



(11)

EP 3 081 669 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.08.2018 Patentblatt 2018/35

(51) Int Cl.:

C23C 24/04 (2006.01) **F04D 29/18** (2006.01)
F04D 29/26 (2006.01) **F01D 5/02** (2006.01)
F01D 5/04 (2006.01) **F01D 5/34** (2006.01)
F04D 29/02 (2006.01) **F04D 29/22** (2006.01)
F04D 29/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16163083.5**

(22) Anmeldetag: **31.03.2016**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON GEDECKELTEN LAUFRÄDERN**

METHOD FOR THE PREPARATION OF CAPPED IMPELLERS

PROCEDE DE FABRICATION DE ROUES PORTEUSES COIFFEES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **17.04.2015 DE 102015207017**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.10.2016 Patentblatt 2016/42

(73) Patentinhaber: **Hermle Maschinenbau GmbH**
85521 Ottobrunn (DE)

(72) Erfinder:
• **DERNTL, Rudolf**
4222 Langenstein (AT)
• **SCHOLZ, Peter**
81539 München (DE)

(74) Vertreter: **Hoefer & Partner Patentanwälte mbB**
Pilgersheimer Straße 20
81543 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 177 298 DE-A1-102010 048 336
JP-A- 2013 224 703 US-A1- 2009 110 556

EP 3 081 669 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von gedeckelten Laufrädern, insbesondere von gedeckelten Impellern oder Blinks.

[0002] Laufräder, insbesondere Impeller oder Blinks, kommen in Strömungsmaschinen zum Einsatz, um Fluide durch mechanische Arbeit zu verdichten, oder um durch das entspannen von Fluiden mechanische Arbeit zu verrichten. Laufräder können offen ausgeführt sein, was bedeutet, dass die Schaufeln tangential zu einem stationären Gehäuse rotieren oder geschlossen, wobei die Schaufeln fest mit einem Gehäuse verbunden sind. Geschlossene Laufräder haben gegenüber offenen Laufrädern einen höheren Wirkungsgrad, da hier der Reibungswiderstand des Fluids zu dem stationären Gehäuse geringer ausfällt.

[0003] Es sind verschiedene Herstellungsverfahren für geschlossene Impeller bekannt. So können die Strömungskanäle beispielsweise durch ein Gießverfahren hergestellt werden. Hierbei ist allerdings in hinterschnittigen Bereichen keine Nacharbeit möglich. Bei dünnwandigen Strukturen sind darüber hinaus der Maßhaltigkeit Grenzen gesetzt.

[0004] In EP 2 177 298 A1 wird eine Zerspanungsstrategie beschrieben, die unter der Verwendung von langen Werkzeugen Startöffnungen für das Funkenerodieren oder einen elektrochemischen Abtrag erzeugt. Hier sind allerdings durch die Geometrie des Zerspanwerkzeugs Grenzen bei der Herstellung von hinterschnittigen Bereichen gesetzt.

[0005] Weiterhin findet häufig das Schweißen der Laufräder aus zwei oder mehr Teilen Anwendung. Hierbei werden die Einzelteile des Laufrads konventionell zerspannt und dann so gefügt, dass das geschlossene Laufrad entsteht. Nachteilig an Schweißverfahren sind die Schweißnähte selbst, die sich als potentielle Schwachstelle erweisen können und der Verzug am Bauteil, der durch den hohen thermischen Energieeintrag entsteht.

[0006] Eine weitere Fügemethode der Laufräder ist das Löten, wodurch der starke Verzug des Schweißens verhindert werden kann. Hier ist allerdings die Lötstelle immer auch eine potentielle Schwachstelle.

