglich der Drehachse der hydraulischen
Maschine größeren Radius aufweist wie die entsprechenden Kontakt-
punkte (F, C) einer
unmittelbar benachbarten zweiten Laufradschaufel (2'), wobei die Kontakt-
punkte (A, D)
zwischen äußerer Deckscheibe (6) und Ein- und Austrittskante (4, 5) der ersten und zweiten
Laufradschaufel (2, 2') im Wesentlichen den selben Radius aufweisen.
6. Laufrad nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Eintrittskanten (4, 4a) der ersten und zweiten Laufradschaufel (2, 2') des Laufrades (1) zumindest abschnittsweise unterschiedlich verlaufend geformt sind.
7. Laufrad nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Eintrittskanten (4, 4a) der ersten und zweiten Laufradschaufel (2, 2') des Laufrades (1) zwischen dem Kontakt-
punkt (D) der Eintrittskante (4, 4a) an der äußeren Deckscheibe (6) und einem vorbestimmmbaren
Punkt (H) auf der Eintrittskante (4, 4a) im Wesentlichen gleich verlaufend geformt sind.
8. Laufrad nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittskanten (5, 5a) der ersten und zweiten Laufradschaufel (2, 2') des Laufrades (1) zumindest abschnittsweise unterschiedlich verlaufend geformt sind.
9. Laufrad nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittskanten (5, 5a) der ersten und zweiten Laufradschaufel (2, 2') des Laufrades (1) zwischen dem Kontakt-
punkt (A) der Austrittskante (5, 5a) an der äußeren Deckscheibe (6) und einem vorbestimmmbaren
Punkt (E) auf der Austrittskante (5, 5a) im Wesentlichen gleich verlaufend geformt sind.
10. Laufrad nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis zwischen dem kleinsten Radius r_F eines Kontakt-
punktes (F) der Austrittskante (5) mit der inneren Deckscheibe (3) einer Laufradschaufel (2, 2') und dem Radius r_A des Kontakt-
punktes (A) der Austrittskante (5) mit der äußeren Deckscheibe (6) dieser Laufradschaufel (2, 2') kleiner oder gleich 0,4, vorzugsweise kleiner oder gleich 0,2, ist.
11. Laufrad nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl

- der Laufradschaufeln (2, 2') des Laufrades (1) durch zwei oder drei teilbar ist.
12. Laufrad nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer durch zwei teilbaren Anzahl von Laufradschaufeln (2, 2') die Austrittskante (5) und/oder die Eintrittskante (4) jeder zweiten Laufradschaufel (2') einen Kontaktspunkt (F) an der inneren Deckscheibe (3) mit einem bezüglich der Drehachse des Laufrades (1) kleineren Radius als der entsprechende Kontaktspunkt (B) der benachbarten Laufradschaufel (2) aufweist.
13. Laufrad nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer durch drei teilbaren Anzahl von Laufradschaufeln (2, 2') die Austrittskante (5) und/oder die Eintrittskante (4) eines Drittels der Laufradschaufeln (2, 2') einen Kontaktspunkt (F) an der inneren Deckscheibe (3) mit einem bezüglich der Drehachse des Laufrades (1) kleineren Radius als die entsprechenden Kontaktspunkte (B) der benachbarten Laufradschaufeln (2) aufweisen.
14. Laufrad nach einem der Ansprüche 5 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Kontaktspunkt (F, B) zwischen Austrittskante (5, 5a) und innerer Deckscheibe (3) zumindest einer Laufradschaufel (2, 2') in axialer Richtung unterhalb der Mitte der Eintrittskante (4, 4a) dieser Laufradschaufel (2, 2') angeordnet ist.
15. Laufrad nach einem der Ansprüche 5 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass bezüglich der Drehrichtung des Laufrades (1) die Kontaktspunkte (A, D) der Ein- und Austrittskante (4, 4a, 5, 5a) an der äußeren Deckscheibe (6) zumindest einer Laufradschaufel (2, 2') vor den entsprechenden Kontaktspunkten (B, C, F, G) der Ein- und Austrittskante (4, 4a, 5, 5a) an der inneren Deckscheibe (3) dieser Laufradschaufel (2, 2') angeordnet sind.
16. Laufrad nach einem der Ansprüche 5 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass bezüglich der Drehachse des Laufrades (1) der zirkumferentielle Abstand Φ_A zwischen den Kontaktspunkten (A, B, F) der Austrittskante (5, 5a) an der äußeren (6) und inneren Deckscheibe (3) zumindest einer Laufradschaufel (2, 2') größer als der zirkumferentielle Abstand Φ_E zwischen den Kontaktspunkten (D, C, G) der Eintrittskante (4, 4a) an der äußeren (6) und inneren Deckscheibe (3) dieser Laufradschaufel (2, 2') ist.
17. Laufrad nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zirkumferentielle Abstand Φ_A zwischen den Kontaktspunkten (A, B, F) der Austrittskante (5, 5a) an der äußeren (6) und inneren Deckscheibe (3) zumindest einer Laufradschaufel (2, 2') größer 10°, vorzugsweise größer 15°, ist.
18. Verfahren zur Herstellung eines Laufrades (1) einer hydraulischen Maschine, vorzugsweise vom Überdrucktyp, wie z.B. eine Francis-Turbine, Francis-Pumpturbine oder Radial- bzw. Diagonalpumpe, mit einer Anzahl von Laufradschaufeln (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil (2a) zumindest einer Laufradschaufel (2) an einer Laufradhaube (10) befestigt wird, zumindest ein weiterer Teil dieser Laufradschaufel (2) an einer Laufradnabe (9) befestigt wird und im Anschluss daran die Laufradhaube (10) mit der Laufradnabe (9), vorzugsweise lösbar, verbunden wird, sodass die einzelnen Laufradschaufelteile eine im Wesentlichen durchgängige Laufradschaufel (2) ausbilden.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Laufradschaufelteile, vorzugsweise lösbar, miteinander verbunden werden.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laufradschaufelteile vorab als Einzelteile gefertigt werden und im Anschluss daran mit der Laufradhaube (10) bzw. Laufradnabe (9) verschweißt werden.
21. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Laufradschaufelteile mit der Laufradhaube (10) bzw. Laufradnabe (9) als ein Teil gegossen werden und gegebenenfalls im Anschluss daran mit einem Oberflächenbearbeitungsverfahren, wie, z.B. Schleifen oder Polieren, bearbeitet werden.