[0007] Weiterhin ist aus EP 2 746 589 A2 bekannt, monolithische, geschlossene Impeller additiv herzustellen, d.h. die Laufräder werden vollständig, schichtweise mit einem Lasersinterverfahren, oder einem Elektronenstrahlschweißverfahren aufgebaut, wodurch die Schwachstelle der Fügeverfahren umgangen wird. Hierbei ist allerdings in hinterschnittigen Bereichen keine Nacharbeit möglich. Das ist vor allem deswegen problematisch, weil durch den schichtweisen Aufbau im ganzen Strömungskanal die Oberflächengüte durch die Schichthöhe des verwendeten Verfahrens limitiert ist.

[0008] In der WO 2009 058336 A2 wird eine pulvermetallurgische Technik zur Erzeugung geschlossener Impeller präsentiert: Hierbei wird zunächst ein offener

Impeller konventionell zerspannt, anschließend werden die Strömungskanäle mit einem Metallpulver verfüllt und gekapselt. Dann erfolgt ein erstes heißisostatisches Pressen (HIPpen). Die Kapsel wird zumindest teilweise so entfernt, dass eine Seite der Schaufeln freiliegt. Daraufhin wird ein zweites Metallpulver aus dem Schaufelwerkstoff aufgebracht und das Bauteil wieder gekapselt. Nun erfolgt der zweite HIP-Vorgang. Nach dem Entfernen des Metallpulvers aus dem ersten HIP-Vorgang erhält man die Strömungskanäle. In der Patentschrift wird zum Entfernen des ersten Metallpulvers Ätzen mit Salpetersäure oder abrasives Wasserstrahlen vorgeschlagen. Dieses Verfahren ist aufgrund der zwei HIP-Vorgänge mit dem zwischengeschalteten Zerspanvorgang sehr zeitraubend, da hierzu das Bauteil mehrmals auf- und abgespannt werden muss. Die Verwendung von Salpetersäure zum Herauslösen des Füllmaterials ist ebenfalls aufwendig.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung von gedeckelten Laufrädern bereitzustellen, das eine geringe Fertigungszeit aufweist und eine definierte Oberflächengüte im Strömungskanal liefert. Des Weiteren sollen fertigungsbedingte Schwachstellen, wie insbesondere Schweißnähte oder Lötstellen, vermieden werden.

[0010] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs.

[0011] Ein konventionelles offenes Laufrad wird mit einer Stützstruktur verfüllt, so dass ein Randbereich der Schaufeln mit der Stützstruktur bündig abschließt. Die dadurch entstehende Fläche dient als Substrat für einen generativen Fertigungsprozess. Dadurch wird die geringe Fertigungsdauer und hohe Oberflächengüte bei der zerspannenden Fertigung von offenen Impellern oder Blinks kombiniert mit den Gestaltungsmöglichkeiten eines generativen Fertigungsverfahrens. Des Weiteren entfallen fertigungsbedingte Schwachstellen wie Schweißnähte oder Lötstellen. Das Aufbringen der Stützstruktur erfolgt mittels Kaltgasspritzen. Dabei werden metallische Partikel mit einem Trägergas auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt, indem das komprimierte Trägergas, insbesondere mittels einer Lavaldüse, entspannt wird und dabei hohe Gasgeschwindigkeiten erreicht.

[0012] Dadurch, dass die metallischen Partikel beim Aufprall auf das Substrat nicht aufgeschmolzen werden, sind die thermischen Spannungen geringer und der Verzug des Bauteils kleiner.

[0013] Es hat sich überraschend gezeigt, dass die Oberfläche, die als Substrat für den generativen Fertigungsprozess dient, selbst bei einer Herstellung mittels Kaltgasspritzen eine hervorragende Güte zum Durchführen des generativen Fertigungsprozesses aufweist. Somit ist durch die Verwendung des Kaltgasspritzens einerseits ein Verfahren mit wenig Aufwand vorhanden, das durch geringe thermische Spannungen sehr bauteilschonend ist, wobei andererseits die Durchführung des generativen Fertigungsprozesses direkt auf der kaltgas-

gespritzten Stützstruktur ausgeführt werden kann. Somit ist insbesondere ein zusätzlicher, aufwendiger Schritt der Oberflächenbearbeitung der Stützstruktur vermieden.

[0014] Der Begriff generatives Fertigungsverfahren bezeichnet hierbei ein Urformen von Erzeugnissen aus formlosem Material, wie insbesondere Flüssigkeiten oder Pulver, oder formneutralem, insbesondere band- oder drahtförmigem, Material mittels chemischer und/oder physikalischer Prozesse.

[0015] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist die Herstellung von geschlossenen Laufrädern nicht mehr durch die Erreichbarkeit mit Zerspanungswerkzeugen beschränkt, da offene Laufräder auch mit komplizierten Schaufelformen mit konventionellen Zerspanmethoden gut herstellbar sind.

[0016] Die Unteransprüche haben bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst vorteilhafterweise die folgenden Schritte. Diese werden insbesondere in der dargestellten Reihenfolge ausgeführt. Zunächst wird ein offenes Laufrad bereitgestellt. Insbesondere ist das Laufrad mit konventionellen Fertigungsverfahren gefertigt. In einem nächsten Schritt wird eine Stützstruktur auf das Laufrad aufgebracht, um die beschriebene Oberfläche zu erzeugen. Schließlich erfolgt bevorzugt die Durchführung des generativen Fertigungsverfahrens zum Aufbringen einer Deckschicht auf die Oberfläche.

[0018] Besonders vorteilhaft wird zusätzlich ein Schritt ausgeführt, indem die Stützstruktur entfernt wird. Die Stützstruktur wird insbesondere durch Korrosion entfernt. Somit ist ein gedeckeltes Laufrad vorhanden, wobei insbesondere keine fertigungsbedingten Schwachstellen vorhanden sind.

[0019] Weiterhin ist besonders vorteilhaft vorgesehen, dass die Oberfläche vor Durchführung des generativen Fertigungsverfahrens spanend bearbeitet wird. So ist insbesondere die Außenkontur von Schaufeln des offenen Laufrads bearbeitbar. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt somit auf einfache Art und Weise, die Geometrie des offenen Laufrads vor Aufbringen der Deckschicht zu verändern.

[0020] Das offene Laufrad und/oder die Deckschicht sind vorteilhafterweise aus metallischen Werkstoffen gefertigt. Alternativ ist das erfindungsgemäße Verfahren auch auf andere Werkstoffe, wie insbesondere Kunststoff, anwendbar, so dass das offene Laufrad und/oder die Deckschicht bevorzugt auch aus diesen anderen Werkstoffen gefertigt sein können.

[0021] In einer Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei dem generativen Prozess um Kaltgasspritzen. Besonders vorteilhaft erfolgt somit sowohl das Aufbringen der Stützstruktur als auch das Aufbringen der Deckschicht mittels demselben Verfahren, nämlich dem Kaltgasspritzen. Dabei ist vorteilhafterweise das zu verwendende Material unterschiedlich, so dass sich das Material der Stützstruktur von dem Material der Deckschicht un-

terscheidet. Durch die Verwendung eines einheitlichen Verfahrens ist der gesamte Herstellungsprozess sehr einfach und kostengünstig, da lediglich eine maschinelle Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens bereitgehalten werden muss. Zur weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird ein mit Wasser korrodierbares Material als Stützstruktur verwendet. Insbesondere bildet thermisch gespritztes Magnesium mit Stahl einen leicht korrodierbaren Werkstoffverbund. Dieser lässt sich schnell mit Wasser auswaschen und ist daher unproblematischer als die Verwendung von Salpetersäure, und weniger aufwendig als abrasives Wasserstrahlen.

[0022] Ein Randbereich der Schaufeln des offenen Laufrads ist vorteilhafterweise derart geformt, dass eine formschlüssige Kraftübertragung der Deckschicht an die Schaufeln gewährleistet ist. Dazu sind die Randbereiche der Schaufeln vorteilhafterweise mit einer konvexen Kontur versehen. Somit werden lokale Spannungsspitzen innerhalb des gedeckelten Laufrads vermieden, da durch den Formschluss bereits eine Kraftübertragung möglich ist.