Ansicht Y

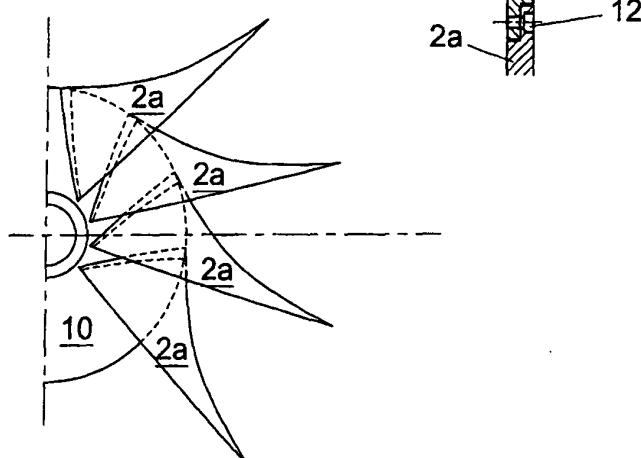


Fig. 1

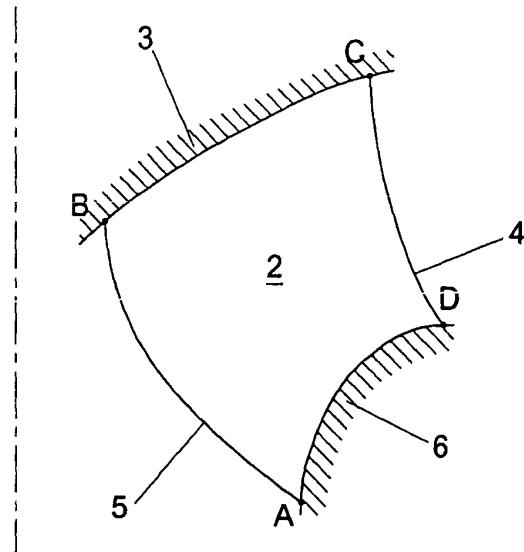