[0023] Weiterhin ist bevorzugt vorgesehen, dass das gedeckelte Laufrad ein gedeckelter Impeller oder ein gedeckelter Blisk ist.

[0024] Schließlich ist bevorzugt vorgesehen, dass das offene Laufrad zerspanend hergestellt wird. Somit erfolgt besonders bevorzugt der zuvor genannte Schritt des Bereitstellens des offenen Laufrads derart, dass ein zerspanend hergestelltes offenes Laufrad bereitgestellt wird. Alternativ ist bevorzugt vorgesehen, dass dieser Schritt durch die zerspanende Herstellung eines offenen Laufrads ersetzt wird.

[0025] Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels unter Berücksichtigung der beigefügten Zeichnungen im Detail beschrieben. In den Zeichnungen ist:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines offenen Laufrads während eines ersten Schritts des Verfahrens gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines offenen Laufrads während eines zweiten Schritts des Verfahrens gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines gedeckelten Laufrads gemäß einem dritten Schritt des Verfahrens gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung, und

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines gedeckelten Laufrads gemäß einem vierten Schritt des Verfahrens gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0026] Fig. 1 zeigt einen ersten Schritt des Verfahrens

zum Herstellen von gedeckelten Laufrädern 1 gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dabei wird ein offenes Laufrad 2 bereitgestellt. Das offene Laufrad 2 ist bevorzugt zerspanend hergestellt und weist eine Vielzahl von Schaufeln 3 auf. In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das offene Laufrad 2 ein Impeller. Somit ist in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass ein gedeckelter Impeller herzustellen ist.

[0027] In einem zweiten Schritt wird auf das offene Laufrad 2 eine Stützstruktur 5 aufgebracht. Durch das Aufbringen der Stützstruktur 5 werden Zwischenräume der Schaufeln 3 verfüllt. Somit entsteht eine Oberfläche 6, wobei eine Oberfläche der Stützstruktur 5 bündig mit den Außenkonturen der Schaufeln 3 ist. Die Außenkonturen der Schaufeln 3 werden mit einer konvexen Kontur versehen, so dass eine Deckschicht 4 (vgl. Fig. 3) mit den Schaufeln 3 formschlüssig verbindbar ist.

[0028] Das Aufbringen der Stützstruktur 5 erfolgt mittels Kaltgasspritzen. Somit entfällt eine aufwendige Anfertigung von Behältern, die insbesondere für metallische Pulver benötigt werden. Verglichen mit einem heißisostatischen Pressen ist das Aufbringen der Stützstruktur gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung sehr einfach, kostengünstig und zeitsparend möglich. Außerdem erlaubt das Kaltgasspritzen, thermische Spannungen zu reduzieren und damit einen Verzug des offenen Laufrads 2 zu minimieren.

[0029] Die Oberfläche 6 kann vor dem in Fig. 3 gezeigten nächsten Schritt des Verfahrens spanend bearbeitet werden. Jedoch ist ein Vorteil des Kaltgasspritzens, dass die Oberflächengüte der Stützstruktur 5 für das Durchführen des nächsten Schritts ausreichend hoch ist, so dass der zerspanende Bearbeitungsprozess nicht zwingend benötigt wird. Allerdings erlaubt der zerspanende Prozess der Oberfläche 6 die Außenkontur des offenen Laufrads 2 und damit dem späteren gedeckelten Laufrads 1 zu verändern.

[0030] In Fig. 3 ist ein dritter Schritt des Verfahrens gezeigt, wobei in diesem dritten Schritt ein generativer Fertigungsprozess ausgeführt wird. Durch den generativen Fertigungsprozess wird eine Deckschicht 4 auf die Oberfläche 6 aufgebracht. Die Deckschicht 4 wird insbesondere durch Kaltgasspritzen auf die Oberfläche 6 aufgebracht. Somit ist das Verfahren identisch wie beim Aufbringen der Stützstruktur 5, wobei lediglich das zu verwendende Material unterschiedlich ist. Die Stützstruktur 5 unterscheidet sich daher von der Deckschicht 4. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Deckschicht 4 mit den Schaufeln 3 verbunden wird, wobei diese Verbindung stoffschlüssiger oder formschlüssiger Natur sein kann.