Fig. 2

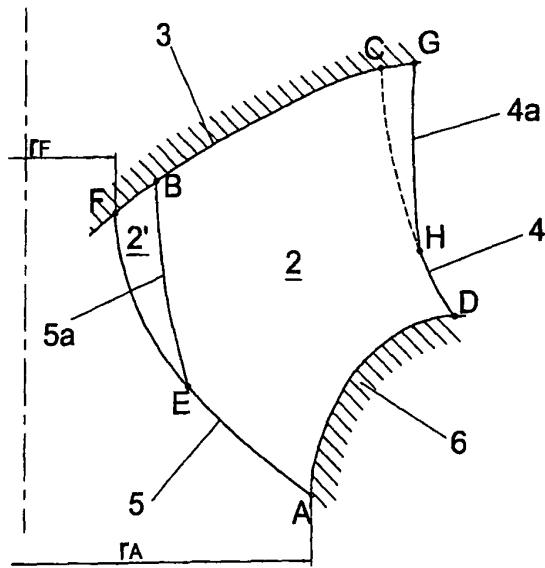


Fig. 3

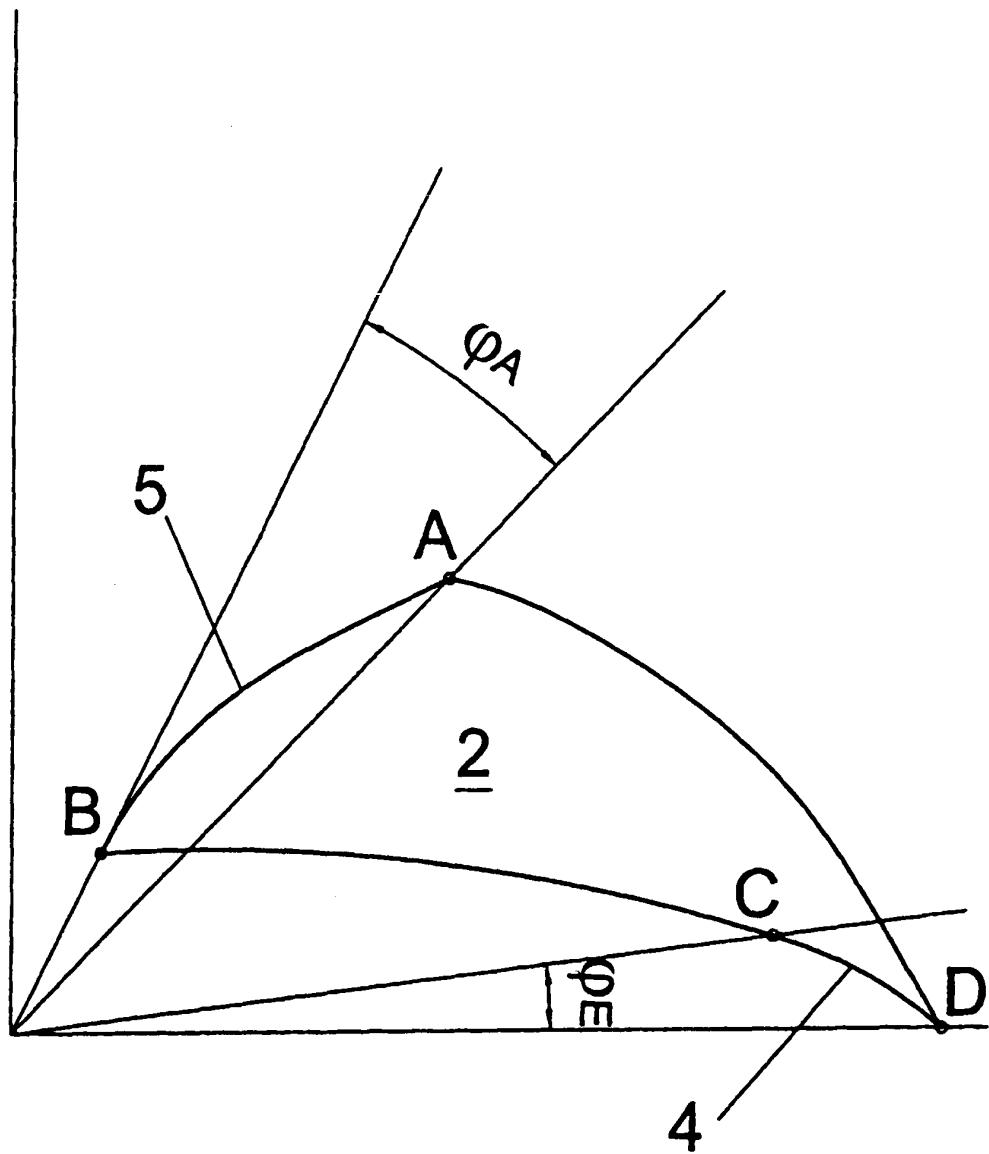


Fig. 4