[0031] Fig. 4 zeigt schließlich das fertiggestellte gedeckelte Laufrad 1. Dazu wird ein vierter Schritt des Verfahrens ausgeführt, bei dem die Stützstruktur 5 entfernt wird. Die Stützstruktur 5 ist insbesondere aus einem Material gefertigt, das leicht korrodierbar ist. Besonders vorteilhaft ist die Stützstruktur 5 aus einem Material ge-

fertigt, das mit Wasser korrodierbar ist. Somit lässt sich die Stützstruktur 5 sehr einfach mit Wasser auswaschen. Als gut durch Wasser korrodierbares Material ist insbesondere thermisch gespritztes Magnesium mit Stahl bekannt, da beide Materialien einen leicht korrodierbaren Werkstoffverbund ergeben. Somit ist auch der letzte Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sehr einfach und zeitsparend durchführbar.

[0032] Es ist somit ersichtlich, dass das gezeigte Verfahren sehr zeitsparend und einfach und damit kostengünstig durchführbar ist. Weiterhin werden thermische Belastungen des gedeckelten Laufrads 1 minimiert, so dass dieses nur einen geringen Verzug und dafür eine lange Lebenserwartung aufweist.

Bezugszeichenliste

[0033]

- | | |
|---|---------------------|
| 1 | gedeckeltes Laufrad |
| 2 | offenes Laufrad |
| 3 | Schaufel |
| 4 | Deckschicht |
| 5 | Stützstruktur |
| 6 | Oberfläche |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von gedeckelten Laufrädern (1), wobei ein offenes Laufrad (2) mit einer Stützstruktur (5) aufgefüllt wird, so dass mindestens ein Randbereich von Schaufeln (3) des offenen Laufrads (2) mit der Stützstruktur (5) bündig abschließt, wobei die dadurch entstehende Oberfläche (6) als Substrat für einen generativen Fertigungsprozess dient, und wobei die Stützstruktur (5) mittels Kaltgasspritzens aufgebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die Schritte:
 - Bereitstellen eines offenen Laufrads (2),
 - Aufbringen einer Stützstruktur (5) auf das offene Laufrad (2) zum Erzeugen der Oberfläche (6),
 - Durchführen des generativen Fertigungsprozesses zum Aufbringen einer Deckschicht (4) auf die Oberfläche (6).
3. Verfahren nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch** den Schritt:
 - Entfernen der Stützstruktur (5), insbesondere durch Korrosion.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch ge-**

- kennzeichnet, dass** die Oberfläche (6) vor Durchführung des generativen Fertigungsprozesses spanend bearbeitet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das offene Laufrad (2) und/oder die Deckschicht (4) aus einem metallischen Werkstoff gefertigt sind. 5
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem generativen Prozess um Kaltgasspritzen handelt. 10
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützstruktur aus einem durch Wasser korrodierbaren Material gefertigt wird. 15
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Randbereich von Schaufeln (3) des offenen Laufrads (2) derart geformt ist, dass eine formschlüssige Kraftübertragung der Deckschicht (4) an die Schaufeln (3) gewährleistet ist. 20
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gedeckelte Laufrad (1) ein gedeckelter Impeller oder ein gedeckelter Blisk ist. 25
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das offene Laufrad (2) durch Zerspanung hergestellt ist. 30
3. The method according to claim 2, **characterised by** the step of: 35
- removing the support structure (5), in particular by corrosion.
4. The method according to claim 2 or 3, **characterised in that**, prior to performing the generative manufacturing process, the surface (6) is machined.
5. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the open running wheel (2) and/or the cover layer (4) are manufactured from a metallic material.
6. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the generative process is cold gas spraying.
7. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the support structure is manufactured from a material corrodible by water.
8. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** an edge region of blades (3) of the open running wheel (2) is shaped such that a positive power transmission from the cover layer (4) to the blades (3) is guaranteed.
9. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the capped running wheel (1) is a capped impeller or a capped blisk.
10. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the open running wheel (2) is manufactured by chipping.

Claims

1. A method for manufacturing capped running wheels (1), wherein an open running wheel (2) is filled with a support structure (5), so that at least an edge region of blades (3) of the open running wheel (2) is flush with the support structure (5), wherein the surface (6) created by that serves as a substrate for a generative manufacturing process, and wherein the support structure (5) is applied by means of cold gas spraying. 40
2. The method according to claim 1, **characterised by** the steps of: 45
- providing an open running wheel (2),
- applying a support structure (5) onto the open running wheel (2) to create the surface (6),
- performing the generative manufacturing process to apply a cover layer (4) onto the surface (6). 50

Revendications

1. Procédé de fabrication de roues porteuses coiffées (1), dans lequel une roue porteuse ouverte (2) est remplie avec une structure de support (5) de sorte qu'au moins une zone périphérique de pales (3) de la roue porteuse ouverte (2) affleure la structure de support (5), dans lequel la surface (6) ainsi formée sert de substrat pour un processus de production génératif, et dans lequel la structure de support (5) est appliquée au moyen de projection de gaz à froid. 55
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par** les étapes suivantes :
- la fourniture d'une roue porteuse ouverte (2),
- l'application d'une structure de support (5) sur la roue porteuse ouverte (2) pour générer la surface (6),
- la réalisation du processus de production gé-

nératif pour l'application d'une couche de revêtement (4) sur la surface (6).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé par** l'étape suivante : 5
 - le retrait de la structure de support (5), en particulier par corrosion.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la surface (6) est usinée par enlèvement de copeaux avant l'exécution du processus de production génératif. 10
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la roue porteuse ouverte (2) et/ou la couche de revêtement (4) est produite en un matériau métallique. 15
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le processus génératif est une projection de gaz à froid. 20
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la structure de support est produite en une matière pouvant être corrodée par l'eau. 25
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une zone périphérique de pales (3) de la roue porteuse ouverte (2) est formée de telle sorte qu'une transmission de force par coopération de forme de la couche de revêtement (4) aux pales (3) est assurée. 30
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la roue porteuse coiffée (1) est une turbine coiffée ou un rotor coiffé. 35
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la roue porteuse ouverte (2) est fabriquée par usinage. 40

45

50

55

Fig. 1

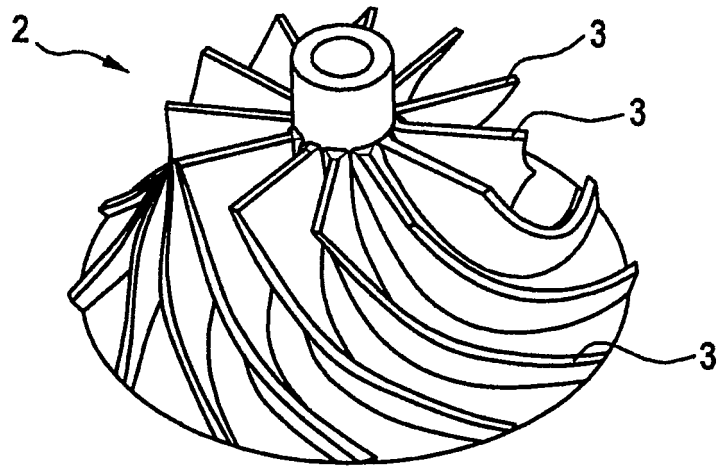


Fig. 2

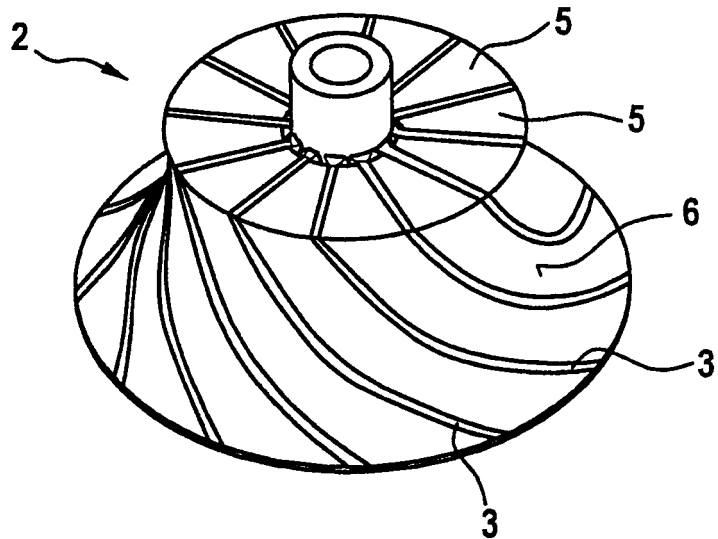


Fig. 3

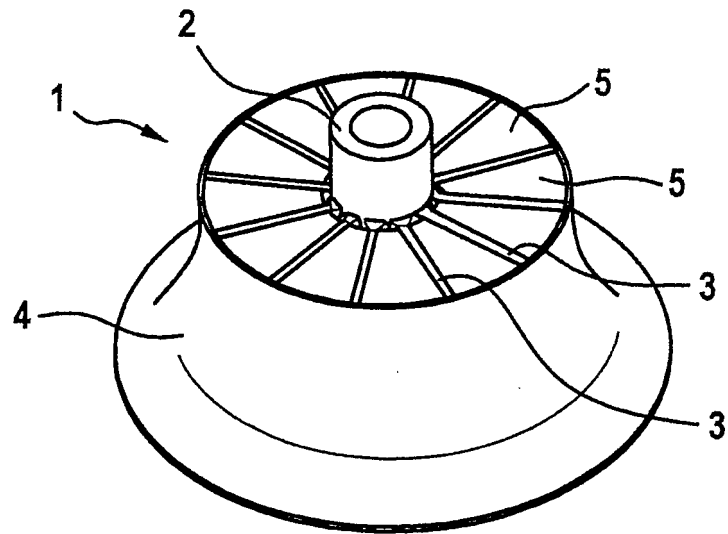
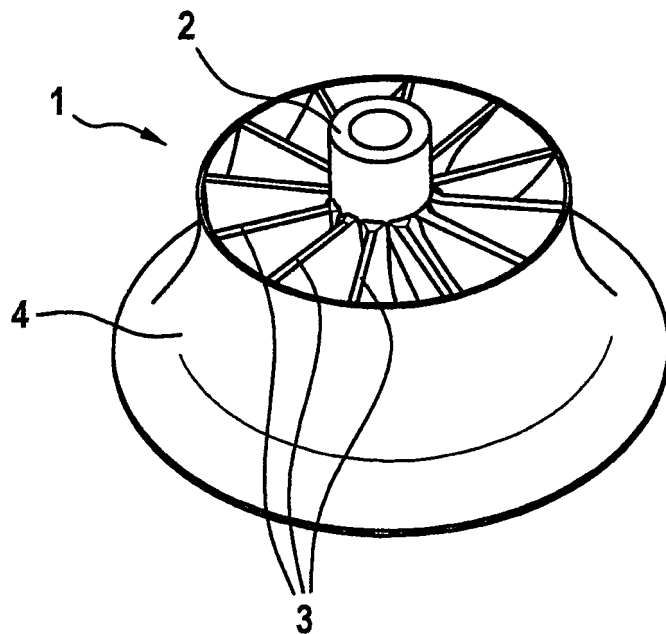


Fig. 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2177298 A1 [0004]
- EP 2746589 A2 [0007]
- WO 2009058336 A2 [0008]